

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

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

Радіотехніки та телекомунікації
(повна назва кафедри)

Пояснювальна записка

до магістерської роботи

магістр

(рівень вищої освіти (освітньо-кваліфікаційний рівень))

на тему "Імітаційне моделювання потоку мобільних абонентів в умови міста"

Виконав: студент 6 курсу, групи ІТ-913.а
спеціальності (напряму підготовки)

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

Ванченко Т. І. А. Вих
(прізвище та ініціали)

Керівник Костенко В. О. Н. В.
(прізвище та ініціали)

Рецензент Коноваленко Ю. А. С. М.
(прізвище та ініціали)

м. Запоріжжя
20 18 рік

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

Інститут, факультет ІІТЕ, ДРЕП
 Кафедра Радіотехніки та телекомунікацій
 Ступінь вищої освіти (освітній ступінь) магістр
 Спеціальність 172 Телекомунікації та радіотехніка
 (код і назва)
 Напрямок підготовки _____
 (код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри к.т.н. доц.
Морозова С.В.
 “ ” 20 року

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТУ

Важченко Тарни Тарівні
 (прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тéma проекту (роботи) Лінійне моделювання потоку мобільних абонентів в умован міста

керівник проекту (роботи) к.т.н. доц. Костенко Валер'ян Олександр,
 (прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від “ ” 20 року №

2. Строк подання студентом проекту (роботи) 11.12.2018

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Кількість мобільних станцій для використання, площина на якій проходить дослідження, стандарт на основі якого працює мережа, тип колективного доступу до середовища передачі даних.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1) Актуальність роботи та постановка задач на її виконання

2) Моделювання переміщення абонентів бездротової мережі стандарту IEEE 802.11

3) Можливості програмного пакету Opnet Modeler з моделювання мобільності абонентів мережі IEEE 802.11

4) Моделювання в Opnet Modeler мобільних сценаріїв

5) Економічні розрахунки

6) Оцінка ризику та безпеки в надзвичайних ситуаціях

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

Презентація Power Point

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

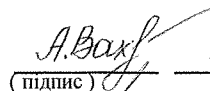
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
1. Актуальність	Костенко В.О. доцент		
2. Модел. перем. абон.	Костенко В.О. доцент		
3. Модел. ПЗ Опнет	Костенко В.О. доцент		
4. Модел. в Опнет	Костенко В.О. доцент		
5. Економі.	Крумікова В.В. доцент	Мес - 17.09.18	Мес - 19.11.18
6. Охорона праці	Коробко О.В. старш. викладач	Мес 04.09.18	Мес 05.11.18
Н/контроль	Мурз Т.В. асистент катед PTT		

7. Дата видачі завдання 1.09.2018

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

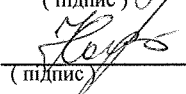
№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Срок виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1.	Актуальність роботи	01.09 - 09.09	
2.	Постановка задач	10.09 - 16.09	
3.	Аналіз робіт з моделювання переміщень абонентів	17.09 - 23.09	
4.	Кар-ки і опис стандарту IEEE802.11g	24.09 - 30.09	
5.	Документування поведінки абонентів під час проведення Дня міста	01.10 - 14.10	
6.	Аналіз програм, що дозволяють моделювати взаємодію абонентів в русі	15.10 - 21.10	
7.	Ознайомлення з програмою пакетної Optnet	22.10 - 04.11	
8.	Моделювання в Optnet Modeler	05.11 - 18.11	
9.	Характеристика сучасного ринку зв'язку	19.11 - 25.11	
10.	Розрахунок економічної частини	26.11 - 30.11	
11.	Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях	01.12 - 09.12	
12.	Оформлення пояснювальної записки	10.12 - 11.12	

Студент


(підпис)

Валенко Т.Т.
(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)


(підпис)

Костенко В.О.
(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

ПЗ: 141 с, 65 рис., 27 табл., 22 джерела, 7 додатків

Об'єктом дослідження є бездротова мережа мобільних станцій (МС) об'єднаних в групу на обмеженій ділянці місцевості.

Задачі роботи: провести практичне дослідження поведінки абонентів під час проведення заходу «День міста», провести моделювання міграції абонентів на шляху до головного атрактору в складі групи користувачів, при моделюванні пересувань мобільних абонентів з різноманітною швидкістю визначити основні параметри QoS для технології IEEE 802.11g при проходженні пакетів від головного вузла групи до МС і отримання від них відповіді, дати кількісну оцінку переданих даних від МС до головного вузла за одиницю часу, проаналізувати навантаження і кількість втрачених пакетів.

Наукова новизна результатів:

- розроблено новий підхід до моделювання пересувань абонентів в складі групи з урахуванням привабливості атракторів;
- запропоновані і застосовані алгоритми: розрахунку кількості абонентів в атракторі і вагових коефіцієнтів;
- запропонований і застосований метод моделювання руху абонентів з урахуванням атракторів і реалізацією різних сценаріїв поведінки абонентів в групі при русі до головного атрактору.

Практичне значення отриманих результатів: отримані результати можна використовувати під час дослідження мереж Ad Hoc з реалізацією в стандарті IEEE 802.11g, завдяки оцінці привабливості попутних атракторів, можливо побудувати реалістичні моделі поведінки абонентів в місцях проведення масових заходів, що дасть можливість подальшого розвитку дослідницької діяльності в телекомунікаціях.

МОДЕЛЮВАННЯ, БЕЗДРОТОВА МЕРЕЖА, АТРАКТОР, БАЗОВА
СТАНЦІЯ, МОБІЛЬНА СТАНЦІЯ, ТОЧКА ДОСТУПУ, СТАНДАРТ

ЗМІСТ

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ.....	8
ВСТУП	9
1 АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ ТА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ НА ЇЇ ВИКОНАННЯ.....	11
1.1 Необхідність підтримання високої якості обслуговування в бездротових мережах і актуальність дослідження	11
1.2 Аналіз робіт з моделювання переміщень абонентів бездротових мереж	14
1.3 Особливості реалістичних моделей переміщення абонентів до атрактору в складі групи і постановка задачі	17
1.4 Основні характеристики і опис стандарту бездротового зв'язку IEEE 802.11g	19
2 МОДЕЛЮВАННЯ ПЕРЕМІЩЕННЯ АБОНЕНТІВ БЕЗДРОВОЇ МЕРЕЖІ СТАНДАРТУ IEEE 802.11	28
2.1 Вплив атракторів на міграцію абонентів на шляху до головного атрактора в складі групи користувачів	28
2.2 Дослідження поведінки абонентів під час проведення масового заходу "Дня міста"	31
2.3 Можливі основні сценарії поведінки абонентів під час проведення масового заходу "День міста"	37
2.4 Аналіз програмних продуктів, що дозволяють моделювати взаємодію абонентів в русі.....	38
3 МОЖЛИВОСТІ ПРОГРАМНОГО ПАКЕТУ OPNET MODELER З МОДЕЛЮВАННЯ МОБІЛЬНОСТІ АБОНЕНТІВ МЕРЕЖІ IEEE 802.11g....	43
3.1 Можливості з редагування параметрів МС в пакеті Opnet Modeler ..	44

3.2 Види траєкторій переміщення МС і способи їх завдання в моделі Opnet Modeler	48
3.2.1 Траєкторія з змінним інтервалом	49
3.2.2 Траєкторія з фіксованим інтервалом	53
3.2.3 Випадкова траєкторія	55
3.2.4 Векторна траєкторія.....	55
3.3 Візуалізація отриманих результатів для моделювання в OPNET	56
4 МОДЕЛЮВАННЯ В OPNET MODELER МОЖЛИВИХ СЦЕНАРІЇВ.....	60
4.1 Умови та прийняті обмеження	60
4.2 Опис процесу створення робочої зони та налаштування необхідних параметрів для моделювання	61
4.3 Опис процесу моделювання різних сценаріїв.....	67
4.3.1 Сценарій 1. Прямолінійний рух за абонентськими групами з постійною швидкістю	68
4.3.2 Сценарій 2. Прямолінійний рух групи абонентів з різноманітною швидкістю.....	72
4.3.3 Порівняння результатів для першого та другого сценарію.....	75
4.3.4 Сценарій 3. Прямолінійний рух групи абонентів до атрактору з високою привабливістю	78
4.3.5 Сценарій 4. Прямолінійний рух групи абонентів до атрактору з високою привабливістю з затримкою	81
4.3.6 Порівняння результатів для третього та четвертого сценарію	83
4.3.7 Сценарій 5. Прямолінійний рух групи абонентів до атрактору з середньою та високою привабливістю.....	86
4.3.8 Сценарій 6. Прямолінійний рух групи абонентів до атрактору з середньою та високою привабливістю з затримкою	89
4.3.9 Порівняння результатів для п'ятого та шостого сценарію.....	91
4.3.10 Сценарій 7. Прямолінійний рух групи абонентів до атрактору з малою, середньою та високою привабливістю	94

4.3.11 Сценарій 8. Прямолінійний рух групи абонентів до атрактору з малою, середньою та високою привабливістю з затримкою	98
4.3.12 Порівняння результатів для сьомого та восьмого сценарію	101
4.4 Порівняння результатів параметрів QoS у сценаріях.....	104
5 ЕКОНОМІЧНІ РОЗРАХУНКИ.....	108
5.1 Важливість мобільного зв'язку на сьогоднішній день	108
5.2 Тенденції розвитку ринку мобільного зв'язку	108
5.3 Розрахунок витрат на практичну реалізацію проекту	112
5.4 Оцінка конкурентоспроможності мобільних операторів зв'язку України	115
5.5 Бальна оцінка економічної ефективності проекту	118
6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ ...	123
6.1 Аналіз потенційних небезпек	123
6.2 Заходи по забезпеченню безпеки	125
6.3 Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці	127
6.4 Заходи з пожежної безпеки	131
6.5 Заходи по забезпеченню безпеки у надзвичайних ситуаціях	133
ВИСНОВОК.....	136
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	138
Додаток А.....	142
Додаток Б	144
Додаток В	146
Додаток Г	148
Додаток Ґ	150
Додаток Д.....	152
Додаток Е	155

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ

BS	– базова станція
MC	– мобільна станція
AP	– Access Point – точка доступу
BSS	– Basic Service Set – основний набір послуг
CSMA/CA	– Carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidance – множинний доступ з контролем несучої і униканням колізій
DCF	– Distributed Coordination Function – функція розподіленої координації
ESS	– Extended Service Set – розширений набір послуг
IEEE	– інститут інженерів електротехніки та електроніки
LLC	– Logical Link Control – логічний контроль посилянь
MAC	– Media Access Control – управління доступом до середовища
PCF	– Point Coordination Function – функція централізованої координації
QoS	– якість обслуговування

ВСТУП

Головною тенденцією останнього десятиліття стало удосконалення техніки зв'язку і розвиток сервісів, які надають мобільні оператори. Прогрес в сфері стільникового зв'язку призвів до необхідності оптимізації та раціонального використання частотного діапазону. Виникла проблема розширення ємності мережі через зростання обсягу даних і підвищення попиту на послуги споживачами.

Стільникові мережі розраховані на певне навантаження і надають можливість обслуговування розмов або передачу даних певному кінцевому числу абонентів. Однак, в особливих випадках, (культурно-масові заходи, мітинги, дорожній затор і т.д.) число абонентів безперервно зростає і виникає перевантаження мережі, тому що вона не справляється з усім обсягом надходження викликів. При цьому користувач не може виконати доступ до цікавого контенту, здійснити виклик, скористатися послугами служб невідкладної допомоги або зберігачів правопорядку.

Основна вимога, яку висувають операторам стільникового зв'язку – це якісне надання будь-якого виду послуг, в будь-який час, в будь-якому місці незалежно від будь-яких умов. Якість обслуговування (QoS) залежить від стійкості мережі до навантажень, тому головне завдання операторів швидко реагувати і завчасно застосовувати різного роду заходи, з метою захисту її від перевантаження. З розвитком функцій мобільних терміналів, останнім часом особливого значення набувають децентралізовані мережі, які не мають постійної структури та використовують можливості мобільних станцій (МС) для передавання даних. Такі мережі функціонують у режимі Ad-Hoc або Infrastructure. Це дозволяє не розгортати дорогу інфраструктуру базових станцій (БС) на невеликий час. Але для здійснення організації та керування такою мережею потрібна постійна інформація про структуру та її зміни. Враховуючи мобільність абонентів це стає можливим при наявності контролю за рухом потоку МС [1].

Відстеження пересувань МС можливо виконати за допомогою геопозиційної інформації смартфона. При цьому визначаються координати місцезнаходження клієнта, будуються маршрути пересування і відслідковуються його закономірності. Але у разі використання цього підходу системою управління стільникової мережі під час масового накопичення абонентів в стільнику мережі відбудеться велике навантаження на мережу сигналізації внаслідок зайнятості радіоканалів між МС і БС.

Рішенням цієї проблеми може стати створення мережі, в якій попутно рухомі мобільні вузли об'єднані в групу на чолі з координатором. Координатор – це МС з найкращими технічними показниками, яка здійснює керування створеної мережі і веде облік про міграцію та склад всієї групи вузлів. Для того, щоб дослідити вплив міграції мобільних вузлів у групі під час проведення масових заходів застосовується моделювання можливих різних сценаріїв переміщень МС.

У першому розділі описаний вибір технології, режим передачі даних і організація доступу до середовища передачі. На основі численних досліджень обґрунтований вибір моделювання переміщень абонентів в групі з урахуванням атракторів. У другому розділі відображено статистичний аналіз кількості абонентів під час проведення масового заходу Дня міста та проведені розрахунки для визначення привабливості атракторів. У третьому розділі описуються можливості редагування параметрів МС і алгоритм створення траєкторій руху МС. У четвертому розділі проводиться моделювання руху МС об'єднаних в групу і аналіз отриманих результатів. П'ятий розділ дає економічну оцінку виконаної роботи. Шостий розділ присвячений питанням охорони праці і безпеки життєдіяльності.

1 АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ ТА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ НА ЇЇ ВИКОНАННЯ

1.1 Необхідність підтримання високої якості обслуговування в бездротових мережах і актуальність дослідження

Як відомо однією з головних задач для операторів телекомунікаційних мереж є підтримка високої QoS. Тому під час експлуатації інформаційних мереж зв'язку перш за все необхідно забезпечувати мінімальну затримку, швидкість завантаження даних, високу пропускну здатність і мінімальну втрату даних. Відповідно до цього, потрібно визначити, які основні параметри на це впливають.

Затримка (delay) – це параметр, який характеризує часовий інтервал між прийомом та передачею даних. Якщо затримка у мережі має досить великий часовий інтервал, то це може призвести до тривалого обміну інформацією між приймачем і передавачем. У разі неправильно переданого біта, швидкість формування запиту на повторну відправку пакета даних, відправлення та одержання нового пакета даних може займати значний час, що створює незручність користувачу мережі. Тому цей параметр повинен бути якомога менший.

Навантаження (load) – це параметр, який характеризує кількість переданих даних між приймачем та передавачем. Якщо кількість переданих даних за певний період часу постійно збільшується, то це може призвести до перевантаження і частина пакетів може бути відкинута.

Пропускна здатність (throughput) – це параметр, який характеризує швидкість передачі бітів у мережі, яка визначається, як середня та пікова швидкість. Чим більше швидкість, тим більше користувач зможе передати інформації за одиницю часу. Тому цей параметр повинен бути якомога більший.

Джиттер – це параметр, який описує можливі фазові або частотні відхилення сигналу при передачі даних. При отриманні приймачем сигналу з частотними або фазовими відхиленнями, інформаційні біти будуть не правильно прийняті та після перевірки такого пакета на цілісність, він буде відкинутий та MAC рівні. Іншими словами параметр джиттер або його ще називають Data dropped (Дані, які були втрачені) описує кількість відкинутих пакетів на MAC рівні приймача. Тому цей параметр повинен бути мінімальним у мережі.

Невід’ємною складовою телекомунікаційних мереж є бездротові мережі абонентського доступу. На сьогоднішній день мережі бездротової передачі даних продовжують активно розвиватися, в тому числі поширення набуває такий клас, як Ad hoc мережі. Це однорангові бездротові мережі передачі даних зі змінною топологією і відсутністю чіткої інфраструктури, де кожна мобільна станція(в подальшому "вузол") може виконувати функції маршрутизатора і брати участь у ретрансляції пакетів даних. Приклад структури Ad hoc-мережі зображений на рис. 1.1.

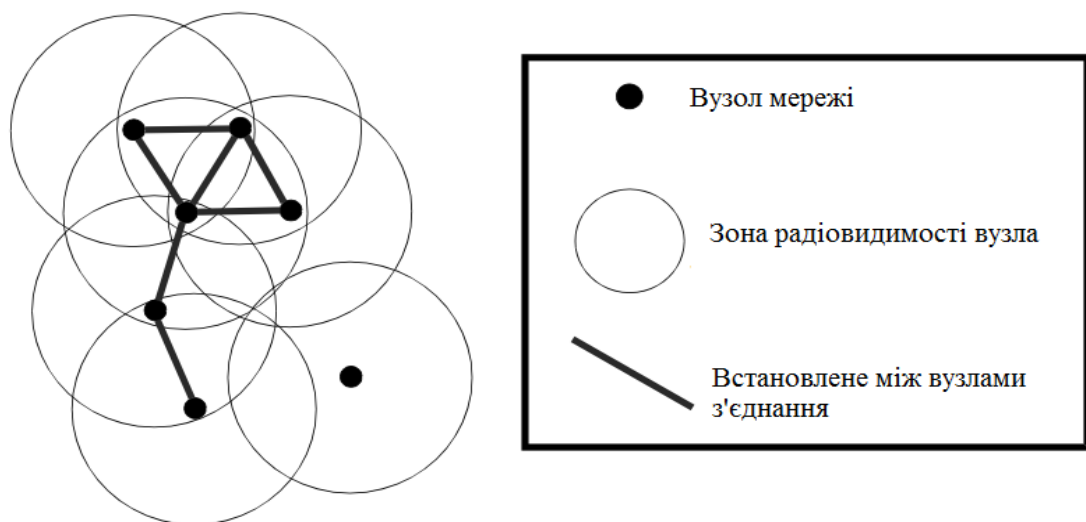


Рисунок 1.1 – Приклад структури Ad hoc-мережі

Специфіка мереж Ad hoc полягає в тому, що їх топологія постійно змінюється через переміщення вузлів в просторі або зміни умов поширення радіосигналу. Крім цього, для Ad hoc мереж, як і для будь-яких бездротових систем, характерні обмежені смуга пропускання і зона радіовидимості. В результаті протоколи і технічні рішення, які використовуються в класичних дротових мережах передачі даних, наприклад централізована маршрутизація з ієрархією заздалегідь призначених маршрутизаторів, в мережах Ad hoc виявляються неефективними і не забезпечують потрібну продуктивність.

Для успішного застосування в Ad hoc мережах протоколи маршрутизації повинні володіти такими якостями [2]:

- бути розподіленими, тобто всі вузли в мережі повинні бути здатні здійснювати маршрутизацію і не мати жорстко закріплених за собою функцій.
- забезпечувати надійну доставку пакетів в умовах постійної зміни топології мережі, коли використання класичних механізмів гарантованої доставки, як, наприклад, на транспортному рівні в протоколі TCP ускладнено.
- забезпечувати короткий час побудови маршруту в умовах постійно змінної топології мережі.
- володіти механізмами оперативного виявлення розриву маршруту і його відновлення.
- не допускати утворення петель у маршрутах.
- розсилати при функціонуванні якомога менший обсяг службової інформації.
- володіти високою масштабованістю, тобто забезпечувати високу продуктивність мережі при різних її розмірах.
- підтримувати QoS.

Всі ці умови можливо реалізувати, для Ad-Hoc мереж використовуючи стандарт IEEE 802.11 (ще відомий, як Wi-Fi). Побудова таких мереж починається з дослідження взаємодії між координатором і

іншими вузлами в групі. Для мереж заснованих на однорангових системах Ad Hoc з використанням IEEE 802.11, найважливішим показником при взаємодії вузлів залишається висока QoS, тому що чим краще якість обміну даних, тим більше абонентів будуть задоволені роботою мережі. Проводити дослідження таких груп мережі краще шляхом їх моделювання. Але під час моделювання взаємодії вузлів в групі треба враховувати їх мобільність, яка залежить від переміщень абонентів. Тому моделювання взаємодії мобільних вузлів стандарту IEEE 802.11 в групі в залежності від переміщень абонентів та дослідження основних параметрів QoS такої взаємодії є достатньо актуальним.

1.2 Аналіз робіт з моделювання переміщень абонентів бездротових мереж

Моделювання переміщення мобільних вузлів та їх взаємодії між собою за допомогою бездротових технологій є однією з важливих робіт для подальшої модернізації конкретної технології. При цьому, як згадувалося раніше, мобільність вузлів залежить від переміщень їх власників тобто абонентів. Таким чином виникає потреба в побудові реалістичних моделей переміщення абонентів, які враховували б швидкість руху абонента, кількість людей під час масових заходів і кількість абонентів в групі під час руху, погодні умови та інші фактори. Також необхідно враховувати різноманітні соціальні чинники, які впливатимуть на реалістичність цього моделювання.

В літературних джерелах можна зустріти подібні дослідницькі роботи з побудови реалістичних моделей переміщення абонентів. Так наприклад А. Дж. Рібейра та С. Рут [3] досліджуючи існуючі моделі мобільності зробили висновки, що з точки зору окремого вузла, існує необхідність мати модель, яка охоплює соціальні аспекти. Але моделювання мобільності для групового переміщення розвивається швидше, оскільки саме цей вид моделювання є більш актуальним для керування ресурсами мережі та управління

мобільністю. Також, незважаючи на те, що на сьогоднішній день існують моделі, які більш менш наближені до описання реальних параметрів руху людини, у моделюванні і досі не вистачає деяких параметрів, таких як час зупинки або контактування людей один з одним, а також з оточуючими атракторами.

В роботі Щучкіна В.М. [4] була розроблена імітаційна модель міжстільникових переміщень користувачів мережі рухомого радіотелефонного зв'язку, що дозволяє моделювати поведінку мобільного потоку абонентів в часі. При цьому враховуються наявність двох типів абонентів: що знаходяться в режимі естафетної передачі і абоненти, які входять в соту в пасивному стані. Одночасно з моделюванням і збором інформації про переміщення абонентів, у даній моделі також були реалізовані алгоритми обробки отриманої вибірки, з метою передбачення локальних перевантажень в обраній соті у режимі реального часу.

Як приклад роботи цього алгоритму – результати моделювання були наведені для макросот. Застосувавши цю модель для мікросот або пікосот, виявляється недолік у несвоєчасному відстеженні зміни кількості абонентів, а тому результати моделювання не зможуть показати реальної картини.

Модель випадкової точки на маршруті часто використовують при моделюванні мереж мобільного зв'язку. Вона передбачає, що вузли рухаються незалежно один від одного та від оточуючих об'єктів з випадково обраною швидкістю до випадково обраної цілі. Але інколи потрібно використовувати більш складні моделі пересування у яких рух вузла обмежений своєю історією, іншими вузлами або навколишніми об'єктами [5,6].

Джардош, Белдінг-Руайе і Алмерот [7] перевірили вплив перешкод на моделювання мобільності в деталях. Вони в області моделювання розмістили ряд перешкод, серед яких модель будівель каліфорнійського університету та студентського містечка. Автори припустили, що люди в реальному житті можуть слідувати визначеному заздалегідь шляху між будівлями та огинати

їх, замість того, щоби ходити у випадковому напрямку. Таким чином, ґрунтуючись на розташуванні тих перешкод, розраховується побудова шляхів на діаграмі Вороного: мобільні вузли можуть пересуватися тільки, які зв'язують будівлі. На діаграмі Вороного зобразили маршрути, які знаходяться на однаковій відстані від найближчих будівель. Це спостереження узгоджується з припущенням, що шляхи як правило, лежать посередині між сусідніми будівлями. Крім того в цій моделі вузла можуть увійти і вийти з будівлі.

Після визначення графу шляхів, пересування мобільних вузлів обмежується до певної кількості можливих шляхів. Таким чином мобільні вузли переміщуються псевдовипадковим чином. Після того як мобільний вузол випадковим чином обирає нову мету на діаграмі, він рухається до неї найкоротшим шляхом через зумовлені маршрути на діаграмі. Цей найкоротший шлях розраховується за алгоритмом Дейкстра. Але для якомога точнішого прогнозування переміщення треба враховувати велике значення елементу випадковості при прийнятті рішення вузлом.

Ф. Бай та А. Хелмі [8] пропонують класифікацію моделей мобільності (індивідуальні та групові), розділивши їх на чотири основні групи відповідно до їх основної функції, а саме: випадкова можливість, часова кореляція, просторова кореляція та географічні обмеження.

На основі розглянутих публікацій, можна зробити загальну класифікацію існуючих на сьогоднішній день моделей, яку зображено на рис. 1.2.

Головним недоліком усіх вище зазначених робіт є те, що МС рухаються випадковими траєкторіями і не відтворюють реальної поведінки абонентів під час проведення масових заходів. У більшості робіт враховуються одиночні моделі. Необхідно враховувати і групові моделі, які містять групу одиночних моделей і здійснюють рух разом.

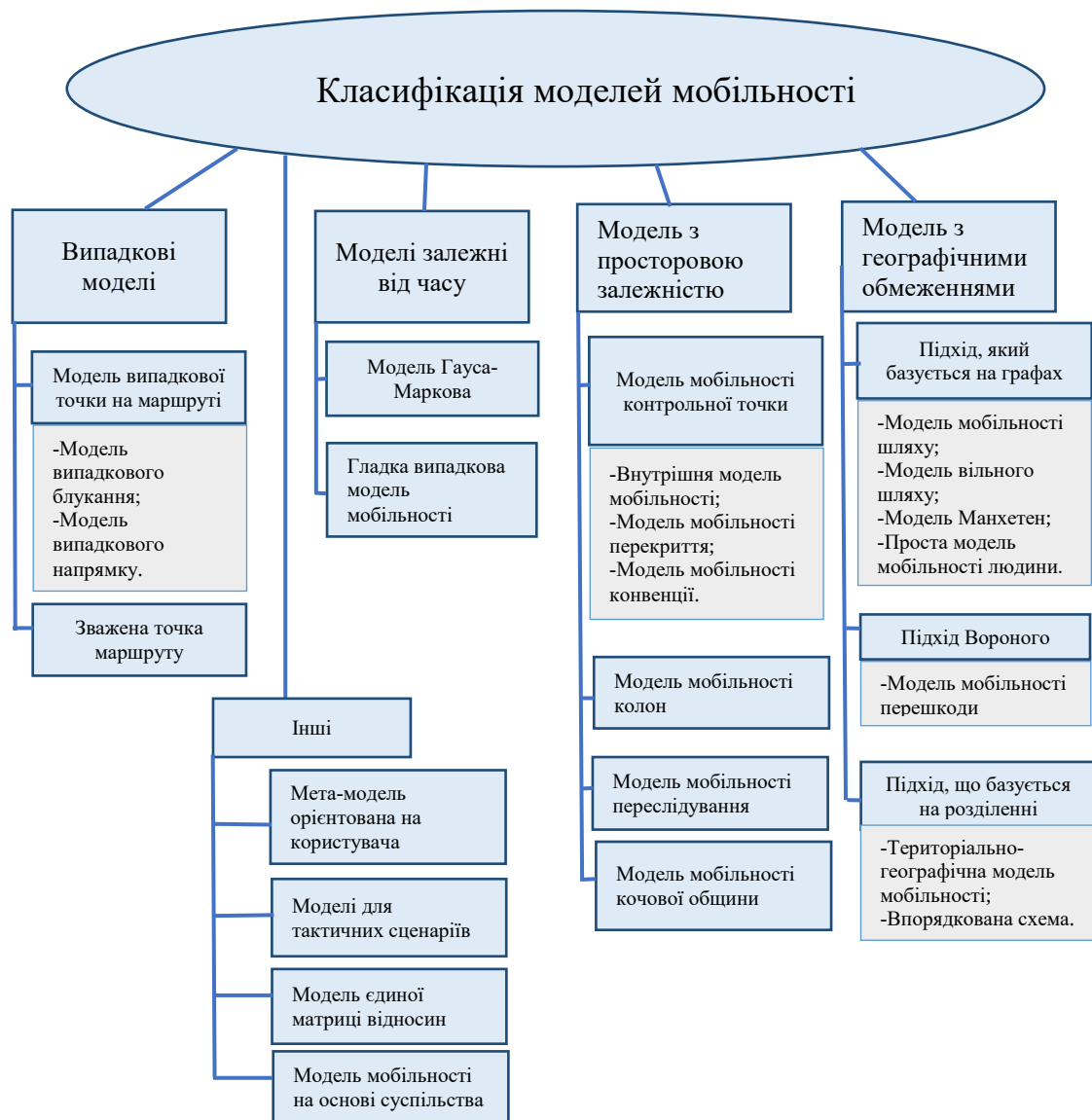


Рисунок 1.2 – Категорії моделей мобільності

1.3 Особливості реалістичних моделей переміщення абонентів до атрактору в складі групи і постановка задачі

Одним з рішень вищевказаних недоліків є розробка більш реалістичних моделей мобільності абонентів. При моделюванні процесу реалістичного руху абонентів необхідно враховувати соціологічні чинники [9]. В основу поведінкових моделей руху абонента закладено низку особливостей, яким відповідає поведінка людини: за інтересом до об'єкта, за впливом географії та інфраструктури на шляху до мети, по взаємодії з

іншими учасниками руху. Тобто в житті люди рухаються не хаотично, а усвідомлено, відповідно до своїх інтересів до об'єктів і місць, які притягують їх. Це призводить до введення в модель руху такого елемента як атрактор, тобто деякої області або об'єкта, до якої притягуються (сходяться) всі можливі траєкторії руху [10]. Треба зазначити, що на такому шляху до цілі абоненту можуть зустрітися і інші, менш важливі атрактори, які теж відволікають абонента. В зв'язку з тим, що атрактори мають різну привабливість, яка є ймовірнісною характеристикою і може змінюватися з часом виходячи з життєвого циклу атрактора, то основною параметричною характеристикою є вага атрактора, яка визначається числом абонентів, що відвідали його в одиницю часу.

Також для моделювання сценарію, коли до цільового атрактора абоненти рухаються в групах, необхідно враховувати місце розташування попутних атракторів.

Таким чином, метою даної роботи є отримання більшої реалістичності моделі мобільності абонентів для дослідження основних параметрів QoS при взаємодії головного вузла з мобільними станціями групи з використанням стандарту IEEE 802.11g в русі.

Для досягнення зазначеної мети в роботі необхідно вирішити ряд завдань:

- провести практичне дослідження поведінки абонентів під час проведення заходу «День міста»;
- провести моделювання міграції абонентів на шляху до головного атрактора в складі групи користувачів;
- при моделюванні пересувань мобільних абонентів з різноманітною швидкістю визначити основні параметри QoS для технології IEEE 802.11g при проходженні пакетів від головного вузла групи до МС і отримання від них відповіді;

- дати кількісну оцінку переданих даних від МС до головного вузла за одиницю часу, проаналізувати навантаження і кількість втрачених пакетів.

З огляду на недоліки попередніх досліджень і необхідність фокусування на вплив атракторів при моделюванні міграції абонентів для вирішення поставлених завдань в даній роботі розроблено новий підхід до моделювання пересувань абонентів у складі групи з урахуванням привабливості атракторів.

Запропоновано і апробовано на практиці:

- алгоритми розрахунку кількості абонентів в атракторі і вагових коефіцієнтів;
- метод моделювання руху абонентів з урахуванням атракторів і реалізацією різних сценаріїв поведінки абонентів в групі при русі до головного атрактору.

Отримані в роботі результати можна використовувати під час дослідження мереж Ad Hoc з реалізацією в стандарті IEEE 802.11g, яким володіють більшість мобільних смартфонів і різних гаджетів. Завдяки оцінці привабливості попутних атракторів, можливо побудувати реалістичні моделі поведінки абонентів в місцях проведення масових заходів. Це дасть можливість подальшого розвитку дослідницької діяльності в телекомунікаціях.

1.4 Основні характеристики і опис стандарту бездротового зв'язку IEEE 802.11g

802.11g – це один із стандартів специфікації IEEE 802.11 для локальних безпроводних мереж Wi-Fi. Максимальна швидкість передачі даних становить до 54 Мбіт/с в діапазоні частот від 2,400 ГГц до 2,483 ГГц. Стандарт 802.11g має зворотну сумісність зі стандартом 802.11b. Основною перевагою цього стандарту є висока швидкість передачі даних.

Як і всі стандарти IEEE 802, 802.11 працює на нижніх двох рівнях моделі ISO/OSI, фізичному і канальному рівні (рис. 1.3).

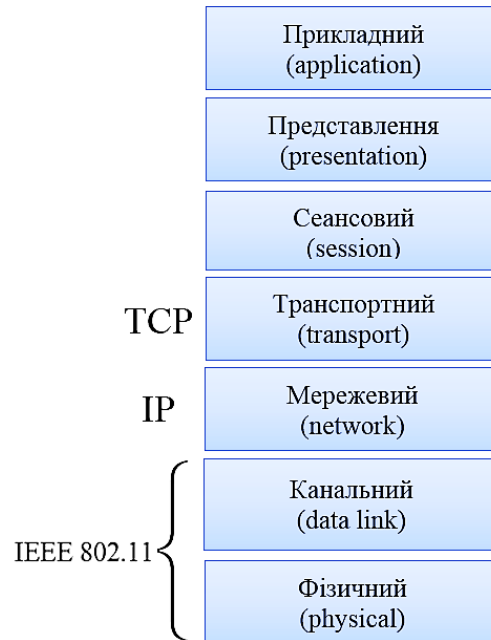


Рисунок 1.3 – Відповідність сімейства стандартів IEEE 802.11 рівням моделі OSI/OSI

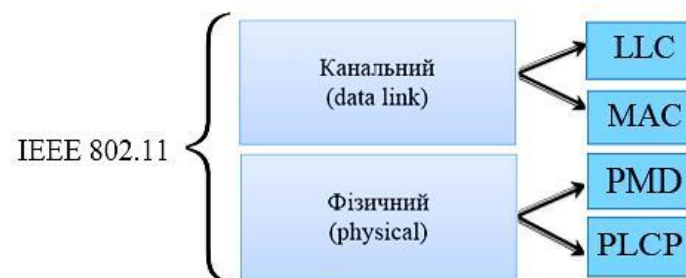


Рисунок 1.4 – Рівні моделі ISO / OSI і їх відповідні підрівні стандартів 802.11

Канальний рівень складається з двох підрівнів (рис.1.4): управління логічним зв'язком (Logical Link Control, LLC) і управління доступом до середовища передачі даних (Media Access Control, MAC).

На підрівні LLC протокол 802.11g не відрізняється від інших протоколів сімейства 802.11, тобто використовується така ж 48-бітна адресація. Тому в плані операційної системи і додатків бездротові мережі нічим не відрізняються від класичних дротових мереж, що дозволяє легко поєднувати їх. Основна відмінність стосується MAC-підрівня і фізичного рівня.

MAC-підрівень – це підрівень доступу до середовища передачі даних, на якому відбувається регулювання спільного використання середовища передачі даних. Іншими словами, встановлюються правила спільного використання середовища передачі даних одночасно кількома вузлами бездротової мережі.

На MAC-підрівні є два режими функціонування бездротових мереж: Ad Hoc та Infrastructure Mode.

Про Ad Hoc функціонування вже згадувалось у п.1.1.

У режимі Infrastructure Mode (рис.1.5) мобільні станції взаємодіють один з одним через точку доступу AP (Access Point), яка виконує в бездротовій мережі роль своєрідного комутатора. Розрізняють два режими взаємодії з точками доступу – BSS (Basic Service Set) і ESS (Extended Service Set). У режимі BSS усі вузли пов'язані між собою тільки через точку доступу, яка може виконувати також роль моста до зовнішньої мережі. У розширеному режимі ESS існує інфраструктура декількох мереж BSS, причому точки доступу взаємодіють один з одним, що дозволяє передавати трафік від однієї BSS до іншої. Точки доступу з'єднуються між собою за допомогою сегментів кабельної мережі або радіо-мостів.

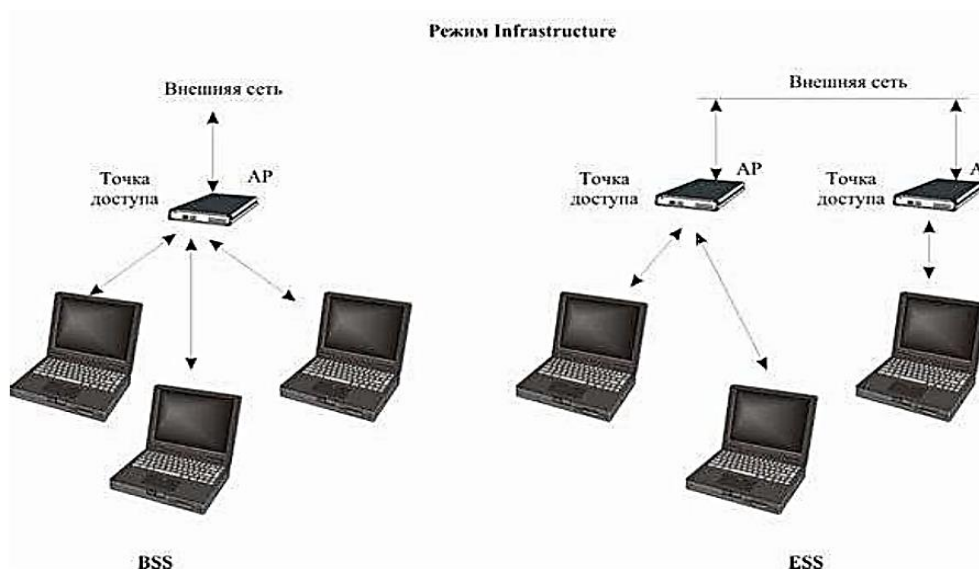


Рисунок 1.5 – Режим взаємодії Infrastructure Mode

На MAC-рівні протоколу 802.11 визначаються два типи колективного доступу до середовища передачі даних: функція розподіленої координації DCF (Distributed Coordination Function) і функція централізованої координації PCF (Point Coordination function).

Функція розподіленої координації (DCF) – заснована на методі колективного доступу з виявленням несучої і механізмом уникнення колізій CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidance). При такій організації кожен вузол, перш ніж почати передачу, якби прослуховує середу, намагаючись виявити несучий сигнал, і тільки за умови, що середовище вільне, може почати передачу даних. Однак, в цьому випадку велика ймовірність виникнення колізій: коли два або більше вузлів мережі одночасно (або майже одночасно) вирішують, що середовище вільне, і почнуть передавати дані. Для того щоб знизити ймовірність виникнення подібних ситуацій, використовується механізм уникнення колізій (Collision Avoidance, CA).

Суть даного механізму CSMA/CA полягає в тому, що кожен з вузлів мережі, переконавшись, що середовище вільне, перш ніж почати передачу, вичікує протягом певного проміжку часу. Цей проміжок є випадковим і

складається з двох складових: обов'язкового проміжку DIFS (DCF Interframe Space) і проміжку зворотного відліку (Backoff time), який обирається випадковим чином. В результаті кожен вузол мережі перед початком передачі вичікує протягом випадкового проміжку часу, що значно знижує ймовірність виникнення колізій, оскільки ймовірність того, що два вузли мережі будуть вичікувати протягом одного і того ж проміжку часу, надзвичайно мала.

В механізмі DCF всі вузли мережі отримують рівноправний доступ до середовищі передачі. Тому неможливо виділити пріоритетний вузол. Це, в свою чергу, обмежує використання DCF для забезпечення якості обслуговування QoS (Quality of Service).

Також через рівноправність доступу до середовища передачі в механізмі DCF неможливо здійснити її централізовану координацію, що буває досить часто необхідно при певних обставинах. Таке завдання може виконати механізм, що підтримує функцію централізованої координації (PCF).

Розглянутий вище механізм розподіленої координації DCF є базовим для протоколів 802.11 і може використовуватися як в бездротових мережах, що функціонують в режимі Ad-Hoc, так і в мережах, що функціонують в режимі Infrastructure, тобто в мережах, інфраструктура яких включає точку доступу (Access Point, AP).

Виходячи з того що ця робота направлена на вивчення взаємодії вузла-координатора та інших підлеглих вузлів, то такий підхід к розподілу доступу до середовищі передачі не буде відображати дійсність. Таке завдання може виконати механізм, що підтримує функцію централізованого управління середовищем передачі. Для мереж в режимі Infrastructure більш природним є механізм регламентування колективного доступу, відомий як функція централізованої координації (Point Coordination Function, PCF). Відзначимо, що механізм PCF є опціональним і застосовується тільки в мережах з точкою доступу.

Як вже зазначалося в механізмі DCF кожен вузол сам приймає рішення, коли починати передачу даних. У режимі ж PCF вузли починають передачу даних тільки з дозволу точки доступу, це, в свою чергу, гарантує пріоритетний доступ до середовища. Відсутність конкуруючого доступу до середовища виключає можливість виникнення колізій.

У разі задіяння механізму PCF один з вузлів мережі (точка доступу) є центральним і називається центром координації PC (Point Coordinator). На центр координації покладається завдання управління колективним доступом всіх інших вузлів мережі до середовища передачі даних на основі певного алгоритму опитування або виходячи з пріоритетів вузлів мережі. Таким чином, координатор опитує всі вузли мережі, внесені в його список, і на підставі цього опитування організовує передачу даних між усіма вузлами мережі.

Якщо на каналному рівні всі бездротові мережі сімейства 802.11 мають одну і ту ж архітектуру, то фізичний рівень для мереж різних стандартів різний.

Фізичний рівень 802.11 складається з двох підрівнів: PLCP та PMD.

PLCP (Physical Layer Convergence Protocol) підрівень, який виконує процедуру відображення модуля даних протоколу PDU (Protocol Data Unit) підрівня 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: прямої послідовності DSSS або метод частотних стрибків FHSS. Спільне застосування цих методів неможливо, так як ці методи не мають сумісності один з одним. Нові технології застосування широкопasmового 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 незайнятості каналу. Для виконання передачі PLCP перемикає PMD з режиму «Прийом» в режим «Передача».

На фізичному рівні визначаються можливі швидкості з'єднання і методи модуляції й фізичного кодування при передачі даних.

Стандарт IEEE 802.11g передбачає різні швидкості з'єднання: 1; 2; 5,5; 6; 9; 11; 12; 18; 22; 24; 33; 36; 48 і 54 Мбіт / с. Для різних швидкостей з'єднання застосовуються різні методи модуляції сигналу.

Extended Rate PHY – використовує OFDM в якості обов'язкової схеми кодування для швидкостей 6, 12 і 24 Мбіт / с (обов'язкові швидкості), та 18, 36, 48 і 54 Мбіт / с (опціональні швидкості).

При передачі радіосигналів у відкритому просторі можливо зіткнутися з таким паразитним явищем, як багатопроменева інтерференція. Ефект багатопроменевої інтерференції полягає в тому, що в результаті багаторазових відбиттів, один і той же сигнал може потрапляти в приймач різними шляхами. Але різні шляхи поширення мають і різні довжини, а тому ослаблення сигналу для них буде неоднаковим. Отже, в точці прийому результуючий сигнал являє собою суперпозицію (інтерференцію) багатьох сигналів з різними амплітудами і початковими фазами, що еквівалентно додаванню сигналів з різними фазами.

Наслідком багатопроменевої інтерференції є спотворення сигналу. Багатопроменева інтерференція властива будь-якому типу сигналів, але особливо негативно вона позначається на широкосмугових сигналах. При використанні широкосмугового сигналу в результаті інтерференції одні частоти складаються синфазно, що призводить до збільшення сигналу, а інші, навпаки, протифазно, викликаючи ослаблення сигналу на даній частоті.

Ортогональне частотне розділення з мультиплексуванням (Orthogonal Frequency Division Multiplexing, OFDM) – ця технологія була запозичена з стандарту 802.11a. Для її реалізації в передавальних пристроях використовується зворотне швидке перетворення Фур'є (IFFT), що переводить попередньо мультиплексований, який складається з N-каналів сигналу, з тимчасового представлення на частотне.

При розрахунку зони покриття бездротової мережі, слід враховувати кілька обставин. По-перше, максимальна відстань між двома бездротовими адаптерами в значній мірі залежить від того, чи є між ними перешкоди або ці адаптери знаходяться в зоні прямої видимості. Радіус дії бездротової мережі залежить також від того, чи є в цій мережі точка доступу (режим Infrastructure BSS) або ж мережа функціонує в режимі Ad Hoc. Далеко не останню роль відіграє і потужність передавача точки доступу. Тому поняття радіусу дії бездротової мережі досить умовний. До того ж, використовуючи кілька точок доступу в режимі Infrastructure ESS, зону покриття можливо необмежено збільшувати.

При зоні покриття з однією точкою доступу в ідеальних умовах при порівнянні можливостей різних бездротових стандартів мережі стандарту IEEE 802.11g виявляються більш швидкісними, ніж мережі стандартів IEEE 802.11a і 802.11b/b+. Так, не уступаючи за своїми швидкісними характеристиками стандарту IEEE 802.11a (рис.1.6), стандарт IEEE 802.11g забезпечує таку ж зону покриття, як і стандарт IEEE 802.11b.

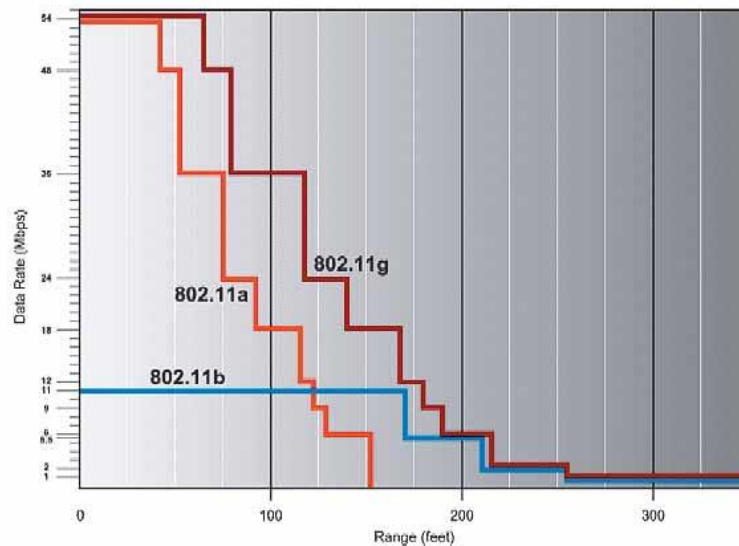


Рисунок 1.6 – Порівняння стандартів бездротового зв'язку за швидкістю і зоні покриття

Якщо середній радіус мережі стандарту IEEE 802.11a складає 50 м, то радіус дії мереж 802.11b і 802.11g – близько 100 м [11].

Враховуючи той факт, що в даній роботі розглядається лише дії координатора по управлінню вузлами групи та їх взаємодія, то для такого імітаційного моделювання доцільно використання стандарту IEEE 802.11g із застосуванням режиму централізованої координації PCF. Таким чином, потрібно провести моделювання переміщення групи абонентів бездротової мережі стандарту IEEE 802.11g.

2 МОДЕЛЮВАННЯ ПЕРЕМІЩЕННЯ АБОНЕНТІВ БЕЗДРОТОВОЇ МЕРЕЖІ СТАНДАРТУ IEEE 802.11

2.1 Вплив атракторів на міграцію абонентів на шляху до головного атрактора в складі групи користувачів

Як вже зазначалося в п. 1.3, під час проведення масових заходів, абоненти в основному рухаються групами до певного місця призначення (стадіон у разі проведення спортивних змагань, концерт на площі, частування городян святковим тортом). На їх шляху зустрічається безліч точок, які затримують якесь число людей з потоку на деякий час. Ці точки мають меншу вагу і відповідно меншу ступінь привабливості ніж цільова. Тому урахування таких точок дає можливість отримати більш точну модель міграції абонентів. Місцями, які притягають можуть бути: бари, аптеки, стійки з сувенірами, кіоски з квасом, ларьки з солодкою ватою та ін.

На рис. 2.1 зображено можливі напрямки пересувань абонентів з урахуванням попутних атракторів з різною вагою на шляху до головного атрактору.



Рисунок 2.1 – Попутні атрактори з різною вагою на шляху до головного атрактору

Для того щоб визначити силу привабливості кожного з атрактору необхідно розрахувати загальну кількість абонентів, середню кількість абонентів у атракторі, суму середньої кількості абонентів у всіх атракторах та вагові коефіцієнти.

1. Загальна кількість абонентів, які знаходяться в i -му атракторі визначається за формулою 2.1:

$$N = \sum_{i=1}^n At_i \quad (2.1)$$

де At_i – загальне число абонентів в конкретний час;

n – загальна кількість вимірювань числа абонентів в межах атрактора.

2. Середня кількість абонентів в атракторі розраховується за формулою 2.2:

$$K = \frac{N}{n} \quad (2.2)$$

де N – загальна кількість абонентів у певному атракторі;

n – загальна кількість вимірювань числа абонентів в межах атрактора.

3. Сума середньої кількості абонентів у всіх атракторах визначається за формулою 2.3:

$$N_{\text{заг.}} = \sum_{i=1}^n K_i \quad (2.3)$$

де K_i – середня кількість абонентів у конкретному атракторі;

n – число атракторів.

4. Для розрахунку вагових коефіцієнтів атрактора використовуємо формулу 2.4:

$$W_i = \frac{K_i}{N_{\text{заг.}}} \cdot 100 \% \quad (2.4)$$

де K_i – середня кількість абонентів в атракторі;

$N_{\text{заг.}}$ – загальна кількість абонентів у всіх атракторах.

5. В даній роботі при моделюванні міграцій абонентів рівень привабливості атракторів визначався як вказано в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Рівні привабливості атракторів

№	Діапазон кількості абонентів	Рівень привабливості
1	[0 – 5]	не привабливий
2	[6 – 15]	низький рівень привабливості
3	[16 – 30]	середній рівень привабливості
4	[31 – 60]	високий рівень привабливості
5	[61 – 100]	найвищий рівень привабливості

Тобто, для формалізованого відображення в математичних моделях будь-який атрактор характеризується привабливою силою, з якою він може впливати на прагнення абонента потрапити до нього. Така сила є головною причиною, сприяючою руху людини, і по суті, являється основою визначення майбутнього шляху. Основною параметричною характеристикою атрактора a є міра його привабливості $\mathcal{A}$. Привабливість $\mathcal{A}(a_i, z_i)$ атрактора a_i для абонента z_i (і ряду інших людей, які також його вибрали) пропорційна його популярності і зворотно пропорційна до відстані, яка відділяє його від абонента (інших людей) [12]:

$$\mathcal{A}_{(a_i, z_i)} = \frac{1 + \sum B(a_i, z_i)}{\sqrt{(X_{a_i} - X_{z_i})^2 + (Y_{a_i} - Y_{z_i})^2}} \quad (2.5)$$

де X і Y координати індивіда або атрактора; $B(a_i, z_j)$ являє собою змінну Бернуллі.

Якщо взяти до уваги, що маршрут абонента, характеризується початком

і цільовим атрактором, то головна особливість полягатиме у виборі саме такого атрактора. Такого роду вибір може бути реалізований наступним чином. Вірогідність $P(a_i)$ того, що абонент z_i серед усіх можливих, вибере атрактор a_i , пропорційна тій частині від загальної привабливості, яку вносить цей атрактор a_i у суму загальної кількості j навколишніх атракторів:

$$P(a_i) = \frac{\mathcal{A}_{(a_i, z_i)}}{\sum_j \mathcal{A}_{(a_i, z_i)}} \quad (2.6)$$

Окрім зацікавленості у напрямі руху абонентів в нормальних умовах необхідно враховувати схильність людини йти до цільового атрактору найкоротшим шляхом.

Таким чином, вказані чинники і параметри є основою для формування поведінкових моделей руху абонента.

2.2 Дослідження поведінки абонентів під час проведення масового заходу "Дня міста"

Для того, щоб врахувати вплив попутних атракторів на реалістичність моделі переміщення користувачів на шляху до головного атрактору, необхідно провести для них кількісний аналіз і визначити вагові коефіцієнти привабливості цільової і попутних точок. Такий аналіз можна здійснити в наступний спосіб:

- розрахувати загальне число абонентів біля кожного попутного атрактору;
- розрахувати середню кількість абонентів в атракторі;
- розрахувати суму середньої кількості абонентів у всіх атракторах.

Під час проведення Дня міста Запоріжжя була проведена процедура збору статичних даних абонентів у 5 атракторах протягом 105 хвилин з інтервалом часу в 5 хвилин.

Таблиця 2.2 – Статичні данні наповнюваності атракторів протягом 105 хв.

Номер виміру	Час	Сцена 1	Сцена 2	Сцена 3	Гастрономія	Сувенірна лавка
1	10:00	47	14	35	4	15
2	10:05	54	16	40	7	17
3	10:10	40	15	42	6	20
4	10:15	42	19	45	7	22
5	10:20	55	22	49	8	27
6	10:25	52	24	50	13	20
7	10:30	57	29	52	17	17
8	10:35	53	35	55	22	14
9	10:40	50	34	57	26	11
10	10:45	61	38	59	15	12
11	10:50	47	40	62	13	10
12	10:55	49	38	66	11	11
13	11:00	52	36	70	10	10
14	11:05	55	32	63	12	14
15	11:10	42	25	60	14	12
16	11:15	38	22	55	19	11
17	11:20	45	19	50	19	13
18	11:25	46	22	51	14	12
19	11:30	50	24	55	12	11
20	11:35	49	27	60	15	15
21	11:40	47	25	62	14	14
22	11:45	46	26	62	11	10

Далі проводимо необхідні розрахунки:

1. Загальна кількість абонентів, які відвідали атрактори протягом 105 хвилин розраховується за формулою 2.1:

$$N_1 = 1077;$$

$$N_2 = 582;$$

$$N_3 = 1200;$$

$$N_4 = 289;$$

$$N_5 = 318.$$

2. Середня кількість абонентів в кожному з атракторів розраховується за формулою 2.2:

$$K_1 = 49;$$

$$K_2 = 27;$$

$$K_3 = 55;$$

$$K_4 = 13;$$

$$K_5 = 15.$$

3. Сума середньої кількості абонентів у всіх атракторах розраховується за формулою 2.3:

$$N_{\text{заг.}} = 159$$

4. Як вже було описано в п.1.3 вага атрактора формується в залежності від кількості осіб, які відвідали його за одиницю часу. Тому на підставі проведеного кількісного аналізу користувачів розраховуємо за формулою 2.4 вагові коефіцієнти цільової і попутних точок тяжіння:

$$W_1 = 31 \%$$

$$W_2 = 17 \%$$

$$W_3 = 35 \%$$

$$W_4 = 8 \%$$

$$W_5 = 9 \%$$

5. Ймовірність того, що клієнти оберуть певний атрактор залежить від його привабливості. Відповідно таблиці 2.1 перший атрактор має високий рівень привабливості, другий середній, четвертий та п'ятий низький.

При моделюванні міграцій абонентів в якості центрального орієнтиру до якого слідує потік абонентів, відповідно до розрахунків, виступає головна сцена рис.2.2 з урахуванням чотирьох орієнтирів, які зустрічаються на шляху рис.2.3, тобто 2 сцени з меншим ступенем привабливості, сувенірна лавка та гастрономія.



Рисунок 2.2 – Сцена 3, яка виступає у ролі головного орієнтиру



Рисунок 2.3 – Чотири орієнтири, які зустрічаються на шляху слідування абонентів (попутні атрактори) до головного орієнтиру

Тяжіння атракторів постійно змінюється з плином часу, так на рис. 2.4 зображено сформований попутний атрактор, а на рис. 2.5 цей атрактор, втратив свою привабливість.



Рисунок 2.4 – Сформований попутний атрактор



Рисунок 2.5 – Атрактор, що втратив свою привабливість

Це підтверджує, що життєвий цикл є важливою умовою для більш точного моделювання реалістичної моделі міграцій абонентів.

На рис. 2.5 відображена розрахункова кількість абонентів з інтервалом в 5 хвилин протягом 1 години 45 хвилин в 4 попутних

атракторах.

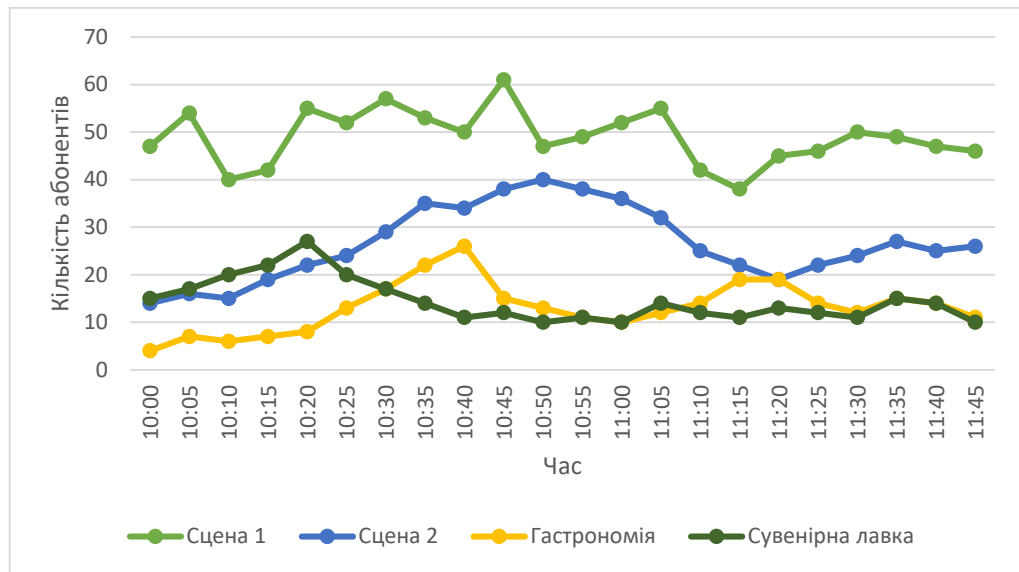


Рисунок 2.6 – Графіки зміни кількості абонентів в 4-х атракторах протягом 105 хв

Маючи інформацію про наповненість попутних атракторів в будь-який момент часу, складемо гістограму затримки абонентів у відповідних атракторах (рис. 2.7). Такі затримки визначають пульсації потоку абонентів до головного атрактору.

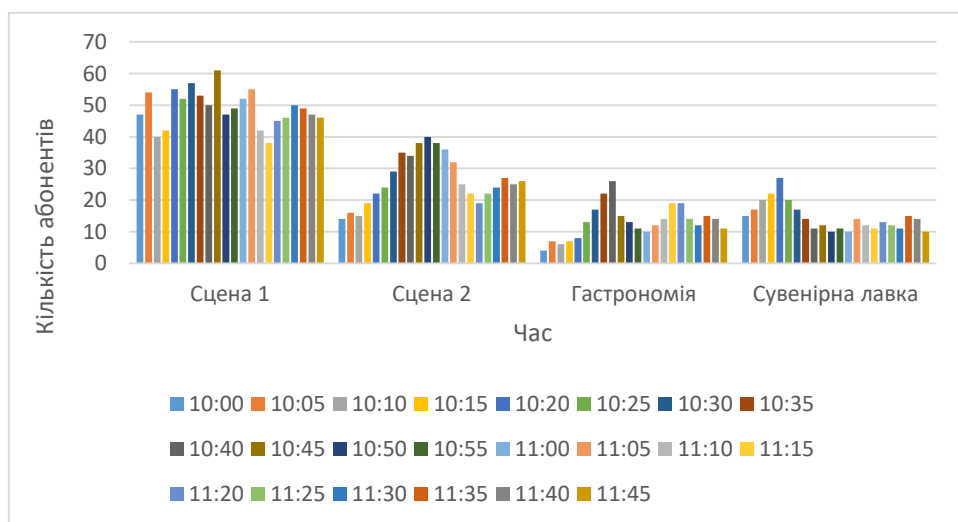


Рисунок 2.7 – Гістограма затримок абонентів у різних атракторів

2.3 Можливі основні сценарії поведінки абонентів під час проведення масового заходу "День міста"

На підставі проведених практичних досліджень поведінки абонентів під час проведення масового заходу "Дня міста" були визначені наступні сценарії:

Жодна МС не залишає групу і всі рухаються з однаковою швидкістю до головного атрактора.

Жодна МС не залишає групу і всі рухаються з різними швидкостями (в межах радіуса дій координатора) до головного атрактора.

Декілька МС слідує до атрактору з більшою вагою і затримуються на короткий час (до 2 хвилин), для того щоб визначитися з привабливістю атрактора, і потім рухаються за групою. Решта рухається у групі з різною швидкістю до головного атрактора.

Декілька МС слідує до атрактору з більшою вагою і затримуються на деякий час. Потім вони рухаються за групою. Решта рухається у групі з різною швидкістю до головного атрактора.

Декілька МС переміщуються по черзі до атрактору з середньою та більшою вагою і затримуються на короткий час (до 2 хвилин), для того щоб визначитися з привабливістю атрактора, і потім рухаються за групою. Решта рухається у групі з різною швидкістю до головного атрактора.

Декілька МС переміщуються по черзі до атрактору з середньою та більшою вагою і затримуються на деякий час. Потім вони рухаються за групою. Решта рухається у групі з різною швидкістю до головного атрактора.

Декілька МС переміщуються по черзі до атрактору з малою, середньою та більшою вагою і затримуються на короткий час (до 2 хвилин), для того щоб визначитися з привабливістю атрактора, і потім рухаються за групою. Решта рухається у групі з різною швидкістю до головного атрактора.

Декілька МС переміщуються по черзі до атрактору з малою, середньою та більшою вагою і затримуються на деякий час. Потім вони

рухаються за групою. Решта рухається у групі з різною швидкістю до головного атрактора.

Для реалізації цих сценаріїв потрібно визначитися з програмним пакетом, який дозволить найбільш точніше отримати результати моделювання.

2.4 Аналіз програмних продуктів, що дозволяють моделювати взаємодію абонентів в русі

Для моделювання міграції абонентів бездротової самоорганізуючої мережі, що використовує для зв'язку між мобільними вузлами, стандарт IEEE 802.11g, з урахуванням зазначених сценаріїв були розглянуті наступні програмні пакети:

- Cisco Packet Tracer;
- Opnet Modeler 14.5;
- Any Logic.

Cisco Packet Tracer – це багатофункціональна програма моделювання мереж, яка дозволяє експериментувати з поведінкою мережі і оцінювати можливі сценарії. Packet Tracer надає функції моделювання, візуалізації, авторської розробки, атестації та спільної співпраці, а також вивчення складних технологічних принципів.

Програмне рішення Packet Tracer дозволяє моделювати роботу різних мережевих пристроїв: маршрутизаторів, комутаторів, точок бездротового доступу, персональних комп'ютерів, мережевих принтерів і т.д. Інтерактивна взаємодія з симулятором дає правдоподібне відчуття настройки реальної мережі.

Успішно дозволяє створювати навіть складні макети мереж, перевіряти на працездатність топології. Cisco Packet Tracer підтримує режим візуалізації, за допомогою якого користувач може відстежувати переміщення

даних по мережі, появу і зміну параметрів пакетів при проходженні даних через мережеві пристрої, швидкість і шляхи переміщення пакетів. Таким чином, аналіз подій, що відбуваються в мережі, дозволяє зрозуміти механізм її роботи і виявити несправності.

Packet Tracer включає наступні особливості [13]:

- робочий простір для створення мережі будь-якого розміру і складності;
- моделювання в режимі реального часу;
- моделювання в режимі симуляції;
- графічний інтерфейс для взаємодії з користувачем під час налаштування мережевих пристроїв;
- зображення мережевого обладнання з підтримкою додавання, видалення, переміщення різних компонентів.

Однак в Cisco Packet Tracer немає можливості створити модель пересування абонентів з урахуванням траєкторій, що робить дослідження неправдоподібними по відношенню до реальних умов.

Пакет Any Logic – професійний інструмент нового покоління, який призначений для розробки і дослідження імітаційних моделей.

Any Logic був розроблений на основі нових ідей в області інформаційних технологій, теорії паралельних взаємодіючих процесів і теорії гібридних систем. Завдяки цим ідеям надзвичайно спрощується побудова складних імітаційних моделей, є можливість використання одного інструменту при вивченні різних стилів моделювання.

Програмний інструмент Any Logic заснований на об'єктно-орієнтованій концепції. Іншою базовою концепцією є представлення моделі як набору взаємодіючих, паралельно функціонуючих активностей. Активний об'єкт в Any Logic це об'єкт зі своїм власним функціонуванням, який взаємодіє з оточенням. Він може включати в себе будь-яку кількість екземплярів інших активних об'єктів.

Графічне середовище моделювання підтримує проектування, розробку, документування моделі, виконання комп'ютерних експериментів, оптимізацію параметрів щодо деякого критерію.

При розробці моделі можна використовувати елементи візуальної графіки: діаграми станів (стейтчарти), сигнали, події (таймери), порти і т.д.; синхронне і асинхронне планування подій; бібліотеки активних об'єктів.

Також при розробці моделі на Any Logic можна використовувати концепції і засоби з декількох класичних областей імітаційного моделювання: динамічних систем, дискретно-подієвого моделювання, системної динаміки, агентного моделювання. Крім того, Any Logic дозволяє інтегрувати різні підходи з метою отримання більш повної картини взаємодії складних процесів різної природи.

Any Logic використовується для розробки імітаційних виконуваних моделей і подальшого їх прогону для аналізу. Побудована модель компілюється вбудованим компілятором Any Logic і запускається на виконання. В процесі виконання моделі можна спостерігати за її поведінкою, змінювати параметри, виводити результати моделювання в різних формах і виконувати різного роду комп'ютерні експерименти [14].

Даний продукт можна використовувати для побудови моделі міграції абонентів з урахуванням можливих сценаріїв рухів абонентів. Однак в Any Logic немає можливості реалізувати роботу телекомунікаційних технологій і відповідно неможливо отримати графіки досліджуваних вихідних статистик таких як: навантаження (Load), пропускна здатність (Throughput), затримка (Delay), втрата даних (Threshold).

Opnet – програмний засіб для створення, моделювання та аналізу мереж зв'язку, мережевого і телекомунікаційного обладнання, протоколів і додатків. Версія Opnet Modeler 14.5 містить велику кількість конфігурацій обраних користувачем елементів і практично показує переваги і недоліки кожної технології. Вона широко поширена як в комерційному секторі, так і в сфері освіти і навчання, як ідеальний інструмент для візуального

моделювання різних технологій, протоколів, мереж і т.д. Програма дозволяє моделювати і імітувати практично будь-яку мережеву архітектуру, оскільки володіє великою бібліотекою моделей.

Opnet Modeler має великі можливості в області моделювання і відображення результатів. Виміряні значення можна відобразити через таблицю, результати якої експортуються в MS Excel або генеруються в формат XML. Так само можливо змінювати структуру і процеси моделювання з використанням C/C ++.

Порівняльна характеристика програмного забезпечення для вирішення поставлених завдань в даній роботі наведена в таблиці 4.1. За основу взята програма OPNET Modeler 14.5

Таблиця 2.3 – Порівняльна характеристика імітаційного програмного забезпечення

Критерій \ ПЗ	Cisco Packet Tracer	Any Logic	Opnet Modeler
Ліцензія	Академічна	Академічна	Академічна
Можливість моделювання мереж зв'язку	+	–	+
Імітація точки доступу на основі МС	–	–	+
Робота з PCF і DCF	-	-	+
Побудова траєкторій	-	+	+
Прив'язка до відстані	-	-	+
Отримання метричних характеристик у вигляді графіків	-	+	+
Можливість порівняння результатів різних сценаріїв	-	-	+
Багатомовність інтерфейсу програми	+	+	-

Таким чином, відповідно до поставлених завдань, а саме (створення імітаційної моделі МС, побудова траєкторій, отримання вихідних статистик) найбільш відповідним програмним забезпеченням є Opnet Modeler.

3 МОЖЛИВОСТІ ПРОГРАМНОГО ПАКЕТУ OPNET MODELER 3 МОДЕЛЮВАННЯ МОБІЛЬНОСТІ АБОНЕНТІВ МЕРЕЖІ IEEE 802.11g

При створенні нового сценарію додавання об'єктів на простір моделювання здійснюється за допомогою «Бібліотеки об'єктів». Ці бібліотеки розділені на певні технології, такі як ATM, Internet, Ethernet, xDSL, а також WLAN (застосовані основні стандарти IEEE 802.11) й інші. Opnet Modeler також надає можливість створювати власні моделі і визначати їх необхідні властивості.

Opnet Modeler ієрархічно розділений на кілька рівнів, графічне середовище показує реальний розподіл окремих мережевих компонентів. Він складається з трьох основних редакторів:

Редактор проекту – відображає поточну схему всього проекту. У вікні редактора проекту відображається вся топологія мережі, окремі вузли та посилання між ними.

Редактор вузлів – точно визначає внутрішню структуру обраного вузла. Тут відображається як модулі приймають і відправляють потоки даних.

Редактор процесів – найнижчий рівень Opnet Modeler. Тут визначається поведінка окремих модулів в C/C++. Є можливість варіювати поведінкою окремих модулів або створити свої власні.

Обраний для моделювання програмний пакет Opnet Modeler має різні зручні настройки. Завдяки цьому можливо налаштувати кожну МС, генерацію пакетів, дистанції між МС та вихідні результати.

Серед усієї безлічі параметрів, що налаштовуються в Opnet Modeler для даної роботи найбільш важливими є [15]:

- можливість встановлення необхідних параметрів МС;
- завдання траєкторій переміщень МС;
- візуалізація отриманих результатів моделювання.

Розглянемо їх докладніше.

3.1 Можливості з редагування параметрів МС в пакеті Ornet Modeler

Для редагування параметрів МС необхідно, щоб МС були додані на простір моделювання. Для цього в бібліотеці моделей wireless_lan (рис.3.1) необхідно обрати МС з параметром мобільності.

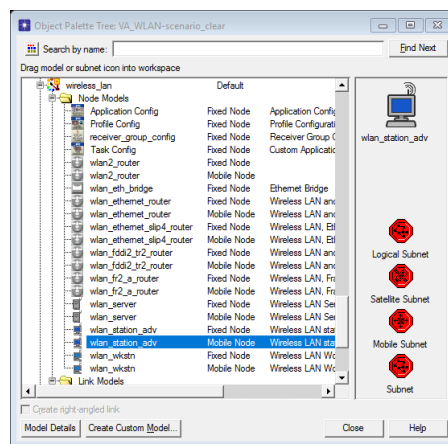


Рисунок 3.1 – Моделі з бібліотеки wireless_lan

Відмінність параметрів мобільних від фіксованих у тому, що для перших є можливість додавання траєкторії у їх налаштуваннях, а другі мають чітко закріплену позицію на просторі моделювання.

Після додавання МС на простір моделювання, параметри МС можливо змінити. Для цього необхідно у МС вибрати параметр «Edit Attributes».

Параметри налаштувань WLAN включають наступні налаштування: MAC адреси, належність до конкретної базової станції, режим точки доступу, потужність антени та інші параметри. Розглянемо їх більш детально (рис.3.2).

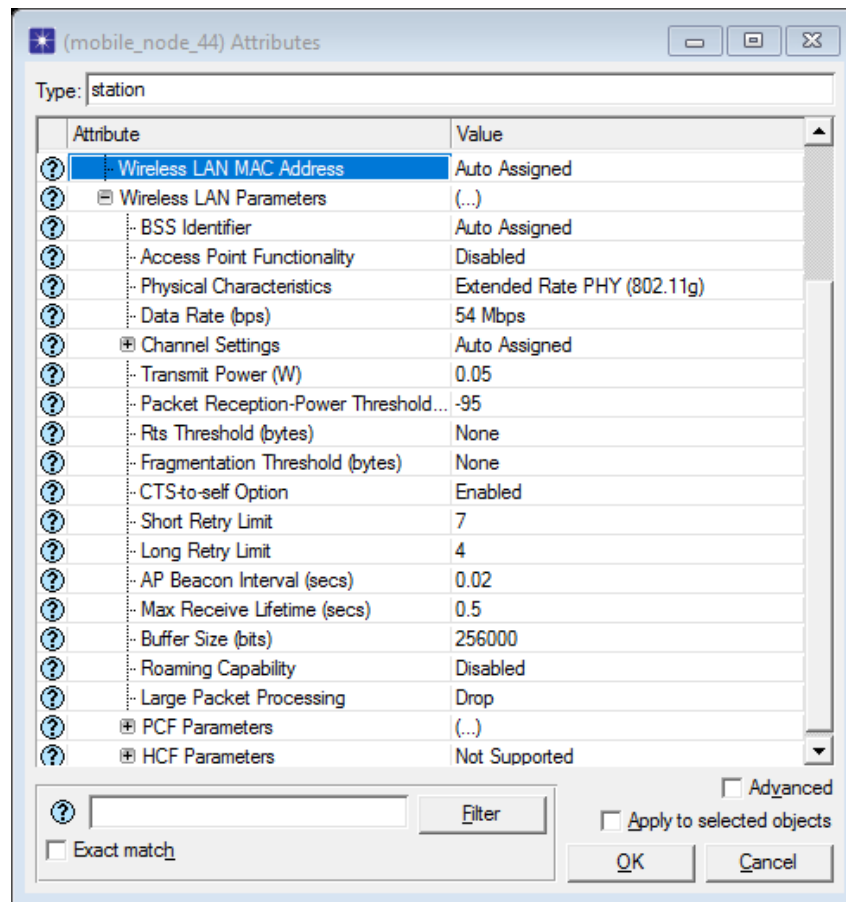


Рисунок 3.2 – Налаштування параметрів WLAN

- Wireless LAN MAC Address – цей атрибут визначає унікальну адресу MC (можливо вибрати автоматичний режим, при якому OPNET автоматично призначить пристрою MAC адресу, або ручний режим, при цьому режимі обирається Edit і, з'являється можливість введення значення, при цьому можливо вводити тільки цифри);
- BSS Identifier – цей атрибут ідентифікує BSS, до якого належить MAC- адреса WLAN (у випадку "автоматичного призначення" всі MAC- адреси WLAN в кожній підмережі належать до однієї і тієї ж BSS, тобто підмережі визначають межі BSS у мережі);
- Access Point Functionality – цей атрибут може бути використаний для призначення MAC як точки доступу своєї BSS (для встановлення функцій точки доступу необхідно встановити його значення на "Enabled");

- Physical Characteristics – значення цього атрибута визначає набір доступних технологій передачі даних, які можуть бути використані для передачі пакетів даних WLAN MAC (наприклад, для того, щоб мати можливість вибрати певну швидкість передачі даних у форматі 802.11a для передачі даних MAC, цей атрибут має бути встановлений на "OFDM (802.11a)" і необхідно звернути увагу, що всі MAC-адреси WLAN, що належать до однієї і тієї ж BSS, повинні мати однакову фізичну характеристику, інакше симуляція закінчиться повідомленням про помилку);
- Data Rate – визначає швидкість передачі даних, яка буде використовуватися MAC для передачі кадрів даних через фізичний рівень (набір підтримуваних швидкостей передачі даних залежить від технології розгортання фізичного рівня, яка вказана в стандартах IEEE 802.11, 802.11a, 802.11b та 802.11g);
- Channel Settings – визначає частотний діапазон, який буде використовуватися радіопередавачем і приймачем, підключеного до MAC (номери каналів відповідають каналам, доступним у діапазоні частот 2,4 ГГц, які зазначені в IEEE 802.11, 802.11b, 802.11g та смузі U-NII 5 ГГц, які вказані в 802.11a);
- Transmit Power – визначає потужність передачі передавальної антени і вимірюється в Вт;
- Packet Reception-Power Threshold визначає значення порогу потужності прийнятого радіоприймача в дБм для прийому WLAN-пакетів, тобто чутливість приймача (пакети з потужністю, меншою за порогове значення, не приймаються та не декодуються приймачем і статус відкинутих пакетів встановлюється як шум, і тому вони створюють перешкоди, і, можливі, бітні помилки, якщо вони стикаються з дійсними пакетами на приймачі);
- Rts Threshold – визначає порогові значення для здійснення обміну кадрами RTS/CTS;

- Fragmentation Threshold – визначає пороговий фрагмент у байтах, а також розмір фрагментів (будь-який пакет даних, отриманий приймачем з розміром, більшим за пороговий, буде поділений на фрагменти, які будуть передаватися окремо через радіоінтерфейс, тобто цей поріг визначає розмір найбільшого дозволеного фрагмента, залежно від його значення та розмірів отриманих пакетів даних, деякі пакети можна розділити на більш ніж два фрагменти);
- CTS-to-selfOption вмикає необов'язковий механізм захисту CTS-to-self, який визначено в стандарті IEEE 802.11g-2003 (отже, атрибут використовується лише MAC, що працюють в режимі 802.11g);
- Short Retry Limit – вказує максимальну кількість спроб передачі для кадрів, розмір яких менше або дорівнює порогу Rts (при перебільшенні максимальної кількості спроб передачі, пакети відкидаються на рівні MAC);
- Long Retry Limit – вказує максимальну кількість спроб передачі для кадрів, розмір яких перевищує порогове значення Rts (при перебільшенні максимальної кількості спроб передачі, пакети відкидаються на рівні MAC);
- AP Beacon Interval – визначає час передачі цільового сигналу у секундах (іншими словами, AP намагатиметься передавати фрейми Beacon з періодом, визначеним значенням цього атрибута);
- Max Receive Lifetime – визначає максимальний час очікування на повторне збирання фрагментованого MSDU, тобто отримання всіх його фрагментів, починаючи з прийому його першого фрагмента (MSDU, які не можуть бути знову зібрані протягом цього часу, будуть відкинуті, і процеси їх повторної зборки будуть припинені);
- Buffer Size – визначає максимальний розмір буфера даних приймача в бітах (після досягнення межі буфера, пакети даних, отримані з вищого рівня, будуть відкинуті, доки деякі пакети не будуть видалені з буфера);

- Roaming Capability – здатність здійснювати переключення STA сканування на інші APі перемикання AP, коли сигнал з підключеної AP стає слабким;
- Large Packet Processing – значення цього атрибута використовується, якщо MAC отримує пакет вищого рівня, розмір якого перевищує максимально дозволений розмір даних (2304 байт / 18432 біта);
- PCF Parameters – визначає параметри, що використовуються протоколом бездротової локальної мережі MAC при роботі в режимі PCF (функція централізованої координації).

3.2 Види траєкторій переміщення МС і способи їх завдання в моделі Opnet Modeler

Траєкторія – це лінія у просторі, по якій пересуваються МС, від початкової точки (місця старту) до кінцевої точки.

Для створення траєкторії необхідно перейти до налаштувань Topology та обрати пункт “Define Trajectory...” (рис 3.3).

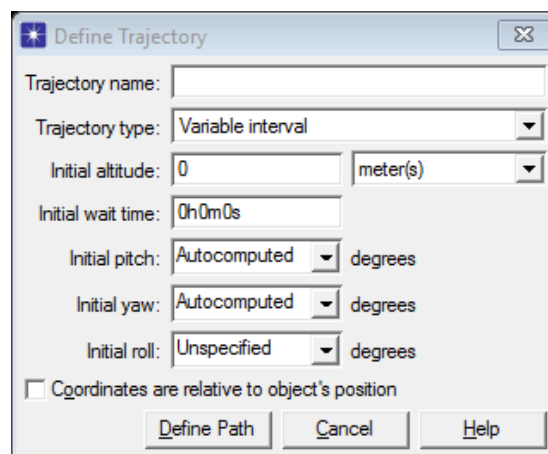


Рисунок 3.3 – Створення і налаштування траєкторії

Усі створені траєкторії зберігаються за стандартними налаштуваннями в директорії: “C:\Users\<Ім’я користувача>\or_models\” , файли зберігаються у форматі “.trj”.

У даній програмі існують наступні види траєкторій:

- траєкторія з змінним інтервалом;
- траєкторія з фіксованим інтервалом;
- випадкова траєкторія;
- векторна траєкторія

Розглянемо, як створювати кожну траєкторію більш детально.

3.2.1 Траєкторія з змінним інтервалом

Траєкторія зі змінним інтервалом характеризується тим, що при зміні налаштувань траєкторії можливо змінити швидкість МС та час очікування на обраному сегменті траєкторії.

В налаштуваннях створення траєкторій наступні поля означають:

- Trajectory name (назва траєкторії) – це поле встановлює назву траєкторії, яка потім застосовується в налаштуваннях МС;
- Trajectory Type (тип траєкторії) – дозволяє обрати тип траєкторії (у цьому полі обирається траєкторія зі змінним інтервалом);
- Initial Altitude (вихідна висота) – встановлює початкову висоту траєкторії, також це поле визначає висоту МС над рівнем моря, також обирається одиниця виміру для висоти (метри, кілометри та інші);
- Initial Wait Time (час очікування) – первинний час протягом якого МС знаходиться у стані очікування перед початком свого руху до наступного сегменту траєкторії;
- Initial Pitch (кут нахилу) – встановлює початковий кут траєкторії. (може приймати такі значення: autocompleted (автоматичне призначення), яке задає кут нахилу до наступного сегменту траєкторії або unspecified (не

визначати кут нахилу), коли значення кута нахилу не потрібне то можливо вибрати число самостійно обравши «0.0», яке після можливо редагувати, щоб призначити явне значення, цей параметр вимірюється у градусах);

- Initial Yaw (відхилення від траєкторії) – встановлює початкове відхилення від заданої траєкторії (може приймати такі значення: autocompleted (автоматичне призначення), яке задає відхилення від траєкторії до наступного сегменту траєкторії або unspecified (не визначати відхилення від траєкторії), коли значення відхилення від траєкторії не потрібне то можливо вибрати число самостійно обравши «0.0», яке після можливо редагувати, щоб призначити явне значення, цей параметр вимірюється у градусах);

- Initial Roll (вихідний кут обертання) – встановлює початковий кут обертання траєкторії (може приймати такі значення: autocompleted (автоматичне призначення), яке задає вихідний кут обертання відносно наступного сегменту траєкторії або unspecified (не визначати вихідний кут обертання), коли значення вихідного кута обертання не потрібне то можливо вибрати число самостійно обравши «0.0», яке після можливо редагувати, щоб призначити явне значення цей параметр вимірюється у градусах);

- Coordinates are relative to object's position (координати по відношенню до позиції об'єкта) – визначає, як OPNET застосовує координати x, y та висоту при додаванні траєкторії до МС (якщо цей параметр вибрано, координати x та y – змінюють початкові координати траєкторії відносно МС, якщо цей параметр не вибрано, то OPNET додає додатковий маршрут до початкового сегменту траєкторії).

Після натискання на «Define Path» визначається шлях. На полі з'являється маркер червоного кольору. Необхідно обрати початкову точку на полі моделювання і натиснути ліву кнопку миші.

Далі з'явиться вибір наступної точки та лінії між початковою і подальшою точкою. В панелі Trajectory Status (рис.3.4) відображається

дистанція між точками і час, який необхідний для того, щоб дістатися з початкової точки до подальшої точки (рис.3.4).

The image shows two side-by-side screenshots of a software window titled "Trajectory Status".

Left Screenshot:

- Position:** X position: 332.57 m, Y position: 220.7 m, Terrain height: 0.0m
- Current segment (N/A):** Length: (empty), Duration: N/A, Speed: 10 km/h (radio button selected)
- Trajectory:** Length: (empty), Duration: (empty)
- Distances in:** meters (dropdown menu)

Right Screenshot:

- Position:** X position: 479.45 m, Y position: 159.82 m, Terrain height: 0.0m
- Current segment (#1):** Length: 231.37 m, Duration: 1m23.29s, Speed: 10 km/h (radio button selected)
- Trajectory:** Length: 231.37 m, Duration: 1m23.29s
- Distances in:** meters (dropdown menu)

Рисунок 3.4 – Вибір початкової і подальшої точки на карті та їх налаштування

Після додавання двох точок, користувачу буде запропоновано змінити такі ж параметри, як і при налаштуванні траєкторії для точки, на яку тільки що натиснув користувач на наступний інтерфейсі. У цьому інтерфейсі необхідно вибрати: Undo (Відмінити останню точку), Continue (Продовжити будувати маршрут), Cancel (Відмінити побудову траєкторії) та Complete (Завершити створювати траєкторію і після цього траєкторія записується у директорію за стандартними налаштуваннями) (рис.3.5).

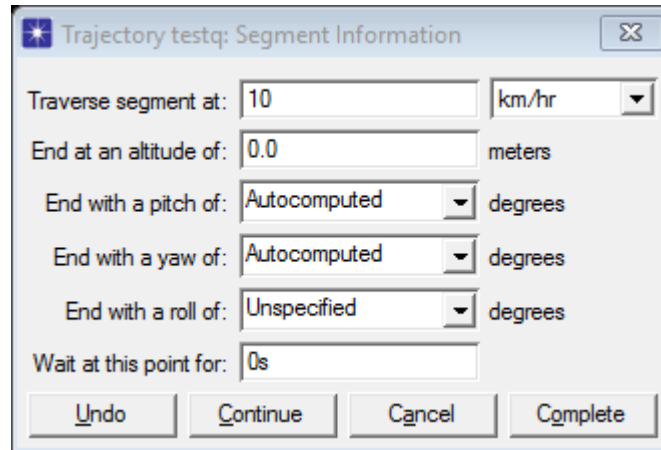


Рисунок 3.5 – Інформація налаштування сегменту траєкторії

Після закінчення побудови траєкторії, її можливо додати до МС.

Для того, щоб додати траєкторію до МС необхідно на полі моделювання у налаштуваннях МС обрати створену траєкторію (рис.3.6).

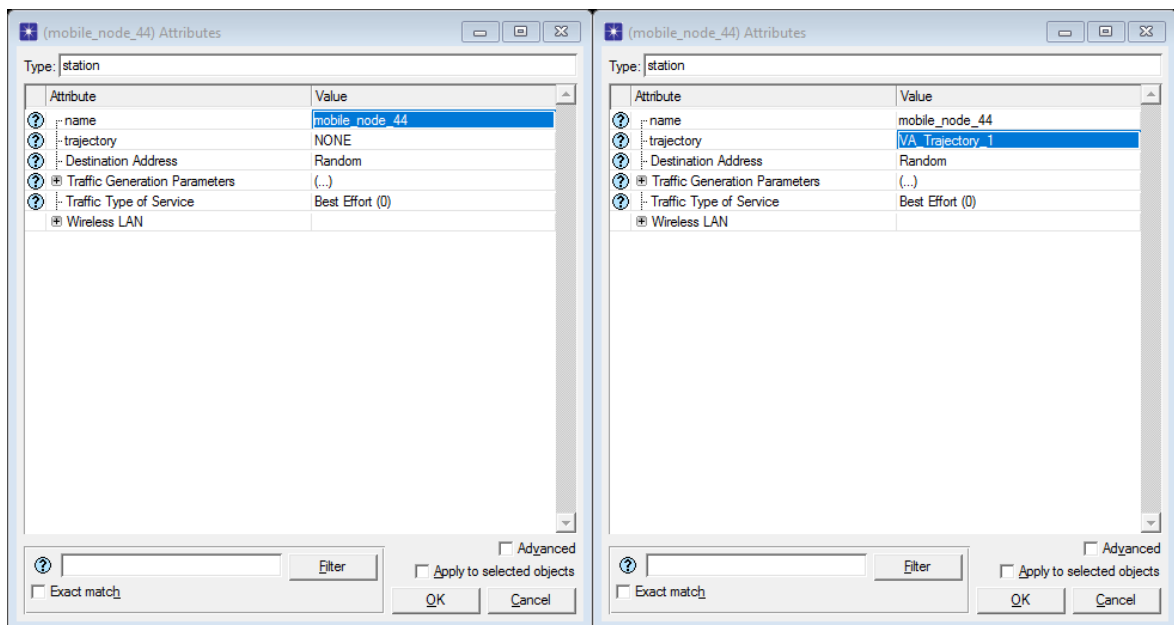


Рисунок 3.6 – Вибір у налаштуваннях МС траєкторії руху

Якщо потрібно змінити налаштування траєкторії у МС, то на полі моделювання необхідно натиснути праву кнопку миші на траєкторії і обрати «Edit Trajectory».

У меню зображеному на (рис.3.7) можливо змінити час затримки, висоту над рівнем моря та координати руху сегментів траєкторії.

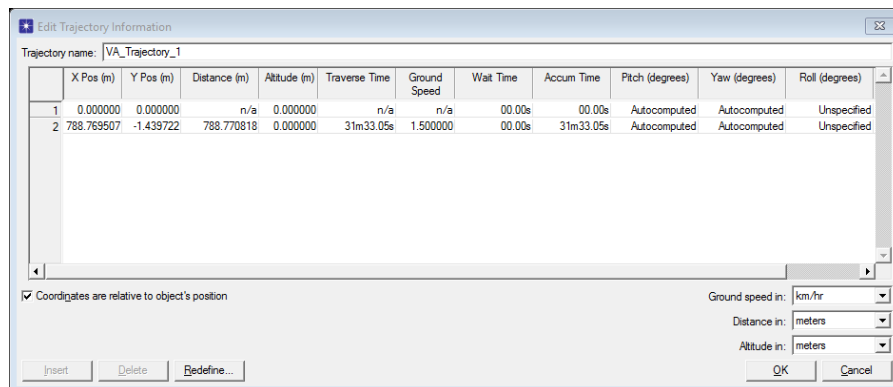


Рисунок 3.7 – Налаштування редагування траєкторії з змінним інтервалом

3.2.2 Траєкторія з фіксованим інтервалом

Траєкторія з фіксованим інтервалом характеризується тим, що ця траєкторія має фіксований час проходження руху МС. Іншими словами у траєкторії швидкість між сегментами траєкторій буде завжди однаковою.

Налаштовані при цьому параметри будуть такими ж як і при побудові траєкторії зі змінним інтервалом, але параметр швидкості руху буде замінений на часовий крок. Time Step (часовий крок) – це час, який об'єкт приймає, щоб пройти вздовж кожного сегменту. Цей параметр не може бути нульовим.

Після натискання на «Define Path» необхідно визначити початкову точку.

Далі з'явиться вибір наступної точки та лінія між початковою і подальшою точкою. В панелі Trajectory Status відображається дистанція між точками і швидкість, яка необхідна для того, щоб дістатися з початкової точки до подальшої точки за виділений інтервал часу, який зазначено при створенні траєкторії (рис.3.8).

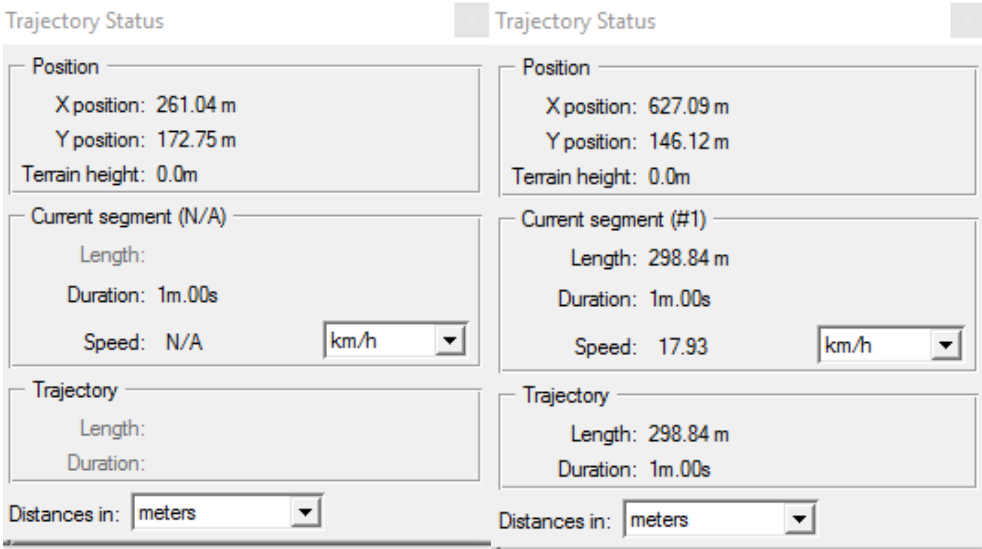


Рисунок 3.8 – Вибір початкової і подальшої точки на карті та їх налаштування

Після закінчення побудови траєкторії, її можливо додати до МС. Процес додавання та корегування зазначеної траєкторії проводиться так само, як у п. 3.2.1, але відмінність є у налаштуванні редагування траєкторії. Інтерфейс налаштування редагування траєкторії наведено на (рис. 3.9).

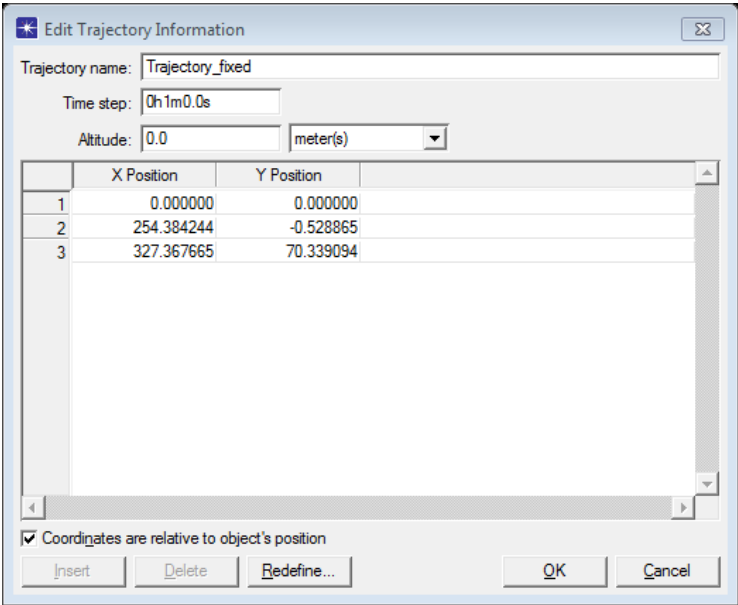


Рисунок 3.9 – Налаштування редагування траєкторії з фіксованим інтервалом

3.2.3 Випадкова траєкторія

Під час моделювання можливо вказати абоненту траєкторію, яка задає випадковий рух з випадковою швидкістю. Для цього необхідно в налаштуваннях МС обрати стандартну траєкторію, яке має назву «random wifi»(рис.3.10).

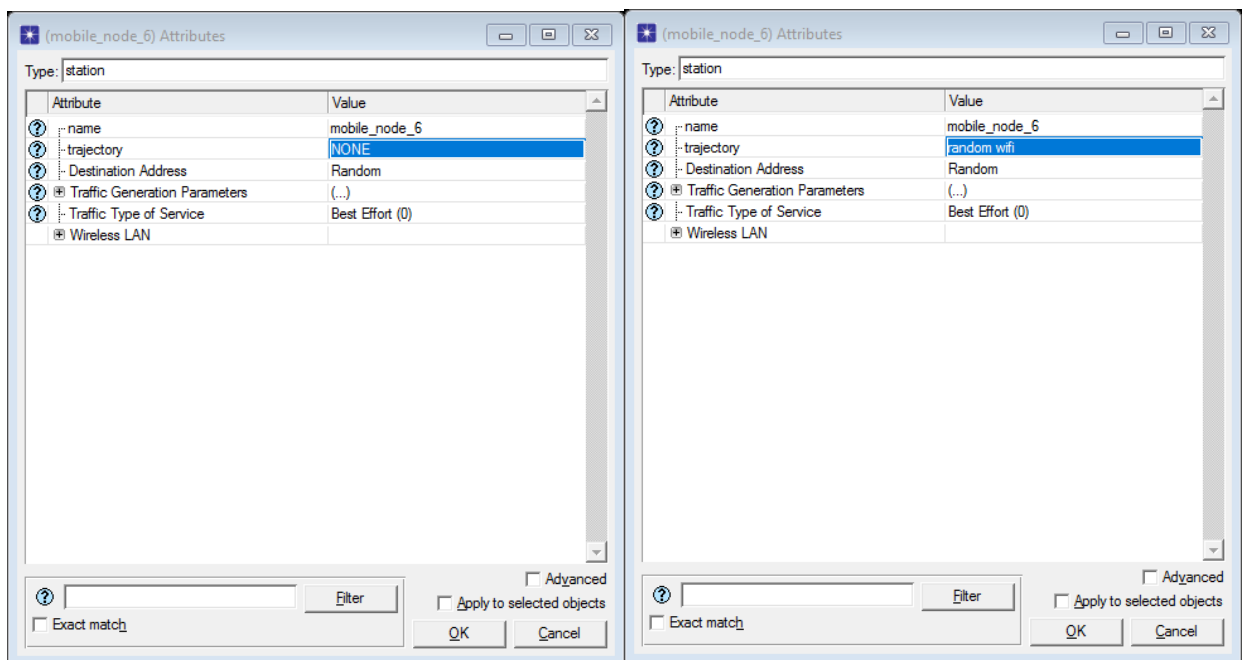


Рисунок 3.10 – Налаштування МС випадкової траєкторії

Дана траєкторія визначає положення абонента на карті і випадкові координати руху абоненту. При цьому кількість сегментів в траєкторії становить не менше 4 точок.

3.2.4 Векторна траєкторія

Векторна траєкторія складається з напрямку і швидкості, які можуть бути змінені під час виконання. Для використання векторної траєкторії

необхідно в налаштуваннях МС, обрати траєкторію, яка має назву «VECTOR».

Для відображення векторної траєкторії визначаються такі атрибути: азимут, швидкість руху і швидкість підйому.

Як правило, векторна траєкторія не змінюється під час моделювання. Проте в Opnet Modeler траєкторія може змінюватися під час моделювання, якщо змінено початкову точку МС.

3.3 Візуалізація отриманих результатів для моделювання в OPNET

Враховуючи те що основними показниками якості обслуговування абонентів (QoS) є затримка (delay); навантаження (load), пропускна здатність (throughput), втрата даних (data dropped), то необхідно натиснути праву кнопку миші на просторі моделювання та обрати в панелі «Choose Individual DES Statistics» (вибір індивідуальної статистики DES) (рис.3.11).

Ці результати можливо отримати як загальні результати моделювання або як для конкретної МС. Для отримання загальних результатів необхідно натиснути правою кнопкою миші на вільному від об'єктів просторі моделювання. Для отримання результатів моделювання для конкретної МС, відповідно, необхідно натиснути на тій МС, статистики якої необхідно отримати.

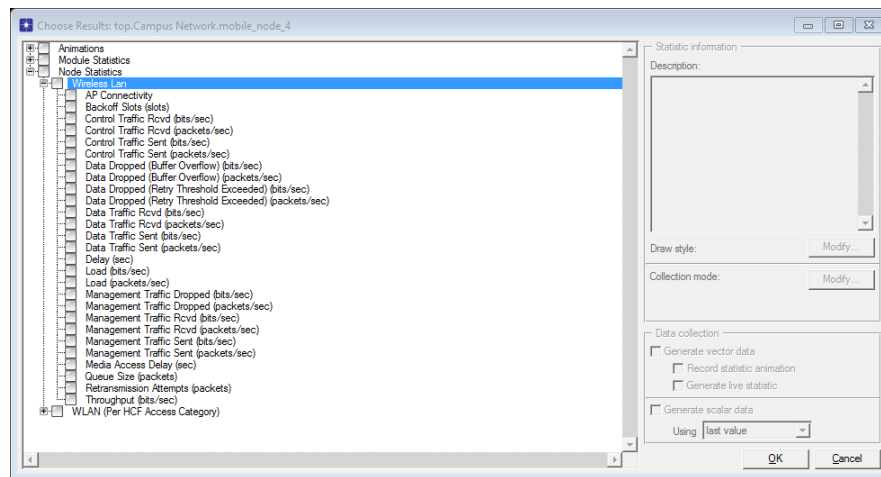


Рисунок 3.11 – Налаштування DES вихідних статистик

Детально розглянемо кожну вихідну статистику:

- AP Connectivity (підключення до точки доступу) – це статистика, яка відображає індикацію того, чи підключений даний бездротовий пристрій до конкретної точки доступу, чи ні. (коли бездротовий пристрій від'єднується від поточного точки доступу, значення цієї статистики набуває значення "-1");
- Back off Slots (slots) – ця статистика характеризує кількість слотів, які визначаються, коли у мережі відсутня передача даних (ця статистика не виконується у стандарті 802.11e);
- Control Traffic Rcvd (управління трафіком, який було отримано) – ця статистика характеризує запити на контроль управління трафіком (RTS, CTS або ACK), які були отримані в бездротовому пристрою (вимірюється в бітах / с або пакетах / с);
- Control Traffic Sent(управління трафіком, який було передано) – ця статистика характеризує запити на контроль управління трафіком (RTS, CTS або ACK), які були передані від бездротового пристрою (вимірюється в бітах / с або пакетах / с);
- Data Dropped (відкинуті дані) – це дані трафіку, які були відкинуті на MAC рівні за рахунок переповнення буферу даних або розмір

пакету даних є більшим, ніж визначено у стандарті IEEE 802.11 (вимірюється бітах / с або пакетах / с);

- Data Traffic Rcvd(дані трафіку, які були отримані) – ця статистика включає в себе весь трафік даних, які були успішно отримані (під час обчислення розміру отриманих пакетів для цієї статистики також включаються дані фізичного рівню та MAC-заголовки пакету, вимірюється в бітах / с або пакетах / с);

- Data Traffic Sent (дані трафіку, який було відправлено) – ця статистика включає в себе весь трафік даних, який було успішно відправлено (під час обчислення розміру відправлених пакетів для цієї статистики також включаються дані фізичного рівню та MAC-заголовки пакету, вимірюється в бітах / с або пакетах / с);

- Delay (затримка) – це статистика, яка відображає кінцеву затримку всіх пакетів даних, які успішно отримуються на MAC рівні бездротового пристрою та пересилаються на вищий рівень (вимірюється у секундах);

- Load (навантаження) – це статистика, яка відображає кількість даних, переданих на бездротовий пристрій MAC рівня (вимірюється в бітах / с або пакетах / с);

- Management Traffic Dropped (управління трафіком, який було втрачено) – це статистика, яка відображає загальний об'єм даних без трафіку, який було втрачено на MAC рівні через послідовність помилок передачі (вимірюється в бітах / с або пакетах / с);

- Management Traffic Rcvd (управління трафіком, який було отримано) – це статистика, яка відображає загальний трафік управління бездротового пристрою, отриманий на MAC рівні (ця статистика включає всі керуючі кадри, успішно отримані з фізичного рівня, навіть ті, які не адресовані цьому MAC пристрою та вимірюється в бітах / с або пакетах / с);

- Management Traffic Sent (управління трафіком, який було відправлено) – це статистика, яка відображає загальний трафік керування

бездротового пристрою, переданий цим пристроєм на MAC рівні (вимірюється в бітах / с або пакетах / с);

- Media Access Delay(затримка доступу до медіа) – це статистика, яка відображає сумарну затримку (кадри керування, кадри затримки запитів Block-ACK, які передані на бездротовий пристрій MAC рівня та вимірюється у секундах);

- Queue size (розмір черги) – це статистика, яка відображає загальну кількість пакетів у черзі передачі на MAC рівні;

- Retransmission Attempts (спроби повторної передачі) – це статистика, яка відображає кількість спроб повторної передачі до тих пір, поки будь-який пакет не буде успішно переданий або цей пакет буде відхилене внаслідок досягнення межі повної короткої або довготривалої спроби;

- Throughput (пропускна здатність) – це статистика, яка відображає загальний трафік даних, який успішно приймається та передається на вищий рівень за допомогою бездротового пристрою на MAC рівні (в бітах / с).

Відповідно до завдання, було розглянуто усі налаштування, які необхідні для моделювання. Тому необхідно створити моделі МС та об'єднати їх у мережу. Необхідно створити траєкторії руху до атракторів та проаналізувати основні вихідні статистики, які допоможуть відобразити якість обслуговування абонентів (QoS) під час масових заходів.

4 МОДЕЛЮВАННЯ В OPNET MODELER МОЖЛИВИХ СЦЕНАРІЇВ

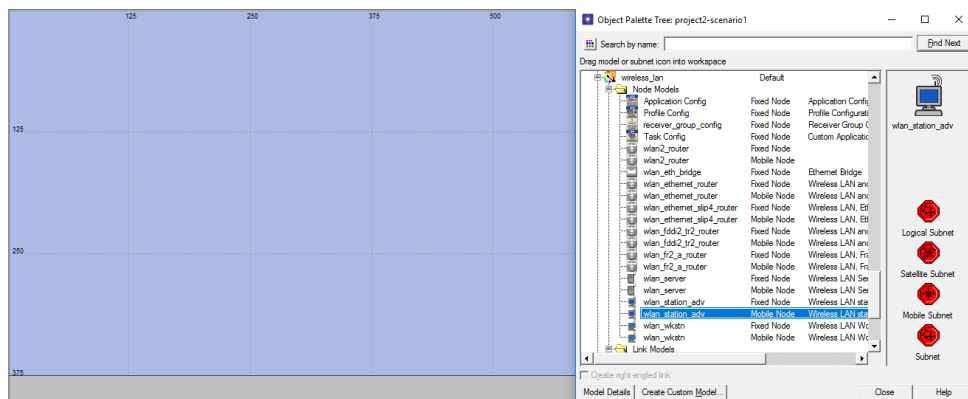
4.1 Умови та прийняті обмеження

В усіх сценаріях МС-координатор і МС згруповані у групу, початкова кількість МС в групі однакова та становить 45 МС з урахуванням МС-координатора. Основна група на чолі з МС-координатором рухається до головного атрактору однаково. Також на початку всіх сценаріїв МС розташовуються навколо МС-координатора і знаходяться в радіусі дії точки доступу МС-координатора, який виступає саме точкою доступу. Подалі МС можуть переміщатися зі швидкістю 0-5 км/год. Тобто можуть відставати, випереджати або рухатися разом з МС-координатором. Взаємодія всередині групи здійснюється відправкою пакету даних від точки доступу з використанням Wi-Fi. При передачі кадрів даних на МАС-рівні використовується наступний спосіб управління спільним доступом до середовища PCF – Point Coordination Function – функція централізованої координації. МС-координатор рухається прямолінійно до головного атрактору зі швидкістю пішохода.

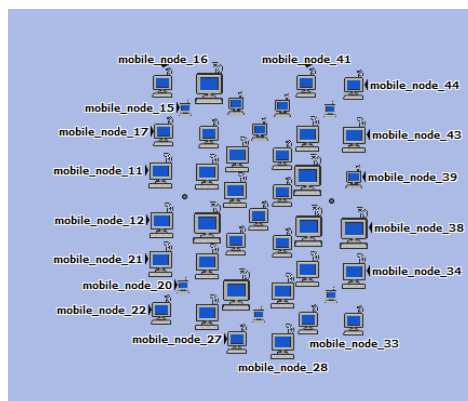
МС можуть переміститися з групи до атрактору. Переміщення МС з групи до атрактору і між ними прямолінійне. Місце відходу МС до атрактору з групи вважаємо в 20-25 метрів від МС-координатора. Час затримки у атракторі може бути до 2-х хвилин, щоб визначитися з привабливістю даного атрактору. Решта часу перебування у атракторі залежить від його ваги.

Загальна площа простору моделювання обираємо відповідно до розмірів проведення заходів до дня міста, яка становить 1000 x 375 метрів, тому відповідно до розмірів площі моделювання та швидкості руху МС, для усіх сценаріїв час моделювання становить 45 хвилин. Цей час дозволить порівняти вихідні результати моделювання в усіх сценаріях.

Для створення простору моделювання необхідно створити проект. У підказках з налаштувань обираємо «Campus». Територія, на якій буде проходити моделювання відповідно до умов та прийнятих обмежень обираємо 1000 x 375 метрів. Та обираємо тип мережі wireless_lan.



Після додаємо на простір моделювання 45 МС та розташовуємо їх у невелику групу. Це дозволить показати, що абоненти знаходяться у групі і вони будуть рухатися в одному напрямі, згідно сценаріїв.



Далі необхідно налаштувати МС і об'єднати їх в одну мережу Ad Hoc. Технологію обміну інформації між МС обираємо IEEE 802.11g. Середня потужність у МС становить 0,05 Вт. Швидкість передачі даних становить 54 Мбіт/с. Реалізуємо функцію централізованої координації. Усі інші параметри встановлюємо за стандартними налаштуваннями.

Відповідно до п.4.1, в якому вказано, що МС-координатор виступає точкою доступу, необхідно їй включити функцію точки доступу. Тому МС-координатору будуть задані наступні параметри:

Таблиця 4.1 – Налаштування МС-координатору

Wireless LAN MAC Address (Фізична адреса)	0
Physical Characteristics (Фізичні характеристики)	Extended Rate PHY (802.11g)
Data Rate (bps) (Швидкість передачі даних, Мбіт / с)	54
Access Point Functionality (Функція точки доступу)	Enabled
Transmit Power (W) (Потужність передачі, Вт)	0,05
PCF Functionality (Функція централізованої координації)	Enabled

У налаштуваннях інших МС необхідно змінити MAC адресу, тому що вона має бути унікальною, відповідно кожній МС присвоюємо MAC адресу відповідно номеру МС. Режим Access Point повинен бути вимкнений для МС.

Відповідно налаштування будуть мати наступний вигляд:

Таблиця 4.2 – Налаштування підпорядкованих МС

Wireless LAN MAC Address (Фізична адреса)	1
Physical Characteristics (Фізичні характеристики)	Extended Rate PHY (802.11g)
Data Rate (bps) (Швидкість передачі даних, Мбіт / с)	54
Access Point Functionality (Функція точки доступу)	Disabled
Transmit Power (W) (Потужність передачі, Вт)	0,05
PCF Functionality (Функція централізованої координації)	Enabled

Також необхідно додати графічні кордони, де будуть знаходитись МС під час моделювання. Для цього у налаштуваннях Topology необхідно додати «Open Annotation Palette». Далі необхідно додати фігуру на простір моделювання у вигляді квадратів (рис.4.3), щоб визначити місцезнаходження атракторів.

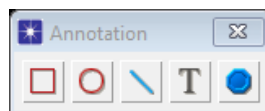


Рисунок 4.3 – Налаштування Annotation Palette

Після додавання квадратів в налаштуваннях, можливо, відредагувати положення, а також довжину та висоту їх на просторі моделювання. Також можливо змінити фігуру квадрату на еліпс, змінити колір фігури та повернути фігуру за годинниковою стрілкою. Додаємо 6 квадратів (головний атрактор зеленого кольору, сцена 1 – синього кольору, сцена – 2 блакитного кольору, сувенірна лавка – блакитного кольору та гастрономія – синього кольору). У головного атрактору додаємо еліпс червоного кольору, де

знаходиться сцена музикантів. Для того, щоб зробити з квадрату еліпс, необхідно у налаштуваннях «shape» змінити параметр box на ellipse (рис.4.4). Також додаємо квадрат сірого кольору, який познає шлях між атракторами.

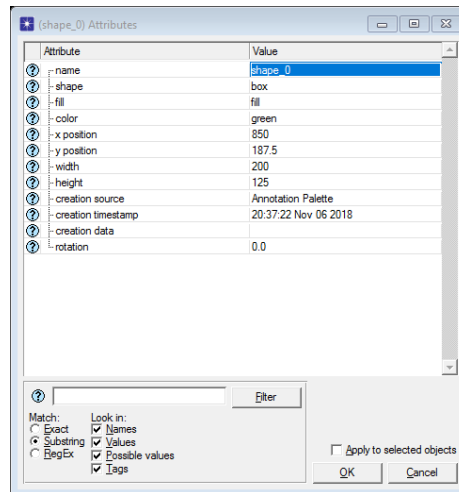


Рисунок 4.4 – Налаштування фігури

Також необхідно додати лінію, яка буде визначати кордони, за які абоненти не повинні виходити.

Після додавання та налаштувань простір моделювання набуває наступного вигляду (рис.4.5).

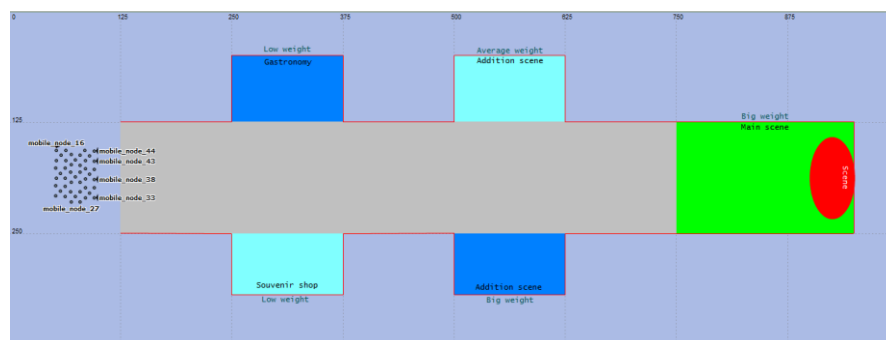


Рисунок 4.5 – Простір моделювання

Для генерації трафіку між МС необхідно налаштувати Traffic Generation Parameters наступним чином:

Таблиця 4.3 – Генерація трафіку

Packet Size (Розмір пакетів, байти)	Constant (768)
Interarrival Time (Інтервальний час, секунди)	Constant (0,2)
Segmentation Size (Розмір сегментації, байти)	1500
Start Time (Початок генерації пакетів, секунди)	Constant (1)
On State Time (Включений стан генерації, секунди)	Constant (2700)
Off State Time (Виключений стан генерації, секунди)	Constant (30)
Stop Time (Кінець генерації пакетів, секунди)	Never

Визначимо, що позначає кожен аргумент параметрів генерації трафіку [16]:

- Packet Size – визначає розмір пакетів у байтах. У стандарті IEEE 802.11 поле даних кадру може досягати 2312 байт. Відповідно трафік, який генерують МС складатиме 768 байт у одному кадрі. Це забезпечить середнє навантаження на МС-координатору;
- Interarrival Time – це час, після якого починає формуватися наступний пакет. Відповідно для того, щоб вчасно дізнатися про втрачений пакет, цей параметр повинен бути як можливо меншим, але це в свою чергу збільшує навантаження на МС-координатору;
- Segmentation Size – цей параметр визначає розмір сегментів, які необхідно створити перед відправленням пакетів. Відповідно до стандарту IEEE 802.11g обираємо 1500 байтів;
- Start time це час, у якому визначається початок генерації трафіку. Обираємо цей параметр в 1 секунду, для того, щоб усі МС підготувались до передачі трафіку;

- ON State time – цей параметр визначає час за яким буде генеруватися трафік. Коли час моделювання відповідає цьому значенню, OPNET припиняє відправку трафіку на час параметру OFF State time і починає знову генерувати трафік, до значення параметру Stop Time. Обираємо значення цього параметру 45 хвилин;

- OFF State time – цей параметр визначає час перерви між положеннями ON State time. Обираємо значення цього параметру 30 секунд;

- Stop time – цей параметр визначає час, за яким необхідно перервати генерацію пакетів. Під час моделювання його застосовувати не потрібно.

Подалі, для отримання результатів передачі даних, відповідно до п. 3.3 здійснюється вибір індивідуальної статистики DES для MC-координатору. Після натискання «Choose Individual DES Statistics» з'являється меню «Choose Results: Campus Network.mobile_node_0», для вибору показників якості обслуговування, необхідно обрати «Node Statistics» (статистики вузла), після цього необхідно обрати технологію, відповідно обираємо «Wireless Lan» та необхідно відмітити статистики:

- Data Dropped (Buffer Overflow) (bits/sec);
- Delay (sec);
- Load (bits/sec);
- Throughput (bits/sec).

Результати додавання статистик відображені на (рис. 4.6).

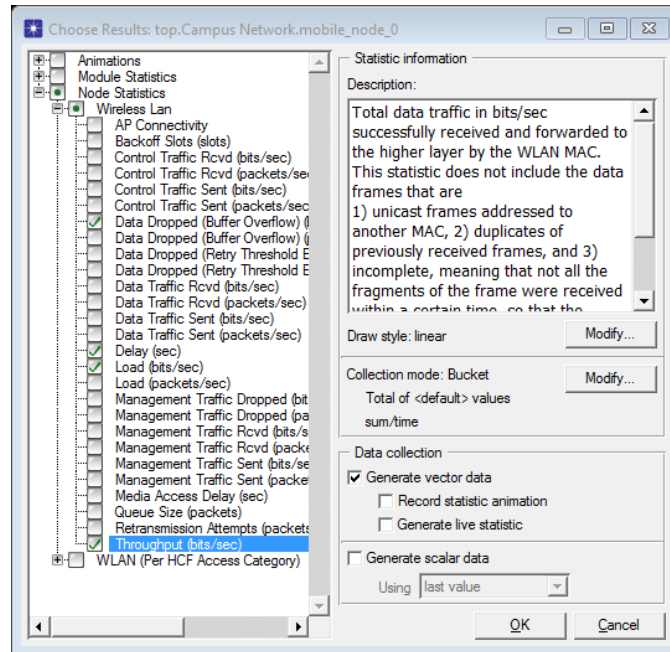


Рисунок 4.6 – Налаштування DES вихідних статистик

Таким чином, усі MC та необхідні параметри налаштовані і є можливість перейти до моделювання сценаріїв.

4.3 Опис процесу моделювання різних сценаріїв

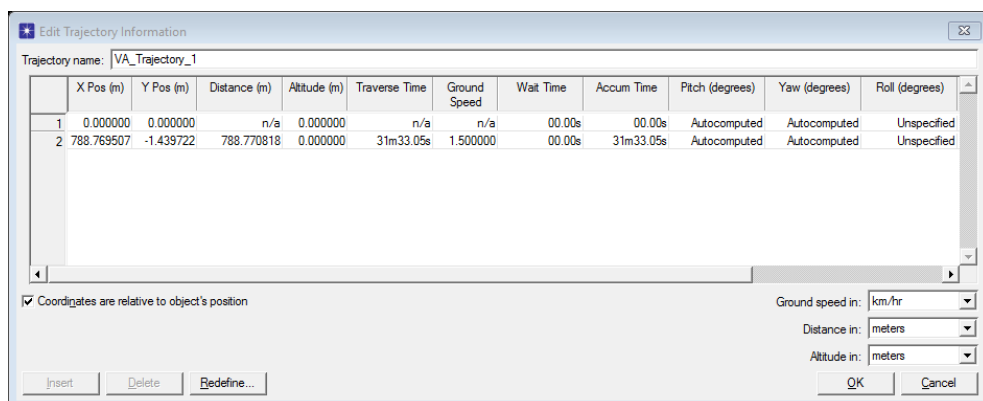
Після створення робочої зони та налаштування необхідних параметрів для моделювання формуються та зберігаються 8 сценаріїв. Кожен сценарій відрізняється характеристиками переміщень MC, які закладені в файлах окремих траєкторій «VA_Trajectory_n» (де n – номер траєкторії). Відповідно до прийнятих умов і обмежень для усіх сценаріїв незмінним залишається файл траєкторії руху MC-координатора «VA_Trajectory_1». Надалі послідовно виконуються моделювання для кожного сценарію зі збереженням результатів для кожного. Послідовність виконання сценаріїв організована відповідно до п. 2.3.

4.3.1 Сценарій 1. Прямолінійний рух за абонентськими групами з постійною швидкістю

4.3.1.1 Опис моделі взаємодії МС, створення траєкторії їх переміщення і отримана схема рухів

При такому сценарії жодна МС не залишає групу і всі рухаються з однаковою швидкістю до головного атрактора. Тоді МС в групі здійснюють рух до головної сцени з швидкістю 1,5 км / год. Загальний час маршруту становить приблизно 32 хвилини.

Для такого сценарію був створений файл «VA_Trajectory_1», який відображає траєкторію руху групи абонентів (рис.4.7).



	X Pos (m)	Y Pos (m)	Distance (m)	Altitude (m)	Traverse Time	Ground Speed	Wait Time	Accum Time	Pitch (degrees)	Yaw (degrees)	Roll (degrees)
1	0.000000	0.000000	n/a	0.000000	n/a	n/a	00.00s	00.00s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
2	788.769507	-1.439722	788.770818	0.000000	31m33.05s	1.500000	00.00s	31m33.05s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified

☒ Coordinates are relative to object's position

Ground speed in: km/hr
 Distance in: meters
 Altitude in: meters

Insert Delete Redefine... OK Cancel

Рисунок 4.7 – Інформація про створену траєкторію «VA_Trajectory_1»

В результаті призначення кожній МС в атрибутах "Trajectory" (траєкторія) значення «VA_Trajectory_1» схематичний рух на просторі моделювання отримав вигляд зображений на (рис.4.8).

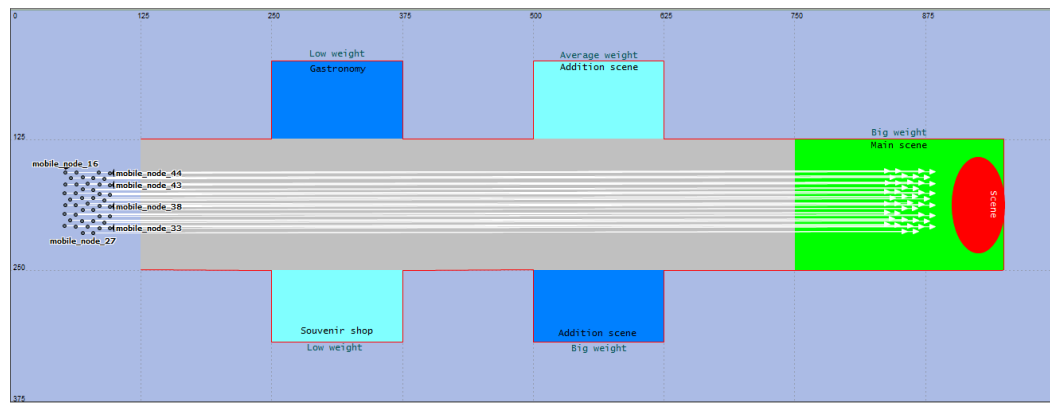


Рисунок 4.8 – Простір моделювання сценарію № 1

4.3.1.2 Запуск моделювання і збереження результатів

Для запуску процесу моделювання необхідно натиснути на кнопку "Configure/Run Discrete Event Simulation (DES)", яка наведена на (рис 4.9).



Рисунок 4.9 – Процес запуску процесу моделювання

Після цього з'являється налаштування процесу моделювання, у якому необхідно обрати час моделювання відповідно до п. 4.1.

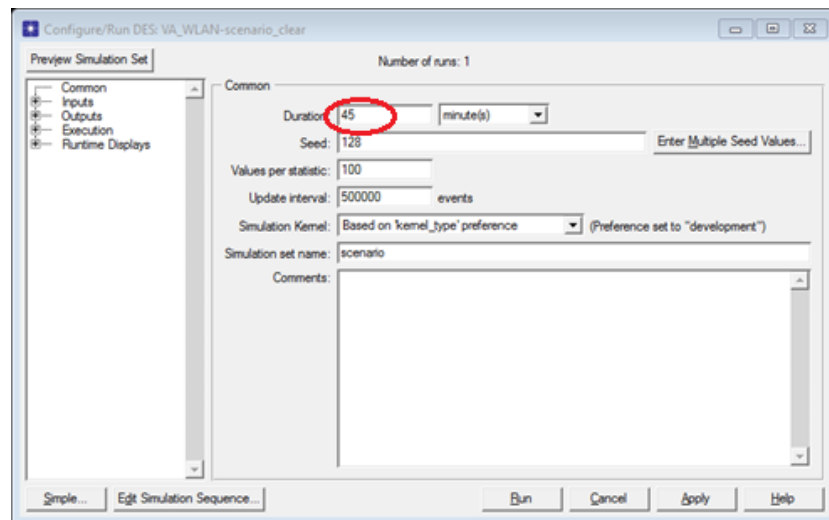


Рисунок 4.10 – Налаштування запуску моделювання

Для запуску моделювання необхідно натиснути на кнопку «Run» та після цього з'являється вікно, у якому видно процес симуляції сценарію (рис.4.11). У цьому вікні відображається процес моделювання, і якщо у процесі моделювання з'явиться помилка, вона буде відображена у консолі червоним кольором.

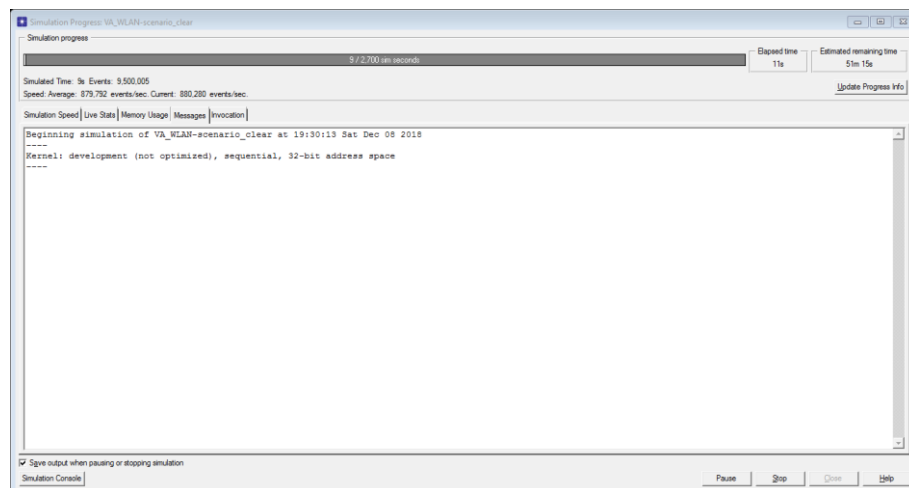


Рисунок 4.11 – Процес симуляції сценарію

Після закінчення процесу симуляції сценарію (рис 4.12) необхідно зберегти його результати. Для цього необхідно натиснути «Close». Надалі результати автоматично збережуться у налаштуваннях цього сценарію.

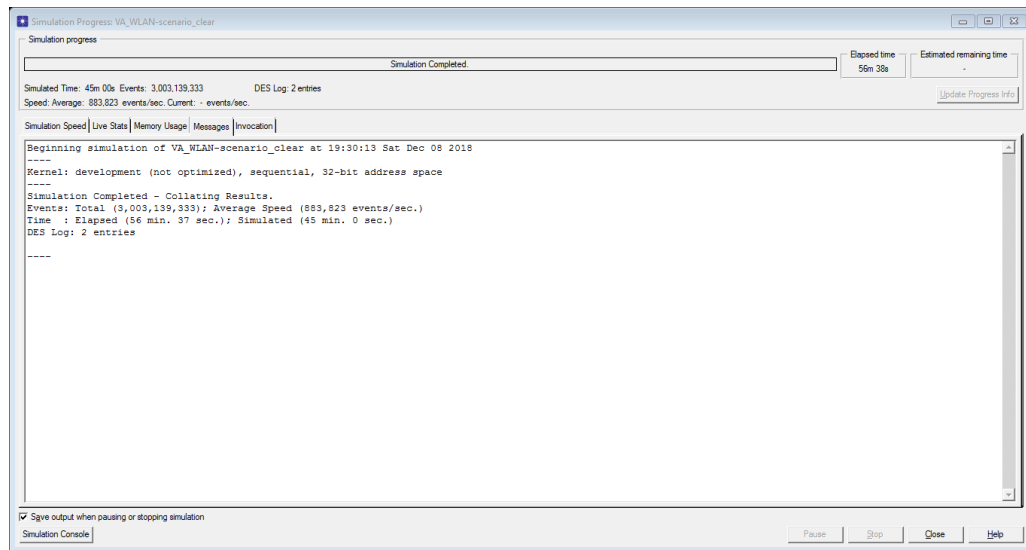


Рисунок 4.12 – Процес симуляції сценарію завершено

Для перегляду результатів, необхідно натиснути праву кнопку миші на вільному місці простору моделювання та вибрати «View Results» (рис.4.13).

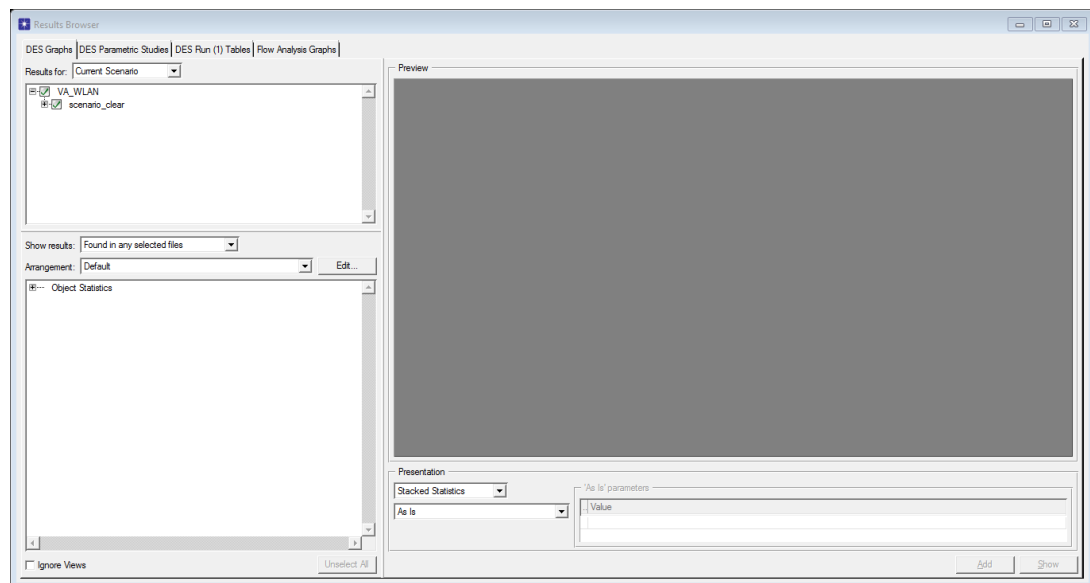


Рисунок 4.13 – Виведення результатів моделювання

Зліва вгорі знаходяться налаштування перегляду сценарію. У цьому списку можливо обрати сценарії, які включати до вихідних графіків. Для

додавання сценаріїв, необхідно поставити галочку навпроти назви сценарію. Можливі такі варіації: Current Sceneries (поточний сценарій), Current Project (поточний проект) та All Project (усі проекти).

Зліва знизу знаходяться налаштування перегляду вихідних статистик. У цих налаштуваннях відобразяться лише ті налаштування, які були вибрані у налаштуваннях «Choose Individual DES Statistics». Для додавання вихідних статистик на поле попереднього перегляду, необхідно поставити галочку навпроти вихідних статистик.

Праворуч знаходиться поле «Preview» (поле попереднього перегляду). Для того, щоб змінити налаштування перегляду вихідних статистик, необхідно змінити поле «As Is» та обрати те представлення графіку, яке необхідне для виводу результату. Також, якщо необхідно додати дві або більше вихідні статистики на один графік, у полі «Stacked Statistics» необхідно змінити його на «Overlaid Statistics».

Для виведення усереднених результатів вихідних статистик необхідно обрати «time_avaarage». Цей режим відображає поточну безперервну статистику на рівні середніх значень для обраної статистики. Отримане значення i -го фільтру «time_avaarage» k -ї обраної статистики у програмному забезпеченні OPNET обчислює наступним чином:

$$time_average(i) = \frac{\sum_{j=0}^{i-1} (V_j^k * (T_{j+1}^k - T_j^k))}{\sum_{j=0}^i (T_{j+1}^i - T_j^k)} \quad (4.1)$$

4.3.2 Сценарій 2. Прямолінійний рух групи абонентів з різноманітною швидкістю

При такому сценарії жодна МС не залишає групу і всі рухаються з різними швидкостями (в межах радіусу дій точки доступу МС-координатора) до головного атрактора. Для такого сценарію було створено наступні траєкторії, які відображають рух МС до головного атрактора табл. 4.4:

Таблиця 4.4 – Параметри траєкторій для моделювання сценарію № 2

№ траєкторії	Координати по X (м)	Координати по Y (м)	Відстань (м)	Час переходу	Швидкість переміщення (км / с)	Час очікування
2_1	0	0	0	0	0	0
	788,5	-2,07	788,5	15 хв. 46 с.	2,9	0
2_2	0	0	0	0	0	0
	788,36	-2,94	788,36	19 хв. 42 с.	2,4	0
2_3	0	0	0	0	0	0
	787,57	-2,2	787,57	27 хв. 48 с.	1,7	0
2_4	0	0	0	0	0	0
	788,56	-2,00	788,56	14 хв. 47 с.	3,2	0
2_5	0	0	0	0	0	0
	788,52	-2,86	788,52	43 хв. 00 с.	1,1	0
2_6	0	0	0	0	0	0
	787,82	-2,55	787,82	16 хв. 53 с.	2,8	0

Наведені показники були збережені в файлах наступних траєкторій: «VA_Trajectory_2_1», «VA_Trajectory_2_2», «VA_Trajectory_2_3», «VA_Trajectory_2_4», «VA_Trajectory_2_5», «VA_Trajectory_2_6» (див. Додаток А).

Відповідно кожній МС була призначена своя траєкторія руху. В зв'язку з тим, що траєкторій було обрано всього 6, а в симуляції було задіяно 44 рядових МС, то одна траєкторія руху була призначена декільком МС. Ті МС яким не призначено нову відповідну траєкторію руху, переміщуються за сценарієм № 1. Призначення траєкторій руху для різних МС здійснювалось шляхом випадкового вибору і результати наведено в таблиці 4.5.

Таблиця 4.5 – Результати призначень файлу траєкторії руху МС для сценарію № 2

Назва траєкторії	Назва мобільного вузла	Кількість вузлів на траєкторію
«VA_Trajectory_1»	Всі, що не перелічені нижче	15
«VA_Trajectory_2_1»	«Mobile_node_5», «Mobile_node_6», «Mobile_node_17», «Mobile_node_25», «Mobile_node_43».	5
«VA_Trajectory_2_2»	«Mobile_node_9», «Mobile_node_13», «Mobile_node_15», «Mobile_node_26», «Mobile_node_36», «Mobile_node_38», «Mobile_node_41».	7
«VA_Trajectory_2_3»	«Mobile_node_11», «Mobile_node_35».	2
«VA_Trajectory_2_4»	«Mobile_node_2», «Mobile_node_16», «Mobile_node_21», «Mobile_node_27».	4
«VA_Trajectory_2_5»	«Mobile_node_19», «Mobile_node_23», «Mobile_node_30», «Mobile_node_33», «Mobile_node_39».	5
«VA_Trajectory_2_6»	«Mobile_node_1», «Mobile_node_8», «Mobile_node_20», «Mobile_node_29», «Mobile_node_31», «Mobile_node_34», «Mobile_node_40».	7

Після внесення змін стосовно параметрів руху МС, простір моделювання отримав наступний вигляд (рис.4.14).

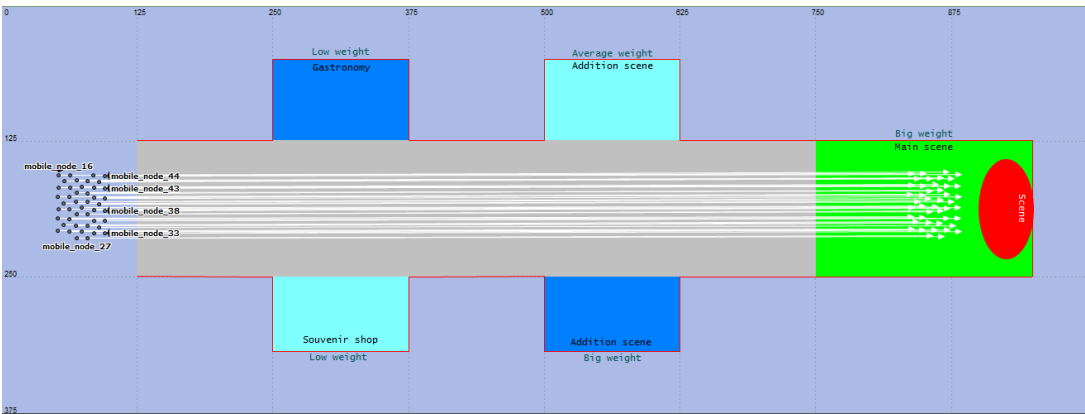


Рисунок 4.14 – Простір моделювання сценарію № 2

4.3.3 Порівняння результатів для першого та другого сценарію

Після закінчення процесу симуляції сценарію № 2 необхідно зберегти його результати. Для цього необхідно виконати дії відповідно пункту 4.3.1.2. В подальшому з'являється можливість порівняти результати моделювань першого та другого сценаріїв.

Для цього у налаштуваннях «View Results» (рис. 4.13) зліва вгорі необхідно вибрати «Current Project» (поточний проект) та поставити галочку навпроти «scenario_1» та «scenario_2». Зліва внизу поставити галочку спочатку для «Load» (навантаження). Праворуч у полі «Presentation» замість «Stacked Statistics» обрати «Overlaid Statistics» та замість «As is» обрати «time_window». Далі необхідно натиснути «Show».

З'являється вікно з графіком на якому зображені результати моделювання. Цей графік необхідно відредагувати для більш точного аналізу вихідних даних. Для змінення налаштувань відображення на осях необхідно натиснути праву кнопку миші на просторі, який не відноситься до графіку та обрати «Time Axis». У цьому налаштуванні необхідно обрати «Auto-Scale». За допомогою цього налаштування, на осі ОХ буде змінено дату та час на інтервали, які OPNET автоматично відобразить до часових результатів моделювання. Необхідно також додати вертикальні лінії на графік, для більш детального огляду результатів. Для цього потрібно натиснути праву кнопку миші на графіку та обрати налаштування «X Grid». Для додавання рівних вертикальних ліній необхідно вибрати «Solid». Для редагування відображення результатів, які нанесено на графік, необхідно натиснути праву кнопку миші на графіку та обрати налаштування «Draw Style». У цих налаштуваннях можливо обрати різні варіанти відображення графіків. Для згладжування результатів необхідно вибрати «Spline». [17]

Таким чином отримані результати моделювання першого та другого сценарію у порівнянні:

1. Навантаження (рис.4.15).

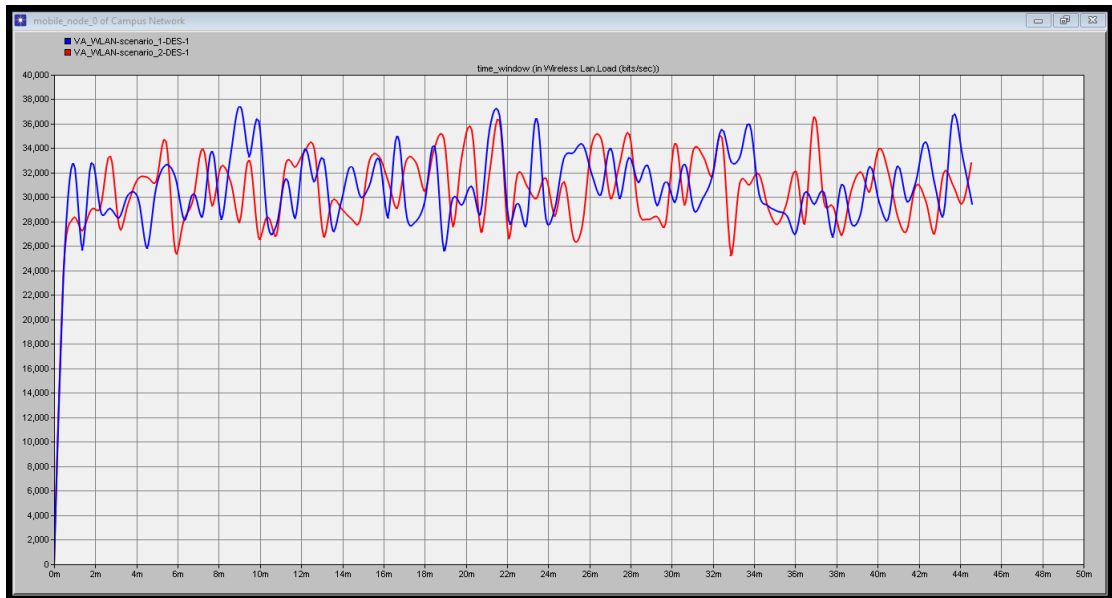


Рисунок 4.15 – Порівняння навантаження 1 та 2 сценарію

З рисунку 4.15 видно, що кількість інформації, яка передається по бездротових каналах становить приблизно від 28 000 до 32 000 бітів на секунду. У сценарій № 1 навантаження є більш рівномірним у порівнянні з сценарієм № 2.

2. Пропускна здатність (рис.4.16)

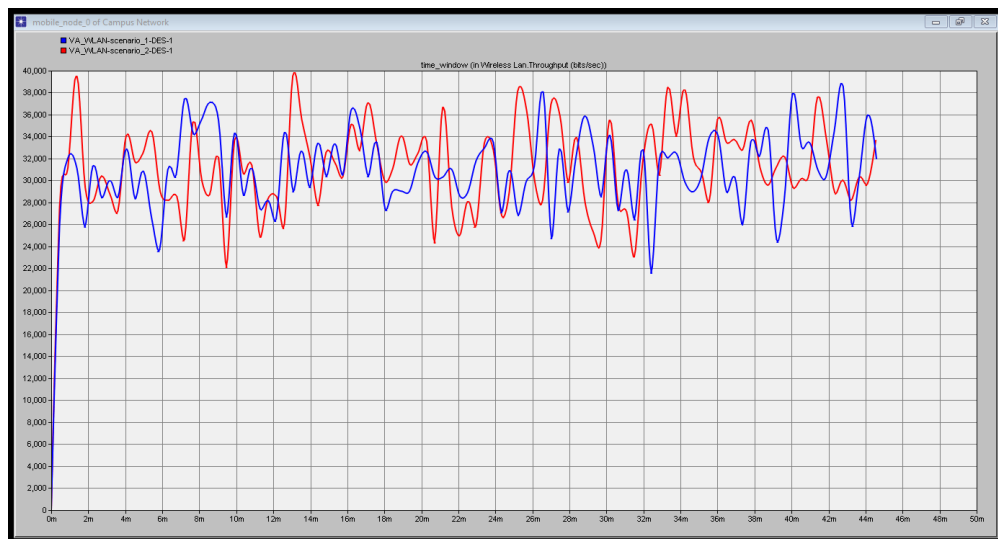


Рисунок 4.16 – Порівняння пропускну здатності 1 та 2 сценарію

З рисунку 4.16 видно, що кількість інформації, яка передається по бездротових каналах становить приблизно від 28 000 до 38 000 бітів на секунду. У сценарії № 2 пропускна здатність на початку має більшу величину пропускної здатності, а після цей параметр поступається пропускній здатності сценарію № 1, і наприкінці ці статистики мають більш менш однакову величину.

3. Затримка, яка представляє затримку між MAC-рівнями передавача та приймача(рис.4.17).

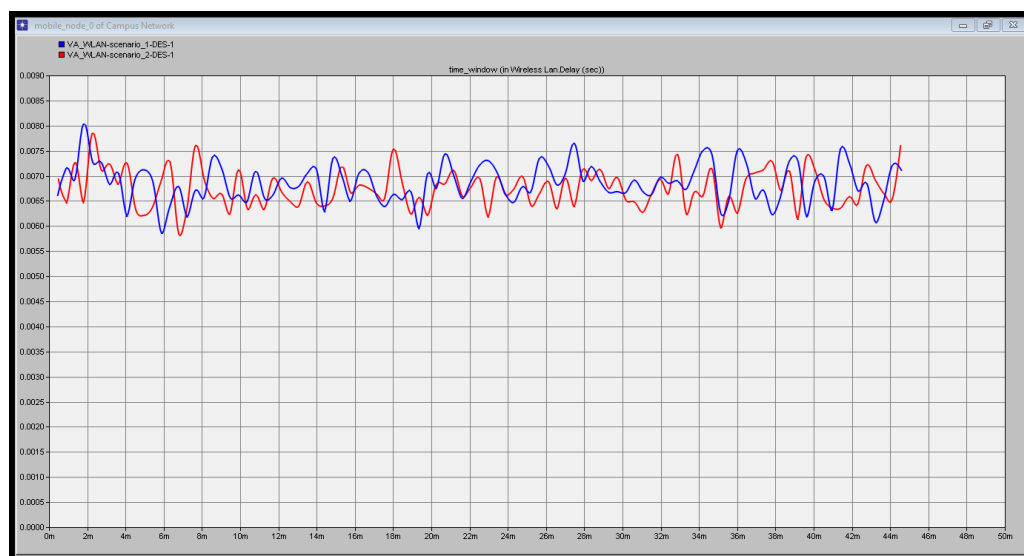


Рисунок 4.17 – Порівняння затримки 1 та 2 сценарію

З рисунку 4.17 видно, що затримка між МС становить від 5,9 до 7,9 мс. Затримка у порівнянні двох сценаріїв має більш менш однакову величину.

4. Втрата даних, яка представляє собою дані, відкинуті на MAC-рівні під час передачі через те, що буфер приймача був переповнений (рис.4.18).

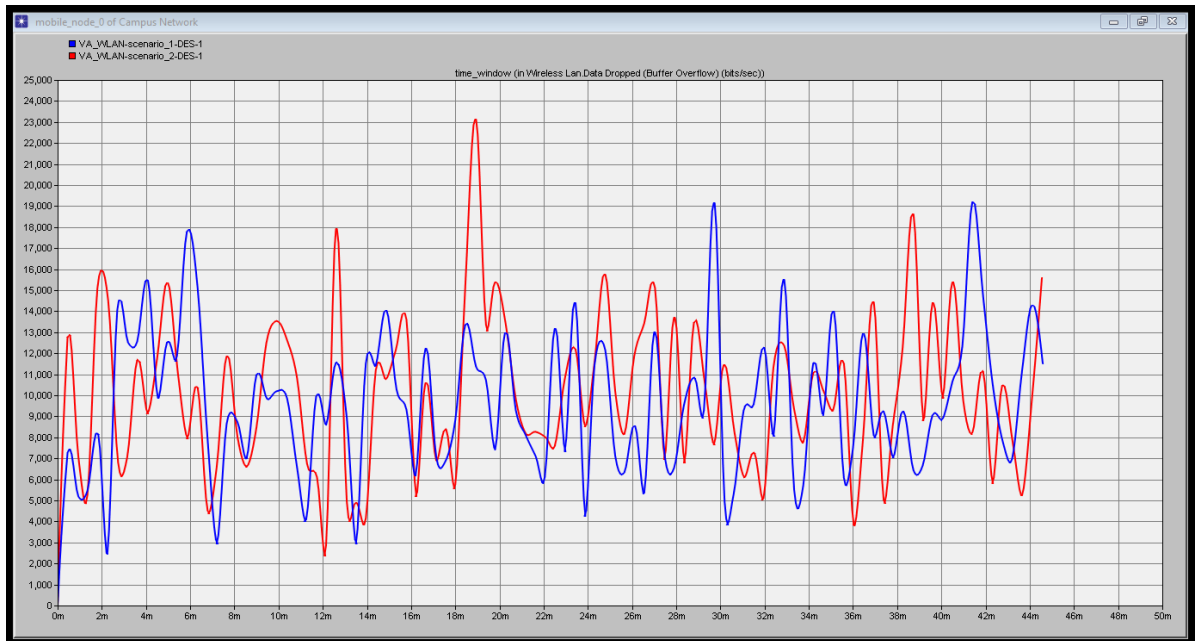


Рисунок 4.18 – Порівняння відкинутих пакетів 1 та 2 сценарію

З рисунку 4.18 видно, що кількість відкинутих пакетів, які передається по бездротових каналах становить приблизно від 3 000 до 13 000 бітів на секунду. У сценарії № 1 кількість відкинутих пакетів має більшу величину, через те що усі МС знаходяться поруч і МС-координатором і пакети на МАСрівні не встигають відповісти на пакети даних, що надійшли. У сценарії № 2, у МС-координатора буфер не настільки заповнений, але все одно пакети, які були відкинуті на рівні МАСприсутні.

4.3.4 Сценарій 3. Прямолінійний рух групи абонентів до атрактору з високою привабливістю

При такому сценарії декілька МС відходять до атрактору з більшою вагою і затримуються на короткий час (до 2 хвилин), для того щоб визначитися з привабливістю атрактору, і потім рухаються за групою. Решта рухається у групі з різною швидкістю до головного атрактору. Для такого сценарію було створено наступні траєкторії, які відображають рух МС до головного атрактору (табл. 4.6).

Таблиця 4.6 – Параметри траєкторій для моделювання сценарію № 3

№ траєкторії	Координати по X (м)	Координати по Y (м)	Відстань (м)	Час переходу	Швидкість переміщення (км / с)	Час очікування
3_1	0	0	0	0	0	0
	427,49	-1,00	427,49	10 хв. 41 с.	2,4	0
	488,06	93,34	112,11	2 хв. 02 с.	3,3	1 хв. 14 с.
	548,77	-2,52	113,46	3 хв. 47 с.	1,8	0
	787,8	-2,47	239,03	7 хв. 10 с.	2,0	0
3_2	0	0	0	0	0	0
	426,91	3,54	426,91	18 хв. 18 с.	1,4	0
	485,72	92,05	106,27	2 хв. 54 с.	2,2	28 с.
	547,87	-1,70	112,49	2 хв. 11 с.	3,1	0
	788,00	-2,41	240,13	9 хв. 36 с.	1,5	0
3_3	0	0	0	0	0	0
	426,97	-1,10	426,97	8 хв. 16 с.	3,1	0
	484,85	95,11	112,27	6 хв. 44 с.	0,9	59 с.
	548,52	-1,13	115,39	3 хв. 28 с.	2,0	0
	787,65	-2,77	239,14	6 хв. 31 с.	2,2	0
3_4	0	0	0	0	0	0
	426,63	-0,63	426,63	21 хв. 20 с.	1,2	0
	487,54	93,43	112,06	2 хв. 02 с.	3,3	1 хв. 37 с.
	549,25	-1,08	112,87	5 хв. 13 с.	1,3	0
	788,06	-2,30	238,81	7 хв. 32 с.	1,9	0
3_5	0	0	0	0	0	0
	424,63	-0,62	424,63	21 хв. 14 с.	1,2	0
	489,54	93,46	114,3	2 хв. 27 с.	2,8	1 хв. 11 с.
	550,25	-1,10	112,37	3 хв. 13 с.	2,1	0
	786,06	-2,24	235,81	10 хв. 53 с.	1,3	0
3_6	0	0	0	0	0	0
	427,49	-1,00	427,49	10 хв. 41 с.	2,4	0
	488,06	93,34	112,11	2 хв. 02 с.	3,3	45 с.
	548,77	-2,51	113,46	3 хв. 47 с.	1,8	0
	787,80	-2,46	239,03	7 хв. 10 с.	2,0	0

Наведені показники були збережені в файлах наступних траєкторій:
«VA_Trajectory_3_1», «VA_Trajectory_3_2», «VA_Trajectory_3_3»,
«VA_Trajectory_3_4», «VA_Trajectory_3_5», «VA_Trajectory_3_6»
(додаток Б).

Для кожної МС була обрана певна траєкторія руху. В симуляції було задіяно 44 рядових мобільних станцій, тому одна траєкторія руху була призначена декільком МС. Мобільні станції яким не призначено нову

відповідну траєкторію руху, переміщуються за сценарієм № 2, а МС, які не були вказані у сценарії № 2 переміщуються за сценарієм № 1.

Призначення траєкторій руху для різних МС здійснювалось шляхом випадкового вибору і результати наведено в таблиці 4.7.

Таблиця 4.7 – Результати призначень файлу траєкторії руху МС для сценарію № 3

Назва траєкторії	Назва мобільного вузла	Кількість вузлів на траєкторію
Траєкторії з сценаріїв № 1 та № 2	Всі, що не перелічені нижче	25
«VA_Trajectory_3_1»	«Mobile_node_20», «Mobile_node_21», «Mobile_node_22», «Mobile_node_23».	4
«VA_Trajectory_3_2»	«Mobile_node_35», «Mobile_node_36», «Mobile_node_37», «Mobile_node_39».	4
«VA_Trajectory_3_3»	«Mobile_node_15», «Mobile_node_16», «Mobile_node_18».	3
«VA_Trajectory_3_4»	«Mobile_node_40», «Mobile_node_41», «Mobile_node_43», «Mobile_node_44».	4
«VA_Trajectory_3_5»	«Mobile_node_17», «Mobile_node_42».	2
«VA_Trajectory_3_6»	«Mobile_node_19», «Mobile_node_24», «Mobile_node_38».	3

Змінивши параметри руху МС, простір моделювання отримав наступний вигляд (рис.4.19).

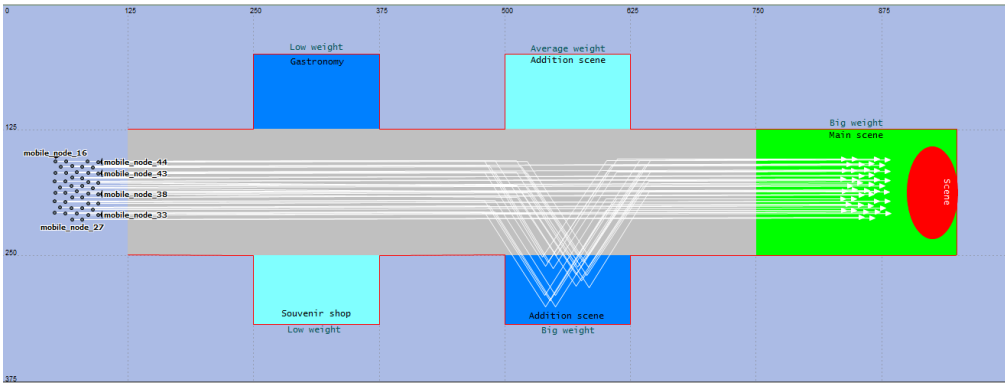


Рисунок 4.19 – Простір моделювання сценарію № 3

Після, необхідно запустити процес моделювання відповідно пункту 4.3.1.2. Закінчивши процес моделювання, необхідно натиснути «Close» та результати вихідних статистик будуть збереженні.

4.3.5 Сценарій 4. Прямолінійний рух групи абонентів до атрактору з високою привабливістю з затримкою

При такому сценарії декілька МС відходять до атрактору з більшою вагою і затримуються на деякий час. Потім вони рухаються за групою. Решта рухається у групі з різною швидкістю до головного атрактора. Для такого сценарію було створено наступні траєкторії, які відображають рух МС до головного атрактору (табл. 4.8):

Таблиця 4.8 – Параметри траєкторій для моделювання сценарію № 4

№ траєкторії	Координати по X (м)	Координати по Y (м)	Відстань (м)	Час переходу	Швидкість переміщення (км / с)	Час очікування
4_1	0	0	0	0	0	0
	425,20	-0,61	425,20	9 хв. 27 с.	2,7	0
	485,64	93,90	112,18	2 хв. 29 с.	2,7	5 хв. 22 с.
	550,35	-1,89	115,60	2 хв. 19 с.	3,0	0
	787,10	-3,27	236,76	4 хв. 54 с.	2,9	0
4_2	0	0	0	0	0	0
	424,96	-0,76	424,96	14 хв. 10 с.	1,8	0
	487,16	91,96	111,65	2 хв. 55 с.	2,3	9 хв. 29 с.
	551,58	-0,91	113,03	2 хв. 11 с.	3,1	0
	787,68	-2,17	236,11	8 хв. 51 с.	1,6	0
4_3	0	0	0	0	0	0
	424,65	-0,69	424,65	8 хв. 13 с.	3,1	0
	488,48	95,14	115,14	4 хв. 56 с.	1,4	7 хв. 01 с.
	553,46	-0,98	116,03	2 хв. 14 с.	3,1	0
	787,90	-2,38	234,44	5 хв. 52 с.	2,4	0
4_4	0	0	0	0	0	0
	425,01	0,05	425,01	9 хв. 06 с.	2,8	0
	486,75	94,81	113,10	7 хв. 32 с.	0,9	9 хв. 34 с.
	551,63	-0,80	115,55	2 хв. 19 с.	3,0	0
	787,84	-2,49	236,21	6 хв. 45 с.	2,1	0

Продовження таблиці 4.8

№ траєкторії	Координати по X (м)	Координати по Y (м)	Відстань (м)	Час переходу	Швидкість переміщення (км / с)	Час очікування
4_5	0	0	0	0	0	0
	425,12	-0,76	425,12	19 хв. 37 с.	1,3	0
	485,61	94,76	113,06	2 хв. 07 с.	3,2	8 хв. 44 с.
	551,11	-1,92	116,78	4 хв. 07 с.	1,7	0
	786,89	-2,75	235,78	6 хв. 26 с.	2,2	0
4_6	0	0	0	0	0	0
	426,11	0,11	426,11	8 хв. 51 с.	2,9	0
	486,76	93,11	111,03	2 хв. 47 с.	2,4	13 хв. 04 с.
	554,38	0,11	114,99	5 хв. 18 с.	1,3	0
	787,68	-2,19	233,31	5 хв. 50 с.	2,4	0

Наведені показники були збережені в файлах наступних траєкторій: «VA_Trajectory_4_1», «VA_Trajectory_4_2», «VA_Trajectory_4_3», «VA_Trajectory_4_4», «VA_Trajectory_4_5», «VA_Trajectory_4_6»(додаток В).

В симуляції було задіяно 6 траєкторій руху для 44 МС. Відповідно одна траєкторія руху була призначена декільком МС. Ті МС яким не призначено нову відповідну траєкторію руху, переміщуються за сценарієм № 2, а МС, які не були вказані у сценарії № 2 переміщуються за сценарієм № 1.

Траєкторії руху для різних МС встановлювались шляхом випадкового вибору. Результати наведені в таблиці. 4.9.

Таблиця 4.9 – Результати призначень файлу траєкторії руху МС для сценарію № 4

Назва траєкторії	Назва мобільного вузла	Кількість вузлів на траєкторію
Траєкторії з сценаріїв № 1 та № 2	Всі, що не перелічені нижче	23
«VA_Trajectory_4_1»	«Mobile_node_18», «Mobile_node_22», «Mobile_node_41», «Mobile_node_44».	4
«VA_Trajectory_4_2»	«Mobile_node_7», «Mobile_node_10», «Mobile_node_20», «Mobile_node_35», «Mobile_node_42».	5
«VA_Trajectory_4_3»	«Mobile_node_15», «Mobile_node_24», «Mobile_node_36», «Mobile_node_43».	4

Продовження таблиці 4.9

Назва траскторії	Назва мобільного вузла	Кількість вузлів на траскторію
«VA_Trajectory_4_4»	«Mobile_node_19», «Mobile_node_23», «Mobile_node_40».	3
«VA_Trajectory_4_5»	«Mobile_node_17», «Mobile_node_37», «Mobile_node_38».	3
«VA_Trajectory_4_6»	«Mobile_node_5», «Mobile_node_28», «Mobile_node_30».	3

На (рис.4.20) відображено вигляд простору моделювання, після внесення змін стосовно параметрів руху МС.

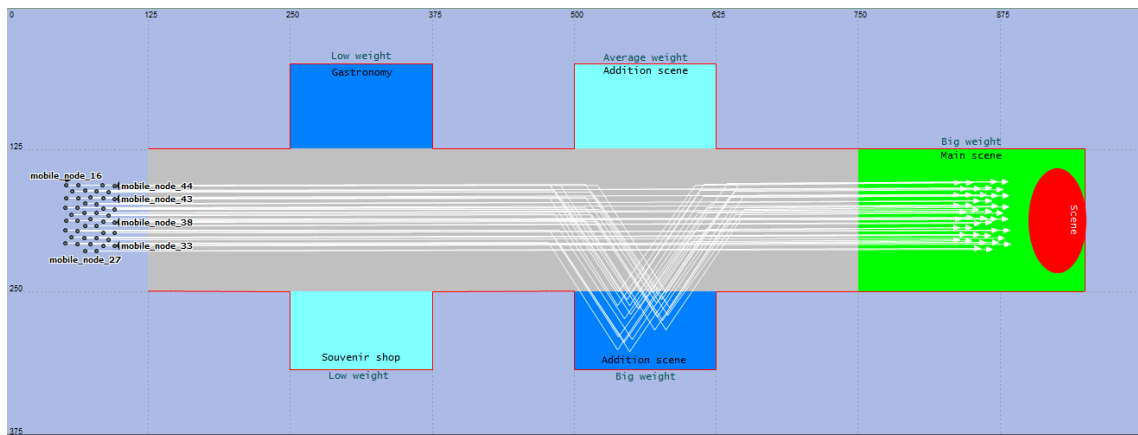


Рисунок 4.20 – Простір моделювання сценарію № 4

4.3.6 Порівняння результатів для третього та четвертого сценарію

Після закінчення процесу симуляції сценарію № 4 необхідно зберегти його результати відповідно до пункту 4.3.1.2. В подальшому з'являється можливість порівняти результати моделювань третього та четвертого сценаріїв.

Процес отримання результатів проводиться так само як в п. 4.3.3.

Таким чином отримані результати моделювання третього та четвертого сценарію у порівнянні:

1. Навантаження (рис.4.21).

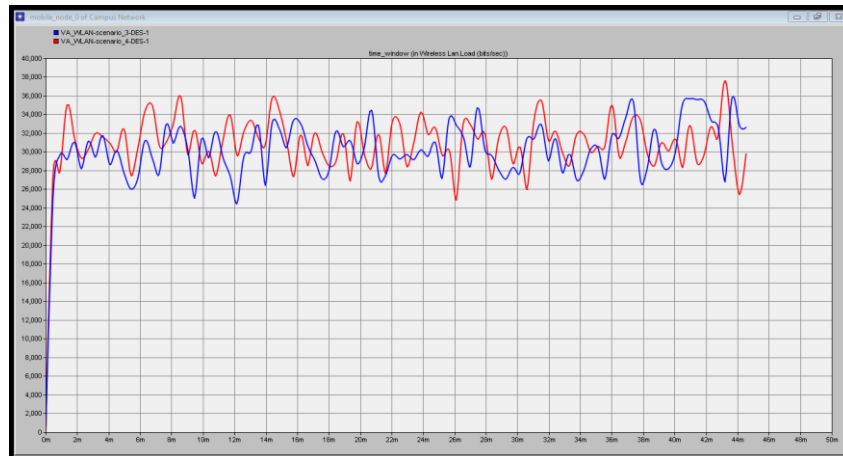


Рисунок 4.21 – Порівняння навантаження 3 та 4 сценарію

З рисунку 4.21 видно, що кількість інформації, яка передається по бездротових каналах становить приблизно від 28 000 до 34 000 бітів на секунду. У сценарій № 3 навантаження є більш рівномірним у порівнянні з сценарієм № 4.

2. Пропускна здатність (рис.4.22)

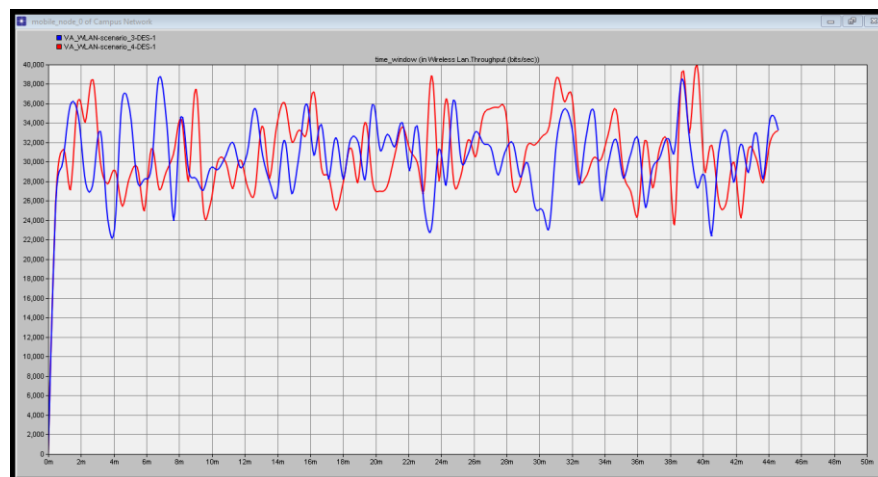


Рисунок 4.22 – Порівняння пропускної здатності 3 та 4 сценарію

З рисунку 4.22 видно, що кількість інформації, яка передається по бездротових каналах становить приблизно від 22 000 до 39 000 бітів на секунду. У сценарії № 3 пропускна здатність має на початку більше значення,

а після цей параметр поступається значенням пропускної здатності сценарію № 4, і наприкінці ці статистики мають більш менш однакову величину.

3. Затримка, яка представляє затримку між MAC-рівнями передавача та приймача (рис.4.23).

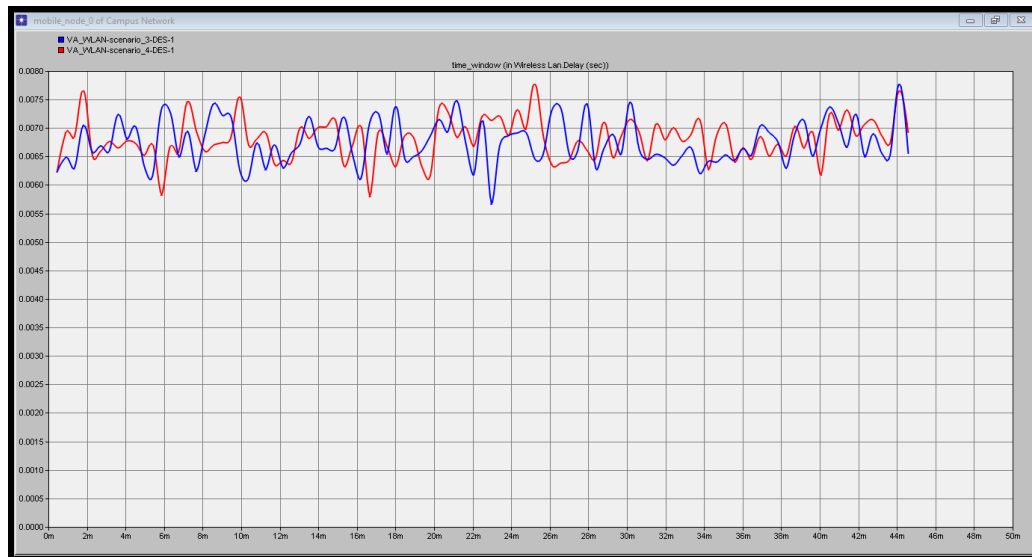


Рисунок 4.23 – Порівняння затримки 3 та 4 сценарію

З рисунку 4.23 видно, що затримка між МС становить від 6,1 до 7,8 мс. Затримка сценарію № 3 має меншу вихідну статистику затримки у порівнянні з сценарієм № 4.

4. Втрата даних, яка представляє собою дані, відкинуті на MAC-рівні під час передачі через те, що буфер приймача був переповнений (рис.4.24).

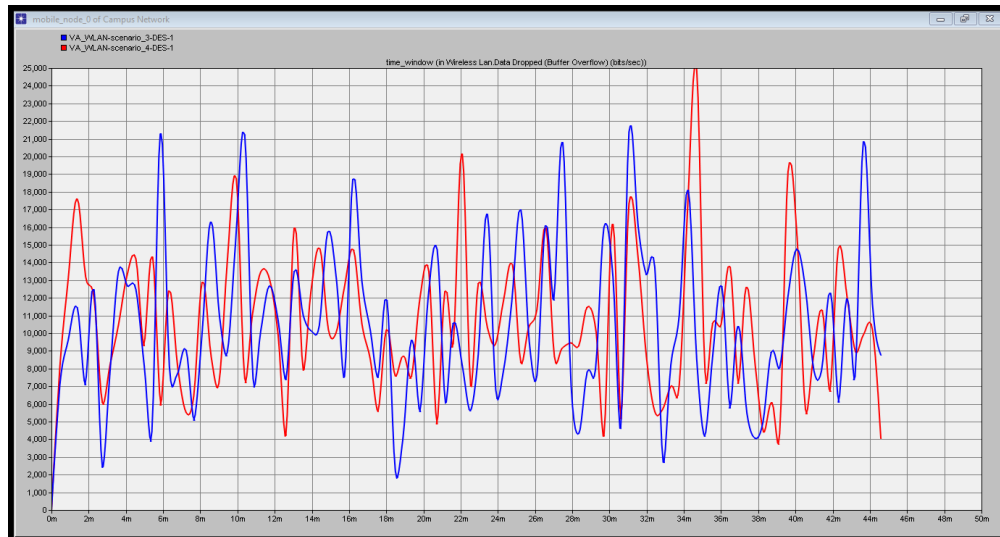


Рисунок 4.24 – Порівняння відкинутих пакетів 3 та 4 сценарію

З рисунку 4.24 видно, що кількість відкинутих пакетів, які передається по бездротових каналах становить приблизно від 3 000 до 22 000 бітів на секунду. У сценарії № 3 кількість відкинутих пакетів має більшу величину, у порівнянні з сценарієм № 4.

4.3.7 Сценарій 5. Прямолінійний рух групи абонентів до атрактору з середньою та високою привабливістю

При такому сценарії декілька МС відходять по черзі до атрактору з середньою та високою вагою і затримуються на короткий час (до 2 хвилин), для того щоб визначитися з привабливістю атрактора, і потім рухаються за групою. Решта рухається у групі з різною швидкістю до головного атрактора. Для такого сценарію було створено наступні траєкторії, які відображають рух МС до головного атрактору (табл. 4.10):

Таблиця 4.10 – Параметри траєкторій для моделювання сценарію № 5

№ траєкторії	Координати по X (м)	Координати по Y (м)	Відстань (м)	Час переходу	Швидкість переміщення (км / с)	Час очікування
5_1	0	0	0	0	0	0
	425,18	-0,13	425,18	9 хв. 49 с.	2,6	0
	486,76	95,87	114,06	3 хв. 36 с.	1,9	57 с.
	552,91	-0,52	116,92	2 хв. 20 с.	3,0	0
	787,60	-2,07	234,69	7 хв. 02 с.	2,0	0
5_2	0	0	0	0	0	0
	425,58	-0,38	425,58	7 хв. 59 с.	3,2	0
	489,58	-94,30	113,65	4 хв. 52 с.	1,4	1 хв. 31 с.
	554,21	-0,26	114,11	6 хв. 03 с.	1,1	0
	787,85	-2,63	233,66	4 хв. 31 с.	3,1	0
5_3	0	0	0	0	0	0
	425,21	-0,22	425,21	23 хв. 11 с.	1,1	0
	484,93	92,24	110,07	2 хв. 04 с.	3,2	1 хв. 35 с.
	551,09	-1,35	114,62	2 хв. 17 с.	3,0	0
	787,99	-2,00	236,90	7 хв. 06 с.	2,0	0
5_4	0	0	0	0	0	0
	425,92	-0,39	425,92	10 хв. 13 с.	2,5	0
	488,30	-95,21	113,49	2 хв. 21 с.	2,9	47 с.
	553,48	-0,29	115,14	2 хв. 09 с.	3,2	0
	787,74	-0,96	234,26	6 хв. 41 с.	2,1	0
5_5	0	0	0	0	0	0
	426,57	-0,80	426,57	31 хв. 59 с.	0,8	0
	485,81	93,06	110,99	3 хв. 02 с.	2,2	1 хв. 51 с.
	550,25	-1,01	114,03	2 хв. 32 с.	2,7	0
	787,29	-2,63	237,04	7 хв. 07 с.	2,0	0
5_6	0	0	0	0	0	0
	423,84	0,01	423,84	14 хв. 57 с.	1,7	0
	486,80	-92,94	112,27	2 хв. 24 с.	2,8	17 с.
	486,80	93,23	186,17	2 хв. 20 с.	4,8	1 хв. 28 с.
	550,95	-1,74	114,61	2 хв. 45 с.	2,5	0
	787,87	-2,00	236,92	4 хв. 55 с.	2,9	0

Наведені показники були збережені в файлах наступних траєкторій: «VA_Trajectory_5_1», «VA_Trajectory_5_2», «VA_Trajectory_5_3», «VA_Trajectory_5_4», «VA_Trajectory_5_5», «VA_Trajectory_5_6» (див. Додаток Г).

Для моделювання переміщень МС було обрано 6 траєкторій руху. В симуляції було задіяно 44 рядових МС, тому одна траєкторія руху була призначена декільком МС. Ті МС яким не призначено нову відповідну траєкторію руху, переміщуються за сценарієм № 2, а МС, які не були вказані

у сценарії № 2 переміщуються за сценарієм № 1. Призначення траєкторій руху для різних МС здійснювалось шляхом випадкового вибору і результати наведено в таблиці 4.11.

Таблиця 4.11 – Результати призначень файлу траєкторії руху МС для сценарію № 5

Назва траєкторії	Назва мобільного вузла	Кількість вузлів на траєкторію
Траєкторії з сценаріїв № 1 та № 2	Всі, що не перелічені нижче	21
«VA_Trajectory_5_1»	«Mobile_node_22», «Mobile_node_30», «Mobile_node_24», «Mobile_node_32».	4
«VA_Trajectory_5_2»	«Mobile_node_3», «Mobile_node_37», «Mobile_node_39», «Mobile_node_11», «Mobile_node_38».	5
«VA_Trajectory_5_3»	«Mobile_node_29», «Mobile_node_31», «Mobile_node_40».	3
«VA_Trajectory_5_4»	«Mobile_node_18», «Mobile_node_23», «Mobile_node_34», «Mobile_node_44».	4
«VA_Trajectory_5_5»	«Mobile_node_16», «Mobile_node_19», «Mobile_node_20», «Mobile_node_43».	4
«VA_Trajectory_5_6»	«Mobile_node_1», «Mobile_node_6», «Mobile_node_17», «Mobile_node_31».	4

На (рис.4.25) зображено простір моделювання після змін параметрів руху МС.

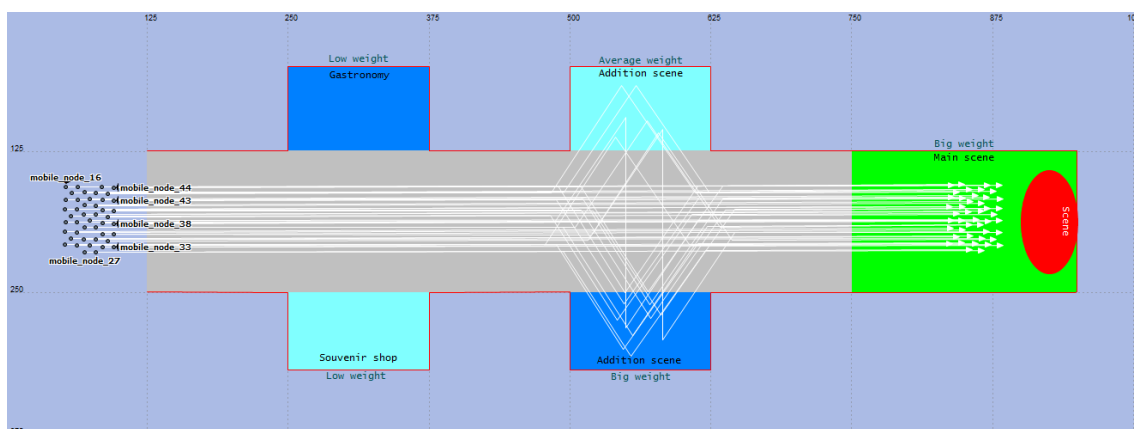


Рисунок 4.25 – Простір моделювання сценарію № 5

Для збереження результатів моделювання відповідно до п.4.3.1.2.

Після закінчення процесу моделювання необхідно натиснути кнопку «Close», для збереження результатів моделювання.

4.3.8 Сценарій 6. Прямолінійний рух групи абонентів до атрактору з середньою та високою привабливістю з затримкою

При такому сценарії декілька МС відходять по черзі до атрактору з середньою та великою вагою і затримуються на деякий час. Потім вони рухаються за групою. Решта рухається у групі з різною швидкістю до головного атрактора. Для такого сценарію було створено наступні траєкторії, які відображають рух МС до головного атрактору (табл. 4.12):

Таблиця 4.12 – Параметри траєкторій для моделювання сценарію № 6

№ траєкторії	Координати по X (м)	Координати по Y (м)	Відстань (м)	Час переходу	Швидкість переміщення (км / с)	Час очікування
6_1	0	0	0	0	0	0
	425,74	-0,29	425,74	11 хв. 00 с.	2,3	0
	486,04	94,56	112,40	3 хв. 58 с.	1,7	7 хв. 49 с.
	551,77	-0,37	115,47	3 хв. 51 с.	1,8	0
	787,52	-2,42	235,76	5 хв. 39 с.	2,5	0
6_2	0	0	0	0	0	0
	425,40	-0,53	425,40	18 хв. 14 с.	1,4	0
	488,13	-98,06	115,96	4 хв. 21 с.	1,6	6 хв. 51 с.
	552,39	-0,71	116,64	3 хв. 03 с.	2,3	0
	787,47	-1,91	235,08	4 хв. 42 с.	3,0	0
6_3	0	0	0	0	0	0
	425,56	-0,54	425,56	21 хв. 17 с.	1,2	0
	488,74	99,54	118,35	4 хв. 11 с.	1,7	9 хв. 44 с.
	555,61	-0,65	120,45	3 хв. 01 с.	2,4	0
	780,42	-0,34	224,82	6 хв. 45 с.	2,0	0
6_4	0	0	0	0	0	0
	425,10	-0,66	425,10	15 хв. 56 с.	1,6	0
	492,39	-101,49	121,23	2 хв. 42 с.	2,7	13 хв. 03 с.
	558,05	-1,63	119,52	2 хв. 23 с.	3,0	0
	787,24	-1,79	229,19	8 хв. 05 с.	1,7	0

Продовження таблиці 4.12

№ траєкторії	Координати по X (м)	Координати по Y (м)	Відстань (м)	Час переходу	Швидкість переміщення (км / с)	Час очікування
6_5	0	0	0	0	0	0
	426,08	-0,76	426,08	12 хв. 10 с.	2,1	0
	492,40	-106,10	124,48	5 хв. 20 с.	1,4	8 хв. 19 с.
	491,71	97,51	203,62	2 хв. 43 с.	4,5	9 хв. 30 с.
	553,41	-1,68	116,82	1 хв. 38 с.	4,3	0
	787,25	-2,70	233,85	4 хв. 01 с.	3,5	0
6_6	0	0	0	0	0	0
	425,56	-1,25	425,56	13 хв. 26 с.	1,9	0
	488,40	98,87	118,20	2 хв. 38 с.	2,7	4 хв. 48 с.
	487,69	-106,69	205,56	2 хв. 34 с.	4,8	15 хв. 43 с.
	554,43	-1,60	124,49	3 хв. 07 с.	2,4	0
	788,04	-3,02	233,61	4 хв. 40 с.	3,0	0

Наведені показники були збережені в файлах наступних траєкторій: «VA_Trajectory_6_1», «VA_Trajectory_6_2», «VA_Trajectory_6_3», «VA_Trajectory_6_4», «VA_Trajectory_6_5», «VA_Trajectory_6_6» (додаток Г).

Відповідно кожній мобільній станції була призначена певна траєкторія руху. В зв'язку з тим, що траєкторій було обрано всього 6, а в симуляції було задіяно 44 рядових МС, то одна траєкторія руху була призначена декільком МС. Ті МС яким не призначено нову відповідну траєкторію руху, переміщуються за сценарієм № 2, а МС, які не були вказані у сценарії № 2 переміщуються за сценарієм № 1. Призначення траєкторій руху для різних МС здійснювалось шляхом випадкового вибору і результати наведено в таблиці 4.13.

Таблиця 4.13 – Результати призначень файлу траєкторії руху МС для сценарію № 6

Назва траєкторії	Назва мобільного вузла	Кількість вузлів на траєкторію
Траєкторії з сценаріїв № 1 та № 2	Всі, що не перелічені нижче	20

Продовження таблиці 4.13

Назва траєкторії	Назва мобільного вузла		Кількість вузлів на траєкторію
«VA_Trajectory_6_1»	«Mobile_node_18»,	«Mobile_node_25»,	4
	«Mobile_node_40»,	«Mobile_node_41».	
«VA_Trajectory_6_2»	«Mobile_node_19»,	«Mobile_node_24»,	5
	«Mobile_node_28»,	«Mobile_node_35»,	
	«Mobile_node_36».		
«VA_Trajectory_6_3»	«Mobile_node_2»,	«Mobile_node_6»,	5
	«Mobile_node_10»,	«Mobile_node_15»,	
	«Mobile_node_43».		
«VA_Trajectory_6_4»	«Mobile_node_1»,	«Mobile_node_17»,	4
	«Mobile_node_27»,	«Mobile_node_29».	
«VA_Trajectory_6_5»	«Mobile_node_7»,	«Mobile_node_14»,	3
	«Mobile_node_39».		
«VA_Trajectory_6_6»	«Mobile_node_8»,	«Mobile_node_12»,	4
	«Mobile_node_21»,	«Mobile_node_22».	

Після внесення змін стосовно параметрів руху МС, простір моделювання отримав наступний вигляд (рис.4.26).

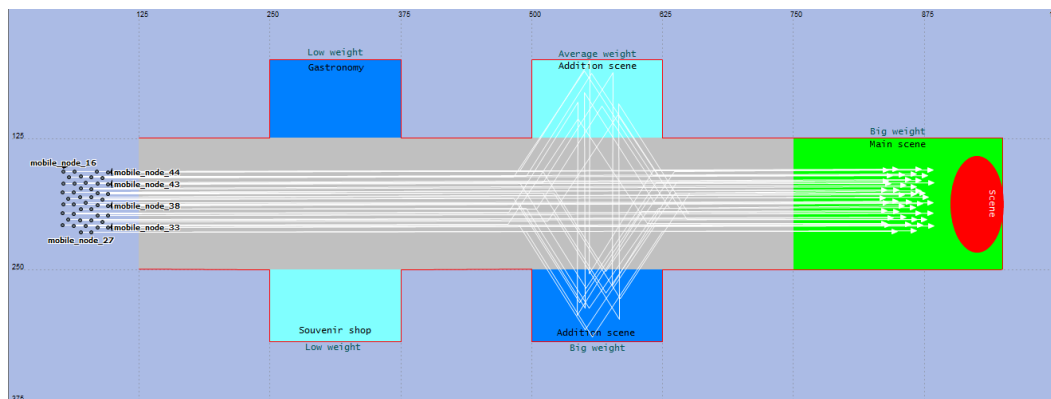


Рисунок 4.26 – Простір моделювання сценарію № 6

4.3.9 Порівняння результатів для п'ятого та шостого сценарію

Закінчивши процес симуляції сценарію № 6 відповідно до п. 4.3.1.2 необхідно зберегти його результати. Після, з'являється можливість порівняти результати моделювань п'ятого та шостого сценаріїв.

Процес отримання результатів проводиться так само як в п. 4.3.3.

Таким чином отримані результати моделювання п'ятого та шостого сценарію у порівнянні:

1. Навантаження (рис.4.27).

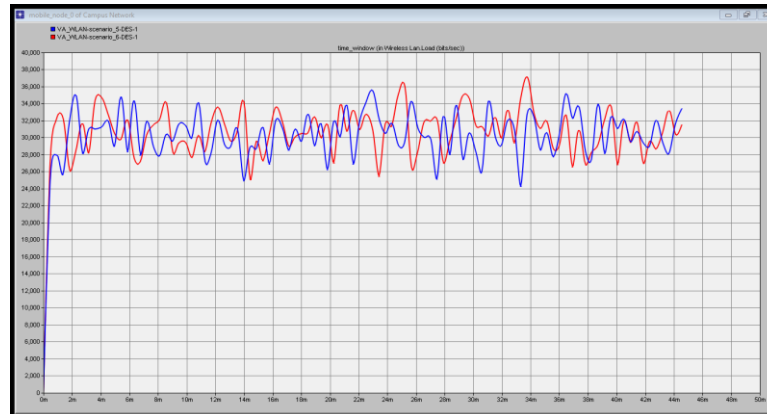


Рисунок 4.27 – Порівняння навантаження 5 та 6 сценарію

З рисунку 4.27 видно, що кількість інформації, яка передається по бездротовим каналам становить приблизно від 25 500 до 36 000 бітів на секунду. У сценарій № 5 навантаження є більш рівномірним у порівнянні з сценарієм № 6.

2. Пропускна здатність (рис.4.28).

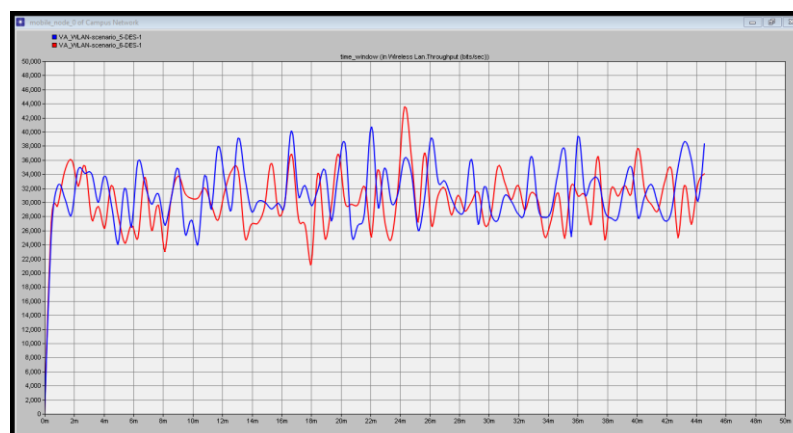


Рисунок 4.28 – Порівняння пропускної здатності 5 та 6 сценарію

З рисунку 4.28 видно, що кількість інформації, яка передається по бездротових каналах становить приблизно від 22 000 до 40 500 бітів на секунду. У сценарії № 5 пропускна здатність має більшу величину, але на ближче до кінця часу моделювання ці вихідні статистики мають більш менш однакову величину.

3. Затримка, яка представляє затримку між МАС-рівнями передавача та приймача (рис.4.29).

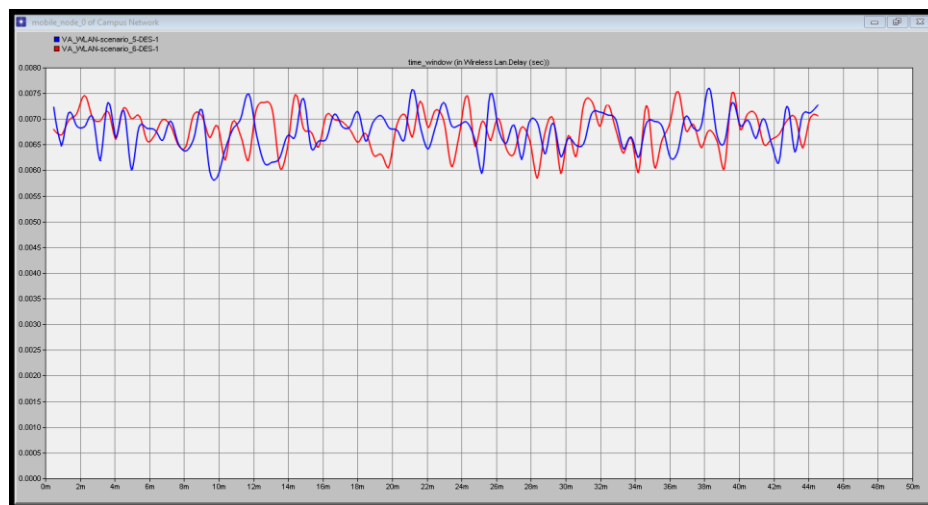


Рисунок 4.29 – Порівняння затримки 5 та 6 сценарію

З рисунку 4.29 видно, що затримка між МС становить 6,2 до 7,5 мс. Затримка сценарію № 5 має меншу затримку у порівнянні з сценарієм № 6.

4. Втрата даних, яка представляє собою дані, відкинуті на МАС-рівні під час передачі через те, що буфер приймача був переповнений (рис.4.30).

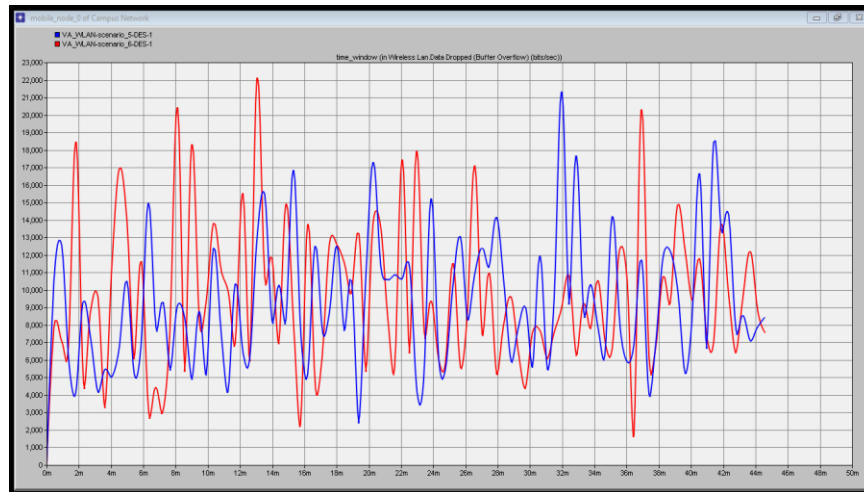


Рисунок 4.30 – Порівняння відкинутих пакетів 5 та 6 сценарію

З рисунку 4.30 видно, що кількість відкинутих пакетів, які передається по бездротових каналах становить приблизно від 3 000 до 20 000 бітів на секунду. У сценарії № 6 кількість відкинутих пакетів має більшу величину, у порівнянні з сценарієм № 5.

4.3.10 Сценарій 7. Прямолінійний рух групи абонентів до атрактору з малою, середньою та високою привабливістю

При такому сценарії декілька МС відходять по черзі до атрактору з малою, середньою та великою вагою і затримуються на короткий час (до 2 хвилин), для того щоб визначитися з привабливістю атрактора, і потім рухаються за групою. Решта рухається у групі з різною швидкістю до головного атрактора. Для такого сценарію було створено наступні траєкторії, які відображають рух МС до головного атрактору (табл. 4.14).

Таблиця 4.14 – Параметри траєкторій для моделювання сценарію № 7

№ траєкторії	Координати по X (м)	Координати по Y (м)	Відстань (м)	Час переходу	Швидкість переміщення (км / с)	Час очікування
7_1	0	0	0	0	0	0
	175,35	-0,34	175,35	8 хв. 06 с.	1,3	0
	240,34	-98,34	117,59	2 хв. 56 с.	2,4	43 с.
	304,38	0,00	117,36	3 хв. 42 с.	1,9	0
	426,13	-1,52	121,76	5 хв. 13 с.	1,4	0
	490,45	115,80	133,79	2 хв. 17 с.	3,5	1 хв. 08 с.
	551,78	-1,86	132,68	3 хв. 24 с.	2,3	0
	787,29	-1,96	235,51	4 хв. 43 с.	3,0	0
7_2	0	0	0	0	0	0
	176,52	-0,27	176,52	8 хв. 09 с.	1,3	0
	236,67	97,96	115,19	3 хв. 50 с.	1,8	57 с.
	302,02	-0,99	118,59	4 хв. 45 с.	1,5	0
	424,18	-0,52	122,17	2 хв. 43 с.	2,7	0
	489,50	-100,36	127,79	4 хв. 28 с.	1,7	1 хв. 19 с.
	550,85	-0,43	125,89	2 хв. 12 с.	3,4	0
	788,68	-0,74	237,83	5 хв. 17 с.	2,7	0
7_3	0	0	0	0	0	0
	173,77	-0,70	173,77	3 хв. 52 с.	2,7	0
	232,38	102,55	118,73	5 хв. 56 с.	1,2	1 хв. 31 с.
	299,28	-1,61	123,79	3 хв. 43 с.	2,0	0
	424,03	-1,45	124,75	4 хв. 41 с.	1,6	0
	485,50	108,56	126,02	3 хв. 15 с.	2,3	1 хв. 24 с.
	548,07	-2,52	127,49	4 хв. 22 с.	1,7	0
	787,52	-2,20	239,45	5 хв. 53 с.	2,4	0
7_4	0	0	0	0	0	0
	172,90	-0,65	172,90	9 хв. 26 с.	1,1	0
	236,10	-106,25	123,07	2 хв. 46 с.	2,7	57 с.
	301,24	-0,91	123,85	3 хв. 06 с.	2,4	0
	424,01	-1,29	122,76	5 хв. 16 с.	1,4	0
	485,31	-104,73	120,24	3 хв. 17 с.	2,2	1 хв. 54 с.
	548,18	-0,46	121,76	4 хв. 52 с.	1,5	0
	787,33	-1,84	239,15	4 хв. 43 с.	3,0	0
7_5	0	0	0	0	0	0
	172,32	-1,10	172,32	3 хв. 50 с.	2,7	0
	235,20	-105,77	122,10	2 хв. 43 с.	2,7	49 с.
	234,77	103,01	208,78	3 хв. 07 с.	4,0	1 хв. 34 с.
	302,21	-3,52	126,09	2 хв. 48 с.	2,7	0
	423,36	-3,09	121,14	4 хв. 16 с.	1,7	0
	486,51	-106,62	121,27	2 хв. 03 с.	3,5	1 хв. 39 с.
	547,51	-1,81	121,28	2 хв. 36 с.	2,8	0
	787,64	-2,24	240,14	7 хв. 35 с.	1,9	0

Продовження таблиці 4.14

№ траєкторії	Координати по X (м)	Координати по Y (м)	Відстань (м)	Час переходу	Швидкість переміщення (км / с)	Час очікування
7_6	0	0	0	0	0	0
	174,08	-0,34	174,08	3 хв. 00 с.	3,5	0
	232,31	102,84	118,48	3 хв. 35 с.	2,0	1 хв. 07 с.
	235,47	-104,31	207,17	4 хв. 32 с.	2,7	1 хв. 58 с.
	300,65	-0,25	122,79	3 хв. 21 с.	2,2	0
	423,01	-0,82	122,36	5 хв. 15 с.	1,4	0
	486,76	106,85	125,13	3 хв. 08 с.	2,4	44 с.
	544,56	-2,89	124,03	3 хв. 55 с.	1,9	0
	786,30	-2,29	241,74	4 хв. 16 с.	3,4	0
7_7	0	0	0	0	0	0
	171,25	-1,27	171,25	2 хв. 42 с.	3,8	0
	238,20	-107,61	125,65	2 хв. 21 с.	3,2	1 хв. 37 с.
	234,09	103,62	211,27	4 хв. 32 с.	2,8	1 хв. 27 с.
	303,74	-2,94	127,30	3 хв. 38 с.	2,1	0
	425,38	-2,42	121,63	5 хв. 13 с.	1,4	0
	488,79	-104,82	120,45	3 хв. 01 с.	2,4	1 хв. 51 с.
	485,67	107,77	212,62	2 хв. 43 с.	4,7	1 хв 19 с.
	548,05	-3,46	127,53	2 хв. 15 с.	3,4	0
	786,37	-2,78	238,33	5 хв. 43 с.	2,5	0

Наведені траєкторії були збережені в файлах: «VA_Trajectory_7_1», «VA_Trajectory_7_2», «VA_Trajectory_7_3», «VA_Trajectory_7_4», «VA_Trajectory_7_5», «VA_Trajectory_7_6», «VA_Trajectory_7_7» (додаток Д).

Для моделювання було створено 7 траєкторій руху. Одна траєкторія руху була призначена декільком МС. Ті МС яким не призначено нову відповідну траєкторію руху, переміщуються за траєкторіями з сценарію № 2, а МС, які не були вказані у сценарії № 2 переміщуються траєкторіями з сценарію № 1. Призначення траєкторій руху для різних МС здійснювалось шляхом випадкового вибору і результати наведені в таблиці 4.15.

Таблиця 4.15 – Результати призначень файлу траєкторії руху МС для сценарію № 7

Назва траєкторії	Назва мобільного вузла	Кількість вузлів на траєкторію
Траєкторії з сценаріїв № 1 та № 2	Всі, що не перелічені нижче	21
«VA_Trajectory_7_1»	«Mobile_node_1», «Mobile_node_8», «Mobile_node_5», «Mobile_node_23».	4
«VA_Trajectory_7_2»	«Mobile_node_35», «Mobile_node_37», «Mobile_node_36», «Mobile_node_39».	4
«VA_Trajectory_7_3»	«Mobile_node_15», «Mobile_node_28», «Mobile_node_16»,	3
«VA_Trajectory_7_4»	«Mobile_node_4», «Mobile_node_11», «Mobile_node_9», «Mobile_node_44».	4
«VA_Trajectory_7_5»	«Mobile_node_17», «Mobile_node_42», «Mobile_node_43».	3
«VA_Trajectory_7_6»	«Mobile_node_18», «Mobile_node_27», «Mobile_node_31».	3
«VA_Trajectory_7_7»	«Mobile_node_19», «Mobile_node_24», «Mobile_node_38».	3

Після внесення змін стосовно параметрів руху МС, простір моделювання отримав наступний вигляд (рис.4.31).

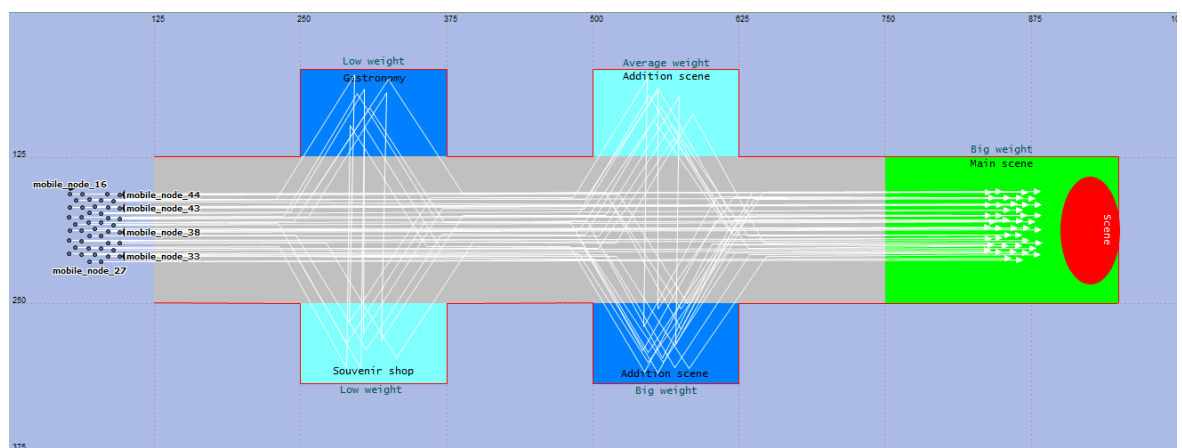


Рисунок 4.31 – Простір моделювання сценарію № 7

Для завершення і збереження процесу симуляції сценарію № 7 необхідно відповідно до п. 4.3.1.2 у кінці процесу моделювання натиснути кнопку «Close».

4.3.11 Сценарій 8. Прямолінійний рух групи абонентів до атрактору з малою, середньою та високою привабливістю з затримкою

При такому сценарії декілька МС відходять по черзі до атрактору з малою, середньою та великою вагою і затримуються на деякий час. Потім вони рухаються за групою. Решта рухається у групі з різною швидкістю до головного атрактора. Для такого сценарію було створено наступні траєкторії, які відображають рух МС до головного атрактору (табл. 4.16):

Таблиця 4.16 – Параметри траєкторій для моделювання сценарію № 8

№ траєкторії	Координати по X (м)	Координати по Y (м)	Відстань (м)	Час переходу	Швидкість переміщення (км / с)	Час очікування
8_1	0	0	0	0	0	0
	175,35	-0,34	175,35	8 хв. 06 с.	1,3	0
	240,34	-98,34	117,59	2 хв. 56 с.	2,4	4 хв. 59 с.
	304,38	0,00	117,36	3 хв. 42 с.	1,9	0
	426,13	-1,52	121,76	5 хв. 13 с.	1,4	0
	490,45	115,80	133,79	2 хв. 17 с.	3,5	10 хв. 00 с.
	551,78	-1,86	132,68	3 хв. 24 с.	2,3	0
	787,29	-1,96	235,51	4 хв. 43 с.	3,0	0
8_2	0	0	0	0	0	0
	176,52	-0,27	176,52	8 хв. 09 с.	1,3	0
	236,67	97,96	115,19	3 хв. 50 с.	1,8	6 хв. 06 с.
	302,02	-0,99	118,59	4 хв. 45 с.	1,5	0
	424,18	-0,52	122,17	2 хв. 43 с.	2,7	0
	489,50	-100,36	127,79	4 хв. 28 с.	1,7	6 хв. 39 с.
	550,85	-0,43	125,89	2 хв. 12 с.	3,4	0
	788,68	-0,74	237,83	5 хв. 17 с.	2,7	0
8_3	0	0	0	0	0	0
	173,77	-0,70	173,77	3 хв. 52 с.	2,7	0
	232,38	102,55	118,73	5 хв. 56 с.	1,2	5 хв. 27 с.
	299,28	-1,61	123,79	3 хв. 43 с.	2,0	0
	424,03	-1,45	124,75	4 хв. 41 с.	1,6	0
	485,50	108,56	126,02	3 хв. 15 с.	2,3	8 хв. 07 с.
	548,07	-2,52	127,49	4 хв. 22 с.	1,7	0
	787,52	-2,20	239,45	5 хв. 53 с.	2,4	0

Продовження таблиці 4.16

№ траєкторії	Координати по X (м)	Координати по Y (м)	Відстань (м)	Час переходу	Швидкість переміщення (км / с)	Час очікування
8_4	0	0	0	0	0	0
	172,90	-0,65	172,90	9 хв. 26 с.	1,1	0
	236,10	-106,25	123,07	2 хв. 46 с.	2,7	7 хв. 31 с.
	301,24	-0,91	123,85	3 хв. 06 с.	2,4	0
	424,01	-1,29	122,76	5 хв. 16 с.	1,4	0
	485,31	-104,73	120,24	3 хв. 17 с.	2,2	3 хв. 59 с.
	548,18	-0,46	121,76	4 хв. 52 с.	1,5	0
	787,33	-1,84	239,15	4 хв. 43 с.	3,0	0
8_5	0	0	0	0	0	0
	172,32	-1,10	172,32	3 хв. 50 с.	2,7	0
	235,20	-105,77	122,10	2 хв. 43 с.	2,7	3 хв. 49 с.
	234,77	103,01	208,78	3 хв. 07 с.	4,0	6 хв. 01 с.
	302,21	-3,52	126,09	2 хв. 48 с.	2,7	0
	423,36	-3,09	121,14	4 хв. 16 с.	1,7	0
	486,51	-106,62	121,27	2 хв. 03 с.	3,5	7 хв. 00 с.
	547,51	-1,81	121,28	2 хв. 36 с.	2,8	0
8_6	0	0	0	0	0	0
	174,08	-0,34	174,08	3 хв. 00 с.	3,5	0
	232,31	102,84	118,48	3 хв. 35 с.	2,0	3 хв. 09 с.
	235,47	-104,31	207,17	4 хв. 32 с.	2,7	5 хв. 22 с.
	300,65	-0,25	122,79	3 хв. 21 с.	2,2	0
	423,01	-0,82	122,36	5 хв. 15 с.	1,4	0
	486,76	106,85	125,13	3 хв. 08 с.	2,4	6 хв. 02 с.
	544,56	-2,89	124,03	3 хв. 55 с.	1,9	0
8_7	0	0	0	0	0	0
	171,25	-1,27	171,25	2 хв. 42 с.	3,8	0
	238,20	-107,61	125,65	2 хв. 21 с.	3,2	3 хв. 49 с.
	234,09	103,62	211,27	4 хв. 32 с.	2,8	2 хв. 47 с.
	303,74	-2,94	127,30	3 хв. 38 с.	2,1	0
	425,38	-2,42	121,63	5 хв. 13 с.	1,4	0
	488,79	-104,82	120,45	3 хв. 01 с.	2,4	3 хв. 25 с.
	485,67	107,77	212,62	2 хв. 43 с.	4,7	3 хв. 59 с.
	548,05	-3,46	127,53	2 хв. 15 с.	3,4	0
	786,37	-2,78	238,33	5 хв. 43 с.	2,5	0

Представлені значення були збережені в файлах наступних траєкторій: «VA_Trajectory_8_1», «VA_Trajectory_8_2», «VA_Trajectory_8_3», «VA_Trajectory_8_4», «VA_Trajectory_8_5», «VA_Trajectory_8_6», «VA_Trajectory_8_7» (додаток Е).

Кожній МС була призначена своя траєкторія руху. Кількість траєкторій створених для цього сценарію всього 7, для 44 рядових МС випадковим шляхом призначені ці створені траєкторії. Ті МС яким не призначено нову відповідну траєкторію руху, переміщуються за сценарієм № 2, а МС, які не були вказані у сценарії № 2 переміщуються за сценарієм № 1. Відповідно призначення траєкторій наведено у таблиці 4.17.

Таблиця 4.17 – Результати призначень файлу траєкторії руху МС для сценарію № 8

Назва траєкторії	Назва мобільного вузла	Кількість вузлів на траєкторію
Траєкторії з сценаріїв № 1 та № 2	Всі, що не перелічені нижче	19
«VA_Trajectory_8_1»	«Mobile_node_1», «Mobile_node_17», «Mobile_node_19», «Mobile_node_41».	4
«VA_Trajectory_8_2»	«Mobile_node_2», «Mobile_node_5», «Mobile_node_31», «Mobile_node_34».	4
«VA_Trajectory_8_3»	«Mobile_node_10», «Mobile_node_12», «Mobile_node_13», «Mobile_node_18».	4
«VA_Trajectory_8_4»	«Mobile_node_14», «Mobile_node_25», «Mobile_node_27», «Mobile_node_28».	4
«VA_Trajectory_8_5»	«Mobile_node_7», «Mobile_node_11», «Mobile_node_44».	3
«VA_Trajectory_8_6»	«Mobile_node_20», «Mobile_node_26», «Mobile_node_38», «Mobile_node_42».	4
«VA_Trajectory_8_7»	«Mobile_node_15», «Mobile_node_36», «Mobile_node_37».	3

Після додавання до налаштувань параметрів з руху МС, простір моделювання отримав наступний вигляд (рис.4.32).

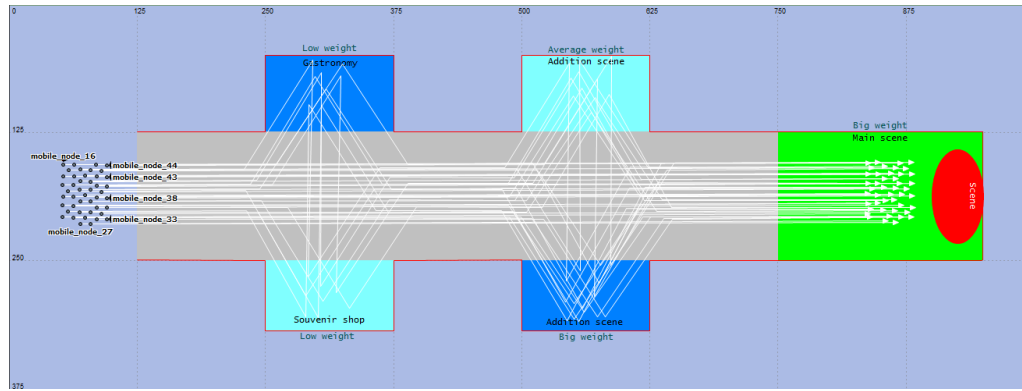


Рисунок 4.32 – Простір моделювання сценарію № 8

4.3.12 Порівняння результатів для сьомого та восьмого сценарію

Збереження результатів проводиться відповідно до п. 4.3.1.2. Тому можливо порівняти результати моделювань сьомого та восьмого сценаріїв.

Процес отримання результатів проводиться так само як в п. 4.3.3.

Таким чином отримані результати моделювання сьомого та восьмого сценарію у порівнянні:

1. Навантаження (рис.4.33).

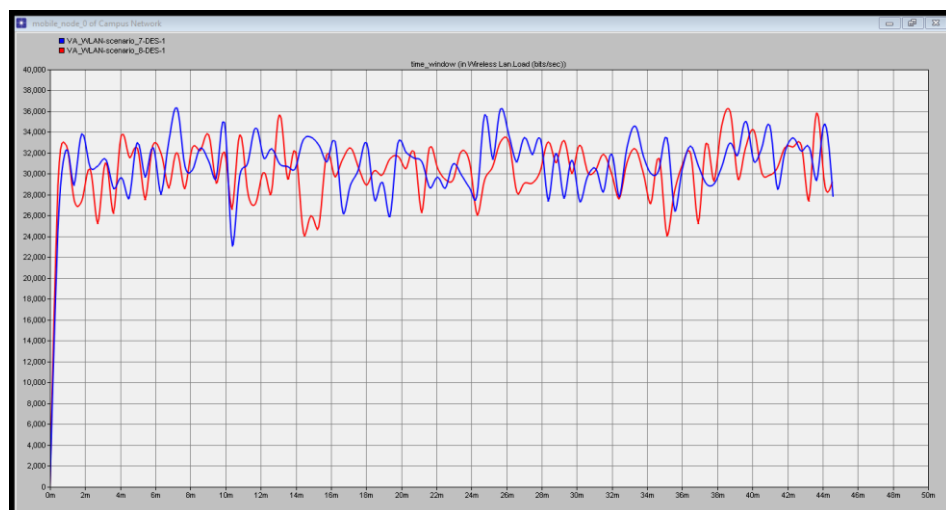


Рисунок 4.33 – Порівняння навантаження 7 та 8 сценарію

З рисунку 4.33 видно, що кількість інформації, яка передається по бездротових каналах становить приблизно від 24 000 до 36 000 бітів на секунду. У сценаріях видно, що ця вихідна статистика навантаження починає зменшуватись в двох сценаріях, коли абоненти відходять від МС-координатору та при наближенні МС, які відійшли від МС-координатора, навантаження у мережі починає зростати.

2. Пропускна здатність (рис.4.34).

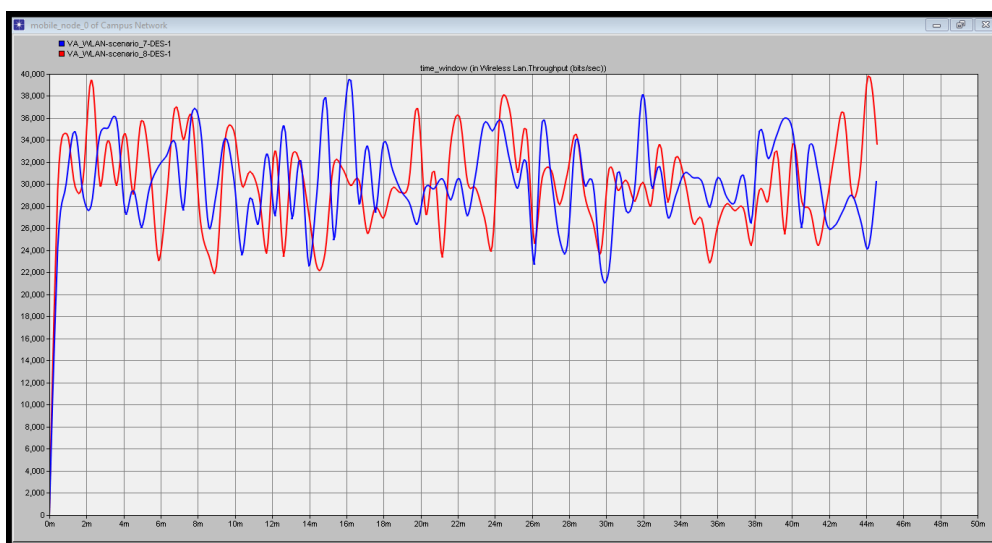


Рисунок 4.34 – Порівняння пропускної здатності 7 та 8 сценарію

З рисунку 4.34 видно, що кількість інформації, яка передається по бездротових каналах становить приблизно від 22 000 до 38 000 бітів на секунду. У сценарії № 8 пропускна здатність має на початку більшу величину, а після ця величина поступається пропускну здатності з сценарію № 7, і наприкінці навпаки, величина з сценарію № 7 має більшу величину пропускної здатності.

3. Затримка, яка представляє затримку між MAC-рівнями передавача та приймача (рис.4.35).

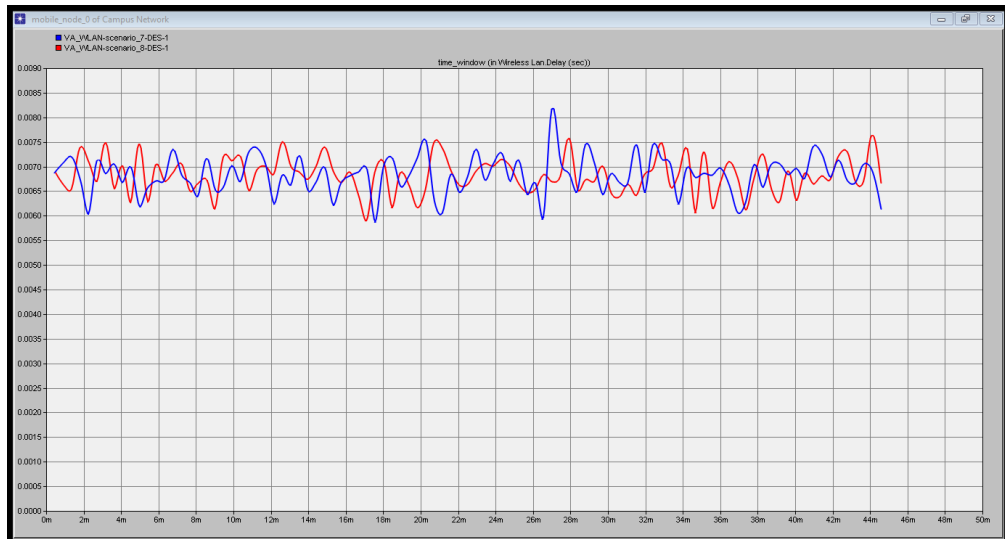


Рисунок 4.35 – Порівняння затримки 7 та 8 сценарію

З рисунку 4.35 видно, що затримка між МС становить від 6,1 до 8,3 мс. Затримка сценарію № 8 має меншу вихідну статистику затримки у порівнянні з сценарієм № 7.

4. Втрата даних, яка представляє собою дані, відкинуті на МАС-рівні під час передачі через те, що буфер приймача був переповнений (4.36).

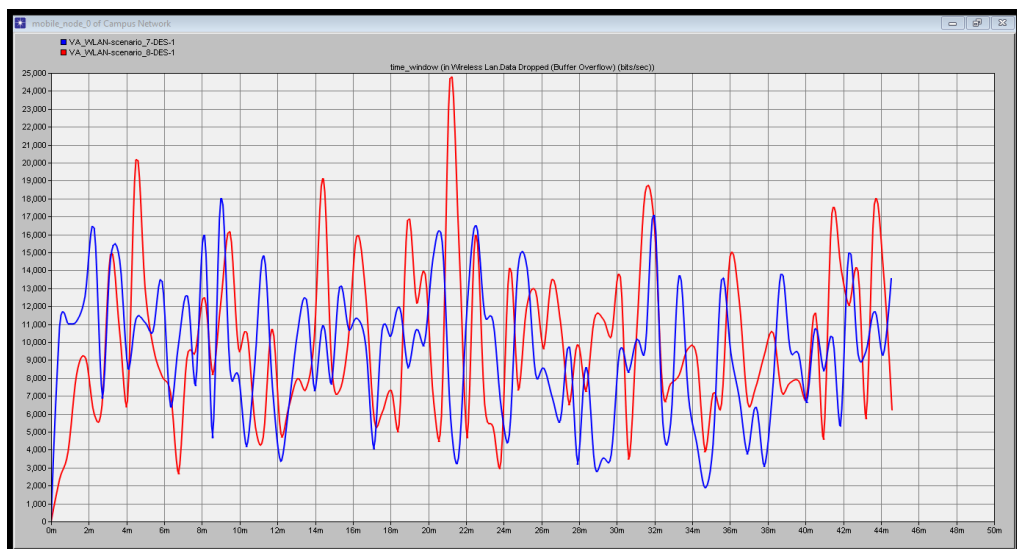


Рисунок 4.36 – Порівняння відкинутих пакетів 7 та 8 сценарію

З рисунку 4.36 видно, що кількість відкинутих пакетів, які передається по бездротових каналах становить приблизно від 3 000 до 18 000 бітів на секунду. У сценарії № 7 кількість відкинутих пакетів має більшу величину, у порівнянні з сценарієм № 8.

4.4 Порівняння результатів параметрів QoS у сценаріях

Для проведення аналізу усіх проведених сценаріїв та для виведення результатів моделювання з усередненими значеннями вихідних статистик, необхідно увійти в налаштуваннях «View Results».

Зліва вгорі необхідно поставити галочки на усіх сценаріях. Зліва внизу обрати по черзі кожну вихідну статистику для попереднього відображення вихідних графіків. У полі «Presentation» обрати замість «Stacked Statistics» на «Overlaid Statistics» для того, щоб вихідні статистики були зображені на одному графіку та обрати замість «As is» на «time_average» для того, щоб OPNET зобразив вихідний графік з усередненими значеннями вихідних статистик. Отримання усереднених результатів проводиться відповідно до формули 4.1.

Відповідно налаштування виводу після натискання «Show» такі ж, як у п. 4.3.3.

Таким чином отримані результати моделювання усіх сценаріїв:

1. Навантаження (рис.4.37).

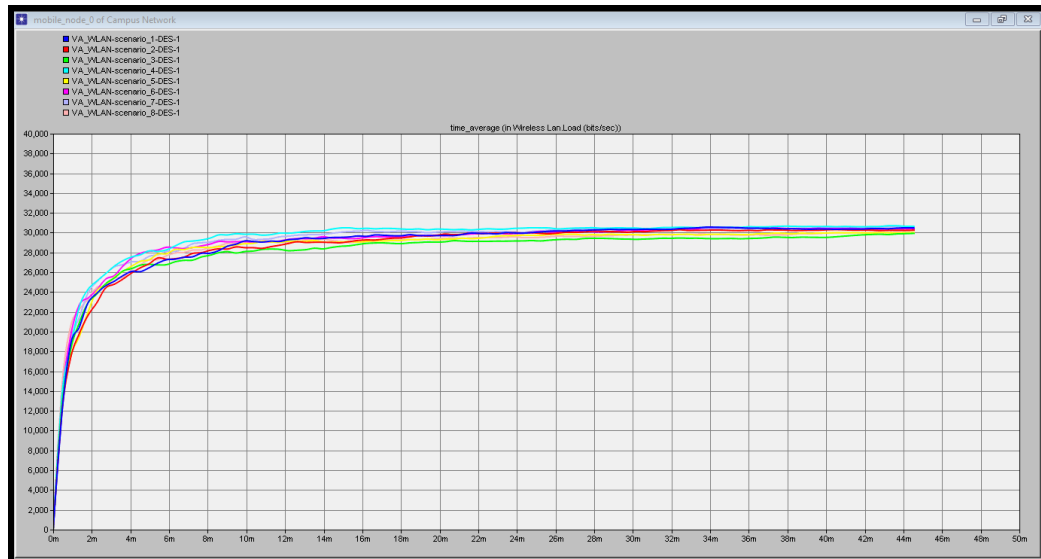


Рисунок 4.37 – Порівняння навантаження усіх сценаріїв

З рисунку 4.37 видно, що кількість інформації, яка передається по бездротових каналах становить приблизно від 26 000 до 30 000 бітів на секунду. Навантаження в усіх сценаріях мають більш менш рівномірні величини. У сценарії № 1 навантаження на МС-координатор має найбільшу величину.

2. Пропускна здатність (рис.4.38).

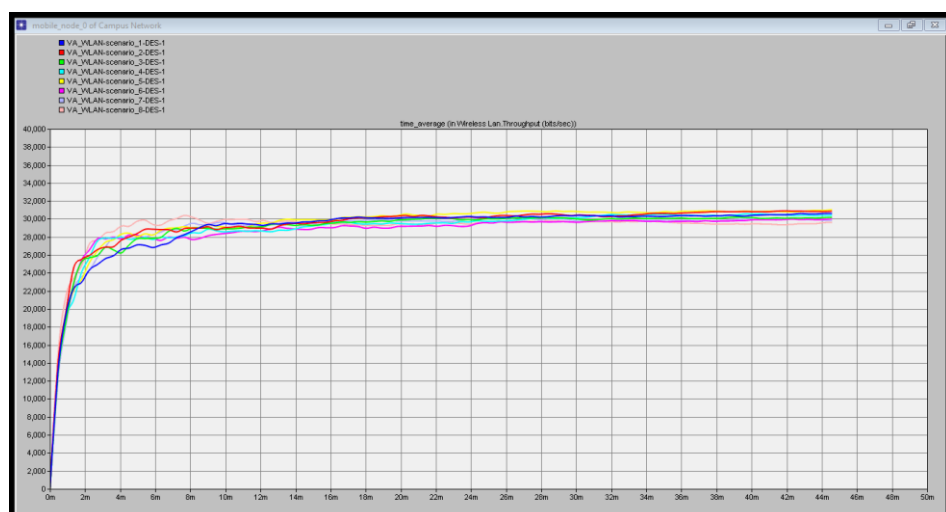


Рисунок 4.38 – Порівняння пропускної здатності усіх сценаріїв

З рисунку 4.38 видно, що кількість інформації, яка передається по бездротових каналах становить приблизно від 26 000 до 32 000 бітів на секунду. Пропускна здатність в усіх сценаріях мають більш менш рівномірні величини. У сценарії № 2 пропускна здатність має найбільшу величину.

3. Затримка, яка представляє затримку між МАС-рівнями передавача та приймача (рис.4.39).

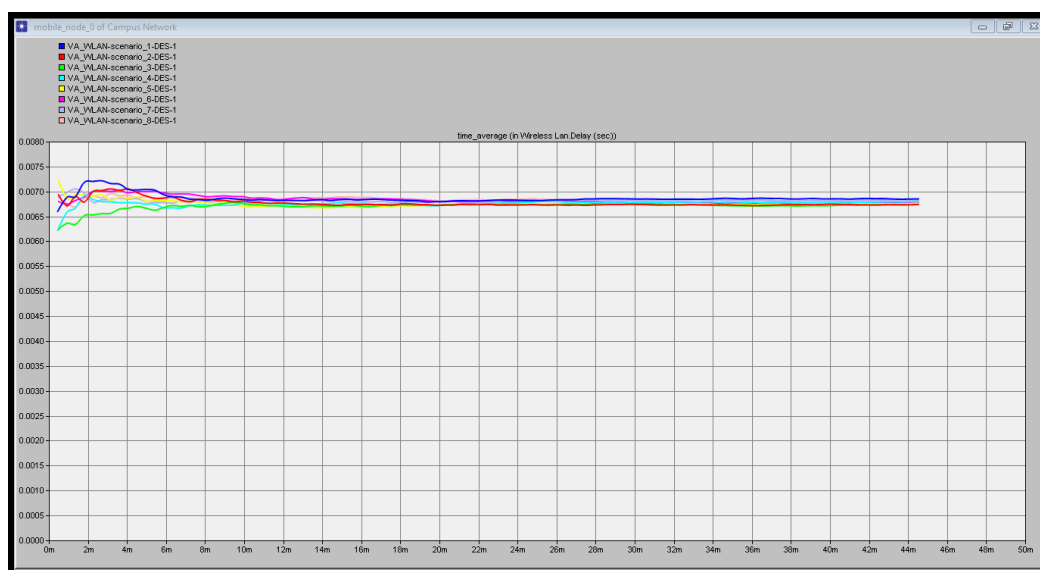


Рисунок 4.39 – Порівняння затримки усіх сценаріїв

З рисунку 4.39 видно, що затримка між МС становить 6,5 до 7,2 мс. Затримка в усіх сценаріях має більш менш рівномірну величину. У сценарії № 2 величина затримки сама мінімальна, через те що МС знаходяться завжди поруч і відстань між МС мінімальна.

4. Втрата даних, яка представляє собою дані, відкинуті на МАС-рівні під час передачі через те, що буфер приймача був переповнений (рис.4.40).

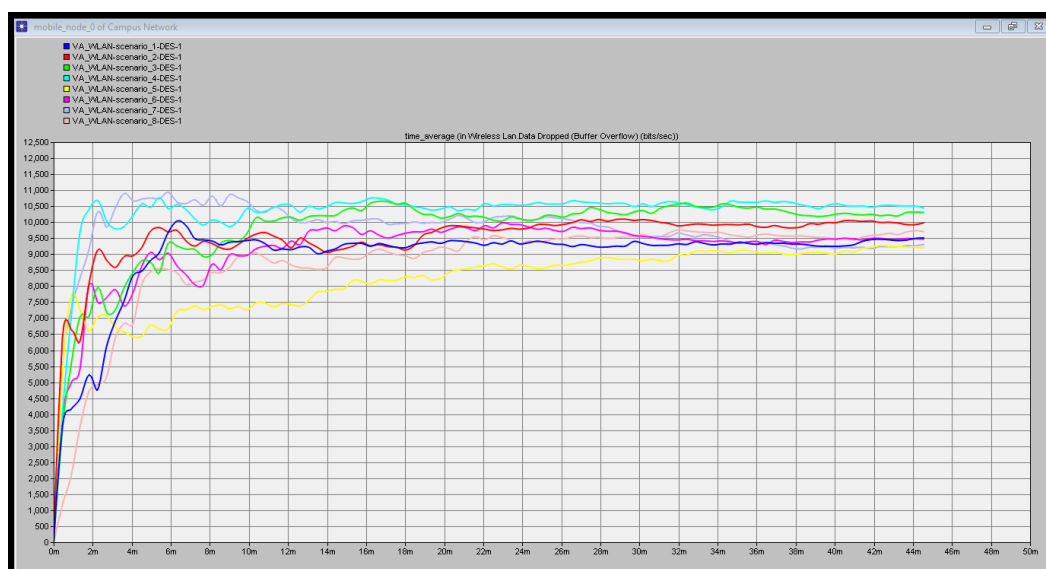


Рисунок 4.40 – Порівняння відкинутих пакетів усіх сценаріїв

З (рис.4.40) видно, що кількість відкинутих пакетів, які передається по бездротових каналах становить приблизно від 7 000 до 10 500 бітів на секунду. Відкинуті пакети в усіх сценаріях мають більш менш рівномірну величину. У сценарії № 5 кількість відкинутих пакетів має найменше значення через те, що МС рухались весь час приблизно на однаковій відстані від МС-координатору та інтерференція не так сильно впливала на вихідні результати. У сценарії № 4 кількість відкинутих пакетів має найбільшу величину через те, що час затримки МС в атракторах мав найбільше значення.

Таким чином, в результаті моделювання в програмному пакеті OPNET Modeler було досліджено 8 сценаріїв групового руху абонентів з різноманітною швидкістю, на шляху до головного атрактору, під час проведення заходу «День міста» в м.Запоріжжя, а також на підставі отриманих даних по параметрам QoS дана кількісна оцінка переданих даних від МС до головного вузла за одиницю часу та проаналізовано навантаження і кількість втрачених пакетів.

5 ЕКОНОМІЧНІ РОЗРАХУНКИ

5.1 Важливість мобільного зв'язку на сьогоднішній день

Технологічний прорив людства в двадцятому столітті привніс в життя людей багато нових винаходів і захоплюючих відкриттів, які стали невіддільною частиною нашого комфортного життя. Дуже багато зроблено і впроваджено в наше повсякденне життя завдяки засобам зв'язку.

Розвиток стандартів стільникових мереж дало можливість придбати абонентам доступ до швидкісного інтернету, що дозволяє відкрити нові кордони і можливості використання телефону. Окрім голосу при дзвінку, ми можемо спостерігати співрозмовника, незалежно від відстані між нами.

На сьогоднішній день стільникові технології не перестають розвиватися і продовжують збільшувати обсяги передачі даних. Експерти прогнозують, що впровадження п'ятого покоління дозволить відкрити для користувача ще більше послуг, які, будуть ще зручніше у використанні. Дистанційне керування автомобілем, цілим розумним будинком, або однієї з його частин далеко неповний список майбутніх послуг, якими ми незабаром будемо користуватися.

Ріст і розвиток поколінь зв'язку дуже стрімкий і перехід від одного покоління до іншого відбувається дуже швидко. Те, що вважалося предметом розкоші ще вчора, сьогодні є чимось повсякденним, і з кожним роком це стосується все більшої кількості послуг і речей.

5.2 Тенденції розвитку ринку мобільного зв'язку

Ринок зв'язку і телекомунікацій є найбільш динамічною галуззю економіки України. Прогрес у сфері мобільного зв'язку призводить до постійного поліпшення якості послуг і розширення асортименту. Операторам в сучасних умовах все складніше збільшувати обсяг своїх прибутків. Клієнтам потрібні не тільки голосові послуги, а й весь можливий комплекс

мобільних сервісів, щоб не тільки вільно спілкуватися, а й зробити максимально зручним ведення свого бізнесу. Кількість споживачів, які використовують мобільний зв'язок зростає з кожним роком, що призводить до збільшення навантаження на мережу.

Основними операторами є: Київстар, Vodafone та lifecell, які разом займають понад 97,5% ринку мобільного зв'язку України [18]. На (рис. 5.1) і (рис. 5.2) зображені: структура та тенденції розвитку стільникового зв'язку України.

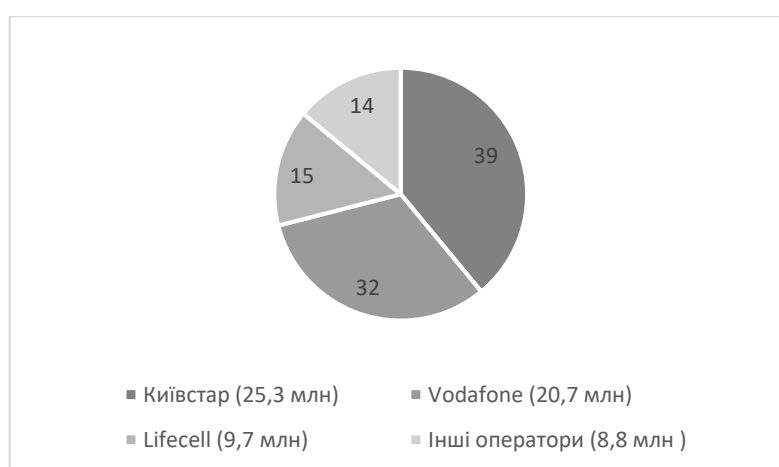


Рисунок 5.1 – Структура ринку стільникового зв'язку України

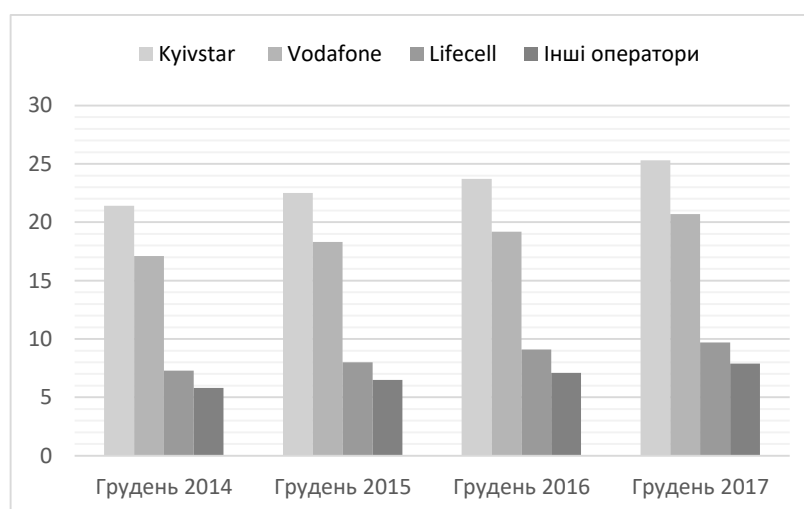


Рисунок 5.2 – Динаміка зросту кількості абонентів стільникового зв'язку в Україні

Сьогодні у деяких операторів України спостерігається підняття мінімальних тарифів для користування послугами мобільного Інтернету. Це обумовлено великими витратами на забезпечення 4G-покриття. В умовах такої конкуренції оператори стільникового зв'язку ведуть боротьбу за кожного абонента, пропонуючи більш вигідні умови. Широка абонентська база – важливий показник для будь-якої компанії стільникового зв'язку. Для користувачів важливим показником є – якість послуг, що надаються. Тому обриви під час сеансу зв'язку, відсутність доступу до мережі Інтернет, неякісне підключення, неможливість здійснення викликів – призводить до втрати репутації оператора зв'язку.

Під час проведення масових заходів через велику кількість запитів відбувається перевантаження системи стільникового зв'язку. Тому на даний час оператори розгортають свої пересувні базові станції, інженери з якості закуповують новітні технології дистанційного управління кутом нахилу антен, встановлюють пікосоти [19].

Однак цього не вистачає для всіх. З розвитком різноманітних послуг та додатків в місцях скупчення великої кількості людей спостерігається збільшення вхідного і вихідного трафіку. Технології стільникового зв'язку часом просто не витримують такого навантаження. Даний проект передбачає новий спосіб моніторингу міграції абонентів з метою поліпшення якості послуг стільникового зв'язку. Якщо надати можливість отримувати попередні дані по пересуванню абонентів, напрямку руху, то оператор зв'язку, майже, в режимі реального часу зможе конфігурувати роботу мережі, щоб забезпечити надання якісних сервісів в умовах великої кількості запитів.

Завдяки введенню нового способу моніторингу міграції абонентів оператор стільникового зв'язку зможе обслуговувати більшу кількість абонентів, на піку максимально-допустимого навантаження. Це підвищить якісні показники компанії, що, безсумнівно, підніме рейтинг оператора стільникового зв'язку і підвищить абонентську базу. Все перераховане вище

– відмінна платформа для майбутньої роботи в умовах конкуренції в наступних поколіннях стільникового зв'язку.

На даний час в Україні надають голосовий зв'язок і доступ в інтернет такі оператори зв'язку: Kyivstar, Vodafone, Lifecell, 3Mob, інтертелеком та PEOPLEnet. У відсотковому відношенні доля кожного з них на ринку становить 39%, 32%, 15%, 6%, 5% та 3% відповідно.

З метою більшої наочності рівня монополізації ринку застосовуємо методику розрахунку індексу Херфіндаля-Хиршмана:

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

де HHI – індекс Херфіндаля – Хиршмана ($y=x^2$)

$$HHI = 2^2 + 5^2 + 7^2 + 15^2 + 32^2 + 39^2 = 9 + 25 + 36 + 225 + 1024 + 1521 = 2840$$

Розрахувавши індекс Херфіндаля – Хиршмана, можна зробити висновок, що це ринки з дуже високим рівнем монополізації. По кожному випадку злиття, виходу або будь-яким іншим важливим питанням проводиться розгляд за участю представників державних органів влади та антимонопольного комітету для прийняття рішень.

Показник дисперсії часток фірми на ринку, рівний:

$$s^2 = \sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2 / n; \quad (5.2)$$

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

$$s^2 = \frac{(0.02 - \frac{1}{6})^2 + (0.05 - \frac{1}{6})^2 + (0.07 - \frac{1}{6})^2 + (0.15 - \frac{1}{6})^2 + (0.32 - \frac{1}{6})^2 + (0.39 - \frac{1}{6})^2}{6} \cdot 100\% = 2$$

Показник дисперсії характеризує можливу ринкову владу фірм через нерівність їх розмірів. Чим більше величина дисперсії, тим більш

нерівномірним і, отже, більш концентрованим є ринок, тим слабкіша конкуренція і тим сильніша влада великих фірм на ринку.

5.3 Розрахунок витрат на практичну реалізацію проекту

Нововведення в дипломному проекті полягає у створенні програми, за допомогою якої оператор може прогнозувати локальні перевантаження в мережі, тому для його реалізації не знадобиться велика кількість нового обладнання. Застосувавши пропоновані корективи в системі стільникового мобільного зв'язку зросте якість послуг, що надаються і зменшиться кількість відмов в обслуговуванні, що принесе додатковий фінансовий прибуток оператору. Основні витрати підуть на створення, доставку, установку, налаштування і оновлення ліцензійного програмного забезпечення(ПО). Для швидкого та якісного прогнозування міграцій абонентів необхідне ліцензійне програмне забезпечення та потужний персональний комп'ютер з сучасними периферійними пристроями.

Таким чином для кошторису витрат на реалізацію проекту необхідно врахувати амортизацію ПК. За статистикою, середній термін служби персональних комп'ютерів становить 5 років. Амортизація обладнання розраховується за формулою :

$$A_m = \frac{A_{\text{обладнання}}}{T_{\text{експл}}} \quad (5.3)$$

де A_m – амортизація обладнання, грн;

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

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

Моніторинг мережі повинен здійснюватися комплексно Приміщення в якому буде здійснюватися моніторинг мережі, вважається, що надає оператор, тому для даного розрахунку його оренда не враховується.

Дані вартості обладнання та ліцензійного програмного забезпечення подано в таблиці 5.1

Таблиця 5.1 – Витрати на обладнання та ліцензійне ПЗ, грн

Обладнання	Ліцензійне програмне забезпечення	Високопродуктивні персональні комп'ютери
Модель		Acer Aspire C24-865(DQ.BBUME.004)
Кількість	1	3
Ціна за одиницю, грн	100 000	26 477
Доставка, грн (1% від вартості всіх ПК / ПЗ)	1000	794.31
Установка, грн (всіх ПК / ПЗ)	1500	3000
Налаштування, грн (всіх ПК / ПЗ)	3000	3000
Амортизація, грн (всіх ПК)		15886,2
Разом, грн	105 500	102 111.51
Всього, грн		207 611.51

У технічному центрі компанії оператора стільникового зв'язку повинно бути декілька фахівців працювати для роботи з мережею зв'язку і безпосередньо з ПО. Їх завданням буде вміти користуватися програмним

забезпеченням, щоб стежити за подіями переміщеннями абонентів в мережі, реагувати на них, а в разі перевантажень своєчасно запустити необхідний модуль програми, щоб уникнути втрат. Також повинен бути спеціаліст, який зможе контролювати працездатність програми моніторингу і в разі збою вжити необхідних заходів. У теоретичному розрахунку вказується зарплата за 3 місяці, 22% загального фонду складають соціальні відрахування.

Таблиця 5.2 – Заробітна плата співробітників (за 3 місяці)

№ п/п	Посада	Основна заробітна плата (за 1 місяць), грн.	Додаткова оплата (за 1 місяць), грн.
1	Програміст	25 000	5000
2	Системний адміністратор	11 000	2 200
3	Системний адміністратор	11 000	2 200
Фонд оплати праці(Σ за 3 місяці), грн.	169 200		
Соціальні відрахування (22% от Σ)	37 224		
Всього	206 424		

$$Z_{\text{загальна}_\Sigma} = Z_{\text{обладнання/пз}} + \Phi_{\text{от}} \quad (5.4)$$

де $Z_{\text{загальна}_\Sigma}$ —загальна Σ витрат на обладнання і ліцензійне ПЗ, грн;

$Z_{\text{обладнання/пз}}$ —загальна Σ витрат на обладнання і ліцензійне ПЗ, грн;

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

Розрахуємо загальну суму витрат на реалізацію проекту:

$$З_{\text{загальна}_\Sigma} = З_{\text{обладнання/пз}} + \Phi_{\text{оп}} = 207\,611.51 + 206\,424 = 414\,035.51$$

5.4 Оцінка конкурентоспроможності мобільних операторів зв'язку України

Найчисельніші оператори зв'язку в Україні, як вже згадувалося, Kyivstar, Vodafone і Lifecell. Тому проаналізуємо їх конкурентоспроможність окремих груп послуг.

Таблиця 5.3 – Вартісні характеристики операторів зв'язку

№ з/п	Економічні параметри	Kyivstar	Vodafone	Lifecell
1	Вартість дзвінків (грн)	1,6	1	0,8
2	Вартість СМС (грн)	0,5	0,5	0,57
3	Вартість доступу до мережі інтернет	5	5	5

Таблиця 5.4 – Вагові показники якості операторів зв'язку

№ з/п	Технічні параметри	Kyivstar	Vodafone	Lifecell
1	Мережа	5	5	4
2	Якість зв'язку	5	4	3
3	Оперативність дій	5	5	4

1. Конкурентоспроможність товару оцінюють за допомогою інтегрального показника конкурентоспроможності:

$$k_{int} = \frac{I_{ТП}}{I_{ЕП}}, \quad (5.5)$$

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

$I_{ЕП}$ – індекс економічних параметрів (індекс цін).

$$I_{ТП} = \sum_{i=1}^n q_i \cdot v_i, \quad (5.6)$$

де q_i – одиничний показник i -го технічного параметра;

v_i – коефіцієнт вагомості i -го параметра.

$$q_i = \frac{P_{оцін}}{P_{баз}}, \quad (5.7)$$

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

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

$$I_{ЕП} = \frac{Ц_{спож}^{оцін}}{Ц_{спож}^{баз}}, \quad (5.8)$$

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

$$Ц_{спож}^{оцін} = Ц_{продажу} + M, \quad (5.9)$$

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

2. Визначення конкурентоспроможності оператора «Kyivstar» (стосовно оператора-конкурента «Vodafone»):

а) технічні параметри:

$$q_1 = \frac{5}{5} = 1$$

$$q_2 = \frac{5}{4} = 1,25$$

$$q_3 = \frac{5}{5} = 1$$

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

б) економічні параметри:

$$I_{\text{ЕП}} = \frac{1 + 0,5 + 5}{1,6 + 0,5 + 5} = \frac{6,5}{7,1} = 0,915$$

в) інтегральний показник:

$$K_{\text{ІНТ}} = \frac{1,1}{0,915} = 1,2$$

$$1,2 > 1$$

3. Визначення конкурентоспроможності оператора «Kyivstar» (стосовно оператора-конкурента «Lifecell»):

а) технічні параметри:

$$q_1 = \frac{5}{4} = 1,25$$

$$q_2 = \frac{5}{3} = 1,67$$

$$q_3 = \frac{5}{4} = 1,25$$

$$I_{\text{ТП}} = 1,25 \cdot 0,3 + 1,67 \cdot 0,4 + 1,25 \cdot 0,3 = 1,4$$

б) економічні параметри:

$$I_{\text{ЕП}} = \frac{0,8 + 0,57 + 5}{1,6 + 0,5 + 5} = \frac{6,37}{7,1} = 0,9$$

в) інтегральний показник:

$$K_{\text{ІНТ}} = \frac{1,4}{0,9} = 1,56$$

$$1,56 > 1$$

За результатами проведених обчислень, можна зробити висновок, щонайближчим до Kyivstar конкурентом є – Vodafone. Слабкі сторони Kyivstar – вартість дзвінків, а сильні – вартість смс, вартість доступу в інтернет, якість зв'язку, мережа, оперативність дій. По відношенню до Lifecell Kyivstar перевершує за вартістю смс, також має перевагу в параметрах: мережа, якість зв'язку, оперативність дій.

5.5 Бальна оцінка економічної ефективності проекту

Бальна оцінка проводиться за такими важливими показниками:

– важливість розробки K_1 ;

- можливість використання результатів розробки K_2 ;
- теоретична значущість і рівень новизни дослідження K_3 ;
- складність розробки K_4 .

Шкала для оцінки важливості розробки, оцінки можливості використання результатів розробки, оцінки рівня новизни, оцінки складності розробки наведені в таблицях 5.5, 5.6, 5.7, 5.8.

Таблиця 5.5 – Шкала для оцінки важливості розробки K_1

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

Для даної роботи коефіцієнт важливості розробки K_1 дорівнює 5.

Таблиця 5.6 – Шкала оцінки можливості використання результатів розробки K_2

№ з/п	Показник	Бали
1	У 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 5.7– Шкала оцінки теоретичної значимості й рівня новизни дослідження K_3

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

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

Таблиця 5.8 – Шкала оцінки показників складності дослідження K_4

№ з/п	Показник	Бали
1	Робота виконується одним підрозділом, витрати менш 10000 грн.	1
2	Робота виконується одним підрозділом, витрати 10000-50000 грн.	3
3	Робота виконується одним підрозділом, витрати 50000-100000 грн.	5
4	Робота виконується за участю багатьох підрозділів, витрати 100000-500000 грн.	7
5	Робота виконується декількома організаціями, витрати понад 500000 грн.	8

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

Загальна оцінка встановлюється за добутком коефіцієнтів:

$$Пс = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \quad (5.10)$$

де K_1 – коефіцієнт важливості розробки;

K_2 – коефіцієнт можливості використання результатів розробки;

K_3 – коефіцієнт теоретичної значущості і рівня новизни дослідження;

K_4 – коефіцієнт складності розробки.

$$Пс = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 = 5 \cdot 3 \cdot 3 \cdot 7 = 315$$

Питомий ефект на кожний бал 2 000 грн.

Загальний ефект від розробки складає:

$$A_{\text{заг_еф}} = Пс \cdot 2000 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \quad (5.11)$$

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

K_1 – коефіцієнт важливості розробки;

K_2 – коефіцієнт можливості використання результатів розробки;

K_3 – коефіцієнт теоретичної значущості і рівня новизни дослідження;

K_4 – коефіцієнт складності розробки.

$$A_{\text{заг_еф}} = Пс \cdot 2000 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 = 2000 \cdot 5 \cdot 3 \cdot 3 \cdot 7 = 630000 \text{ грн.}$$

Економічна ефективність від реалізації дипломного проекту визначається за допомогою коефіцієнта ефективності, що характеризує частку загального ефекту від розробки, що приходить на одну грн. витрат (собівартості НДР):

$$K_e = \frac{A_{\text{заг_еф}}}{Z_{\text{загальна_}\Sigma}} \quad (5.12)$$

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:

$$K_e = \frac{630000}{414035.51} = 1.5$$

Таким чином, проект має перспективу розвитку і в подальшому може використовуватися з метою поліпшення якості послуг.

Система моніторингу міграцій абонентів є економічно ефективною, впровадивши її, оператор зможе надавати якісні сервіси в умовах великого скупчення людей, а внаслідок цього підвищити свій дохід. Крім цього впровадження моніторингу оптимізує робочий процес і технічне обладнання компанії, що зменшить його знос. Компанія зможе раціональніше задіяти кадровий склад та більш доцільно використовувати обладнання стільникового зв'язку.

На підставі проведених розрахунків, можна зробити висновок, що стільниковий оператор Київстар є найбільш конкурентоспроможним серед розглянутих операторів зв'язку [20].

6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

У дипломному проекті реалізовано прогнозування переміщень мобільних станцій в кластері мережі стільникового зв'язку, яке дозволяє заздалегідь визначати напрямок пересування абонентів з метою зміни конфігурації роботи обладнання для надання операторами якісних сервісів. Реалізація проекту дозволить розвантажити радіоканали мережі зв'язку, що призведе до зменшення кількості відмов в наданні телекомунікаційних послуг.

Важливим етапом в процесі створення системи моніторингу міграції абонентів є дотримання питань з охорони праці, а саме розробка попереджувальних заходів запобігання виробничого травматизму, професійних захворювань, шкідливого впливу на навколишнє середовище, які є специфічними при виконанні службових обов'язків.

Для виконання системним адміністратором трудових обов'язків, офісне приміщення має бути забезпечене необхідним обладнанням:

- комп'ютерна, різноманітна периферійна техніка (системний блок, монітор, клавіатура, оргтехніка, принтер), засоби зв'язку;
- робоче місце персоналу (робочий стіл, комп'ютерне крісло, шафа);
- пристрої, які підтримують комфортні умови праці (зволожувачі повітря для забезпечення оптимальних параметрів мікроклімату в приміщеннях, опалювальні прилади, кондиціонери).

6.1 Аналіз потенційних небезпек

Адміністратори, які працюють в офісах з комп'ютерною технікою, схильні до таких видів потенційних небезпек:

- ураження електричним струмом, у наслідок несправності електрообладнання, невиконання правил техніки безпеки при користуванні електричним обладнанням, що може призвести до електротравм або летального наслідку;
- ураження статичним струмом, що призводить до отримання неприємних відчуттів людиною та до виходу з ладу приладів;
- негативний вплив електромагнітних випромінювань при використанні моніторів персональних комп'ютерів з електронно-променевою трубкою, що призводить до погіршень зору, розладу центральної нервової системи, серцево-судинних захворювань, зниження імунітету;
- кістково-м'язові порушення, у зв'язку з тривалим статичним напруженням м'язів спини, ший, рук і ніг, що призводить до ушкодження опорно-рухового апарату;
- негативні відносини у колективі в наслідок постійних емоційних зривів, які призводять до підвищених емоційних навантажень;
- розумове перенавантаження внаслідок виконання монотонної роботи, що призводить до перевтоми робітників;
- нервово-психічні навантаження внаслідок специфіки виконуваних робіт, котрі призводять до захворювань загального характеру;
- потрапляння в легені і на слизові оболонки пилу через підвищену запиленість повітря робочої зони, що провокує появу алергічних захворювань органів зору та дихання;
- недостатнє освітлення виробничих приміщень і робочих місць, у зв'язку з несправністю, або хибного вибору освітлювальних приладів, що призводить до погіршення зору;
- вірогідність загоряння, у зв'язку із несправністю електричного обладнання, недотримання, або порушення правил протипожежної безпеки обслуговуючим персоналом, що призводить до пожежі;
- неправильні дії персоналу в умовах надзвичайних ситуацій, які призводять до паніки та загибелі людей.

6.2 Заходи по забезпеченню безпеки

Під час проектування систем електропостачання, монтажу силового електрообладнання та електричного освітлення будівель та приміщень для ЕОМ необхідно дотримуватись вимог ПВЕ, ПТЕ, ПБЕ, СН 357-77 «Инструкция по проектированию силового осветительного оборудования промышленных предприятий», затверджених Держбудом, ГОСТ 12.1.006, ГОСТ 12.1.030 «ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление», ГОСТ 12.1.019 «ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты», ГОСТ 12.1.045, ВСН 59-88 Держкомархітектури «Электрооборудование жилых и общественных зданий. Нормы проектирования», Правил пожежної безпеки в Україні, цих Правил, а також розділів СНиП, що стосуються штучного освітлення та електротехнічних пристроїв та вимог нормативно-технічної і експлуатаційної документації заводу-виробника ЕОМ.

Для виключення ураження електричним струмом передбачено:

- організаційні заходи: проведення навчання з правил електробезпеки, перевірка знань та атестація персоналу на кваліфікаційну групу з електробезпеки, згідно НПАОП 0.00-4.12-05 «Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці»;
- технічні заходи: встановлення аварійного резервного вимикачу, який може повністю вимкнути електричне живлення приміщення, окрім освітлення; використовується підключення до мережі пристроїв за допомогою справних штепсельних з'єднань і електророзеток заводського виготовлення; проведено електромережу штепсельних розеток для живлення пристроїв уздовж стін приміщення, по підлозі поряд зі стінами приміщення, в металевих трубах і гнучких металевих рукавах з відводами відповідно до затвердженого плану розміщення обладнання та технічних характеристик обладнання; відповідність усіх пристроїв вимогам чинних в Україні стандартів, нормативних актів з охорони праці, а також пристрої

закордонного виробництва додатково відповідають вимогам національних стандартів держав-виробників і мають відповідну позначку на корпусі, в паспорті або іншій експлуатаційній документації; використання захисного заземлення та занулення згідно «Правил устрою електроустановок» («ПУЕ»).

Для виключення ураження статичним струмом та впливу електромагнітного поля застосовується:

- організаційні заходи: проведення навчання з правил електробезпеки, перевірка знань та атестація персоналу на кваліфікаційну групу з електробезпеки, згідно НПАОП 0.00-4.12-05 «Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці»;
- технічні заходи: екранування джерела стенового харчування, згідно з ГОСТ 12.4.124-83 «Засоби захисту від статичної електрики. Загальні технічні вимоги»; використання покриття технологічних підлог з одношарового полівінілхлоридного антистатичного лінолеуму, для зниження величини виникаючих зарядів статичної електрики в робочому приміщенні; загальне і місцеве періодичне зволоження повітря.

Для запобігання кістково-м'язових порушень у зв'язку з тривалим статичним напруженням м'язів спини, ший, рук і ніг необхідно виконувати фізичні вправи 2-3 рази протягом робочого часу.

Для оптимізації відносин у колективі проводяться тренінги з залучанням психологів на теми: «Адаптація у новому колективі», «Поведінка в суспільстві».

Для виключення розумового перевантаження, яке виникає у процесі виконання монотонної роботи з персональним комп'ютером запровадити план рівномірного розподілу професійного навантаження, а саме часті перерви (через кожні 2-2,5 години) з мікро паузами в роботі (10-15 хвилин), під час яких рекомендується активний відпочинок (спеціально розроблені комплекси виробничої гімнастики).

З метою зниження нервово-емоційного напруження, стомлення зорового аналізатора, поліпшення мозкового кровообігу, подолання

несприятливих наслідків гіподинамії, запобігання втоми, також передбачені перерви у роботі – 15 хвилин кожні дві години, а також спеціально обладнане приміщення – кімната відпочинку.

Загальні заходи з техніки безпеки:

- перед початком роботи перевірка справності усіх приладів на робочому місці, очищення екрана відео терміналу від пилу та інших забруднень;
- після закінчення роботи відключення від електричної мережі усіх приладів, а також у разі виникнення аварійної ситуації негайне відключення усіх приладів від електричної мережі;
- дотримання режиму роботи з ПК та іншими приладами.

6.3 Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці

Для запобігання негативного впливу на людину шкідливих чинників, що супроводжуються при роботі з відеодисплейними терміналами та персональними електронно-обчислювальними машинами, розроблено ряд санітарно-гігієнічних вимог.

Вони забезпечують на робочих місцях нормальні умови повітряного середовища, необхідного освітлення, усунення впливу випромінювань та інших шкідливих виробничих факторів.

Організація робочого місця користувача відеотерміналу та ЕОМ повинна забезпечувати відповідність усіх елементів робочого місця та їх розташування ергономічним вимогам ГОСТ 12.2.032 «ССБТ. Рабочее место при выполнении работ, сидя. Общие эргономические требования», характеру та особливостям трудової діяльності.

Організація робочого місця користувача відеотерміналу та ЕОМ повинна забезпечувати відповідність усіх елементів робочого місця та їх розташування ергономічним вимогам ГОСТ 12.2.032 «ССБТ. Рабочее место

при выполнении работ, сидя. Общие эргономические требования», характеру та особливостям трудової діяльності.

Площа, виділена для одного робочого місця з відеотерміналом або персональною ЕОМ, повинна складати не менше 6 м², а обсяг – не менше 20 м³. Робочі місця з відеотерміналами відносно світлових прорізів повинні розміщуватися так, щоб природне світло падало збоку, переважно зліва.

При розміщенні робочих місць з відеотерміналами та персональними ЕОМ необхідно дотримуватись таких вимог:

- робочі місця з відеотерміналами та персональними ЕОМ розміщуються на відстані не менше 1 м від стін зі світловими прорізами;
- відстань між бічними поверхнями відеотерміналів має бути не меншою за 1,2 м;
- відстань між тильною поверхнею одного відеотермінала та екраном іншого не повинна бути меншою 2,5 м;
- прохід між рядами робочих місць має бути не меншим 1 м.

Конструкція робочого місця користувача відеотермінала (при роботі сидячи) має забезпечувати підтримання оптимальної робочої пози з такими ергономічними характеристиками: ступні ніг – на підлозі або на підставці для ніг; стегна – в горизонтальній площині; передпліччя – вертикально; лікті – під кутом 70-90° до вертикальної площини; зап'ястя зігнуті під кутом не більше 20° відносно горизонтальної площини, нахил голови – 15-20° відносно вертикальної площини.

Висота робочої поверхні столу для відеотермінала має бути в межах 680-800 мм, а ширина – забезпечувати можливість виконання операцій в зоні досяжності моторного поля. Рекомендовані розміри столу: висота – 725 мм, ширина – 600-1400 мм, глибина – 800-1000 мм.

Для зниження статичного напруження м'язів рук необхідно застосовувати стаціонарні або знімні підлокітники довжиною не менше 250

мм, шириною – 50-70 мм, що регулюються по висоті над сидінням у межах 230 ± 30 мм та по відстані між підлокітниками в межах 350-500 мм.

Екран відеотермінала та клавіатура мають розташовуватися на оптимальній відстані від очей користувача, але не ближче 600 мм, з урахуванням розміру алфавітно-цифрових знаків та символів. Відстань від екрана до ока працівника повинна складати:

- при розмірі екрану по діагоналі 35/38 см (14" /15") – 600-700 мм;
- при розмірі екрану по діагоналі 43 см (17") – 700-800 мм;
- при розмірі екрану по діагоналі 48 см (19") – 800-900 мм;
- при розмірі екрану по діагоналі 53 см (21") – 900-1000 мм.

Клавіатуру слід розміщувати на поверхні столу або на спеціальній, регульованій за висотою, робочій поверхні окремо від столу на відстані 100-300 мм від краю, ближчого до працівника. Кут нахилу клавіатури має бути в межах 5-15'.

Розміщення принтера або іншого пристрою введення-виведення інформації на робочому місці має забезпечувати добру видимість екрану відеотермінала, зручність ручного керування пристроєм введення-виведення інформації в зоні досяжності моторного поля: по висоті 900-1300 мм, по глибині 400-500 мм.

При потребі високої концентрації уваги під час виконання робіт з високим рівнем напруженості суміжні робочі місця з відеотерміналами та персональними ЕОМ необхідно відділяти одне від одного перегородками висотою 1,5-2 м.

Приміщення з ЕОМ повинні мати природне і штучне освітлення відповідно до ДБН В.2.5-28-2006 «Природне та штучне освітлення». Природне світло повинно проникати через бічні світло прорізи, зорієнтовані, як правило, на північ чи північний схід, і забезпечувати коефіцієнт природної освітленості (КПО) не нижче 1,5%. Розрахунки КПО проводяться відповідно

до ДБН В.2.5-28-2006. Вікна приміщень з відеотерміналами повинні мати регулювальні пристрої для відкривання, а також жалюзі, штори, зовнішні козирки тощо.

Метеорологічні умови в приміщенні офісу – температура повітря, відносна вологість повітря й швидкість його переміщення відповідають встановленим санітарно-гігієнічним вимогам ДСН 3.3.6.042-99 «Державні санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень» і ГОСТ 12.1.005-88 (1991) «ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны». Роботи в офісному приміщенні, належать до категорії Іб - легка робота, тому передбачені наступні оптимальні значення параметрів мікроклімату:

- у холодний період року: температура 21-23°C; відносна вологість: 40-60%; швидкість переміщення повітря: 0,1 м/с;
- у теплий період року: температура 22-24°C; відносна вологість: 40-60%; швидкість переміщення повітря: 0,2 м/с.

Забезпечення таких параметрів мікроклімату досягається оснащенням приміщень пристроями кондиціонування, вентиляції та дезодорації повітря, системами опалювання.

Необхідний повітрообмін в приміщенні визначається за формулою[21]:

$$L = \frac{Q}{c_{\gamma} \cdot (t - t_{\text{пр}})}, \text{ м}^3 / \text{час} \quad (5.1)$$

- де Q –сумарна кількість теплоти, що утворюється в приміщенні, кДж/год;
 С –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 °C;
 t_{пр} –температура припливного повітря, °C.

Вхідні дані:

$$Q = 7300 \text{ кДж / год};$$

$$t = 31^{\circ}\text{C};$$

$$t_{\text{пр}} = 19^{\circ}\text{C}.$$

Розрахуємо необхідний повітрообмін в приміщенні:

$$L = \frac{Q}{c \cdot \gamma \cdot (t - t_{\text{пр}})} = 503,2 \text{ м}^3 / \text{год}$$

6.4 Заходи з пожежної безпеки

Горінням називається складний фізикохімічний процес взаємодії горючої речовини та окислювача, який супроводжується виділенням тепла та випромінюванням світла. Процес горіння призводить до пожежі. Пожежа – неконтрольоване горіння поза спеціальним вогнищем, що розповсюджується в часі і просторі.

Забезпечення пожежної безпеки є важливою частиною політики будь якої установи. Пожежна безпека регламентується державними стандартами НАПБ А.01.001-2014 «Правила пожежної безпеки в Україні».

При прийомі на роботу з працівниками проводиться інструктаж з техніки пожежної безпеки, періодично здійснюються перевірки приміщень на предмет дотримання норм пожежної безпеки, а також періодично з працівниками проводять навчання, щодо правильності їх дій при пожежі .

Залежно від агрегатного стану й особливостей горіння різних горючих речовин й матеріалів пожежі за ДБН В.1.1.7 2002 «Пожежна безпека об'єктів будівництва» поділяються на відповідні класи та підкласи:

а) клас А – горіння твердих горючих речовин, переважно органічного походження, горіння яких супроводжується тлінням (деревина, текстиль, папір):

А1 – горіння, яке супроводжується тлінням

A2 яке не супроводжується тлінням;

б) клас В – горіння рідких речовин або твердих речовин, які розтоплюються:

B1 які розчинні у воді;

B2 нерозчинні у воді;

в) клас С горіння газоподібних речовин;

г) клас D – горіння металів та їх сплавів:

D1 легкі метали;

D2 лужні і лужноземельні метали;

D3 металомісткі сполуки.

Крім цих чотирьох класів Правилами пожежної безпеки в Україні введено ще один додатковий п'ятий клас (Е) прийнятий для позначення пожеж, пов'язаних з горінням електроустановок:

г) клас Е – пожежі пов'язані з горінням електроустановок.

Відповідно до стандартів безпеки НАПББ.03.002-2007 «Норми визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою» та ДБН В.1.1.7-2002 «Пожежна безпека об'єктів будівництва» приміщення кабінету офісу відноситься до категорії Д, а саме: негорючі рідини і матеріали у холодному стані, а за класами робочих зон з вибухової та пожежної небезпеки – до класу А (пожежі твердих речовин) та класу Е (пожежі, пов'язані з горінням електроустановок).

Основними причинами пожежі можуть бути:

- коротке замикання електропроводки;
- несправність комп'ютерної техніки та іншого електрообладнання.

Для відводу надлишкової теплоти від персонального комп'ютера служать системи вентиляції та кондиціонування повітря. При цьому можливе оплавлення ізоляції сполучних проводів, їх оголення, і, як наслідок, коротке замикання, яке супроводжується іскрінням.

У відділі передбачені заходи як щодо попередження виникнення пожежі, так і щодо успішної евакуації людей та матеріальних цінностей, у випадку її виникнення.

Площа відділу складає 24 м² і згідно рекомендаціям щодо оснащення приміщень переносними вогнегасниками оснащена наступними засобами протипожежної безпеки:

- вуглекислотний вогнегасник ВВК-5 місткістю 5 л;
- система автоматичного спринклерного пожежогасіння;
- пожежна сигналізація комбінованого типу що реагує на зміну температури та дим.

На стіні перед виходом з приміщення відділу є план та схема евакуації внаслідок виникненні пожежі, а також тривожна кнопка виклику пожежної служби [22].

6.5 Заходи по забезпеченню безпеки у надзвичайних ситуаціях

В сучасних умовах існування на земній кулі збільшилось техногенне, природне, екологічне навантаження на людину. І це стає запорукою виживання населення у надзвичайних ситуаціях техногенного та природного характеру. Кожна держава світу має свою систему по захисту населення та територій в екстремальних умовах. Не винятком є і Україна.

На даний час в Україні створена і функціонує єдина Державна система цивільного захисту. Ці системі державою визначені завдання і функції по захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій. Одним із головних завдань, яке визначене в Кодексі цивільного захисту України є навчання населення діям при загрозі та виникненні надзвичайних ситуацій. Визначається, як сукупність організаційних і навчально-методичних заходів щодо підвищення теоретичних і практичних знань для населення, набуття й закріплення практичних навичок, необхідних для збереження життя та

здоров'я людей в умовах надзвичайної ситуації й під час виконання невідкладних робіт у зоні надзвичайної ситуації або в осередку ураження.

Навчання населення діям у надзвичайних ситуаціях здійснюється:

- за місцем роботи – працюючого населення;
- за місцем навчання – дітей дошкільного віку, учнів та студентів;
- за місцем проживання – непрацюючого населення.

Навчання працюючого населення діям у надзвичайних ситуаціях є обов'язковим і здійснюється в робочий час за рахунок коштів роботодавця за програмами підготовки населення діям у надзвичайних ситуаціях, а також під час проведення спеціальних об'єктових навчань і тренувань з питань цивільного захисту.

Навчання учнів, студентів та дітей дошкільного віку діям у надзвичайних ситуаціях та правилам пожежної безпеки є обов'язковим і здійснюється під час навчально-виховного процесу.

Інформаційно-просвітницька робота з питань поведінки в умовах надзвичайних ситуацій організовується місцевими органами виконавчої влади та органами місцевого самоврядування, в тому числі через утворені при них консультаційні пункти, та передбачає:

- інформування населення про методи реагування у разі виникнення надзвичайних ситуацій;
- створення в консультаційних пунктах умов для оволодіння громадянами навичками користування найбільш поширеними засобами захисту і надання першої само та взаємодопомоги.

Навчання непрацюючого населення діям у надзвичайних ситуаціях здійснюється шляхом проведення інформаційно-просвітницької роботи за місцем проживання та самостійного вивчення загальної програми навчання населення діям у надзвичайних ситуаціях та інших інформаційно-довідкових матеріалів з питань цивільного захисту, правил пожежної безпеки у побуті та громадських місцях.

Основна мета охорони праці – це створення здорових і безпечних умов праці. Законодавство про охорону праці складається з Кодексу законів про працю України: закону України «Про охорону праці» та інших нормативних актів. Закон України «Про охорону праці» був прийнятий Верховною Радою України 14 жовтня 1992 року і введений в дію з 24 жовтня 1992 року. Він визначає основні положення щодо реалізації конституційного права громадян на охорону, їх життя і здоров'я в процесі трудової діяльності, регулює за участю відповідних державних органів відносини між власником підприємства, установи і організації або уповноваженим їм органом і працівником з питань безпеки, гігієни праці та виробничого середовища і установлює єдиний порядок організації охорони праці в Україні. З вивчення стану охорони праці на підприємстві можна зробити наступний висновок. Основними причинами травматизму є: недотримання працівниками інструкцій та правил техніки безпеки, невикористання захисних пристроїв, несправність обладнання, інструменту, технічних засобів, недостатня механізація процесу виробництва тощо.

Таким чином, нами детально було розглянуто вимоги, які пред'являє чинне законодавство України до охорони праці офісних співробітників. На сьогоднішній день ми спостерігаємо прикру тенденцію, коли в більшості офісів такі вимоги не виконуються, а інколи взагалі ігноруються.

ВИСНОВОК

В дипломній роботі описані основні характеристики, які впливають на якість обслуговування в інформаційних мережах зв'язку.

Описаний принцип побудови Ad Hoc мереж та обґрунтований вибір використання технології 802.11g між МС-координатором та МС групи.

На основі розглянутих попередніх моделей переміщень запропоновано модель переміщення абонентів в групі з урахуванням відволікаючих орієнтирів на шляху до головної мети.

Здійснений статистичний аналіз, щодо кількості абонентів, які відвідали кожний з обраних атракторів. Розраховані вагові коефіцієнти та на їх основі визначені ступені привабливості кожного з орієнтирів.

Виходячи з аналізу проведених досліджень реалізовані сценарії переміщень МС на шляху до головного атрактору.

Підібрано програмне забезпечення, в якому була виконана імітаційна модель переміщення МС з урахуванням привабливості атракторів та визначенні характеристики якості обслуговування для мережі Ad Hoc, а саме: завантаження, затримка, пропускна здатність та кількість втрачених пакетів. Розглянуті механізми доступу до середовища передачі: PCF та DCF. В якості симулятора для комп'ютерного моделювання був обраний програмний пакет – Opnet Modeler 14.5 (вибір проводився серед програм Cisco Packet Tracer, Any Logic і, відповідно, Opnet Modeler).

Використана модель бібліотеки атракторів та отримані результати в подальшому дозволять досліджувати тонкощі роботи мережі в місцях великого скупчення людей.

Була вивчена характеристика сучасного ринку стільникового зв'язку України, оцінена важливість мобільного зв'язку на сьогоднішній день, проаналізовано конкурентоспроможність мобільних операторів зв'язку. Проведено розрахунки заробітної плати, преміальних виплат. Обґрунтовано

вибір кількості співробітників, необхідних для обслуговування офісу, де буде проводитися моніторинг. Підрахована сума витрат на обладнання, ліцензійне ПЗ. Проведено розрахунок бальної ефективності проекту. Зроблені відповідно висновки.

Проведено дослідження потенційних небезпек, що можуть загрожувати співробітникам, які будуть здійснювати моніторинг. Описані правила щодо забезпечення техніки безпеки з виробничої санітарії і гігієни праці, пожежної безпеки, яких повинні дотримуватися увесь персонал офісу оператора стільникового зв'язку, що використовує моніторинг. Для цього ж офісу розрахований необхідний повітрообмін в приміщенні. Так само були розібрані дії з забезпечення безпеки в надзвичайних ситуаціях.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Пат. 81170 Україна МПК2013 Н04W 48/00 Н04W 72/00 Спосіб підвищення точності прогнозу локального перевантаження в стільниковій мережі рухомого зв'язку: Пат. 81170 Україна МПК2013 Н04W 48/00 Н04W 72/00 / І.М. Сметанін, Р.І. Сметанін, Д.М. Піза, В.О. Костенко, заявник Запорізький національний технічний університет. – № u201214522; подан. 18.12.12; опубл. 25.06.2013; – 3с.
2. Винокуров В.М., Пуговкин А.В., Пшенников А.А., Ушарова Д.Н., Филатов А.С. Маршрутизация в беспроводных мобильных Ad hoc-сетях, // Доклады ТУСУРа, 2010, № 2 (22), часть 1, С. 288-292
3. Ribeiro A.G. A Survey on Mobility Models for Wireless Networks// A.G. Ribeiro, R. Sofia SITI Technical Report. – 2011. – № 1. – P.1 – 14
4. Щучкин В.М. Имитационное моделирование межсотовых перемещений и отслеживание локальных перегрузок в системах связи с подвижными объектами [Електронний ресурс] Режим доступу: <https://cyberleninka.ru/article/n/imitatsionnoe-modelirovanie-mezhsotovyyh-peremescheniy-i-otslezhivanie-lokalnyh-peregruzok-v-sistemah-svyazi-s-podvizhnyimi-obektami>
5. Johansson P. Scenario-based performance analysis of routing protocols for mobile ad-hoc networks // P. Johansson, T. Larsson, N. Hedman, B. Mielczarek, M. Degermark International Conference on Mobile Computing and Networking (MobiCom'99), Seattle, 1999. – P. 195-206
6. Ribeiro A.G. A Survey on Mobility Models for Wireless Networks // A.G. Ribeiro, R. Sofia SITI Technical Report. – 2011. – №11 – P. 1 – 14
7. Jardosh A. Towards Realistic Mobility Models for Mobile Ad hoc Networks // A. Jardosh, E.M. Belding-Royer, K.C. Almeroth, S.Suri Proceedings of Ninth Annual International Conference on Mobile Computing and Networking (MobiCom 2003), San Diego, September 2003. – P.217-229

8. Bai F., Helmy A. A survey of mobility models in Wireless Adhoc Networks: [Електронний ресурс] – Режим доступу:
<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/>
9. Ribeiro, A.G. Improving mobile networks based on social mobility modeling / A.G. Ribeiro, R.C. Sofia, A. Zuquete // ICNP 2011: of the 19th annual IEEE International Conference on Network Protocols, 17–20 October, 2011: proceedings. – Vancouver, BC, Canada, 2011. – P. 289-291.
10. Сметанин, И.Н. Мониторинг миграции абонентов в кластере фрагмента сотовой сети / И.Н. Сметанин М.В. Захарова, // Тиждень науки – 2016: Щоріч. наук.-практ. конф. викладачів, науковців, молодих учених, аспірантів, студентів ЗНТУ, 18–22 квітня 2017 р., м. Запоріжжя: зб. тез доп. / відп. ред. Ю.М. Внуков – Запоріжжя: ЗНТУ, 2016. – С. 264-265.
11. Зона покрытия беспроводной локальной сети 802.11 [Електронний ресурс] – Режим доступу:
<https://studfiles.net/preview/1466100/page:4/>
12. Сметанін, І. М. Вплив аттракторів на реалістичність моделей переміщення абонентів мобільного зв'язку [Текст] / І. М. Сметанін, М. В. Захарова // Тиждень науки – 2016 : Щоріч. наук.-практ. конф. викладачів, науковців, молодих учених, аспірантів, студентів ЗНТУ, 18–22 квітня 2016 р., м. Запоріжжя : зб. тез доп. в 4 т. / відп. ред. Ю. М. Внуков – Запоріжжя : ЗНТУ, 2016. – Т. 1 . – С.264–265.
13. Инфокоммуникационные системы и сети. Вычислительные системы [Електронний ресурс] – Режим доступу:
<http://de.donstu.ru/CDOCourses/4441a062-ddb0-43a5-b700-4572f341344f/2815/2597.pdf>
14. Имитационное моделирование систем в среде Any Logic: учебное методическое пособие / М.В. Киселёва – Екатеринбург: УГТУ – УПИ, 2009. – 88 с.

15. The Practical OPNET User Guide for Computer Network Simulation [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://books.google.com.ua/books?id=3E3wqbSoHQQC&printsec=frontcover&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false

16. Getting Started with IT Guru Academic Edition X [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://sandilands.info/sgordon/teaching/resources/itguru.html>

17. Тарасов В.Н. Проектирование и моделирование сетей ЭВМ в системе OPNET Modeler Лабораторный практикум [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://docplayer.ru/26751856-Proektirovanie-i-modelirovanie-setey-evm-v-sisteme-opnet-modeler-laboratornyy-praktikum.html>

18. Рейтинговый обзор и исследование рынка мобильной связи Украины 2015–2016 / Expert & Consulting [Електронний ресурс] – Режим доступу : http://www.encint.com/tag/mts_mts

19. Методы увеличения емкости сети сотовой связи [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://studfiles.net/preview/4087310/page:5/>

20. Бобровникова Р.Г. Методичні вказівки до виконання економічного розділу дипломних та магістерських проектів для студентів спеціальності 7.05090301, 8.05090301 «Інформаційні мережі зв'язку» всіх форм навчання. / Р.Г. Бобровникова, В.В Круглікова – Запоріжжя: ЗНТУ, 2012 – 18 с.

21. Скуйбіда О.Л. Методичні вказівки до практичної роботи «Визначення повітрообміну у виробничих та адміністративних приміщеннях» з дисципліни «Охорона праці в галузі» для студентів всіх форм навчання / О.Л. Скуйбіда – Запоріжжя: ЗНТУ, 2011. – 18 с.

22. Коробко О.В. Методичні вказівки до виконання розділу «Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях» у дипломних проектах (роботах) студентів спеціальностей 7(8).05090101 «Радіотехніка», 7(8).05090301 «Інформаційні мережі зв'язку», 7(8).05080101 «Мікро- та наноелектронні прилади і пристрої», 7.18010010 «Якість, стандартизація та

сертифікація», 7(8).05090201 «Радіоелектронні апарати та засоби», 7(8).05090203 «Інтелектуальні технології мікросистемної радіоелектронної техніки», 7(8).17010201 «Системи технічного захисту інформації, автоматизація її обробки», 7(8).17010101 «Безпека інформаційних і комунікаційних систем» усіх форм навчання / О.В. Коробко, А.Є. Островська – Запоріжжя: ЗНТУ, 2014. – 22 с.

Додаток А

Edit Trajectory Information

Trajectory name: VA_Trajectory_2_1

	X Pos (m)	Y Pos (m)	Distance (m)	Altitude (m)	Traverse Time	Ground Speed	Wait Time	Accum Time	Pitch (degrees)	Yaw (degrees)	Roll (degrees)
1	0.000000	0.000000	n/a	0.000000	n/a	n/a	00.00s	00.00s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
2	788.494837	-2.069840	788.497551	0.000000	15m46.20s	2.999991	00.00s	15m46.20s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified

☒ Coordinates are relative to object's position

Ground speed in: km/hr
 Distance in: meters
 Altitude in: meters

Insert Delete Redefine... OK Cancel

Рисунок А.1 – Інформація про створену траєкторію «VA_Trajectory_2_1»

Edit Trajectory Information

Trajectory name: VA_Trajectory_2_2

	X Pos (m)	Y Pos (m)	Distance (m)	Altitude (m)	Traverse Time	Ground Speed	Wait Time	Accum Time	Pitch (degrees)	Yaw (degrees)	Roll (degrees)
1	0.000000	0.000000	n/a	0.000000	n/a	n/a	00.00s	00.00s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
2	788.360877	-2.944231	788.366371	0.000000	19m42.55s	2.399999	00.00s	19m42.55s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified

☒ Coordinates are relative to object's position

Ground speed in: km/hr
 Distance in: meters
 Altitude in: meters

Insert Delete Redefine... OK Cancel

Рисунок А.2 – Інформація про створену траєкторію «VA_Trajectory_2_2»

Edit Trajectory Information

Trajectory name: VA_Trajectory_2_3

	X Pos (m)	Y Pos (m)	Distance (m)	Altitude (m)	Traverse Time	Ground Speed	Wait Time	Accum Time	Pitch (degrees)	Yaw (degrees)	Roll (degrees)
1	0.000000	0.000000	n/a	0.000000	n/a	n/a	00.00s	00.00s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
2	787.574007	-2.202460	787.577080	0.000000	27m47.81s	1.700000	00.00s	27m47.81s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified

☒ Coordinates are relative to object's position

Ground speed in: km/hr
 Distance in: meters
 Altitude in: meters

Insert Delete Redefine... OK Cancel

Рисунок А.3 – Інформація про створену траєкторію «VA_Trajectory_2_3»

✚ Edit Trajectory Information

Trajectory name: VA_Trajectory_2_4

	X Pos (m)	Y Pos (m)	Distance (m)	Altitude (m)	Traverse Time	Ground Speed	Wait Time	Accum Time	Pitch (degrees)	Yaw (degrees)	Roll (degrees)
1	0.000000	0.000000	n/a	0.000000	n/a	n/a	00.00s	00.00s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
2	788.560122	-2.001896	788.562658	0.000000	14m47.13s	3.200011	00.00s	14m47.13s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified

☒ Coordinates are relative to object's position

Ground speed in: km/hr
Distance in: meters
Altitude in: meters

Insert Delete Redefine... OK Cancel

Рисунок А.4 – Інформація про створену траєкторію «VA_Trajectory_2_4»

✚ Edit Trajectory Information

Trajectory name: VA_Trajectory_2_5

	X Pos (m)	Y Pos (m)	Distance (m)	Altitude (m)	Traverse Time	Ground Speed	Wait Time	Accum Time	Pitch (degrees)	Yaw (degrees)	Roll (degrees)
1	0.000000	0.000000	n/a	0.000000	n/a	n/a	00.00s	00.00s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
2	788.517909	-2.860768	788.523097	0.000000	43m00.62s	1.100000	00.00s	43m00.62s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified

☒ Coordinates are relative to object's position

Ground speed in: km/hr
Distance in: meters
Altitude in: meters

Insert Delete Redefine... OK Cancel

Рисунок А.5 – Інформація про створену траєкторію «VA_Trajectory_2_5»

✚ Edit Trajectory Information

Trajectory name: VA_Trajectory_2_6

	X Pos (m)	Y Pos (m)	Distance (m)	Altitude (m)	Traverse Time	Ground Speed	Wait Time	Accum Time	Pitch (degrees)	Yaw (degrees)	Roll (degrees)
1	0.000000	0.000000	n/a	0.000000	n/a	n/a	00.00s	00.00s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
2	787.815437	-2.552182	787.819577	0.000000	16m52.91s	2.800002	00.00s	16m52.91s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified

☒ Coordinates are relative to object's position

Ground speed in: km/hr
Distance in: meters
Altitude in: meters

Insert Delete Redefine... OK Cancel

Рисунок А.6 – Інформація про створену траєкторію «VA_Trajectory_2_6»

Додаток Б

Edit Trajectory Information

Trajectory name: VA_Trajectory_3_1

	X Pos (m)	Y Pos (m)	Distance (m)	Altitude (m)	Traverse Time	Ground Speed	Wait Time	Accum Time	Pitch (degrees)	Yaw (degrees)	Roll (degrees)
1	0.000000	0.000000	n/a	0.000000	n/a	n/a	00.00s	00.00s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
2	427.490348	-0.998726	427.491499	0.000000	10m41.24s	2.399990	00.00s	10m41.24s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
3	488.059375	93.342015	112.110517	0.000000	2m02.30s	3.300064	1m14.00s	13m57.54s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
4	548.769240	-2.515666	113.465319	0.000000	3m46.93s	1.800005	00.00s	17m44.47s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
5	787.800211	-2.465786	239.030991	0.000000	7m10.26s	1.999980	00.00s	24m54.73s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified

☒ Coordinates are relative to object's position

Ground speed in: km/hr
Distance in: meters
Altitude in: meters

Insert Delete Redefine... OK Cancel

Рисунок Б.1 – Інформація про створену траєкторію «VA_Trajectory_3_1»

Edit Trajectory Information

Trajectory name: VA_Trajectory_3_2

	X Pos (m)	Y Pos (m)	Distance (m)	Altitude (m)	Traverse Time	Ground Speed	Wait Time	Accum Time	Pitch (degrees)	Yaw (degrees)	Roll (degrees)
1	0.000000	0.000000	n/a	0.000000	n/a	n/a	00.00s	00.00s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
2	426.907438	3.544727	426.922140	0.000000	18m17.80s	1.400000	00.00s	18m17.80s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
3	485.719889	92.053288	106.266890	0.000000	2m53.89s	2.200016	28.00s	21m39.69s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
4	547.869872	-1.705164	112.486719	0.000000	2m10.63s	3.099994	00.00s	23m50.32s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
5	787.995912	-2.407280	240.127044	0.000000	9m36.30s	1.500013	00.00s	33m26.62s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified

☒ Coordinates are relative to object's position

Ground speed in: km/hr
Distance in: meters
Altitude in: meters

Insert Delete Redefine... OK Cancel

Рисунок Б.2 – Інформація про створену траєкторію «VA_Trajectory_3_2»

Edit Trajectory Information

Trajectory name: VA_Trajectory_3_3

	X Pos (m)	Y Pos (m)	Distance (m)	Altitude (m)	Traverse Time	Ground Speed	Wait Time	Accum Time	Pitch (degrees)	Yaw (degrees)	Roll (degrees)
1	0.000000	0.000000	n/a	0.000000	n/a	n/a	00.00s	00.00s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
2	426.967167	-1.096646	426.968570	0.000000	8m15.83s	3.100028	00.00s	8m15.83s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
3	484.846035	95.108742	112.273998	0.000000	6m44.19s	0.999991	59.00s	15m59.02s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
4	548.516426	-1.130374	115.394495	0.000000	3m27.71s	2.000001	00.00s	19m26.73s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
5	787.647157	-2.773481	239.136401	0.000000	6m31.31s	2.200023	00.00s	25m58.04s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified

☒ Coordinates are relative to object's position

Ground speed in: km/hr
Distance in: meters
Altitude in: meters

Insert Delete Redefine... OK Cancel

Рисунок Б.3 – Інформація про створену траєкторію «VA_Trajectory_3_3»

✚ Edit Trajectory Information

Trajectory name: VA_Trajectory_3_4

	X Pos (m)	Y Pos (m)	Distance (m)	Altitude (m)	Traverse Time	Ground Speed	Wait Time	Accum Time	Pitch (degrees)	Yaw (degrees)	Roll (degrees)
1	0.000000	0.000000	n/a	0.000000	n/a	n/a	00.00s	00.00s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
2	426.628459	-0.629278	426.628914	0.000000	21m19.89s	1.199997	00.00s	21m19.89s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
3	487.544993	93.426881	112.059826	0.000000	2m02.25s	3.299921	1m37.00s	24m59.14s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
4	549.248937	-1.081692	112.868349	0.000000	5m12.56s	1.299994	00.00s	30m11.70s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
5	788.058623	-2.229706	238.812466	0.000000	7m32.49s	1.899986	00.00s	37m44.19s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified

☒ Coordinates are relative to object's position

Ground speed in: km/hr
Distance in: meters
Altitude in: meters

Insert Delete Redefine... OK Cancel

Рисунок Б.4 – Інформація про створену траєкторію «VA_Trajectory_3_4»

✚ Edit Trajectory Information

Trajectory name: VA_Trajectory_3_5

	X Pos (m)	Y Pos (m)	Distance (m)	Altitude (m)	Traverse Time	Ground Speed	Wait Time	Accum Time	Pitch (degrees)	Yaw (degrees)	Roll (degrees)
1	0.000000	0.000000	n/a	0.000000	n/a	n/a	00.00s	00.00s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
2	424.628459	-0.619278	424.628883	0.000000	21m13.89s	1.200000	00.00s	21m13.89s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
3	489.544993	93.456881	114.300058	0.000000	2m26.96s	2.800000	1m11.00s	24m51.84s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
4	550.248937	-1.101692	112.366884	0.000000	3m12.63s	2.100000	00.00s	28m04.47s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
5	786.058620	-2.239706	235.812424	0.000000	10m53.02s	1.300000	00.00s	38m57.49s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified

☒ Coordinates are relative to object's position

Ground speed in: km/hr
Distance in: meters
Altitude in: meters

Insert Delete Redefine... OK Cancel

Рисунок Б.5 – Інформація про створену траєкторію «VA_Trajectory_3_5»

✚ Edit Trajectory Information

Trajectory name: VA_Trajectory_3_6

	X Pos (m)	Y Pos (m)	Distance (m)	Altitude (m)	Traverse Time	Ground Speed	Wait Time	Accum Time	Pitch (degrees)	Yaw (degrees)	Roll (degrees)
1	0.000000	0.000000	n/a	0.000000	n/a	n/a	00.00s	00.00s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
2	427.490348	-0.998726	427.491499	0.000000	10m41.24s	2.399990	00.00s	10m41.24s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
3	488.059375	93.342015	112.110517	0.000000	2m02.30s	3.300064	45.00s	13m28.54s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
4	548.769240	-2.515666	113.465319	0.000000	3m46.93s	1.800005	00.00s	17m15.47s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
5	787.800211	-2.465786	239.030991	0.000000	7m10.26s	1.999980	00.00s	24m25.73s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified

☒ Coordinates are relative to object's position

Ground speed in: km/hr
Distance in: meters
Altitude in: meters

Insert Delete Redefine... OK Cancel

Рисунок Б.6 – Інформація про створену траєкторію «VA_Trajectory_3_6»

Додаток В

Edit Trajectory Information ⌵

Trajectory name: VA_Trajectory_4_1

	X Pos (m)	Y Pos (m)	Distance (m)	Altitude (m)	Traverse Time	Ground Speed	Wait Time	Accum Time	Pitch (degrees)	Yaw (degrees)	Roll (degrees)
1	0.000000	0.000000	n/a	0.000000	n/a	n/a	00.00s	00.00s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
2	425.202559	-0.609931	425.203001	0.000000	9m26.94s	2.699987	00.00s	9m26.94s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
3	485.638087	93.899691	112.180793	0.000000	2m29.57s	2.700079	5m22.00s	17m18.51s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
4	550.348814	-1.891817	115.600535	0.000000	2m18.72s	3.000014	00.00s	19m37.23s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
5	787.102909	-3.270853	236.758111	0.000000	4m53.91s	2.899967	00.00s	24m31.14s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified

☒ Coordinates are relative to object's position

Ground speed in: km/hr

Distance in: meters

Altitude in: meters

Insert Delete Redefine... OK Cancel

Рисунок В.1 – Інформація про створену траєкторію «VA_Trajectory_4_1»

Edit Trajectory Information ⌵

Trajectory name: VA_Trajectory_4_2

	X Pos (m)	Y Pos (m)	Distance (m)	Altitude (m)	Traverse Time	Ground Speed	Wait Time	Accum Time	Pitch (degrees)	Yaw (degrees)	Roll (degrees)
1	0.000000	0.000000	n/a	0.000000	n/a	n/a	00.00s	00.00s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
2	424.960070	-0.764242	424.960753	0.000000	14m09.92s	1.800003	00.00s	14m09.92s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
3	487.159675	91.962265	111.655735	0.000000	2m54.77s	2.299941	9m29.00s	26m33.63s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
4	551.579296	-0.909591	113.026898	0.000000	2m11.26s	3.099930	00.00s	28m44.95s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
5	787.683865	-2.173492	236.107958	0.000000	8m51.24s	1.600009	00.00s	37m36.19s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified

☒ Coordinates are relative to object's position

Ground speed in: km/hr

Distance in: meters

Altitude in: meters

Insert Delete Redefine... OK Cancel

Рисунок В.2 – Інформація про створену траєкторію «VA_Trajectory_4_2»

Edit Trajectory Information ⌵

Trajectory name: VA_Trajectory_4_3

	X Pos (m)	Y Pos (m)	Distance (m)	Altitude (m)	Traverse Time	Ground Speed	Wait Time	Accum Time	Pitch (degrees)	Yaw (degrees)	Roll (degrees)
1	0.000000	0.000000	n/a	0.000000	n/a	n/a	00.00s	00.00s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
2	424.653312	-0.690209	424.653867	0.000000	8m13.15s	3.099978	00.00s	8m13.15s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
3	488.481449	95.142522	115.143182	0.000000	4m56.08s	1.400012	7m01.00s	20m10.23s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
4	553.461154	-0.983621	116.028414	0.000000	2m13.88s	3.119975	00.00s	22m24.11s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
5	787.902144	-2.382784	234.445148	0.000000	5m51.67s	2.399984	00.00s	28m15.78s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified

☒ Coordinates are relative to object's position

Ground speed in: km/hr

Distance in: meters

Altitude in: meters

Insert Delete Redefine... OK Cancel

Рисунок В.3 – Інформація про створену траєкторію «VA_Trajectory_4_3»

Edit Trajectory Information

Trajectory name: VA_Trajectory_4_4

	X Pos (m)	Y Pos (m)	Distance (m)	Altitude (m)	Traverse Time	Ground Speed	Wait Time	Accum Time	Pitch (degrees)	Yaw (degrees)	Roll (degrees)
1	0.000000	0.000000	n/a	0.000000	n/a	n/a	00.00s	00.00s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
2	425.005423	0.050101	425.005420	0.000000	9m06.44s	2.799977	00.00s	9m06.44s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
3	486.748586	94.813280	113.102955	0.000000	7m32.41s	0.900004	9m34.00s	26m12.85s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
4	551.634073	-0.802161	115.552744	0.000000	2m18.66s	3.000071	00.00s	28m31.51s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
5	787.842584	-2.492789	236.214519	0.000000	6m44.94s	2.099996	00.00s	35m16.45s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified

☒ Coordinates are relative to object's position

Ground speed in: km/hr
Distance in: meters
Altitude in: meters

Insert Delete Redefine... OK Cancel

Рисунок В.4 – Інформація про створену траєкторію «VA_Trajectory_4_4»

Edit Trajectory Information

Trajectory name: VA_Trajectory_4_5

	X Pos (m)	Y Pos (m)	Distance (m)	Altitude (m)	Traverse Time	Ground Speed	Wait Time	Accum Time	Pitch (degrees)	Yaw (degrees)	Roll (degrees)
1	0.000000	0.000000	n/a	0.000000	n/a	n/a	00.00s	00.00s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
2	425.125084	-0.760268	425.125773	0.000000	19m37.27s	1.300002	00.00s	19m37.27s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
3	485.612841	94.759216	113.060818	0.000000	2m07.19s	3.200086	8m44.00s	30m28.46s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
4	551.107282	-1.923054	116.777491	0.000000	4m07.29s	1.700024	00.00s	34m35.75s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
5	786.887269	-2.754729	235.781452	0.000000	6m25.82s	2.200024	00.00s	41m01.57s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified

☒ Coordinates are relative to object's position

Ground speed in: km/hr
Distance in: meters
Altitude in: meters

Insert Delete Redefine... OK Cancel

Рисунок В.5 – Інформація про створену траєкторію «VA_Trajectory_4_5»

Edit Trajectory Information

Trajectory name: VA_Trajectory_4_6

	X Pos (m)	Y Pos (m)	Distance (m)	Altitude (m)	Traverse Time	Ground Speed	Wait Time	Accum Time	Pitch (degrees)	Yaw (degrees)	Roll (degrees)
1	0.000000	0.000000	n/a	0.000000	n/a	n/a	00.00s	00.00s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
2	426.105642	0.108218	426.105657	0.000000	8m50.79s	2.889995	00.00s	8m50.79s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
3	486.758788	93.112034	111.033785	0.000000	2m46.55s	2.400010	13m04.00s	24m41.34s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
4	554.382433	0.108218	114.989750	0.000000	5m18.42s	1.300054	00.00s	29m59.76s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
5	787.681299	-2.195429	233.310210	0.000000	5m49.96s	2.400036	00.00s	35m49.72s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified

☒ Coordinates are relative to object's position

Ground speed in: km/hr
Distance in: meters
Altitude in: meters

Insert Delete Redefine... OK Cancel

Рисунок В.6 – Інформація про створену траєкторію «VA_Trajectory_4_6»

Додаток Г

✚ Edit Trajectory Information

Trajectory name: VA_Trajectory_5_1

	X Pos (m)	Y Pos (m)	Distance (m)	Altitude (m)	Traverse Time	Ground Speed	Wait Time	Accum Time	Pitch (degrees)	Yaw (degrees)	Roll (degrees)
1	0.000000	0.000000	n/a	0.000000	n/a	n/a	00.00s	00.00s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
2	425.184183	-0.134398	425.184210	0.000000	9m48.72s	2.599985	00.00s	9m48.72s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
3	486.758788	95.874416	114.057541	0.000000	3m36.11s	1.899991	57.00s	14m21.83s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
4	552.914789	-0.524328	116.915984	0.000000	2m20.30s	2.999982	00.00s	16m42.13s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
5	787.601278	-2.068250	234.691585	0.000000	7m02.44s	2.000023	00.00s	23m44.57s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified

☒ Coordinates are relative to object's position

Ground speed in: km/hr
Distance in: meters
Altitude in: meters

Insert Delete Redefine... OK Cancel

Рисунок Г.1 – Інформація про створену траєкторію «VA_Trajectory_5_1»

✚ Edit Trajectory Information

Trajectory name: VA_Trajectory_5_2

	X Pos (m)	Y Pos (m)	Distance (m)	Altitude (m)	Traverse Time	Ground Speed	Wait Time	Accum Time	Pitch (degrees)	Yaw (degrees)	Roll (degrees)
1	0.000000	0.000000	n/a	0.000000	n/a	n/a	00.00s	00.00s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
2	425.581927	-0.384874	425.582097	0.000000	7m58.78s	3.199999	00.00s	7m58.78s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
3	489.583661	-94.300114	113.649902	0.000000	4m52.24s	1.400012	1m31.00s	14m22.02s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
4	554.212024	-0.261471	114.105642	0.000000	6m03.52s	1.130007	00.00s	20m25.54s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
5	787.855953	-2.635174	233.656000	0.000000	4m31.34s	3.100028	00.00s	24m56.88s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified

☒ Coordinates are relative to object's position

Ground speed in: km/hr
Distance in: meters
Altitude in: meters

Insert Delete Redefine... OK Cancel

Рисунок Г.2 – Інформація про створену траєкторію «VA_Trajectory_5_2»

✚ Edit Trajectory Information

Trajectory name: VA_Trajectory_5_3

	X Pos (m)	Y Pos (m)	Distance (m)	Altitude (m)	Traverse Time	Ground Speed	Wait Time	Accum Time	Pitch (degrees)	Yaw (degrees)	Roll (degrees)
1	0.000000	0.000000	n/a	0.000000	n/a	n/a	00.00s	00.00s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
2	425.206452	-0.220619	425.206517	0.000000	23m11.58s	1.100004	00.00s	23m11.58s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
3	484.929604	92.242455	110.073903	0.000000	2m03.83s	3.200081	1m35.00s	26m50.41s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
4	551.093996	-1.355954	114.622828	0.000000	2m17.55s	2.999943	00.00s	29m07.96s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
5	787.994797	-2.001460	236.901673	0.000000	7m06.42s	2.000014	00.00s	36m14.38s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified

☒ Coordinates are relative to object's position

Ground speed in: km/hr
Distance in: meters
Altitude in: meters

Insert Delete Redefine... OK Cancel

Рисунок Г.3 – Інформація про створену траєкторію «VA_Trajectory_5_3»

Edit Trajectory Information

Trajectory name: VA_Trajectory_5_4

	X Pos (m)	Y Pos (m)	Distance (m)	Altitude (m)	Traverse Time	Ground Speed	Wait Time	Accum Time	Pitch (degrees)	Yaw (degrees)	Roll (degrees)
1	0.000000	0.000000	n/a	0.000000	n/a	n/a	00.00s	00.00s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
2	425.923456	-0.389331	425.923627	0.000000	10m13.33s	2.500000	00.00s	10m13.33s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
3	488.296658	-95.205636	113.492502	0.000000	2m20.89s	2.899943	47.00s	13m21.22s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
4	553.479221	-0.290676	115.141691	0.000000	2m09.53s	3.200109	00.00s	15m30.75s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
5	787.741845	-0.959423	234.263568	0.000000	6m41.58s	2.100077	00.00s	22m12.33s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified

☒ Coordinates are relative to object's position

Ground speed in: km/hr
Distance in: meters
Altitude in: meters

Insert Delete Redefine... OK Cancel

Рисунок Г.4 – Інформація про створену траєкторію «VA_Trajectory_5_4»

Edit Trajectory Information

Trajectory name: VA_Trajectory_5_5

	X Pos (m)	Y Pos (m)	Distance (m)	Altitude (m)	Traverse Time	Ground Speed	Wait Time	Accum Time	Pitch (degrees)	Yaw (degrees)	Roll (degrees)
1	0.000000	0.000000	n/a	0.000000	n/a	n/a	00.00s	00.00s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
2	426.569302	-0.796892	426.570039	0.000000	31m59.57s	0.799998	00.00s	31m59.57s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
3	485.813184	93.064001	110.994078	0.000000	3m01.63s	2.199960	1m51.00s	36m52.20s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
4	550.250847	-1.014988	114.030967	0.000000	2m32.04s	2.700023	00.00s	39m24.24s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
5	787.289141	-2.633917	237.043796	0.000000	7m06.68s	1.999995	00.00s	46m30.92s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified

☒ Coordinates are relative to object's position

Ground speed in: km/hr
Distance in: meters
Altitude in: meters

Insert Delete Redefine... OK Cancel

Рисунок Г.5 – Інформація про створену траєкторію «VA_Trajectory_5_5»

Edit Trajectory Information

Trajectory name: VA_Trajectory_5_6

	X Pos (m)	Y Pos (m)	Distance (m)	Altitude (m)	Traverse Time	Ground Speed	Wait Time	Accum Time	Pitch (degrees)	Yaw (degrees)	Roll (degrees)
1	0.000000	0.000000	n/a	0.000000	n/a	n/a	00.00s	00.00s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
2	423.841703	0.014062	423.841699	0.000000	14m57.55s	1.699995	00.00s	14m57.55s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
3	486.796332	-92.942937	112.268809	0.000000	2m24.35s	2.799915	17.00s	17m38.90s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
4	486.796332	93.227611	186.170625	0.000000	2m19.63s	4.799930	1m28.00s	21m26.53s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
5	550.949697	-1.744526	114.609666	0.000000	2m45.04s	2.499968	00.00s	24m11.57s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
6	787.866501	-1.998599	236.916944	0.000000	4m55.12s	2.890014	00.00s	29m06.69s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified

☒ Coordinates are relative to object's position

Ground speed in: km/hr
Distance in: meters
Altitude in: meters

Insert Delete Redefine... OK Cancel

Рисунок Г.6 – Інформація про створену траєкторію «VA_Trajectory_5_6»

Додаток Г

✚ Edit Trajectory Information Σ

Trajectory name: VA_Trajectory_6_1

	X Pos (m)	Y Pos (m)	Distance (m)	Altitude (m)	Traverse Time	Ground Speed	Wait Time	Accum Time	Pitch (degrees)	Yaw (degrees)	Roll (degrees)
1	0.000000	0.000000	n/a	0.000000	n/a	n/a	00.00s	00.00s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
2	425.742416	-0.292005	425.742516	0.000000	11m00.63s	2.320017	00.00s	11m00.63s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
3	486.040448	94.564496	112.399276	0.000000	3m58.02s	1.700014	7m49.00s	22m47.65s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
4	551.766865	-0.373662	115.469500	0.000000	3m50.94s	1.799992	00.00s	26m38.59s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
5	787.516405	-2.422176	235.758427	0.000000	5m39.49s	2.500016	00.00s	32m18.08s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified

☒ Coordinates are relative to object's position

Ground speed in: km/hr
Distance in: meters
Altitude in: meters

Insert Delete Redefine... OK Cancel

Рисунок Г.1 – Інформація про створену траєкторію «VA_Trajectory_6_1»

✚ Edit Trajectory Information Σ

Trajectory name: VA_Trajectory_6_2

	X Pos (m)	Y Pos (m)	Distance (m)	Altitude (m)	Traverse Time	Ground Speed	Wait Time	Accum Time	Pitch (degrees)	Yaw (degrees)	Roll (degrees)
1	0.000000	0.000000	n/a	0.000000	n/a	n/a	00.00s	00.00s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
2	425.401234	-0.530154	425.401552	0.000000	18m13.89s	1.400000	00.00s	18m13.89s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
3	488.126730	-98.058109	115.957704	0.000000	4m20.90s	1.600030	6m51.00s	29m25.79s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
4	552.392559	-0.714279	116.644370	0.000000	3m02.57s	2.300048	00.00s	32m28.36s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
5	787.468458	-1.914538	235.078940	0.000000	4m42.09s	3.000050	00.00s	37m10.45s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified

☒ Coordinates are relative to object's position

Ground speed in: km/hr
Distance in: meters
Altitude in: meters

Insert Delete Redefine... OK Cancel

Рисунок Г.2 – Інформація про створену траєкторію «VA_Trajectory_6_2»

✚ Edit Trajectory Information Σ

Trajectory name: VA_Trajectory_6_3

	X Pos (m)	Y Pos (m)	Distance (m)	Altitude (m)	Traverse Time	Ground Speed	Wait Time	Accum Time	Pitch (degrees)	Yaw (degrees)	Roll (degrees)
1	0.000000	0.000000	n/a	0.000000	n/a	n/a	00.00s	00.00s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
2	425.561259	-0.545174	425.561636	0.000000	21m16.68s	1.200005	00.00s	21m16.68s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
3	488.740720	99.536735	118.355513	0.000000	4m10.64s	1.699967	9m44.00s	35m11.32s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
4	555.605796	-0.651869	120.452006	0.000000	3m00.68s	2.399974	00.00s	38m12.00s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
5	780.425540	-0.339304	224.819988	0.000000	6m44.68s	1.999980	00.00s	44m56.68s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified

☒ Coordinates are relative to object's position

Ground speed in: km/hr
Distance in: meters
Altitude in: meters

Insert Delete Redefine... OK Cancel

Рисунок Г.3 – Інформація про створену траєкторію «VA_Trajectory_6_3»

✚ Edit Trajectory Information

Trajectory name: VA_Trajectory_6_4

	X Pos (m)	Y Pos (m)	Distance (m)	Altitude (m)	Traverse Time	Ground Speed	Wait Time	Accum Time	Pitch (degrees)	Yaw (degrees)	Roll (degrees)
1	0.000000	0.000000	n/a	0.000000	n/a	n/a	00.00s	00.00s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
2	425.096949	-0.658632	425.097449	0.000000	15m56.47s	1.599999	00.00s	15m56.47s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
3	492.390129	-1.495344	121.228816	0.000000	2m41.64s	2.699974	13m03.00s	31m41.11s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
4	558.047168	-1.628588	119.516676	0.000000	2m23.42s	3.000000	00.00s	34m04.53s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
5	787.239788	-1.793966	229.192731	0.000000	8m05.35s	1.699998	00.00s	42m09.88s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified

☒ Coordinates are relative to object's position

Ground speed in: km/hr
Distance in: meters
Altitude in: meters

Insert Delete Redefine... OK Cancel

Рисунок Ґ.4 – Інформація про створену траєкторію «VA_Trajectory_6_4»

✚ Edit Trajectory Information

Trajectory name: VA_Trajectory_6_5

	X Pos (m)	Y Pos (m)	Distance (m)	Altitude (m)	Traverse Time	Ground Speed	Wait Time	Accum Time	Pitch (degrees)	Yaw (degrees)	Roll (degrees)
1	0.000000	0.000000	n/a	0.000000	n/a	n/a	00.00s	00.00s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
2	426.081281	-0.761872	426.081946	0.000000	12m10.43s	2.099989	00.00s	12m10.43s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
3	492.404505	-1.610169	124.479780	0.000000	5m20.09s	1.400004	8m19.00s	25m49.52s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
4	491.705891	97.514835	203.617630	0.000000	2m42.89s	4.500113	9m30.00s	38m02.41s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
5	553.409835	-1.680113	116.820452	0.000000	1m37.80s	4.300139	00.00s	39m40.21s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
6	787.254164	-2.703241	233.846608	0.000000	4m00.53s	3.499970	00.00s	43m40.74s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified

☒ Coordinates are relative to object's position

Ground speed in: km/hr
Distance in: meters
Altitude in: meters

Insert Delete Redefine... OK Cancel

Рисунок Ґ.5 – Інформація про створену траєкторію «VA_Trajectory_6_5»

✚ Edit Trajectory Information

Trajectory name: VA_Trajectory_6_6

	X Pos (m)	Y Pos (m)	Distance (m)	Altitude (m)	Traverse Time	Ground Speed	Wait Time	Accum Time	Pitch (degrees)	Yaw (degrees)	Roll (degrees)
1	0.000000	0.000000	n/a	0.000000	n/a	n/a	00.00s	00.00s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
2	425.558241	-1.249811	425.560086	0.000000	13m26.32s	1.900010	00.00s	13m26.32s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
3	488.398276	98.868212	118.205258	0.000000	2m37.61s	2.699949	4m48.00s	20m51.93s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
4	487.688219	-6.693260	205.562714	0.000000	2m34.17s	4.800063	15m43.00s	39m09.10s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
5	554.433568	-1.604839	124.493095	0.000000	3m06.74s	2.399995	00.00s	42m15.84s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
6	788.042287	-3.024953	233.613066	0.000000	4m40.34s	2.999954	00.00s	46m56.18s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified

☒ Coordinates are relative to object's position

Ground speed in: km/hr
Distance in: meters
Altitude in: meters

Insert Delete Redefine... OK Cancel

Рисунок Ґ.6 – Інформація про створену траєкторію «VA_Trajectory_6_6»

Додаток Д

✚ Edit Trajectory Information

Trajectory name: VA_Trajectory_7_1

	X Pos (m)	Y Pos (m)	Distance (m)	Altitude (m)	Traverse Time	Ground Speed	Wait Time	Accum Time	Pitch (degrees)	Yaw (degrees)	Roll (degrees)
1	0.000000	0.000000	n/a	0.000000	n/a	n/a	00.00s	00.00s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
2	175.350535	-0.344296	175.350887	0.000000	8m05.59s	1.299992	00.00s	8m05.59s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
3	240.339638	-98.343923	117.590449	0.000000	2m56.39s	2.399941	43.00s	11m44.98s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
4	304.378647	0.001698	117.357810	0.000000	3m42.36s	1.900019	00.00s	15m27.34s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
5	426.129720	-1.517943	121.760518	0.000000	5m13.10s	1.399993	00.00s	20m40.44s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
6	490.452281	115.801190	133.795249	0.000000	2m16.90s	3.518356	1m08.00s	24m05.34s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
7	551.777516	-1.861235	132.684710	0.000000	3m24.07s	2.340692	00.00s	27m29.41s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
8	787.290478	-1.958061	235.512973	0.000000	4m42.62s	2.999953	00.00s	32m12.03s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified

☒ Coordinates are relative to object's position

Ground speed in: km/hr
Distance in: meters
Altitude in: meters

Insert Delete Redefine... OK Cancel

Рисунок Д.1 – Інформація про створену траєкторію «VA_Trajectory_7_1»

✚ Edit Trajectory Information

Trajectory name: VA_Trajectory_7_2

	X Pos (m)	Y Pos (m)	Distance (m)	Altitude (m)	Traverse Time	Ground Speed	Wait Time	Accum Time	Pitch (degrees)	Yaw (degrees)	Roll (degrees)
1	0.000000	0.000000	n/a	0.000000	n/a	n/a	00.00s	00.00s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
2	176.517213	-0.274213	176.517442	0.000000	8m08.82s	1.299993	00.00s	8m08.82s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
3	236.666661	97.965439	115.191143	0.000000	3m50.38s	1.800018	57.00s	12m56.20s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
4	302.017502	-0.994406	118.590879	0.000000	4m44.62s	1.499990	00.00s	17m40.82s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
5	424.182726	-0.523188	122.166121	0.000000	2m42.89s	2.699970	00.00s	20m23.71s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
6	489.499730	...0.357026	127.788081	0.000000	4m28.43s	1.713807	1m19.00s	26m11.14s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
7	550.855101	-0.432656	125.888286	0.000000	2m11.91s	3.435659	00.00s	28m23.05s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
8	788.685108	-0.737980	237.830191	0.000000	5m17.11s	2.699974	00.00s	33m40.16s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified

☒ Coordinates are relative to object's position

Ground speed in: km/hr
Distance in: meters
Altitude in: meters

Insert Delete Redefine... OK Cancel

Рисунок Д.2 – Інформація про створену траєкторію «VA_Trajectory_7_2»

✚ Edit Trajectory Information

Trajectory name: VA_Trajectory_7_3

	X Pos (m)	Y Pos (m)	Distance (m)	Altitude (m)	Traverse Time	Ground Speed	Wait Time	Accum Time	Pitch (degrees)	Yaw (degrees)	Roll (degrees)
1	0.000000	0.000000	n/a	0.000000	n/a	n/a	00.00s	00.00s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
2	173.769197	-0.697470	173.770599	0.000000	3m51.69s	2.700048	00.00s	3m51.69s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
3	232.384349	102.549806	118.725469	0.000000	5m56.18s	1.199988	1m31.00s	11m18.87s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
4	299.282722	-1.611433	123.793816	0.000000	3m42.83s	1.999990	00.00s	15m01.70s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
5	424.035694	-1.451391	124.753558	0.000000	4m40.70s	1.599974	00.00s	19m42.40s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
6	485.498091	108.562957	126.018989	0.000000	3m15.55s	2.319961	1m24.00s	24m21.95s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
7	548.068924	-2.518343	127.491843	0.000000	4m22.27s	1.749993	00.00s	28m44.22s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
8	787.519741	-2.198257	239.451032	0.000000	5m53.29s	2.439989	00.00s	34m37.51s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified

☒ Coordinates are relative to object's position

Ground speed in: km/hr
Distance in: meters
Altitude in: meters

Insert Delete Redefine... OK Cancel

Рисунок Д.3 – Інформація про створену траєкторію «VA_Trajectory_7_3»

✚ Edit Trajectory Information

Trajectory name: VA_Trajectory_7_4

	X Pos (m)	Y Pos (m)	Distance (m)	Altitude (m)	Traverse Time	Ground Speed	Wait Time	Accum Time	Pitch (degrees)	Yaw (degrees)	Roll (degrees)
1	0.000000	0.000000	n/a	0.000000	n/a	n/a	00.00s	00.00s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
2	172.903693	-0.649940	172.904868	0.000000	9m25.87s	1.100001	00.00s	9m25.87s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
3	236.104625	...6.248897	123.067044	0.000000	2m45.93s	2.670050	57.00s	13m08.80s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
4	301.242076	-0.914011	123.848019	0.000000	3m05.77s	2.400026	00.00s	16m14.57s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
5	424.005632	-1.295446	122.764123	0.000000	5m15.68s	1.399996	00.00s	21m30.25s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
6	485.306135	...4.731371	120.236211	0.000000	3m16.75s	2.200002	1m54.00s	26m41.00s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
7	548.181673	-0.459516	121.761853	0.000000	4m52.23s	1.499992	00.00s	31m33.23s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
8	787.328836	-1.844127	239.151132	0.000000	4m43.21s	3.039949	00.00s	36m16.44s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified

☒ Coordinates are relative to object's position

Ground speed in: km/hr
Distance in: meters
Altitude in: meters

Insert Delete Redefine... OK Cancel

Рисунок Д.4 – Інформація про створену траєкторію «VA_Trajectory_7_4»

✚ Edit Trajectory Information

Trajectory name: VA_Trajectory_7_5

	X Pos (m)	Y Pos (m)	Distance (m)	Altitude (m)	Traverse Time	Ground Speed	Wait Time	Accum Time	Pitch (degrees)	Yaw (degrees)	Roll (degrees)
1	0.000000	0.000000	n/a	0.000000	n/a	n/a	00.00s	00.00s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
2	172.323487	-1.100236	172.326993	0.000000	3m49.77s	2.699992	00.00s	3m49.77s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
3	235.199842	...5.766301	122.100112	0.000000	2m42.80s	2.700002	49.00s	7m21.57s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
4	234.770258	103.011728	208.778509	0.000000	3m07.43s	4.010044	1m34.00s	12m03.00s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
5	302.215012	-3.525209	126.090934	0.000000	2m48.12s	2.700020	00.00s	14m51.12s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
6	423.357819	-3.095624	121.143583	0.000000	4m16.54s	1.699996	00.00s	19m07.66s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
7	486.506730	...6.625470	121.269120	0.000000	2m03.32s	3.540130	1m39.00s	22m49.98s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
8	547.507718	-1.806871	121.276755	0.000000	2m35.93s	2.799951	00.00s	25m25.91s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
9	787.645410	-2.236455	240.138084	0.000000	7m35.00s	1.899994	00.00s	33m00.91s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified

☒ Coordinates are relative to object's position

Ground speed in: km/hr
Distance in: meters
Altitude in: meters

Insert Delete Redefine... OK Cancel

Рисунок Д.5 – Інформація про створену траєкторію «VA_Trajectory_7_5»

✚ Edit Trajectory Information

Trajectory name: VA_Trajectory_7_6

	X Pos (m)	Y Pos (m)	Distance (m)	Altitude (m)	Traverse Time	Ground Speed	Wait Time	Accum Time	Pitch (degrees)	Yaw (degrees)	Roll (degrees)
1	0.000000	0.000000	n/a	0.000000	n/a	n/a	00.00s	00.00s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
2	174.084977	-0.344508	174.085298	0.000000	3m00.09s	3.479966	00.00s	3m00.09s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
3	232.309642	102.839669	118.478172	0.000000	3m35.41s	1.980045	1m07.00s	7m42.50s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
4	235.468124	...4.310927	207.174660	0.000000	4m32.20s	2.740003	1m58.00s	14m12.70s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
5	300.650687	-0.247538	122.792301	0.000000	3m20.93s	2.200031	00.00s	17m33.63s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
6	423.010936	-0.819315	122.361609	0.000000	5m14.64s	1.400018	00.00s	22m48.27s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
7	486.758531	106.851491	125.127049	0.000000	3m07.69s	2.400007	44.00s	26m39.96s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
8	544.557162	-2.887803	124.029787	0.000000	3m55.00s	1.900031	00.00s	30m34.96s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
9	786.295658	-2.287066	241.739229	0.000000	4m15.96s	3.399989	00.00s	34m50.92s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified

☒ Coordinates are relative to object's position

Ground speed in: km/hr
Distance in: meters
Altitude in: meters

Insert Delete Redefine... OK Cancel

Рисунок Д.6 – Інформація про створену траєкторію «VA_Trajectory_7_6»

Edit Trajectory Information

Trajectory name: VA_Trajectory_7_7

	X Pos (m)	Y Pos (m)	Distance (m)	Altitude (m)	Traverse Time	Ground Speed	Wait Time	Accum Time	Pitch (degrees)	Yaw (degrees)	Roll (degrees)
1	0.000000	0.000000	n/a	0.000000	n/a	n/a	00.00s	00.00s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
2	171.254587	-1.275300	171.259353	0.000000	2m42.25s	3.799899	00.00s	2m42.25s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
3	238.201241	-7.609372	125.653469	0.000000	2m21.36s	3.200003	1m37.00s	6m40.61s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
4	234.090118	103.617288	211.266680	0.000000	4m31.63s	2.799985	1m27.00s	12m39.24s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
5	303.742937	-2.941128	127.303595	0.000000	3m38.23s	2.100046	00.00s	16m17.47s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
6	425.375470	-2.421331	121.633594	0.000000	5m12.77s	1.400009	00.00s	21m30.24s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
7	488.790722	-4.821370	120.446119	0.000000	3m00.67s	2.399989	1m51.00s	26m21.91s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
8	485.671939	107.775665	212.619891	0.000000	2m42.86s	4.699936	1m19.00s	30m23.77s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
9	548.047598	-3.460925	127.531549	0.000000	2m15.03s	3.400086	00.00s	32m38.80s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
10	786.374591	-2.785189	238.327956	0.000000	5m43.19s	2.500016	00.00s	38m21.99s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified

☒ Coordinates are relative to object's position

Ground speed in: km/hr
Distance in: meters
Altitude in: meters

Insert Delete Redefine... OK Cancel

Рисунок Д.7 – Інформація про створену траєкторію «VA_Trajectory_7_7»

Додаток Е

✚ Edit Trajectory Information Σ3

Trajectory name: VA_Trajectory_8_1

	X Pos (m)	Y Pos (m)	Distance (m)	Altitude (m)	Traverse Time	Ground Speed	Wait Time	Accum Time	Pitch (degrees)	Yaw (degrees)	Roll (degrees)
1	0.000000	0.000000	n/a	0.000000	n/a	n/a	00.00s	00.00s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
2	175.350535	-0.344296	175.350887	0.000000	8m05.59s	1.299992	00.00s	8m05.59s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
3	240.339638	-98.343923	117.590449	0.000000	2m56.39s	2.399941	4m59.00s	16m00.98s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
4	304.378647	0.001698	117.357810	0.000000	3m42.36s	1.900019	00.00s	19m43.34s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
5	426.129720	-1.517943	121.760518	0.000000	5m13.10s	1.399993	00.00s	24m56.44s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
6	490.452281	115.801190	133.795249	0.000000	2m16.90s	3.518356	10m00.00s	37m13.34s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
7	551.777516	-1.861235	132.684710	0.000000	3m24.07s	2.340692	00.00s	40m37.41s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
8	787.290478	-1.958061	235.512973	0.000000	4m42.62s	2.999953	00.00s	45m20.03s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified

☒ Coordinates are relative to object's position

Ground speed in: km/hr
Distance in: meters
Altitude in: meters

Insert Delete Redefine... OK Cancel

Рисунок Е.1 – Інформація про створену траєкторію «VA_Trajectory_8_1»

✚ Edit Trajectory Information Σ3

Trajectory name: VA_Trajectory_8_2

	X Pos (m)	Y Pos (m)	Distance (m)	Altitude (m)	Traverse Time	Ground Speed	Wait Time	Accum Time	Pitch (degrees)	Yaw (degrees)	Roll (degrees)
1	0.000000	0.000000	n/a	0.000000	n/a	n/a	00.00s	00.00s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
2	176.517213	-0.274213	176.517442	0.000000	8m08.82s	1.299993	00.00s	8m08.82s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
3	236.666661	97.965439	115.191143	0.000000	3m50.38s	1.800018	6m06.00s	18m05.20s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
4	302.017502	-0.994406	118.590879	0.000000	4m44.62s	1.499990	00.00s	22m49.82s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
5	424.182726	-0.523188	122.166121	0.000000	2m42.89s	2.699970	00.00s	25m32.71s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
6	489.499730	-0.357026	127.788081	0.000000	4m28.43s	1.713807	6m39.00s	36m40.14s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
7	550.855101	-0.432656	125.888286	0.000000	2m11.91s	3.435659	00.00s	38m52.05s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
8	788.685108	-0.737980	237.830191	0.000000	5m17.11s	2.699974	00.00s	44m09.16s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified

☒ Coordinates are relative to object's position

Ground speed in: km/hr
Distance in: meters
Altitude in: meters

Insert Delete Redefine... OK Cancel

Рисунок Е.2 – Інформація про створену траєкторію «VA_Trajectory_8_2»

✚ Edit Trajectory Information Σ3

Trajectory name: VA_Trajectory_8_3

	X Pos (m)	Y Pos (m)	Distance (m)	Altitude (m)	Traverse Time	Ground Speed	Wait Time	Accum Time	Pitch (degrees)	Yaw (degrees)	Roll (degrees)
1	0.000000	0.000000	n/a	0.000000	n/a	n/a	00.00s	00.00s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
2	173.769197	-0.697470	173.770599	0.000000	3m51.69s	2.700048	00.00s	3m51.69s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
3	232.384349	102.549806	118.725469	0.000000	5m56.18s	1.199988	5m27.00s	15m14.87s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
4	299.282272	-1.611433	123.793816	0.000000	3m42.83s	1.999990	00.00s	18m57.70s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
5	424.035694	-1.451391	124.753558	0.000000	4m40.70s	1.599974	00.00s	23m38.40s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
6	485.498091	108.562957	126.018989	0.000000	3m15.55s	2.319961	8m07.00s	35m00.95s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
7	548.068924	-2.518343	127.491843	0.000000	4m22.27s	1.749993	00.00s	39m23.22s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
8	787.519741	-2.198257	239.451032	0.000000	5m53.29s	2.439989	00.00s	45m16.51s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified

☒ Coordinates are relative to object's position

Ground speed in: km/hr
Distance in: meters
Altitude in: meters

Insert Delete Redefine... OK Cancel

Рисунок Е.3 – Інформація про створену траєкторію «VA_Trajectory_8_3»

✚ Edit Trajectory Information Σ3

Trajectory name: VA_Trajectory_8_4

	X Pos (m)	Y Pos (m)	Distance (m)	Altitude (m)	Traverse Time	Ground Speed	Wait Time	Accum Time	Pitch (degrees)	Yaw (degrees)	Roll (degrees)
1	0.000000	0.000000	n/a	0.000000	n/a	n/a	00.00s	00.00s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
2	172.903693	-0.649940	172.904868	0.000000	9m25.87s	1.100001	00.00s	9m25.87s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
3	236.104625	-6.248897	123.067044	0.000000	2m45.93s	2.670050	7m31.00s	19m42.80s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
4	301.242076	-0.914011	123.848019	0.000000	3m05.77s	2.400026	00.00s	22m48.57s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
5	424.005632	-1.295446	122.764123	0.000000	5m15.68s	1.399996	00.00s	28m04.25s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
6	485.306135	-4.731371	120.236211	0.000000	3m16.75s	2.200002	3m59.00s	35m20.00s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
7	548.181673	-0.459516	121.761853	0.000000	4m52.23s	1.499992	00.00s	40m12.23s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
8	787.328836	-1.844127	239.151132	0.000000	4m43.21s	3.039949	00.00s	44m55.44s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified

☒ Coordinates are relative to object's position

Ground speed in: km/hr
Distance in: meters
Altitude in: meters

Insert Delete Redefine... OK Cancel

Рисунок Е.4 – Інформація про створену траєкторію «VA_Trajectory_8_4»

✚ Edit Trajectory Information Σ3

Trajectory name: VA_Trajectory_8_5

	X Pos (m)	Y Pos (m)	Distance (m)	Altitude (m)	Traverse Time	Ground Speed	Wait Time	Accum Time	Pitch (degrees)	Yaw (degrees)	Roll (degrees)
1	0.000000	0.000000	n/a	0.000000	n/a	n/a	00.00s	00.00s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
2	172.323487	-1.100236	172.326993	0.000000	3m49.77s	1.677697	00.00s	3m49.77s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
3	235.199842	-5.766301	122.100112	0.000000	2m42.80s	1.677704	3m49.00s	10m21.57s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
4	234.770258	103.011728	208.778509	0.000000	3m07.43s	2.491726	6m01.00s	19m30.00s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
5	302.215012	-3.525209	126.090934	0.000000	2m48.12s	1.677715	00.00s	22m18.12s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
6	423.357819	-3.095624	121.143583	0.000000	4m16.54s	1.056328	00.00s	26m34.66s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
7	486.506730	-6.625470	121.269120	0.000000	2m03.32s	2.199735	7m00.00s	35m37.98s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
8	547.507718	-1.806871	121.276755	0.000000	2m35.93s	1.739809	00.00s	38m13.91s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
9	787.645410	-2.236455	240.138084	0.000000	7m35.00s	1.180601	00.00s	45m48.91s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified

☒ Coordinates are relative to object's position

Ground speed in: mi/hr
Distance in: meters
Altitude in: meters

Insert Delete Redefine... OK Cancel

Рисунок Е.5 – Інформація про створену траєкторію «VA_Trajectory_8_5»

✚ Edit Trajectory Information Σ3

Trajectory name: VA_Trajectory_8_6

	X Pos (m)	Y Pos (m)	Distance (m)	Altitude (m)	Traverse Time	Ground Speed	Wait Time	Accum Time	Pitch (degrees)	Yaw (degrees)	Roll (degrees)
1	0.000000	0.000000	n/a	0.000000	n/a	n/a	00.00s	00.00s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
2	174.084977	-0.344508	174.085298	0.000000	3m00.09s	3.479966	00.00s	3m00.09s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
3	232.309642	102.839669	118.478172	0.000000	3m35.41s	1.980045	3m09.00s	9m44.50s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
4	235.468124	-4.310927	207.174660	0.000000	4m32.20s	2.740003	5m22.00s	19m38.70s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
5	300.650687	-0.247538	122.792301	0.000000	3m20.93s	2.200031	00.00s	22m59.63s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
6	423.010936	-0.819315	122.361609	0.000000	5m14.64s	1.400018	00.00s	28m14.27s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
7	486.758531	106.851491	125.127049	0.000000	3m07.69s	2.400007	6m02.00s	37m23.96s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
8	544.557162	-2.887803	124.029787	0.000000	3m55.00s	1.900031	00.00s	41m18.96s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
9	786.295658	-2.287066	241.739229	0.000000	4m15.96s	3.399989	00.00s	45m34.92s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified

☒ Coordinates are relative to object's position

Ground speed in: km/hr
Distance in: meters
Altitude in: meters

Insert Delete Redefine... OK Cancel

Рисунок Е.6 – Інформація про створену траєкторію «VA_Trajectory_8_6»

Edit Trajectory Information

Trajectory name: VA_Trajectory_8_7

	X Pos (m)	Y Pos (m)	Distance (m)	Altitude (m)	Traverse Time	Ground Speed	Wait Time	Accum Time	Pitch (degrees)	Yaw (degrees)	Roll (degrees)
1	0.000000	0.000000	n/a	0.000000	n/a	n/a	00.00s	00.00s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
2	171.254587	-1.275300	171.259353	0.000000	2m42.25s	3.799899	00.00s	2m42.25s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
3	238.201241	-7.609372	125.653469	0.000000	2m21.36s	3.200003	3m49.00s	8m52.61s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
4	234.090118	103.617288	211.266680	0.000000	4m31.63s	2.799985	2m47.00s	16m11.24s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
5	303.742937	-2.941128	127.303595	0.000000	3m38.23s	2.100046	00.00s	19m49.47s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
6	425.375470	-2.421331	121.633594	0.000000	5m12.77s	1.400009	00.00s	25m02.24s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
7	488.790722	-4.821370	120.446119	0.000000	3m00.67s	2.399989	3m25.00s	31m27.91s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
8	485.671939	107.775665	212.619891	0.000000	2m42.86s	4.699936	3m59.00s	38m09.77s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
9	548.047598	-3.460925	127.531549	0.000000	2m15.03s	3.400086	00.00s	40m24.80s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
10	786.374591	-2.785189	238.327956	0.000000	4m55.69s	2.901622	00.00s	45m20.49s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified

☒ Coordinates are relative to object's position

Ground speed in: km/hr

Distance in: meters

Altitude in: meters

Insert Delete Redefine... OK Cancel

Рисунок Е.7 – Інформація про створену траєкторію «VA_Trajectory_8_7»