

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Інститут інформатики та радіоелектроніки, факультет радіоелектроніки та телекомунікацій
(повне найменування інституту, факультету)

Кафедра Радіотехніки та телекомунікацій
(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до магістерської роботи
(ступінь вищої освіти)

на тему „Забезпечення безготівкової оплати проїзду в міському транспорті з використанням стільникового зв'язку“

Виконав: студент(ка) 6 курсу, групи РТ-918м

Спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка»
(код і найменування спеціальності)

Освітньої програми Інформаційні мережі зв'язку

Шерстюкова А.І.
(прізвище та ініціали)

Керівник Костенко В.О.
(прізвище та ініціали)

Рецензент Коноваленко Ю.О.
(прізвище та ініціали)

2019

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»
(повне найменування закладу вищої освіти)

Інститут Інформатики та радіоелектроніки, факультет Радіоелектроніки та телекомунікацій
Кафедра Радіотехніки та телекомунікацій
Ступінь вищої освіти другий
(магістерський)
Спеціальність 172 «Телекомунікації та радіотехніка»
(код і найменування)
Освітня програма ОПП Інформаційні мережі зв'язу
(назва освітньої програми (спеціалізації))

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри РТГ

к.т.н., доц. Морщавка С.В.

« 13 » грудня 2019 року

З А В Д А Н Н Я
НА МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТА (КИ)

Щерстобітової Анастасії Корівни
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Забезпечення безготівкової оплати проїзду в міському транспорті з використанням стільникового зв'язу

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від « 8 » 11 2019 року № 365

2. Строк подання студентом роботи 13 грудня 2019 року

3. Вихідні дані до роботи Площа (простір моделювання), кількість мобільних станцій, маршрути, сервер, базова станція, пристрої для налаштування профілю користувачів, стандарт зв'язу.

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

2) Вибір стандарту бездротового зв'язу.

3) Визначення сценаріїв моделювання та вибір програмного забезпечення.

4) Моделювання сценаріїв в програмному пакеті OPNET MODELER

5) Економічні розрахунки. 6) Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

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

Презентація Power Point

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	приймав виконане завдання
1. Актуальність	Костенко В.О. доцент		
2. Вибір стандарту	Костенко В.О. доцент		
3. Визнач. сценаріїв	Костенко В.О. доцент		
4. Моделювання	Костенко В.О. доцент		
Екон. розділ	Ківишко Т.В. доц. каф. АТІБД		
6. Охорона праці	Якімов І.В., доц. каф. ОПІНС		
7. К-копії	Мороз І.В. асистент каф. РІТ		

7. Дата видачі завдання « 2 » 09 2019 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Актуальність роботи та постановка завдання на її виконання	02.09 - 09.09	вик.
2.	Аналіз дослідження пасажиропотоку та оцінка процедури безготівкової оплати	10.09 - 17.09	вик.
3.	Оцінка бездротових технологій та вибір стандарту зв'язку	18.09 - 25.09	вик.
4.	Визначення впливу джерел завад	26.09 - 30.09	вик.
5.	Важливість QoS в стандартах Wi-Fi та WiMAX	01.10 - 08.10	вик.
6.	Визначення сценаріїв моделювання	09.10 - 15.10	вик.
7.	Аналіз та вибір програмного забезпечення	16.10 - 22.10	вик.
8.	Моделювання сценаріїв в Opnet Modeler	23.10 - 06.11	вик.
9.	Порівняння отриманих результатів	07.11 - 10.11	вик.
10.	Економічні розрахунки	11.11 - 15.11	вик.
11.	Охорона праці	16.11 - 19.11	вик.
12.	Оформлення пояснювальної записки	20.11 - 29.11	вик.

Студент(ка) Шерстобітова А.І.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи Костенко В.О.

РЕФЕРАТ

ПЗ: 111 сторінок, 67 рисунків, 13 таблиць, 26 джерел

Об'єктом дослідження є бездротова мережа мобільних абонентів, які знаходяться в транспортному засобі та рухаються транспортною ділянкою міста, а також абонентів, що знаходяться поза межами автобусу.

Задачі роботи: провести дослідження поведінки мобільних абонентів під час здійснення безготівкової транзакції при вході в транспортний засіб, виході з нього та руху між зупинками; провести моделювання руху мобільних абонентів; визначити вплив пасажиропотоку, оточуючих джерел завад, швидкості руху мобільних абонентів та кількості даних, що передаються з їхніх носіїв, на якість обслуговування QoS; проаналізувати такі показники як затримка, навантаження та пропускна здатність для технологій IEEE 802.11g та IEEE 802.16e.

Наукова новизна результатів:

- запропоновано і застосовано метод моделювання руху мобільних абонентів під час здійснення безготівкової оплати проїзду в міському транспорті та русі вздовж транспортної ділянки;
- реалізовані різні сценарії руху абонентів з урахуванням впливу джерел завад для технологій IEEE 802.11g та IEEE 802.16e.

Практичне значення отриманих результатів: отримані результати можна використовувати для дослідження ефективності впровадження безготівкової оплати проїзду в міському транспорті з використанням стандартів IEEE 802.11g та IEEE 802.16e.

БЕЗГОТІВКОВА ОПЛАТА, ТРАНЗАКЦІЯ, ТРАНСПОРТНИЙ ЗАСІБ,
СТАНДАРТ, IEEE 802.11g, IEEE 802.16e, QoS, МОБІЛЬНІ АБОНЕНТИ

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ.....	7
ВСТУП.....	8
1 АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ ТА ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ НА ЇЇ ВИКОНАННЯ.....	10
1.1 Важливість підтримання високої якості обслуговування QoS в мережах	10
1.2 Постановка задачі	12
1.3 Аналіз дослідження пасажиропотоку.....	13
1.4 Процес здійснення безготівкової оплати проїзду	15
2 ВИБІР СТАНДАРТУ БЕЗДРОТОВОГО ЗВ'ЯЗКУ	19
2.1 Огляд та класифікація бездротових технологій.....	19
2.2 Стандарт IEEE 802.11g	20
2.3 Стандарт IEEE 802.16e	25
3 ВИЗНАЧЕННЯ СЦЕНАРІЇВ МОДЕЛЮВАННЯ ТА ВИБІР ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ.....	29
3.1 QoS в стандартах Wi-Fi та WiMAX.....	29
3.2 Вплив джерел завад на бездротові мережі	33
3.3 Визначення сценаріїв моделювання руху мобільних абонентів	35
3.4 Аналіз та вибір програмного забезпечення для моделювання обраних сценаріїв.	36
4 МОДЕЛЮВАННЯ СЦЕНАРІЇВ В ПРОГРАМНОМУ ПАКЕТІ OPNET MODELER.....	39
4.1 Створення простору моделювання та налаштування параметрів для 802.11g.....	39
4.2 Створення простору моделювання та налаштування параметрів для 802.16e	49
4.3 Моделювання сценаріїв руху мобільних абонентів.....	55
4.4 Порівняння отриманих результатів	68
5 ЕКОНОМІЧНІ РОЗРАХУНКИ.....	83
5.1 Важливість та тенденції розвитку ринку стільникового зв'язку	83

5.2	Визначення трудомісткості та довготривалості роботи	86
5.3	Розрахунок кількості витрат на практичну реалізацію проекту	88
5.4	Бальна оцінка економічної ефективності проекту.....	92
6	ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	96
6.1	Аналіз потенційних небезпек	96
6.2	Заходи по забезпеченню електробезпеки.....	97
6.3	Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці	100
6.4	Заходи з пожежної безпеки.....	103
6.5	Заходи по забезпеченню безпеки у надзвичайних ситуаціях	105
	ВИСНОВКИ.....	108
	ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	109

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

DCF	–	Distributed Coordination Function – режим децентралізованої координації
NFC	–	Near field communication – комунікація ближнього поля
PCF	–	Point Coordination Function – режим централізованої координації
QoS	–	Quality of Service якість обслуговування
TCP	–	Transmission Control Protocol – протокол управління передачею
TTQ	–	Terminal Transaction Qualifier
UDP	–	User Datagram Protocol – протокол користувацьких датаграм
WLAN	–	Wireless Local Area Network – бездротова локальна мережа
WMAN	–	Wireless Metropolitan Area Network – бездротова міська мережа
WPAN	–	Wireless Personal Area Network – бездротова персональна мережа
WWAN	–	Wireless Wide Area Network – бездротова глобальна мережа
БС	–	базова станція
МГТ	–	міський громадський транспорт
МС	–	мобільна станція

ВСТУП

Послуги міського громадського транспорту його кінцевим споживачам повинні надаватися з належним рівнем якості. Якість обслуговування населення громадського транспорту представляє собою сукупність властивостей процесу перевезень та системи перевезень пасажирів, що зумовлюють їх відповідність нормативним вимогам. До таких властивостей відносять як кількісні (тривалість пересування, вартість проїзду), так і якісні (зручність, комфорт та безпека). Кількісні показники міської пасажирської транспортної системи визначаються рівнями розвитку маршрутної мережі, технологічної організації транспортного процесу на діючих маршрутах та результативними показниками безпеки пасажирів. Необхідні для встановлення рівня якості послуг МГТ результативні показники пасажироперевезень можуть бути визначені об'єктивно лише на підставі обстеження пасажирських потоків [1].

В даний час в усьому світі, зокрема в Україні, для покращення зручності та якості перевезень транспорт обладнують системами безпеки (GPS, датчики диму та удару, відеокамери) та обладнанням для безконтактної оплати різного роду послуг. Даний вид оплати стає можливим завдяки встановленню в транспортному засобі турнікетів, валідаторів, бортових комп'ютерів, 3G-4G передавачів та наявності у пасажирів телефонів з вбудованим NFC модулем або банківської картки із застосуванням NFC технології. Встановлена в транспортному засобі система входу-виходу дає можливість людям відмовитися від звичної оплати за проїзд, а замість цього здійснювати швидку безготівкову оплату. Звісно, це значно полегшує та покращує загальну процедуру оплати проїзду, проте дане нововведення має і певні недоліки. А саме, кількість пасажирів (особливо в час-пік), швидкість передачі та обробки даних, які надходять з їхніх телефонів або карт під час входу в автобус, виходу з нього та руху вздовж маршрутної ділянки, можуть суттєво підвищити навантаження на мережу та вплинути на якість обслуговування. Також суттєвий вплив можливий з боку мобільних користувачів,

що знаходяться за межами транспорту (на зупинках, пішоходи на вулиці тощо) та від джерел завад.

Для дослідження впливу кількості мобільних абонентів та передачі і обробки даних з їхніх носіїв на якість обслуговування, слід провести моделювання сценаріїв руху мобільних абонентів з використанням стільникового зв'язку різних стандартів.

В першому розділі розглянута важливість забезпечення високої якості обслуговування в бездротових мережах та проведений аналіз обстеження пасажиропотоку в міському транспорті міста. В другому розділі проведений огляд існуючих бездротових технологій та визначено стандарти зв'язку для проведення моделювання. В третьому розділі на підставі даних пасажиропотоку визначені сценарії моделювання руху мобільних абонентів на зупинках та під час руху транспорту. В четвертому розділі проведено моделювання та порівняння отриманих результатів. Економічна оцінка науково-дослідницької роботи описана в п'ятому розділі. Безпека та охорона праці розглянуті в шостому розділі.

1 АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ ТА ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ НА ЇЇ ВИКОНАННЯ

1.1 Важливість підтримання високої якості обслуговування QoS в мережах

Забезпечення достатньої якості обслуговування (QoS) в мережах IP стає все більш важливим аспектом сучасної IT-інфраструктури.

Не весь інтернет-трафік однаковий. Наприклад, потокове відео високої чіткості або відповідь на дзвінок в Skype, ймовірно, є більш важливими, ніж завантаження файлу великого розміру. Функція QoS дозволяє визначити пріоритети відносно процесів, які є більш важливими, щоб вони відбувалися швидше.

Крім того, багато сучасних онлайн-сервісів потребують високої пропускної здатності і продуктивності мережі. Забезпечення продуктивності мережі є досить важливим критерієм як для користувача, так і для постачальника послуг. Постачальникам інтернет-послуг необхідно застосовувати методи і технології для забезпечення найкращого обслуговування, перш ніж конкуренти обійдуть їх. Основним завданням якості обслуговування є забезпечення пріоритету трафіку в мережах, включаючи виділену пропускну здатність, контрольований джиттер, низьку затримку та поліпшені характеристики втрат. Її технології забезпечують елементарні будівельні блоки, які будуть використовуватися для майбутніх бізнес-додатків в університетських містечках, глобальних мережах та мережах постачальників послуг.

Деякі програми, запущені у мережі, чутливі до затримки. Ці програми зазвичай використовують протокол UDP на відміну від протоколу TCP. Ключова відмінність TCP від UDP в тому, що стосується тимчасової чутливості, полягає в тому, що TCP буде повторно передавати пакети, які губляться під час транзиту, в той час як UDP цього не робить. Для передачі файлів з одного вузла на інший слід використовувати TCP, оскільки у разі втрати будь-яких пакетів, їх спотворення

або виходу з ладу, TCP-протокол може повторно передавати і змінювати порядок пакетів для відтворення файлу на кінцевому вузлі. Але для додатків UDP, таких як IP-телефон, будь-який втрачений пакет не можна повторно передати, оскільки голосові пакети входять у вигляді упорядкованого потоку. Через це будь-які втрачені або запізнілі пакети програм, які працюють за протоколом UDP, є реальною проблемою. Втрата навіть кількох пакетів в голосовому виклику може призвести до того, що якість голосу стане незрозумілою. Крім того, пакети чутливі до джиттеру. Джиттер – це варіація затримки додатку потоку. Якщо мережа має велику пропускну спроможність і не містить трафік, який сплескує вище того, який вона може обробляти, то в даній мережі не буде проблеми з втратою пакетів, затримкою або джиттером. Але в багатьох мережах будуть випадки, коли з'єднання перевантажуються до того моменту, коли маршрутизатори і комутатори починають відкидати пакети, тому що вони входять або виходять швидше, ніж можна обробити. Якщо це так, поточкові додатки будуть страждати. Саме для цього і потрібне QoS [2].

По суті, QoS дозволяє краще обслуговувати певні потоки. Це робиться шляхом або підвищення пріоритету потоку, або обмеження пріоритету іншого потоку. При використанні засобів управління перевантаженнями, ми намагаємося підвищити пріоритет потоку, черг і обслуговування по-різному. Засоби управління чергою використовується для запобігання перевантаження, підвищують пріоритет, знижуючи потоки з більш низьким пріоритетом перед потоками з більш високим пріоритетом. Полірування та формування забезпечують пріоритет потоку, обмежуючи пропускну здатність інших потоків. Інструменти ефективності лінків обмежують великі потоки, щоб показати перевагу невеликих потоків. Для базової реалізації QoS існують три основних компоненти:

- методи ідентифікації та маркування для координації QoS від кінця до кінця між мережевими елементами;
- QoS в межах одного мережевого елемента QoS;

– QoS, управління і облікові функції для управління і адміністрування наскрізного трафіку по мережі.

Принцип дії QoS представлено на рис. 1.1.

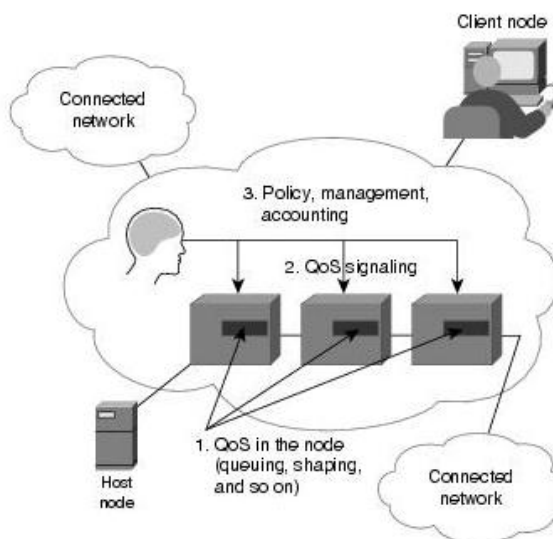


Рисунок 1.1 – Принцип дії QoS

1.2 Постановка задачі

Метою даної роботи є дослідження якості обслуговування під час входу пасажирів в автобус на зупинках та здійснення безготівкової транзакції, протягом руху транспорту, під впливом мобільних абонентів, що знаходяться поза межами автобусу, та джерел завад.

Для цього необхідно вирішити ряд наступних завдань:

- дослідити пасажиропотік на прикладі окремого автобусу на ділянці маршрутної мережі;
- провести моделювання руху мобільних абонентів під час входу в транспортний засіб та виходу з нього на зупинках;
- провести моделювання руху автобусу з абонентами на маршрутній ділянці;

- проаналізувати вплив джерел завад на бездротову мережу;
- визначати та проаналізувати, як рух, кількість мобільних абонентів та дані, що передаються з їхніх носіїв, вплинуть на основні параметри QoS.

1.3 Аналіз дослідження пасажиропотоку

При користуванні міським громадським транспортом одним з критеріїв якості обслуговування є одночасне забезпечення ефективного функціонування маршрутної системи і пасажирського рухомого складу. Об'єктивне встановлення рівня якості і ефективності пасажирських перевезень у місті потребує спільного аналізу розвитку маршрутної системи та результативних показників пасажирських перевезень. Останні, у значній мірі, можуть бути отримані лише на підставі матеріалів комплексних обстежень пасажиропотоків на маршрутній мережі міста [3].

Студентами та викладачами транспортного факультету ЗНТУ були проведені дослідження пасажиропотоків на різних автобусних маршрутах міста Запоріжжя, зокрема на автобусному маршруті №18. В магістерській роботі будуть використані дані по 18-му маршруту, оскільки на ньому курсують автобуси великої місткості (до вісімдесяти пасажирів) та він охоплює проспект (маршрутна ділянка міста, що є найбільш завантаженою та використовується частіше від інших), що дозволить провести дослідження руху мобільних абонентів в час-пік на зупинках та ділянці проспекту між максимально завантаженими зупинками.

При дослідженні 18-го маршруту було обстежено п'ять автобусів з дев'яти існуючих протягом доби з 5:30 до 23:00. За результатами аналізу пасажиропотоку було побудовано графік, на якому чітко видно завантаженість автобусу в окремі періоди та зокрема в час-пік (рис. 1.2).

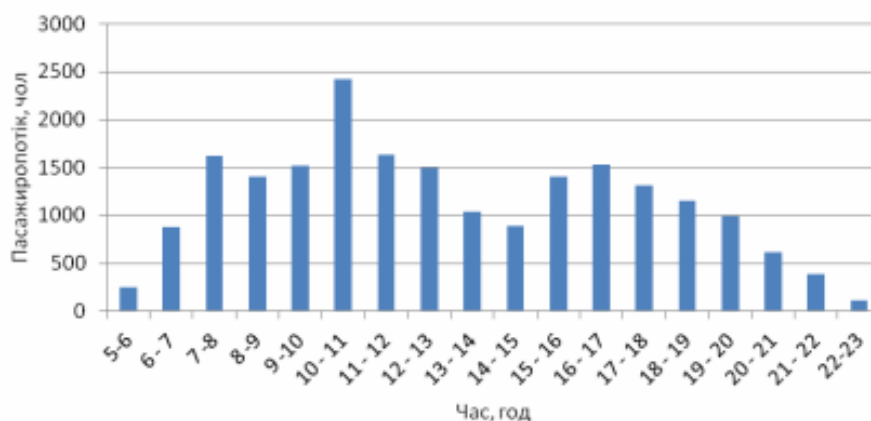


Рисунок 1.2 – Пасажиропотік на 18-му маршруті за добу

З аналізу графіку можна зробити висновок, що найбільш піковим періодом є проміжок часу між 10:00 та 11:00 годинами, тобто саме кількість пасажирів в цей період необхідно буде враховувати при моделюванні можливих сценаріїв [4]. Для моделювання був обраний один з рейсів 18-го маршруту, час відправлення якого відбувся о 10:22. Детальні показники цього рейсу представлені на рис. 1.3.

За даними рис. 1.3 видно, що найбільш завантаженими за кількістю пасажирів, що знаходяться в автобусі, та заходять в нього, є наступні зупинки: вул. Сталеварів, ТЦ Україна та пл. Фестивальна. Саме дані по цих зупинках будуть використані в процесі моделювання.

ПОРЕЙСОВІ ПОКАЗНИКИ									
Маршрут: "Бородінський мкр. - 4-й Південний мкр.,"									
прямий напрямок									
Час відправлення: 10:22									
№ з/п	Назва зупинки	Довжина перегону, км.	Відправлення	Вийшло	Зайшло	Вийшло	Коефіцієнт*	Пасажирський об'єм зупинки	Пасажирський об'єм перегону
1	Бородінський мкр.	0.00	10:22	0	26	26	0.26	26	0.0
2	Професора Топока вул.	0.40	10:23	0	5	31	0.31	5	10.4
3	Школа №96	0.40	10:25	2	6	35	0.35	8	12.4
4	Бородінська вул.	0.50	10:26	2	5	38	0.38	7	17.5
5	Ладозька вул.	0.40	10:28	6	15	47	0.47	21	15.2
6	На вимогу	0.50	10:30	0	1	48	0.48	1	23.5
7	Каховська вул.	0.40	10:31	1	7	54	0.54	8	19.2
8	ДніпроГЕС	0.70	10:33	6	1	49	0.49	7	37.8
9	Площа Запорізька	2.40	10:42	2	0	47	0.47	2	117.6
10	К/З ім. Глібки	0.40	10:43	11	1	37	0.37	12	18.8
11	Металургів пр.	0.30	10:44	9	8	36	0.36	17	11.1
12	Поляка О.В. пл.	0.80	10:47	0	0	36	0.36	0	28.8
13	Шевченка бул.	0.40	10:48	1	9	44	0.44	10	14.4
14	Миру вул.	0.60	10:50	4	6	46	0.46	10	26.4
15	Сталеварів вул.	0.40	10:52	4	12	54	0.54	16	18.4
16	ТЦ "Україна"	0.50	10:53	4	13	63	0.63	17	27.0
17	Фестивальна пл.	0.60	10:55	9	4	58	0.58	13	37.8
18	Гагаріна вул.	0.60	10:57	9	13	62	0.62	22	34.8
19	Пушкіна майдан	1.40	11:02	4	3	61	0.61	7	86.8
20	Обласна бібліотека	0.60	11:04	12	5	54	0.54	17	36.6
21	Ред.газ. "Запорізька Сін"	0.60	11:06	1	2	55	0.55	3	32.4
22	Університетський майдан	0.60	11:08	10	3	48	0.48	13	33.0
23	Театр ім. Матара	0.70	11:11	6	1	43	0.43	7	33.6
24	Базарна вул.	0.40	11:12	24	16	35	0.35	40	17.2
25	Автовокзал	1.00	11:15	0	5	40	0.40	5	35.0
26	ЗАЗ	0.50	11:17	0	0	40	0.40	0	20.0
27	Вокзал "Запоріжжя І"	0.60	11:19	12	8	36	0.36	20	24.0
28	На вимогу	0.70	11:21	0	0	36	0.36	0	25.2
29	Автозаводська вул.	0.50	11:23	11	3	28	0.28	14	18.0
30	На вимогу	0.20	11:23	2	0	26	0.26	2	5.6
31	Новокузнєцька вул.	0.60	11:26	15	6	17	0.17	21	15.6
32	Амстор	0.60	11:28	3	0	14	0.14	3	10.2
33	На вимогу	0.20	11:28	7	0	7	0.07	7	2.8
34	4-й Південний мкр.	0.50	11:30	7	0	0	0.00	7	3.5
ВСЬОГО		20.00		184	184	***	0.40	368	870.6

* Коефіцієнт використання пасажиромісткості
Місто: Запоріжжя
Маршрут: №18_п
Дата обстеження: 25.01.2017

Рисунок 1.3 – Порейсові показники 18-го маршруту з часом відправлення о 10:22

1.4 Процес здійснення безготівкової оплати проїзду

Сучасні термінали можуть сприймати оплату картами різними способами (через магнітну стрічку, звичайний чіп і безконтактний чіп). Так само є можливість оплачувати смартфоном через додатки Android Pay, Apple Pay та за допомогою інших додатків.

Процес оплати здійснюється наступним чином. Людина підходить до автобуса, прикладає свій смартфон (id-карту) до NFC приймача турнікету, який в свою чергу відсилає сигнал на бортовий комп'ютер, а бортовий комп'ютер на центральний сервер. Сервер визначає, чи достатньо коштів у пасажирів на проїзд по даному маршруту, та у разі позитивного результату, відзначає, на якій зупинці зайшов пасажир. Далі сервер надсилає сигнал на бортовий комп'ютер, а він, в свою чергу, на турнікет, який опускається та пропускає людину. Під час виходу з транспортного засобу алгоритм повторюється, та оплата з пасажирів здійснюється залежно від відстані, яку він проїхав. У разі виконання всіх цих операцій відбувається транзакція, яка складається з декількох фаз.

– Підготовка до безконтактної транзакції.

В даний момент термінал вже знає необхідну для оплати суму і може визначити можливість проведення транзакції за безконтактним інтерфейсом з урахуванням лімітів, що дозволені банком-еквайером. Термінал заповнює запис TTQ (Terminal Transaction Qualifier), який він пізніше віддає карті для прийняття рішення.

Якщо проведення безконтактної транзакції можливо, то термінал активує безконтактний зчитувач.

– Вибір програми.

Клієнт підносить безконтактну картку або телефон з NFC до зчитувача. Зчитувач запитує у карти список додатків, які підтримують безконтактну оплату. Якщо такий додаток є, то він автоматично вибирається для оплати за ідентифікатором AID (Application ID). У випадку, коли програму не буде знайдено, транзакція завершується. При цьому термінал пропонує використовувати інший інтерфейс для здійснення оплати.

– Ініціалізація обробки.

Термінал передає картці головну команду – Get Processing Option. На підставі аналізу запису TTQ, суми і валюти транзакції карта приймає рішення про спосіб аутентифікації клієнта з урахуванням правил управління ризиками, заданих емітентом карти.

Для здійснення безконтактної оплати реалізований механізм прискореної аутентифікації fDDA (Fast Dynamic Data Authentication). Перед відповіддю на команду Get Processing Option карта за допомогою сертифіката ключа емітента підписує випадкове число (unpredictable number), а також параметри переданої терміналом транзакції – код і суму валюти.

– Аутентифікація власника картки.

Термінал, на підставі отриманої від карти інформації, проводить аутентифікацію користувача картки. Можуть бути наступні варіанти:

1) без аутентифікації;

2) за підписом;

3) пін код;

4) CDCVM (Consumer Device CVM) – спосіб, розроблений для пристроїв клієнта, таких як телефон. У цьому випадку клієнт вводить окремий код доступу в платіжному додатку. Ознака проведення такої аутентифікації буде передана в термінал.

– Авторизація транзакції в режимі онлайн.

Термінал в разі необхідності формує запит авторизації і направляє його емітенту. Запит містить стандартні поля EMV-транзакції, криптограму транзакції, обрану програму та ознаку обслуговування карти з безконтактного інтерфейсу [5].

Оплата через NFC відбувається за допомогою токенів, зашифрованих цифрових ідентифікаторів, завдяки яким технологія не передає реквізити банківської картки на термінал під час оплати. Таким чином, для кожної транзакції створюється спеціальний код.

Під час здійснення безконтактної транзакції оплата може відбуватись і без підключення до мережі. Така можливість активується вручну в додатку програми, обраної користувачем. Також оплата без інтернету здійснюється автоматично, коли мережа стає недоступною. Однак кількість токенів в режимі офлайн обмежено. Є ймовірність, що вони закінчатся, і тоді для безконтактної оплати доведеться знову підключитися до інтернету. Оскільки під час оплати проїзду

важливо бути впевненим в наявності достатньої кількості токенів, аби транзакція пройшла успішно, необхідно мати безперебійний доступ до мережі інтернет.

Швидкість виконання транзакції залежить від апаратної частини та програмного забезпечення передавача та приймача, стандарту мобільного зв'язку (3G – 4G). Захищеність каналу між смартфоном або карткою та сервером банку-емітента забезпечується завдяки технології SSL (криптографічний протокол, необхідний для забезпечення встановлення безпечного з'єднання між клієнтом і сервером) [6]. Це означає, що SSL-сертифікат, який використовується на сервері, впроваджений безпосередньо в додаток, через який користувач здійснює оплату. Стандартне сховище сертифікатів Android не використовується, тому ризик підміни сертифіката істотно знижується. Крім того дані, що передаються в додаток, шифруються ключем, завантаженим з сервера.

По захищеному каналу зв'язку між процесінговою системою банку-емітента та телефоном в додаток завантажуються деталі банківської карти. Якщо в телефоні є чіп NFC і режим HCE підтримується, то додатково в додаток завантажуються ключ, яким буде підписана криптограма транзакції. Прийнятий ключ, так само як і деталі карти, зберігаються в захищеному сховищі в пам'яті смартфона. З метою безпеки ключ періодично змінюється.

Описані вище операції вимагають інтенсивного обміну і обчислень як на стороні карти, так і на стороні терміналу і займають по мірках онлайн-систем багато часу. При цьому карта весь час знаходиться в зчитувачі терміналу, а клієнт з чекає вердикт системи.

Платіжна система Visa запропонувала технологію безконтактного обслуговування карт, завдяки якій крім швидкості оплати, клієнти отримали ще одну цінну перевагу – дані для оплати записуються в телефон з NFC.

Наведені вимоги задають дуже жорсткі рамки для обробки безконтактної транзакції – 500 мілісекунд, що буде враховано в процесі моделювання.

Щоб проведення безконтактної транзакції стало можливим за такий короткий термін, розробники запропонували специфікації qVSDC (quick Visa Smart Debit/Credit).

2 ВИБІР СТАНДАРТУ БЕЗДРОВОГО ЗВ'ЯЗКУ

2.1 Огляд та класифікація бездротових технологій

Бездротові технології використовують для передачі інформаційних даних між двома або більше точками на відстані за відсутністю дротового зв'язку.

За дальністю дії бездротові технології поділяють на:

- персональні мережі (WPAN) – короткодіючі, радіусом до 10 м, пов'язують ПК та інші пристрої (КПК, мобільні телефони, принтери);
- локальні (WLAN) – бездротові мережі, що будуються на основі бездротових технологій та мають радіус дії до 100 м;
- міські (WMAN) – бездротові мережі масштабу міста, радіус дії яких складає декілька сотень метрів. Вони надають широкосмуговий доступ до мережі через радіоканал;
- глобальні (WWAN) – мережі стільникового зв'язку, радіус дії яких складає десятки кілометрів.

За топологією розрізняють:

- «точка-точка» – найпростіший вид мережі, при якому два вузла зв'язуються через комунікаційне обладнання;
- «точка-багатоточка» – мережі, що використовуються для об'єднання трьох і більше об'єктів [7].

За галуззю застосування:

- корпоративні (відомчі) бездротові мережі, створюються компаніями для власних потреб;
- операторські бездротові мережі, створюються операторами зв'язку для безоплатного надання послуг [8].

Оскільки для оцінки ефективності впровадження безготівкової оплати проїзду в міському транспорті буде моделюватися рух мобільних абонентів на зупинках та ділянці транспортної мережі в межах міста, то найоптимальнішим

варіантом буде використання локальних та міських бездротових технологій, а саме стандартів IEEE 802.11g та IEEE 802.16e.

2.2 Стандарт IEEE 802.11g

Специфікація 802.11g – це стандарт для безпроводних локальних мереж (WLAN), який пропонує передачу на відносно короткій відстані зі швидкістю до 54 Мбіт/с порівняно з теоретичним максимумом 11 Мбіт/с з більш раннім стандартом 802.11b.

Мережі, що використовують 802.11g, працюють на радіочастотах між 2,400 ГГц та 2,4835 ГГц, в тій же смузі, що і 802.11b. Але специфікація 802.11g використовує мультиплексування з ортогональним частотним розділенням (OFDM), схему модуляції, використовувану в 802.11a, зі швидкостями передачі 6, 9, 12, 18, 24, 36, 48 та 54 Мбіт/с для одержання більш високої швидкості передачі даних [9].

Стандарт G був спеціально розроблений для перехресної сумісності. Це означає, що пристрої можуть підключатися до бездротових мереж, навіть якщо на точці бездротового доступу встановлена інша версія Wi-Fi. Комп'ютери або термінали, налаштовані на 802.11g, можуть використовувати швидкість 11 Мбіт/с. Ця функція робить пристрої 802.11b та 802.11g сумісними в одній мережі.

У бездротовій локальній мережі є два типи обладнання: клієнт (комп'ютер, укомплектований бездротовою мережевою картою, або інший пристрій) і точка доступу, яка виконує роль моста між бездротовою й провідною мережею. Точка доступу містить прийомопередавач, інтерфейс провідної мережі, а також вбудований мікрокомп'ютер і програмне забезпечення для обробки даних.

Стандарт IEEE 802.11 працює на двох нижніх рівнях моделі ISO/OSI: фізичному і каналному (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 – Модель OSI для IEEE 802.11

Номер рівня	Модель OSI	Мережа	Функції
7	Прикладний	–	–
6	Представницький	–	–
5	Сеансовий	–	–
4	Транспортний	–	–
3	Мережевий	–	–
2	Канальний (передачі даних)	Підрівень LLC	–
		Підрівень MAC	
1	Фізичний	Підрівень PLCP	Бездротова передача, оцінка стану ефіру
		Підрівень PMD	

Головне призначення фізичних рівнів – забезпечення інтерфейсу з бездротовою середою передачі (з ефіром), а також оцінка стану ефіру та взаємодія з рівнем MAC.

Фізичний рівень складається з таких підрівнів:

- PLCP (Physical Layer Convergence Protocol) – це підрівень, що виконує процедуру відображення PDU рівня MAC (елементу протоколу даних) у фрейм формату FHSS або DSSS. Ця процедура виконує передачу, виявлення несучої та прийом сигналу;
- PMD (Physical Medium Dependent) – це підрівень, який залежить від середовища передачі даних, та забезпечує дані і сервіс для підрівня PLCP, а також функції прийому і радіопередачі, результатом яких є інформація про час, потік даних та параметри прийому.

Зазвичай рівень PLCP знаходиться в стані виявлення несучої та оцінки зайнятості каналу. Для виконання передачі PLCP перемикає PMD з режиму «прийом» в режим «передача» та надсилає елемент даних PPDU [10].

Передача сигналів по радіоканалу виконується одним з двох методів – прямої послідовності (Direct Sequence Spread Spectrum, DSSS) і частотних стрибків (Frequency Hopping Spread Spectrum, FHSS). Вони використовують різні способи модуляції та спеціальні технології розширення спектру.

Технологія розширення спектру (Spread Spectrum, SS) забезпечує перехід від вузькосмугового спектру сигналу, що виникає при звичайному потенційному кодуванні, до широкосмугового спектру, що дозволяє значно підвищити завадостійкість переданих даних.

Метод FHSS передбачає зміну несучої частоти сигналу при передачі інформації. З метою підвищення завадостійкості необхідно збільшити спектр сигналу, для чого несуча частота міняється по заданому закону, і кожний пакет даних передається на своїй несучій частоті. Цей метод використовується, коли пропускна здатність каналу не перевищує 2 Мбіт/с.

В основі методу DSSS лежить принцип фазової маніпуляції (тобто передачі інформації стрибкоподібною зміною початкової фази сигналу).

У бездротових мережах в діапазоні 2,4 ГГц використовується досить вузький «коридор» шириною 83 МГц, розділений на 14 каналів. Для виключення взаємних перешкод між каналами необхідно, щоб їхні смуги були віддалені одна від одної на 25 МГц. В одній зоні можуть одночасно використовуватися тільки три канали. В таких умовах неможливо вирішити проблему віддалення від перешкод автоматичною зміною частоти, і тому в бездротових локальних мережах використовується кодування з високою надмірністю. У ситуації, коли ця міра не дозволяє забезпечити задану вірогідність передачі, швидкість із максимального значення 11 Мбіт/с послідовно знижується до одного з наступних фіксованих значень: 5,5; 2; 1 Мбіт/с. Зниження швидкості відбувається не тільки при високому рівні перешкод, але і при рознесені елементів бездротової мережі [11].

Канальний рівень IEEE 802.11.

У бездротових мережах Wi-Fi канальний рівень містить у собі підрівні керування логічним з'єднанням (Logical Link Control, LLC) і керування доступом до середовища передачі (Media Access Control, MAC).

Протокол 802.11g не відрізняється від будь-яких інших протоколів сімейства 802 за виключенням MAC-підрівня.

MAC-підрівень передбачає два режими функціонування бездротових мереж, а саме Ad Hoc та Infrastructure Mode.

В режимі Ad Hoc (точка-точка) вузли мережі безпосередньо взаємодіють один з одним. В цьому режимі достатньо, щоб кожна станція була обладнана лише бездротовим адаптером. Така конфігурація не потребує створення мережевої архітектури. До недоліків режиму Ad Hoc відносяться неможливість підключення до зовнішньої мережі та обмежений діапазон дії мережі.

В режимі Infrastructure Mode станції взаємодіють між собою через точку доступу (Access Point), яка виконує роль комутатору. Розрізняють два режими взаємодії з точками доступу – BSS (Basic Service Set) та ESS (Extended Service Set). Режим BSS передбачає з'єднання вузлів між собою лише через точку доступу, що може також виконувати роль моста для зовнішньої мережі. ESS – це розширений режим, в якому існує інфраструктура декількох BSS, при цьому точки доступу взаємодіють одна з одною, що дає можливість передавати трафік від однієї BSS до іншої. З'єднання точок доступу між собою відбувається завдяки сегментам кабельної мережі або радіомостів [12].

В даній роботі в якості режиму функціонування обрано Infrastructure Mode.

На MAC-рівні окрім режимів функціонування бездротових мереж також визначаються правила колективного доступу до мережі передачі даних: функція централізованої координації (PCF) та функція розподіленої координації (DCF).

Основою функції DCF є метод колективного доступу з виявленням несучої та механізмом уникнення колізій (CSMA/CA). При такій організації, кожен вузол, перш ніж почати передачу, «прослуховує» середовище з метою виявлення несучого сигналу, та у разі, якщо середовище вільне, може почати передачу даних.

Проте, в такому випадку виникає велика ймовірність появи колізій: коли декілька вузлів мережі одночасно вирішують, що середовище вільне, і можна передавати дані. Для запобігання таких ситуацій використовується механізм уникнення колізій, який полягає в тому, що кожен вузол мережі, вдосконалившись, що середовище вільне, очікує протягом певного проміжку

часу. Цей проміжок випадковий та складається з обов'язкового проміжку DIFS (DCF Interface Space) та обраного випадковим чином проміжку зворотного відліку, що значно знижує ймовірність виникнення колізій.

Розглянутий механізм розподіленої координації DCF є базовим для протоколів IEEE 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.

Однак для мереж в режимі Infrastructure більш природним є дещо інший механізм регламентування колективного доступу, відомий як функція централізованої координації (Point Coordination Function, PCF). Механізм PCF є опціональним і застосовується тільки в мережах з точкою доступу.

У разі задіяння механізму PCF один з вузлів мережі (точка доступу) є центральним і називається центром координації (Point Coordinator, PC). 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. Тобто центр координації опитує всі вузли мережі, внесені в його список, і на підставі цього опитування організовує передачу даних між усіма вузлами мережі. Важливо, що такий підхід повністю виключає конкуруючий доступ до середовища, як у випадку механізму DCF, і унеможливорює виникнення колізій, а для часозалежних додатків гарантує пріоритетний доступ до середовища. Таким чином, PCF може використовуватися для організації пріоритетного доступу до середовища передачі даних [13].

Однією зі специфічних для бездротових мереж проблемою є те, що дві клієнтські станції мають поганий зв'язок одна з одною, але при цьому якість зв'язку кожної з них з точкою доступу досить гарна. У такому випадку застосовується режим примусового очищення ефіру (Request to Send/Clear to Send – RTS/CTS).

2.3 Стандарт IEEE 802.16e

WiMAX на відміну від Wi-Fi заснований на стандарті IEEE 802.16. Стандарт IEEE 802.16 (робоча група широкосмугового бездротового доступу) подібний до стандарту IEEE 802.11 в архітектурі, але відрізняється тим, що він забезпечує стандарти для широкосмугових бездротових міських мереж (WMAN). Він використовує засіб управління доступом до середовища (mac), а також специфікації фізичного рівня, що дозволяють використовувати кілька фізичних рівнів. Популярні версії 802.16a, 802.16d і 802.16e.

WiMAX забезпечує зв'язок як під час прямій видимості, так і поза нею. Для зв'язку з прямою видимістю, за допомогою сильних антен, можлива зона покриття до 9300 квадратних кілометрів. Нелінійний зв'язок з перешкодами подібний до Wi-Fi-з'єднання, і охоплює радіус близько 50 км.

Діапазон робочої частоти.

Більш високий частотний діапазон був встановлений вихідним стандартом 802.16a, тоді як нижній діапазон був запроваджений пізніше стандартом 802.16d, що дозволяє зменшити затухання і поліпшити характеристики. У той час як діапазон частот від 2,5 до 3,5 ГГц ліцензується, частотний спектр 5,8 ГГц не має ліцензії.

Пропускна здатність каналу.

Мережі WiMAX мають діапазон ширини смуги частот від 1,25 МГц до 20 МГц [14].

На фізичному рівні в стандарті WiMAX застосовують дві принципово різні технології. Дані можна передавати шляхом модуляції однієї несучої частоти (SC – Single Carrier) або безлічі піднесучих – технологія OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing). У режимі SC до радіоканалів пред'являють ті ж вимоги, що і в радіорелейних мережах: використання тільки прямих променів і застосування вузькоспрямованих антен, придушення всіх відображених променів з метою усунення міжсимвольної інтерференції. У зв'язку з цим технологію SC неможливо

використовувати в мережах масового користування з багатопроменевим поширенням радіохвиль в каналах зв'язку.

Перехід до технології OFDM стався в 2004 р. при появі нового стандарту WiMAX: 802.16. Дана технологія дозволяє усунути міжсимвольну інтерференцію. У наступній версії стандарту були істотно змінені параметри OFDM. Зокрема, перейшли до масштабованої OFDM: число використовуваних піднесучих стало залежати від робочої смуги (SOFDMA), а абоненту стали виділяти певну кількість підканалів (SOFDMA – Scalable OFDM Access). Також з'явилася можливість реалізації хендвера. Даному варіанту стандарту WiMAX дали назву мобільного WiMAX або стандарту 802.16e. Варіант 802.16e є базовим в діючих мережах WiMAX. Останні кілька років його постійно вдосконалювали. Наприклад, він був доповнений стандартами 802.16i і 802.16j. Останній дозволяє розширювати існуючі мережі, застосовуючи ретранслятори [15].

Канальний рівень.

У Wi-Fi мережах всі призначені для користувача станції, які хочуть передати інформацію через точку доступу (AP), змагаються за «увагу» останньої. Такий підхід може викликати ситуацію, при якій зв'язок для більш віддалених станцій буде постійно обриватися на користь більш близьких станцій. Такий стан речей робить скрутним використання таких сервісів, як Voice over IP (VoIP), які дуже сильно залежать від безперервного з'єднання.

Що ж стосується мереж 802.16, в них MAC використовує алгоритм планування. Будь-якій станції користувача варто лише підключитися до точки доступу, і для неї буде створений виділений слот на точці доступу, недоступний іншим користувачам.

Кожна зі специфікацій WiMAX визначає свої робочі діапазони частот, ширину смуги пропускання, потужність випромінювання, методи передачі та доступу, способи кодування і модуляції сигналу, принципи повторного використання радіочастот та інші показники. А тому WiMAX-системи, засновані на версіях стандарту IEEE 802.16 e і d, практично несумісні.

802.16-2004 (фіксований WiMAX) – специфікація, затверджена в 2004 році. В ній використовується ортогональне частотне мультиплексування (OFDM), підтримується фіксований доступ в зонах з наявністю або відсутністю прямої видимості. Користувацькі пристрої представляють собою стаціонарні модеми для встановлення зовні або всередині приміщень.

802.16-2005 (відомий також як 802.16e і мобільний WiMAX) – специфікація, затверджена в 2005 році. Це – новий виток розвитку технології фіксованого доступу (802.16d). Оптимізована для підтримки мобільних користувачів версія підтримує ряд специфічних функцій, таких як хендовер, idle mode і роумінг. Застосовується масштабований OFDM-доступ (SOFDMA), можлива робота при наявності або відсутності прямої видимості. Плановані частотні діапазони для мереж Mobile WiMAX наступні: 2,3-2,5; 2,5-2,7; 3,4-3,8 ГГц. Конкурентами 802.16e є всі мобільні технології третього покоління (наприклад, EV-DO, HSDPA).

Основна відмінність двох технологій полягає в тому, що фіксований WiMAX дозволяє обслуговувати тільки «статичних» абонентів, а мобільний орієнтований на роботу з користувачами, що пересуваються зі швидкістю до 150 км/ч. Мобільність означає наявність функцій роумінгу і «безшовного» перемикання між базовими станціями при пересуванні абонента (як відбувається в мережах стільникового зв'язку). В окремому випадку мобільний WiMAX може застосовуватися і для обслуговування фіксованих користувачів. Оскільки в даній роботі буде проводитись моделювання мобільних абонентів в русі, доцільним буде використання саме стандарту 802.16e.

В загальному вигляді мережі WiMAX складаються з наступних складових: абонентських та базових станцій, а також обладнання, що пов'язує базові станції між собою, з постачальником сервісів та інтернетом.

Для з'єднання базової станції з абонентською використовується високочастотний діапазон радіохвиль від 1,5 до 11 ГГц. В ідеальних умовах швидкість обміну даними може досягати 70 Мбіт/с. При цьому забезпечення прямої видимості між базовою станцією та приймачем не є необхідною умовою.

WiMAX застосовується для вирішення проблеми «останньої милі», а також для надання доступу в мережу офісним та районним мережам.

Між базовими станціями встановлюються з'єднання, що використовують діапазон частот від 10 до 66 ГГц, швидкість обміну даними може досягати 140 Мбіт/с. При цьому, хоча б одна БС підключається до мережі провайдера з використанням класичних дротових з'єднань. Однак, чим більше кількість БС, підключених до мереж провайдера, тим вище швидкість передачі даних та надійність мережі в цілому.

З ВИЗНАЧЕННЯ СЦЕНАРІЇВ МОДЕЛЮВАННЯ ТА ВИБІР ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

3.1 QoS в стандартах Wi-Fi та WiMAX

Забезпечення необхідної якості обслуговування (QoS) з кінця в кінець в гібридних мережах є важкою задачею через різну швидкість передачі біт, характеристики каналу, виділення полоси пропускання, реалізовані в кожній підмережі.

До типових показників, що впливають на якість інформації, яка передається з кінця в кінець, відносять:

– середня пропускна здатність – середня кількість біт успішної доставки повідомлень по каналу зв'язку на одиницю часу (секунди). Даний параметр можна обчислити за формулою 3.1:

$$\text{Середня пропускна здатність} = \sum_{tn}^{tn+1} \text{Packet Size (біт/с)} \quad (3.1)$$

де *Packet Size* – це розмір поданих даних у кадрі n між початковим часом t_n фрейму n та початковим часом t_{n+1} наступного фрейму $n+1$;

– затримка (час, необхідний для транспортування пакету від однієї до іншої точки в мережі, від BS до SS). Вона показує, скільки часу необхідно, щоб передати біти від вихідного вузла до вузла призначення. Значення середньої затримки може бути розраховано за наступною формулою 3.2:

$$\text{Середня затримка} = \frac{\sum_{tn}^{tn+1} \text{час доставки} - \sum_{tn}^{tn+1} \text{час доставки отримання}}{\sum_{tn}^{tn+1} \text{отримані пакети}} \quad (3.2)$$

де час доставки отримання – це час, коли пакет прибув на MAC-рівень вихідного вузла;

час доставки – час, необхідний для транспортування пакету, доставленого на MAC-рівень призначення;

отримані пакети – це загальна кількість пакетів, отриманих між початковим часом t_n фрейму n та початковим часом t_{n+1} наступного фрейму $n+1$;

– середнє навантаження (біт/сек.) – це кількість бітів в секунду, що надсилаються до MAC-рівня верхнім рівнем [16].

Для забезпечення QoS в Wi-Fi мережах, стандарт класифікував чотири пріоритетних класи, представлені в табл. 3.1. Ці класи гарантують послідовний механізм QoS через дротові та бездротові мережі.

Таблиця 3.1 – Класи QoS для IEEE 802.11g

Класи QoS	Опис	Додаток
Real Time Polling Service (rtPS) – послуга передачі даних в режимі реального часу з опитуванням на передачу	Двонаправлені голосові виклики зі швидкістю 64 Кбіт/с на 20 мс.	Voice (голос)
	VBR потік у низхідній лінії зв'язку з середньою швидкістю 1 Мбіт/с та піковою швидкістю 5 Мбіт/с	Video (відео)
Best Effort (BE)	Час запиту інтернет-сторінки експоненціально розподілений з середнім часом 15 секунд	Web
	Завантаження FTP-файлу розміром 20 Мб	Ftp

Протокол WiMAX підтримує п'ять різних класів обслуговування, характеристика яких надана в табл. 3.2 [17].

Таблиця 3.2 – Класи QoS для IEEE 802.16e

Класи QoS	Технічні характеристики QoS	Додатки
Unsolicited Grant Service (UGS) – послуга передачі даних з постійною швидкістю	Максимальна швидкість передачі пакетів Допустима максимальна затримка пакетів Стабільність затримки пакетів	VoIP без придушення пауз
Real-time Polling Service (rtPS) – послуга передачі даних в режимі реального часу з опитуванням на передачу	Пріоритет трафіку Мінімальна резервована швидкість передачі пакетів Максимальна швидкість передачі пакетів, що підтримується Допустима максимальна затримка пакетів	Потокове аудіо/відео Передача кодованих даних MPEG
Extended Real-time Polling Service (ertPS) – розширена послуга передачі даних в реальному часі з опитуванням на передачу	Пріоритет трафіку Мінімальна резервована швидкість передачі пакетів Максимальна швидкість передачі пакетів, що підтримується Допустима максимальна затримка пакетів Стабільність затримки пакетів	VoIP (VoIP with Activity Detection)
Non-real-time Polling Service (nrtPS) – послуга передачі даних без підтримки реального масштабу часу з опитуванням на передачу	Пріоритет трафіку Мінімальна резервована швидкість передачі пакетів Максимальна швидкість передачі пакетів, що підтримується	File Transfer Protocol
Best Effort Service (BE)	Пріоритет трафіку Максимальна швидкість передачі пакетів, що підтримується	Data transfer, web browsing

Послуга передачі даних з постійною швидкістю (UGS) – послуга, розроблена для підтримки передачі потоків даних в реальному масштабі часу, які на періодичній основі генерують пакети даних фіксованої довжини, такі як T1/E1 та VoIP. Послуга UGS пропонує трафік фіксованого розміру на основі періодичної передачі даних в реальному часі і не потрібна абонентській станції для точного запиту необхідної пропускної здатності каналу зв'язку. Таким чином виключаються накладання та затримки пакетів, що виникають під час запиту необхідної пропускної здатності.

Клас послуг передачі даних в реальному часі з опитуванням на передачу (rtPS) розроблений для підтримки передачі потоків даних в реальному масштабі часу, які на періодичній основі генерують пакети відеоданих MPEG (Motion Pictures Experts Group). При використанні цього класу послуг базові станції мережі надають можливість односпрямованої передачі даних з опитуванням мобільної станції про необхідну пропускну здатність (ширина полоси каналу). Зазвичай можливостей односпрямованої передачі даних з опитуванням достатньо, аби гарантувати задовільнення потреб до затримки пакетів для передачі потоків даних в реальному масштабі часу. Цей вид послуг надає більше необхідних витрат, ніж клас послуг передачі даних з постійною швидкістю UGS, та є більш ефективним для послуг з змінюваною величиною пакетів або пакетів, що мають робочий цикл менше, ніж 100%.

Розширений клас послуг передачі даних в реальному часі з опитуванням на передачу (ertPS) представляє новий клас часової пріоритезації даних, визначений лише в стандарті IEEE 802.16e та побудований на підвищенні ефективності UGS та rtPS. Даний клас розроблений для підтримки трафіку VoIP. В цьому випадку розподілені канали лінії «вгору» UL періодично надаються для використання лише визначеним абонентським станціям та можуть бути використані або для передачі даних, або для запиту додаткової пропускну здатності каналу. Ця властивість дозволяє послугам класу ertPS пристосовувати потоки даних, у яких змінюються в часі вимоги до пропускну здатності. Варто відзначити, що у випадку користування класом послуг UGS, на відміну від ertPS, абонентським станціям дозволено запитувати додаткову пропускну здатність протягом розподілу каналів в лінії, але лише для з'єднань, що не входять в клас послуг UGS.

Клас послуг передачі даних без підтримки реального масштабу часу з опитуванням на передачу (nrtPS) близький до класу послуг rtPS за виключенням того, що абонентська станція також може використовувати односпрямоване опитування лише в лінії «вгору» UL для запиту необхідної пропускну здатності. В класі послуг nrtPS є допустимою можливістю односпрямованої передачі даних з

опитуванням, однак, середня тривалість між двома такими передачами складає кілька секунд, що незрівнянно більше, ніж для послуг класу rtPS. Всі абонентські станції, що належать до однієї групи абонентів, можуть також запитувати ресурси мережі протягом односпрямованої передачі даних з опитуванням, в результаті чого можуть виникати конфліктні ситуації, що призводять до додаткових запитів.

Клас послуг передачі даних без гарантованої необхідної якості («за можливістю» – BE) надає досить слабку підтримку QoS та придатний лише для послуг, що не мають дуже жорстких вимог до QoS, як наприклад звичайний інтернет-трафік. Дані будуть передані тоді, коли будуть доступні ресурси для їх передачі і не знадобиться визначати клас пріоритету. Абонентська станція може запросити можливість односпрямованої передачі даних з опитуванням для необхідної пропускну здатності [18].

Для управління якістю в сучасних мережах зв'язку використовується дві множини, що перетинаються: параметри якості функціонування мережі (Network Performances) та параметри якості послуг (Quality of Service). Для управління QoS в мережі WiMAX використовується службовий потік даних (Service Flow).

Службовий потік даних в мережі WiMAX є транспортною службою MAC рівня, що надається для передачі трафіку в лініях «вгору» (UL) та лінії «вниз» (DL) і є ключовим в елементах архітектури мережі WiMAX, що підтримують QoS.

3.2 Вплив джерел завад на бездротові мережі

В бездротових мережах як середовище поширення сигналу використовуються радіохвилі (радіоефір), та робота пристроїв і передача даних в мережі відбувається без використання кабельних з'єднань.

У зв'язку з цим на роботу бездротових мереж впливає велика кількість різного роду завад, таких як:

- інші Wi-Fi/WiMAX пристрої;
- у деяких випадках на точці доступу рекомендується знизити потужність сигналу до рівня 50-75%;

– Bluetooth-пристрої, що працюють в зоні покриття обраного Wi-Fi або WiMAX пристрою;

- великі відстані між пристроями;
- перешкоди.

Wi-Fi-пристрої (мобільні телефони, точки доступу, бездротові камери тощо) схильні до дії навіть невеликих перешкод, що працюють в радіусі дії обраного пристрою і використовують той же частотний діапазон.

У смузі частот 2,4 ГГц для бездротових мереж доступні 11 або 13 каналів шириною 20 МГц (802.11g) з інтервалами 5 МГц між ними. Бездротовий пристрій, що використовує один з частотних каналів, створює значні перешкоди на сусідні канали. Наприклад, якщо точка доступу використовує канал 6, то вона надає сильні перешкоди на канали 5 і 7, а також, вже в меншому ступені на канали 4 і 8. Для виключення взаємних перешкод між каналами необхідно, щоб їх несучі частоти відстояли одна від одної на 25 МГц (5 міжканальних інтервалів).

Використання занадто великої випромінюваної потужності сигналу не завжди означає, що мережа буде працювати стабільно і швидко.

Якщо радіоефір, в якому працює обрана точка доступу, сильно завантажений, то може позначатися вплив міжканальних перешкод. Наявність таких перешкод впливає на продуктивність мережі, тому що різко збільшує рівень шуму, що призводить до низької стабільності зв'язку через постійне перепосилання пакетів. У цьому випадку необхідно знизити потужність передавача в точці доступу, або за можливістю збільшити відстань між точкою доступу і адаптером; використовувати антену з більш низьким коефіцієнтом посилення сигналу (наприклад, з коефіцієнтом посилення 2 дБі замість 5 дБі).

Необхідно пам'ятати, що бездротові пристрої мають обмежений радіус дії. У приміщенні (в даній роботі мається на увазі салон автобуса) дальність дії бездротової точки доступу може бути обмежена кількома десятками метрів.

Різні перешкоди, розташовані між Wi-Fi або WiMAX пристроями, можуть частково або значно відбивати/поглинати радіосигнали, що призводить до часткової або повної втрати сигналу. У містах з багатоповерховою забудовою

основною перешкодою для радіосигналу є будівлі, наявність яких впливає на якість сигналу та може значно погіршувати роботу стільникових пристроїв. Поза приміщеннями впливати на якість сигналу, що передається, може ландшафт місцевості (наприклад, дерева, ліси, пагорби). Атмосферні перешкоди (дощ, гроза, снігопад) також можуть бути причиною зменшення продуктивності бездротової мережі.

Моделювання руху мобільних абонентів в транспортному засобі та поза його межами відбувається в межах міста, що не виключає можливість впливу на них інших пристроїв або перешкод. Враховуючи це, слід дослідити вплив сторонніх завад на мережу та якість передачі даних [19].

3.3 Визначення сценаріїв моделювання руху мобільних абонентів

Для стандартів IEEE 802.11g 802.16e на основі досліджень пасажиропотоку були змодельовані наступні сценарії:

- автобус стоїть на зуп. Сталеварів, пасажиропотік ще ні змінився;
- автобус стоїть на зуп. Сталеварів, частина пасажирів починає виходити з транспорту, а нові пасажирів заходять;
- автобус з пасажирами прямолінійно рухається від зуп. Сталеварів до зуп. ТЦ «Україна», зупиняється, відбувається зміна пасажиропотоку;
- автобус з пасажирами прямолінійно рухається від зуп. ТЦ «Україна» до зуп. Фестивальна, зупиняється, відбувається зміна пасажиропотоку;
- моделювання сценарію 2 під впливом джерела завад;
- моделювання сценарію 3 під впливом джерела завад.

3.4 Аналіз та вибір програмного забезпечення для моделювання обраних сценаріїв.

В даний час існують різні програмні забезпечення для моделювання та дослідження бездротових мереж зв'язку. Враховуючи, що в даній роботі досліджується поведінка мобільних абонентів на зупинках під час здійснення безготівкової оплати проїзду та протягом руху транспорту, а також основні показники QoS, для моделювання були розглянуті такі пакети:

- OPNET 14.5;
- OMNeT++;
- Cisco Packet Tracer.

OPNET 14.5 – це комплексна інженерна система, здатна моделювати великі мережі зв'язку з докладним моделюванням протоколів і аналізом продуктивності.

OPNET modeler дозволяє створювати віртуальні мережі, що моделюють поведінку реальних мереж, які містять маршрутизатори, комутатори, протоколи, сервери та індивідуальні додатки. Середовище віртуальної мережі дозволяє більш ефективно виявляти проблеми, перевіряти правильність змін до того як вони будуть здійснені, та планувати такі прогнози як зростання трафіку, відмови мереж. Результатом спостереження є час відклику, час затримки та інші характеристики продуктивності мережі, що змінюються залежно від різного підходу до проекту мережі.

Завдяки великій бібліотеці моделей, програмний пакет дозволяє моделювати будь-які архітектури мереж, змінювати конфігурацію обраних елементів, зокрема з використанням C/C ++.

Симулятор OMNeT++ представляє систему моделювання на основі дискретних подій, що може бути використана для таких задач як:

- моделювання провідних та безпроводних комунікаційних систем;
- протоколи моделювання;
- моделювання мереж масового обслуговування.

Програма OMNeT++ підходить для моделювання будь-якої мережі, основою якої є дискретна подія. Процес зручно відображається у вигляді об'єктів, які обмінюються повідомленнями. OMNeT++ використовує мову C++ для імітаційних моделей. Симулятор має графічні інструменти для створення моделей і оцінки результатів в режимі реального часу [20].

Cisco Packet Tracer – це програмний продукт від компанії Cisco для можливості створення мережових топологій з широкої безлічі комутаторів і маршрутизаторів компанії Cisco, робочих станцій і мережних з'єднань типу Ethernet, Serial, ISDN, Frame Relay.

Packet Tracer здатний моделювати велику кількість пристроїв різного призначення, а також чимало різних типів зв'язків, що дозволяє проектувати мережі високого рівня складності та будь-якого розміру.

Режим симуляції дозволяє простежити переміщення даних по мережі, появу і зміну параметрів пакетів при проходженні даних через мережові пристрої, швидкість і шляхи переміщення пакетів. Аналіз подій, що відбуваються в мережі, дозволяє зрозуміти механізм її роботи і виявити несправності.

До особливостей Packet Tracer відноситься:

- робочий простір призначений для створення різноманітних за розміром та складністю мереж;
- моделювання в режимі симуляції/реального часу;
- графічний інтерфейс для взаємодії з користувачем під час налаштування мережових пристроїв;
- зображення мережевого обладнання з підтримкою додавання, видалення, переміщення різних компонентів;
- можливість підтримання QoS.

Проте мінусом даного програмного забезпечення є відсутність привласнення елементам мережі траєкторій руху [21].

Для порівняння розглянутих вище систем моделювання, складемо таблицю 3.3, що включає в себе найбільш важливі параметри, яким повинні відповідати дані мережові симулятори, необхідні для успішного виконання поставленої задачі.

Таблиця 3.3 – Порівняльні характеристики програмних пакетів OPNET 14.5, OMNeT++ та Cisco Packet Tracer

Середовище моделювання	OPNET 14.5	OMNeT++	Cisco Packet Tracer
Доступність	+	-	+
Підтримка стандартів 802.11g та 802.16e	+	+	+
Можливість побудови траєкторій	+	–	–
Багатомовність програмного інтерфейсу	–	+	–
Підтримка QoS	+	+	+
Прив'язка до відстані	+	–	–

Таким чином, для вирішення поставлених завдань відповідно до таблиці найоптимальнішим програмним забезпеченням є OPNET modeler 14.5, яке і було обрано в якості середовища моделювання.

4 МОДЕЛЮВАННЯ СЦЕНАРІЇВ В ПРОГРАМНОМУ ПАКЕТІ OPNET MODELER

4.1 Створення простору моделювання та налаштування параметрів для 802.11g

Простір моделювання необхідно задавати враховуючи довжину та ширину проспекту. Загальна довжина між обраними для моделювання зупинками (Сталеварів, ТЦ «Україна» та Фестивальна) складає 1100 м, ширина проспекту – близько 20-25 м (рис. 4.1), тому щоб охопити вказану відстань та врахувати прилеглу територію (тротуари, зупинки тощо), оптимальним для моделювання буде простір з параметрами 1300 м * 200 м (рис. 4.2).

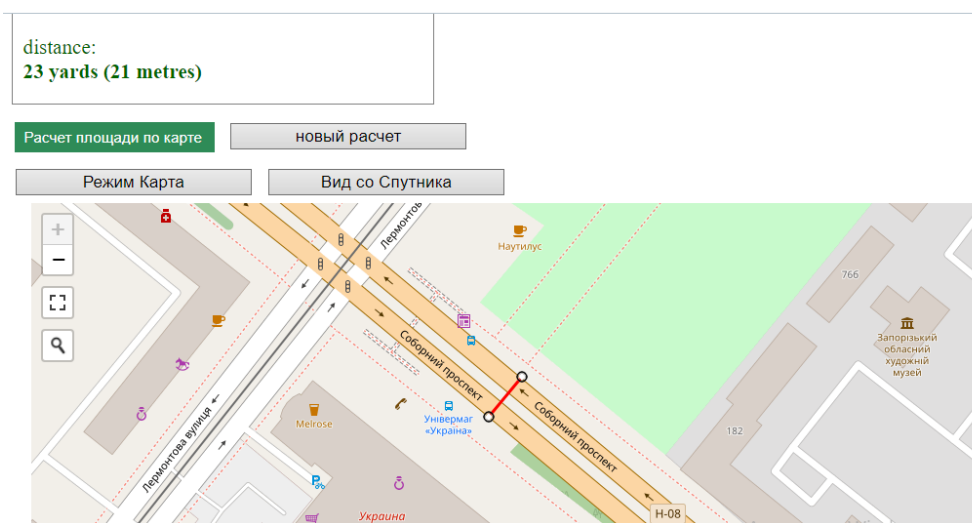


Рисунок 4.1 – Визначення ширини проспекту на мапі

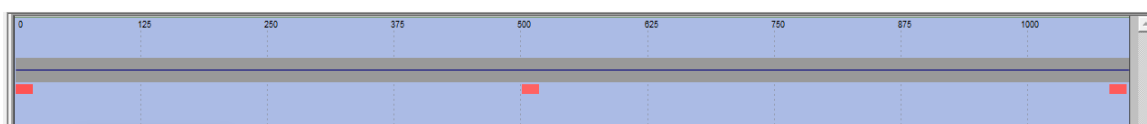


Рисунок 4.2 – Побудований простір моделювання

Простір моделювання побудовано за допомогою Open Annotation Palette. По центру сірим кольором зображено дорогу. Синя лінія поверх неї розділяє дорогу на 2 полоси руху транспорту. Рожевим кольором зображені зупинки.

Під час налаштування параметрів дороги необхідно задати ширину, довжину, у разі потреби координати і колір (рис. 4.3).

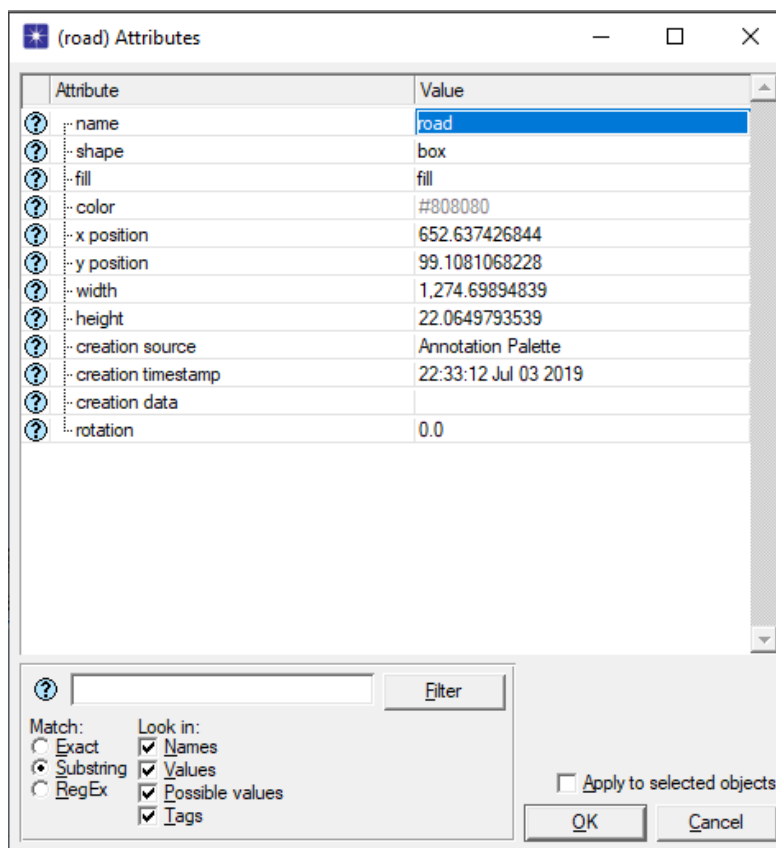


Рисунок 4.3 – Параметри налаштування дороги

Налаштування параметрів зупинок відбувається аналогічним чином.

Далі на простір моделювання слід додати мобільні станції (wlan_wkstn_adv), роутери (wlan_ethernet_router_adv), сервер (ethernet_server_adv), хмару (ehernet4_slip8_clod_adv) та пристрої Application Definition і Profile Definition. Роутер, що знаходиться на зупинці, з'єднується з сервером за допомогою 100BaseT.

Налаштування профілю Application Definition. В ньому необхідно вказати трафік, який будуть генерувати мобільні станції. В якості трафіку МС оберемо наступні додатки (рис. 4.4):

- database (дані);
- video (відео);
- ftp (завантаження файлів);
- http (web-пошук);
- voice (голос);

– custom (додатки користувачів); в даному випадку це додатки, що використовуються для здійснення безготівкової оплати проїзду.

Також додатково для кожного типу трафіку слід обрати тип послуги (ToS), призначений пакетам, що надсилаються від цього клієнту. Даний атрибут дозволяє швидше обробляти пакети в ір-чергах. Для http в даному атрибуті буде обрано значення Standard, для ftp, http, custom – BE (best effort); для video – Streaming Multimedia; voice – Interactive Voice. Інші параметри залишимо незмінними (рис. 4.5).

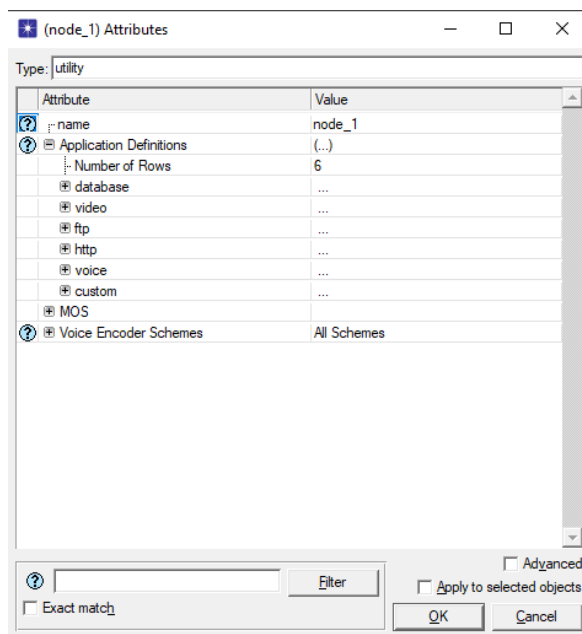


Рисунок 4.4 – Налаштування додатків профілю користувачів

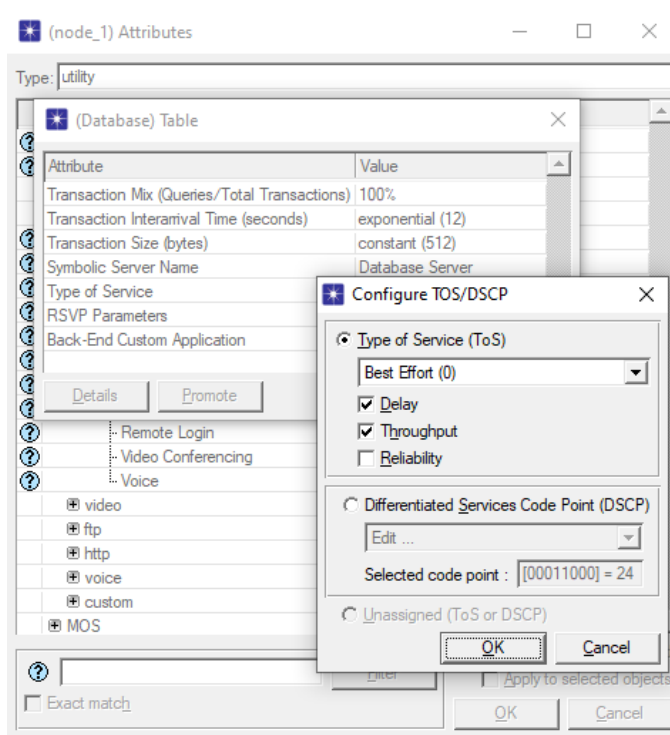


Рисунок 4.5 – Додаткові параметри налаштування профілю на прикладі трафіку Database

Для інших типів трафіку налаштування проводяться аналогічним чином, відрізнятися буде лише Type of Service (ToS).

Далі необхідно налаштувати вузол Profile Definition (рис. 4.6). Профіль описує активність користувача протягом певного періоду часу та складається з безлічі різних додатків. Профілі, створені на цьому об'єкті, будуть посилатися окремими робочими станціями для отримання трафіку. Вкажемо назву профілю – Internet User, та оберемо програми, які будуть генеруватися в даному профілі (всі, що були задані в Application Definition). Параметр Operation Mode визначає спосіб запуску програм. Він може бути:

- Serial (Ordered) (послідовний (упорядкований)) – програми можуть починатись одна за одною впорядкованим чином;
- Serial (Random) (послідовний (випадковий)) – програми можуть починатись одна за одною випадковим чином;
- Simultaneous (Одночасно) – програми можуть розпочатися всі одночасно.

Оберемо значення цього параметру Simultaneous.

Також необхідно вказати в секундах початок генерації трафіку Start Time (constant 1) та тривалість Duration (constant 30).

При зміні пасажиропотоку для здійснення транзакції одним абонентом затрачується 500 мс, проте необхідно враховувати затримку, що виникає між переходом від завершення транзакції одним абонентом до початку транзакції іншого (цей параметр був обраний рівним в 2 с.). Таким чином, час транзакції разом з затримкою для одного абонента буде складати 2.5 с., і для 1-го та 2-го сценарію, де згідно даним рис. 1.3, в автобус буде заходити 12 пасажирів, загальний час генерації трафіку і, відповідно, тривалість симуляції, буде дорівнювати 30 с. Для сценаріїв 3 та 4 загальна тривалість симуляції буде дорівнювати сумі часу, що затрачується на рух автобусу від зупинки до зупинки та часу, необхідного для зміни пасажиропотоку. Експериментальним чином було визначено, що на рух від зуп. Сталеварів до зуп. ТЦ «Україна» транспортним засобом було затрачено 95 с., а від зуп. ТЦ «Україна» до зуп. Фестивальна – 103 с. Таким чином, враховуючи ще час, необхідний на здійснення безконтактної транзакції та зміну пасажиропотоку, для сценарію 3 загальний час моделювання складатиме 125 с., а для сценарію 4 – 126 с.

Repeatability вказує параметри, які використовуються для повторного виконання профілю. Inter-repetition Time (seconds) – визначає, коли розпочнеться наступний сеанс профілів та вимірюється в секундах. Цей параметр встановимо рівним 2.5 с.

Number of repetitions – вказує ім'я розповсюдження та аргументи, які використовуватимуться для генерації випадкової кількості разів повторення трафіку (Constant 0 в даному випадку).

Repetition Pattern визначає, коли розпочнеться наступний сеанс профілю. Він має два значення:

- Serial (послідовно) – час початку наступного сеансу профілю обчислюється додаванням часу повторення до часу, коли завершився попередній сеанс профілю;

– Concurrent (паралельно) – час початку наступного сеансу профілю обчислюється шляхом додавання часу повторення до часу, коли розпочався попередній сеанс профілів.

Встановимо цей атрибут в значення Serial.

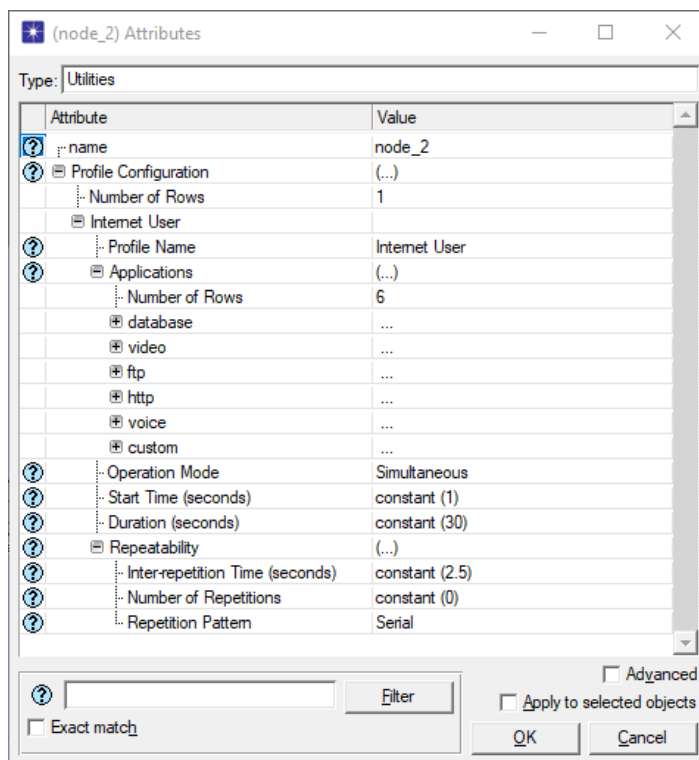


Рисунок 4.6 – Налаштування Profile Config

Далі слід налаштувати роутери.

Для мобільного роутеру, що знаходиться в автобусі, слід задати унікальну MAC-адресу (0); BSS Identifier – атрибут, що ідентифікує BSS, до якого належить MAC WLAN (0); Access Point Functionality – точка доступу (Enabled); Physical Characteristics – Extended Rate PHY (802.11g); Data Rate (bps) – 54 Mbps; Channel Settings – Channel 1; Transmit Power (W) – 0.05; PCF functionality – Enabled (рис. 4.7). Також слід налаштувати IP QoS Parametres (рис. 4.8).

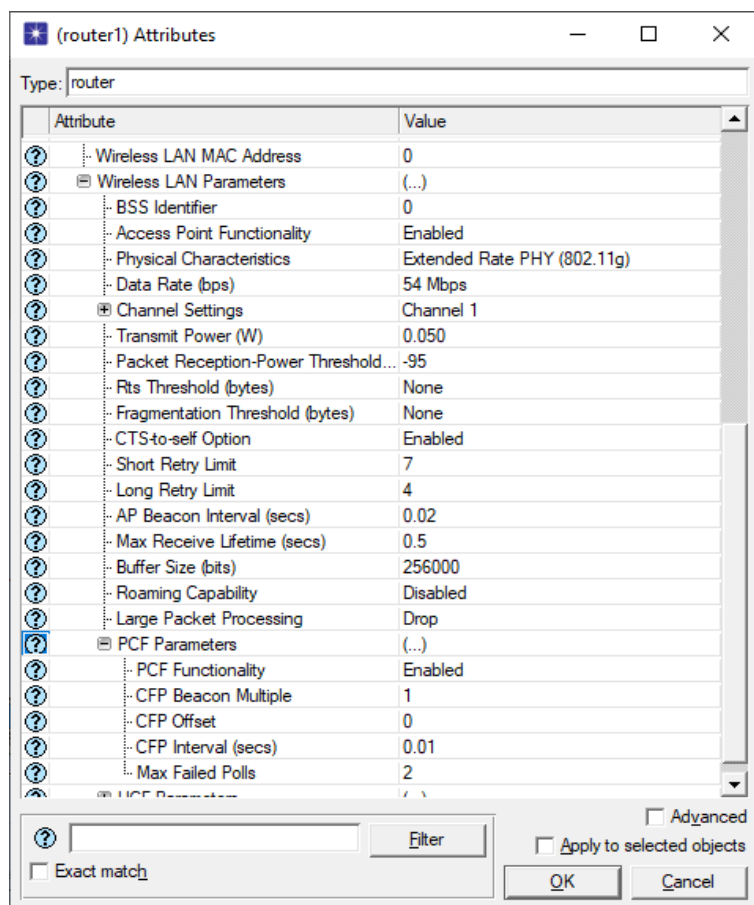


Рисунок 4.7 – Налаштування мобільного роутеру 1, що знаходиться в автобусі

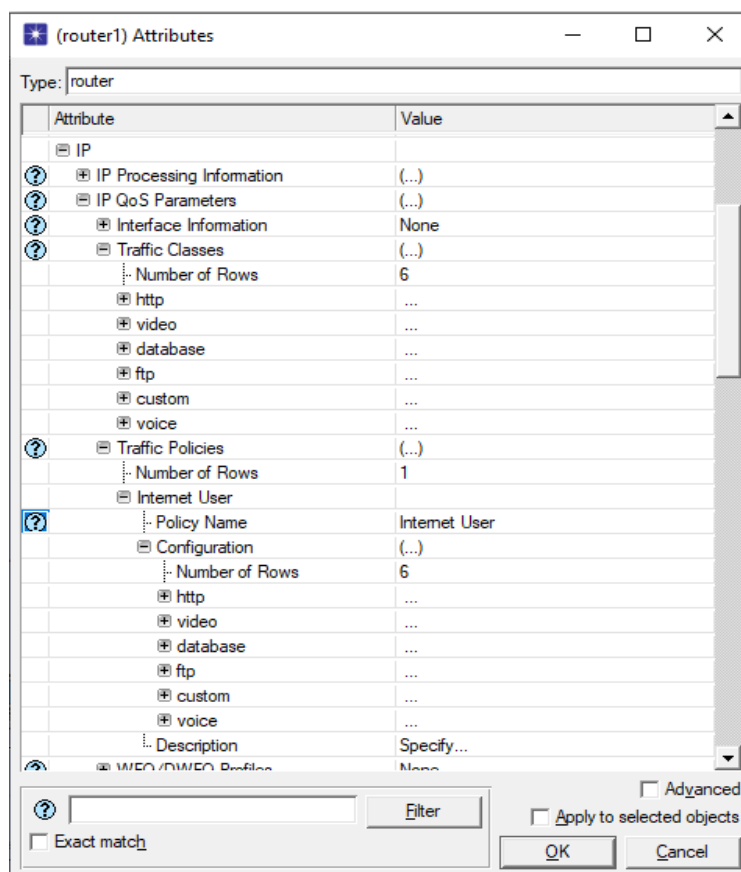


Рисунок 4.8 – Налаштування IP QoS Parametres для роутеру 1

Налаштування роутеру 2 відбувається таким же чином за виключенням MAC-адреси, BSS ідентифікатора, точки доступу та режиму PCF (рис. 4.9).

Потім треба налаштувати MC. При налаштуванні MC в автобусі необхідно вказати унікальну MAC-адресу, Access Point Functionality – Disabled; Physical Characteristics – Extended Rate PHY (802.11g); Transmit Power (W) – 0.05; PCF Functionality – Enabled (рис. 4.10).

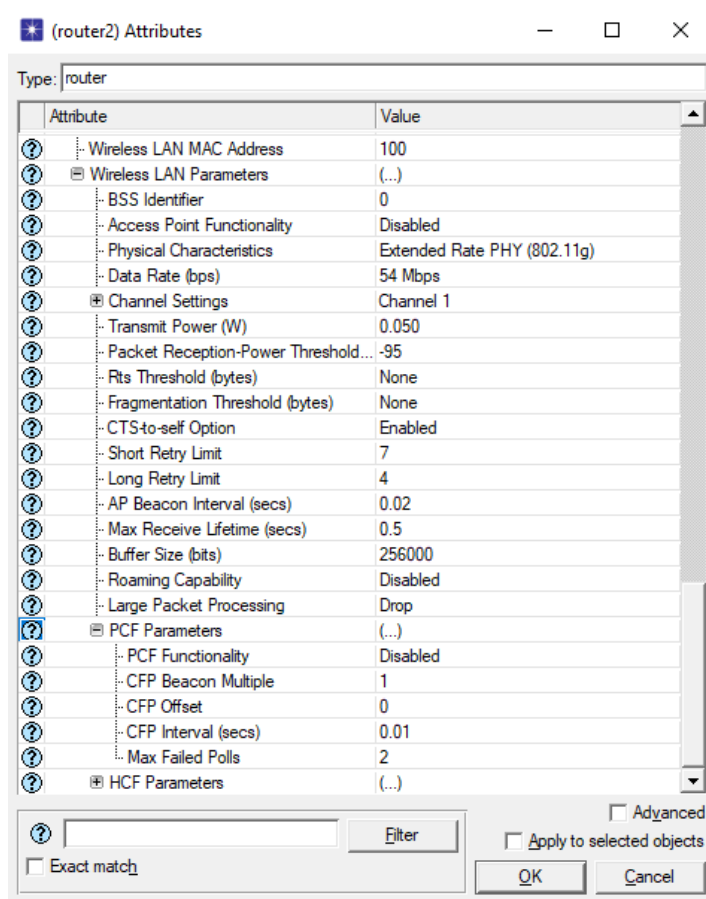


Рисунок 4.9 – Налаштування параметрів для роутеру 2

Також необхідно налаштувати додатки, що генерують МС (рис. 4.11), та атрибут IP QoS Parameters (рис. 4.12). При налаштуванні додатків, що генеруються МС, необхідно задати назву профілю користувача (Internet User) та початковий і кінцевий час дії додатків – 1 та 30 сек. відповідно.

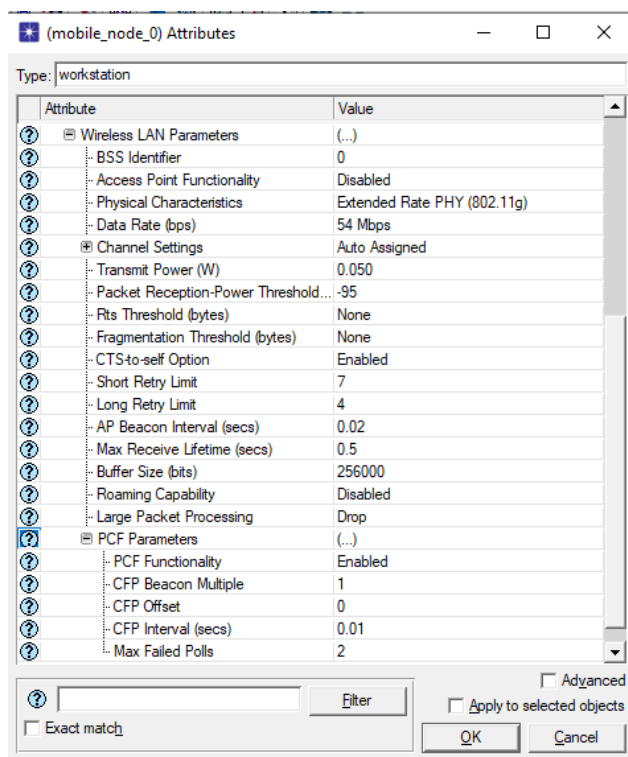


Рисунок 4.10 – Налаштування параметрів МС

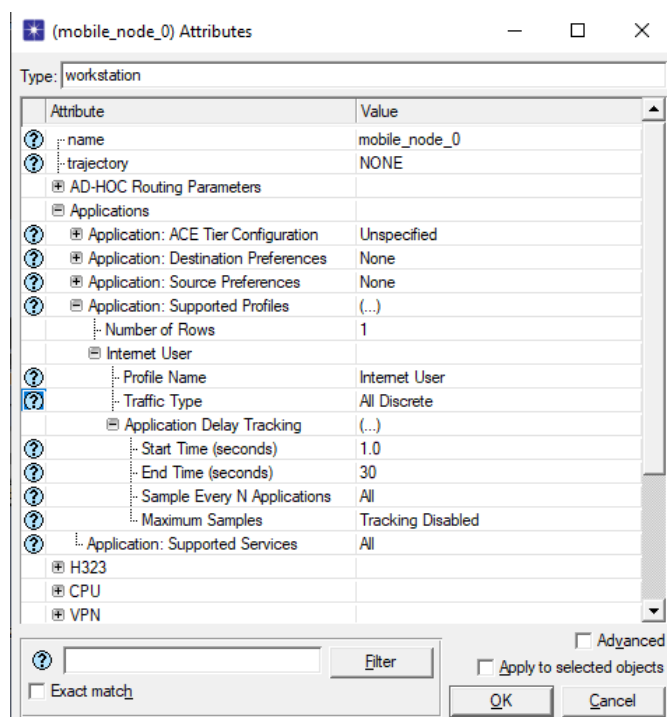


Рисунок 4.11 – Налаштування додатків, що генеруються МС

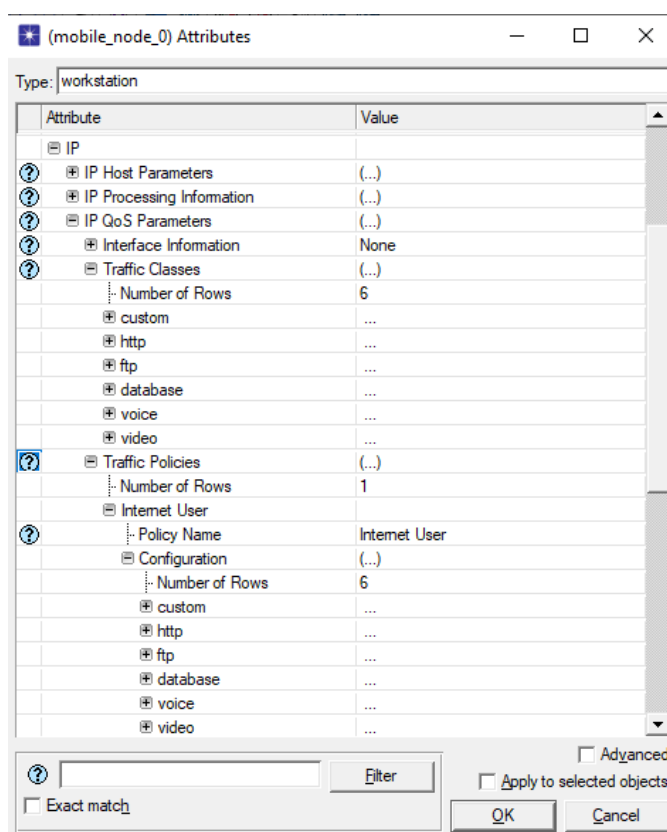


Рисунок 4.12 – Налаштування IP QoS Parametres в МС

МС на зупинці налаштовуються аналогічно за виключенням параметру PCF Functionality, якому надається значення Disabled.

На сервері теж необхідно налаштувати Applications аналогічно до МС.

4.2 Створення простору моделювання та налаштування параметрів для 802.16e

Простір моделювання буде мати такі ж параметри, як і у випадку 802.11g, тобто 1300 м * 200 м.

На простір моделювання слід додати мобільні станції (wimax_ss_wkstn_adv), роутер (wimax_ss_wlan_router_adv), сервер (ethernet_server_adv), базову станцію (wimax_bs_ethernet4_slip4_router_adv), хмару

(ethernet4_slip8_cloud_adv) та пристрої WIMAX_Config, Application Config і Profile Config. Для з'єднання базової станції з хмарою використовується ТЗ.

Налаштування Application Config і Profile Config аналогічні, як і у випадку 802.11g.

Далі необхідно налаштувати WIMAX_Config, а саме параметр MAC Service Class Definitions, як представлено на рис. 4.13.

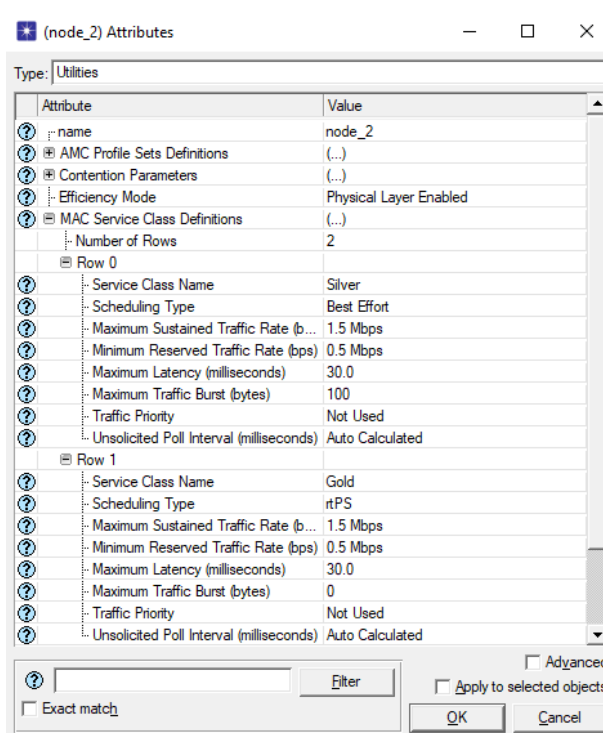


Рисунок 4.13 – Налаштування WIMAX_Config

Атрибут MAC Service Class Definitions дозволяє конфігурувати параметри, що складають клас обслуговування. Клас обслуговування групує вимоги QoS до потоку послуг. На будь-яке визначення класу обслуговування може посилатися будь-який потік обслуговування (висхідна/низхідна лінія), визначений у мережі.

Параметр Efficiency Mode встановимо у «Physical Layer Enabled». Коли даний параметр встановлено у "Physical Layer Enabled", моделювання враховує ефекти фізичного рівня (також створюється моделювання кадрів за кадром).

Service Class Name – клас обслуговування, що посиляється на імена у визначенні потоку послуг.

Профілі QoS є основним механізмом реалізації розширеної функції QoS. В пакеті OPNET підтримуються наступні профілі QoS та відповідні типи трафіку:

- Gold: трафік відео-додатків;
- Silver: трафік «за можливістю»;
- Bronze: фоновий трафік.

Scheduling Type – це атрибут, який вказує запит/механізм надання пропускної здатності для будь-якого з'єднання цього класу.

Оскільки серед всього трафіку, що передається з носіїв мобільних абонентів, під час здійснення безготівкової оплати найбільший пріоритет мають саме додатки, що використовуються для безготівкового розрахування, слід задати типи профілів враховуючи це. Оберемо профілі Silver та Gold, та згідно даним табл. 3.2 встановимо атрибут Scheduling Type для профілю Silver в значення BE, для профілю Gold – rtPS. Спочатку необхідно вказати саме профіль Silver, оскільки він має перевагу перед профілем Gold.

Далі необхідно налаштувати базову станцію (рис. 4.14).

Для WiMAX BS необхідно вказати MAC-адресу (1).

Antenna Gain (dBi) – атрибут, що може бути використаний для обходу обчислень посилення антени на цьому вузлі та використання заданого значення посилення для всіх напрямків. Встановимо цей параметр в значення 15 dBi.

Classifier Definitions – атрибут, який дозволяє відображати трафік більш високого рівня до класу обслуговування WiMAX. Цей атрибут може мати нуль або більше визначень відображення. Якщо немає нульових рядків, увесь трафік буде зіставлений на клас обслуговування за замовчуванням (SYSTEM_DEFAULT). Для даного атрибуту встановимо два типи трафіку –Silver та Gold.

Також у параметрах WiMAX BS треба налаштувати атрибут IP QoS (рис. 4.15).

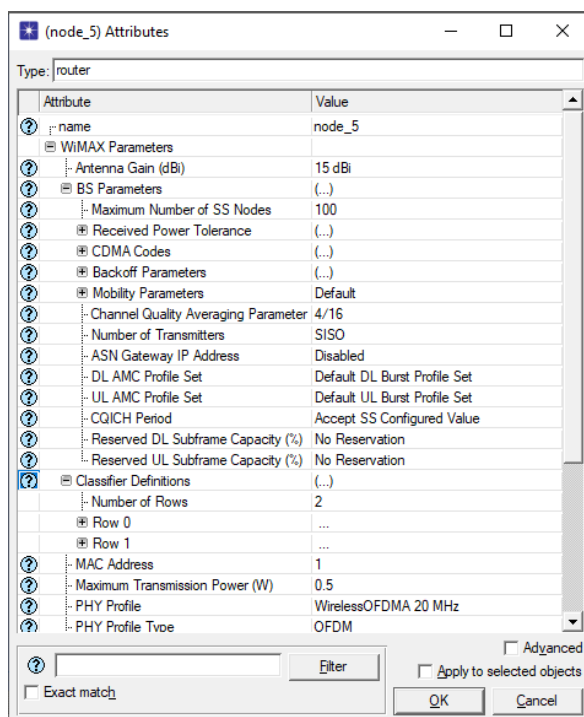


Рисунок 4.14 – Налаштування базової станції WiMAX

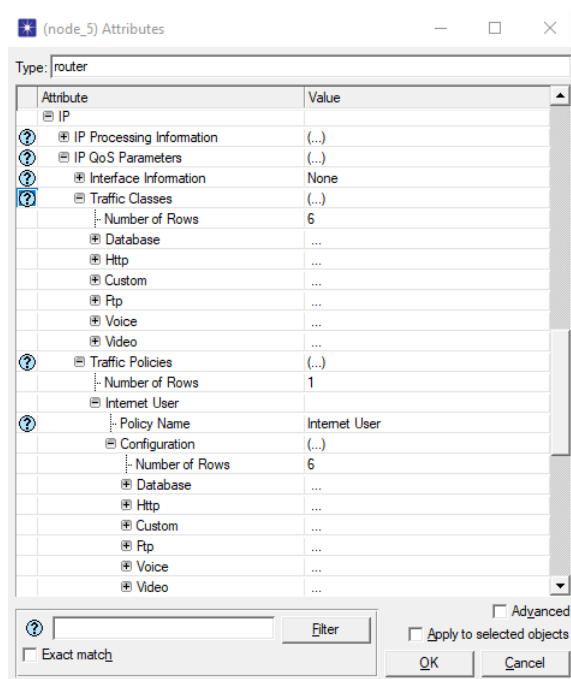


Рисунок 4.15 – Налаштування IP QoS Parametres в WiMAX BS

Traffic Classes (класи трафіку) використовуються для класифікації пакетів для обробки QoS. На класи трафіку, визначені тут, посилаються у визначеннях Traffic Policies.

Далі слід налаштувати сервер. Налаштування атрибуту WiMAX Parameters представлено на рис. 4.16, SS Parameters – на рис. 4.17 та Application: Supported Profiles – на рис. 4.18.

Атрибути Antenna Gain та Classifier Definitions налаштовуються аналогічно до налаштувань цих атрибутів в WiMAX BS.

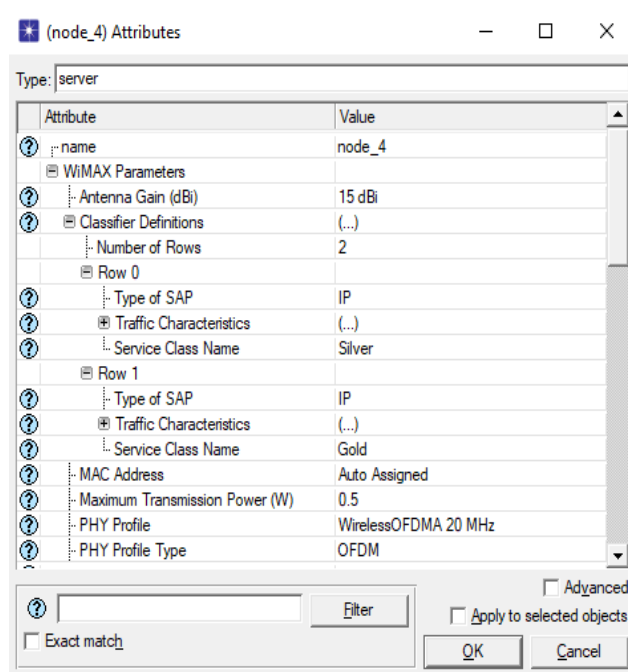


Рисунок 4.16 – Налаштування на сервері атрибуту WiMAX Parameters

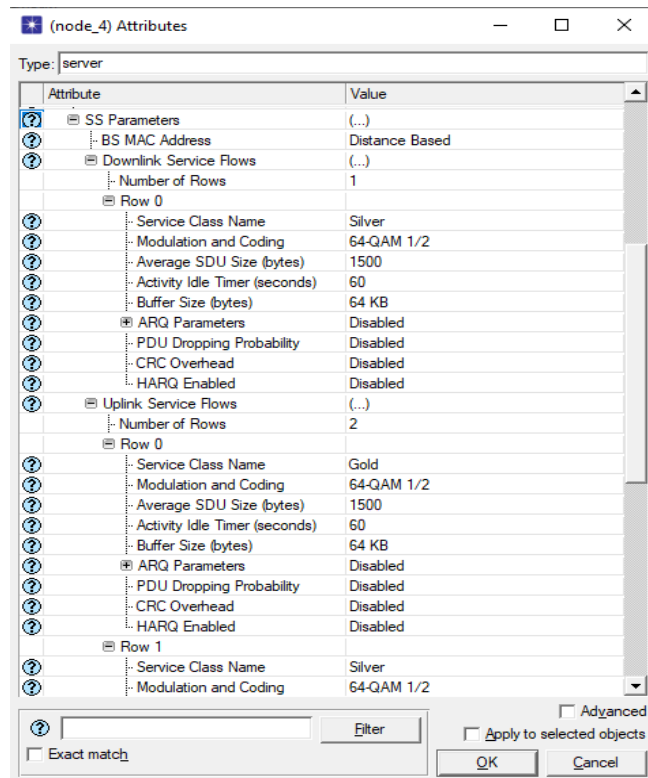


Рисунок 4.17 – Налаштування SS Parameters на сервері

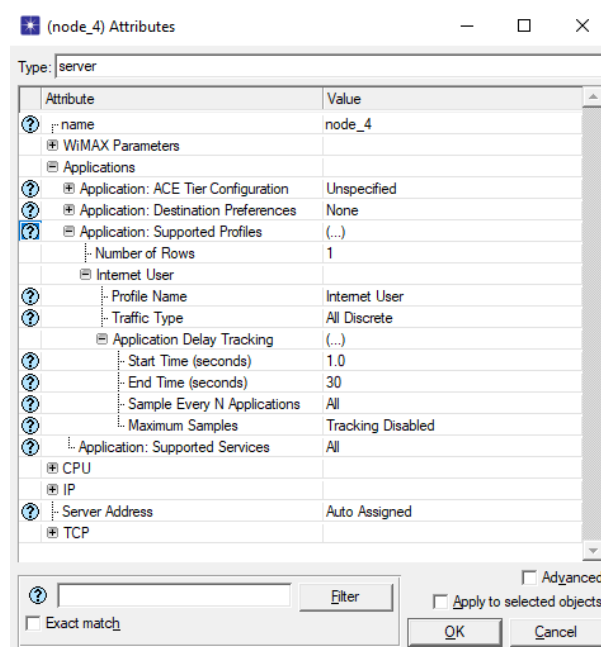


Рисунок 4.18 – Налаштування атрибуту Application: Supported Profiles

Атрибут `Application: Supported Profiles` вказує імена всіх профілів, які увімкнені на цьому вузлі. В даному випадку це профіль `Internet User`.

Атрибут `Application: Supported Services` вказує параметри для запуску та налаштування служб для різних програм на цьому сервері. Клієнти можуть надсилати трафік на цей сервер лише для тих програм, які підтримуються цим атрибутом. Встановимо це значення в «All». Також треба задати `Start Time` та `End Time` – час початку та закінчення симуляції, відповідно. Для сценаріїв 1 та 2 час початку становить 1 с., час закінчення – 30 с. Для сценаріїв 3 та 4 початковий час лишається незмінним, а кінцевий час дорівнюватиме 125 с. та 126 с. відповідно, згідно п. 4.1.

В параметрах роутера слід налаштувати атрибути `WiMAX Parametres`. Вони встановлюються аналогічно до `WiMAX BS`, окрім `MAC Address (0)`, `SS Parametres`, в яких необхідно вказати `BS MAC Address` (атрибут, що використовується `MAC SS` для ідентифікації обслуговуючого `BS MAC`), та трафіку у нисхідній/висхідній лініях зв'язку. `BS MAC Address` присвоєно значення 0.

Мобільні станції налаштовуються також, як і сервер. Додатково змінити необхідно лише їхні `MAC`-адреси та параметр `BS MAC Adress`, який в даному випадку буде встановлений в значення 0.

4.3 Моделювання сценаріїв руху мобільних абонентів

Сценарій 1. Автобус стоїть на зуп. Сталеварів, пасажиропотік ще не змінився. 46 пасажирів знаходяться в транспорті, 12 очікують на автобус на зупинці, та ще 6 просто знаходяться поряд з зупинкою. Час моделювання – 30 секунд.

Простір моделювання для випадку 802.11g зображено на рис. 4.19, а для 802.16e – на рис. 4.20.

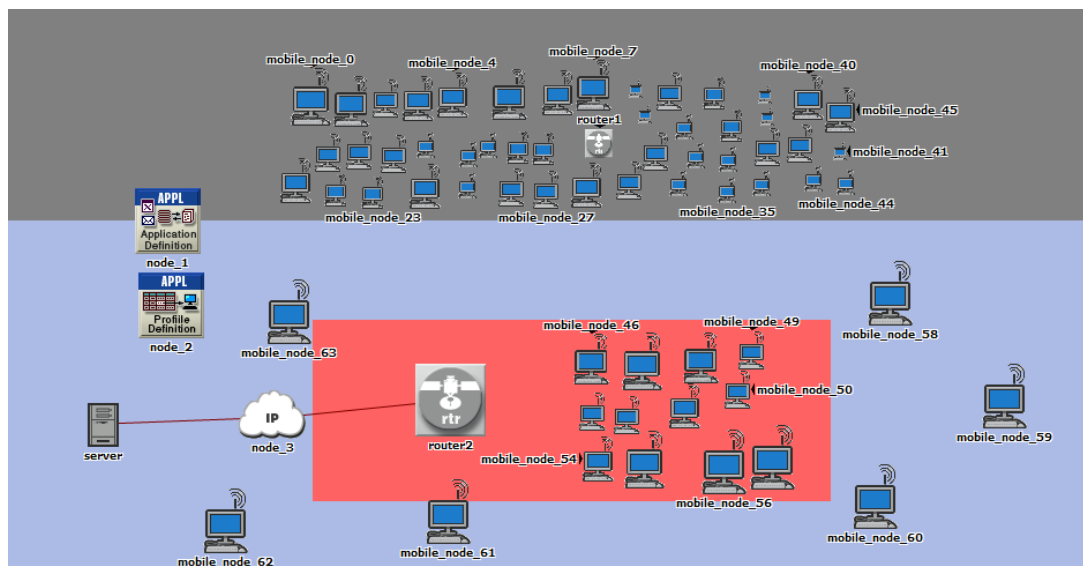


Рисунок 4.19 – Простір моделювання сценарію 1 для IEEE 802.11g

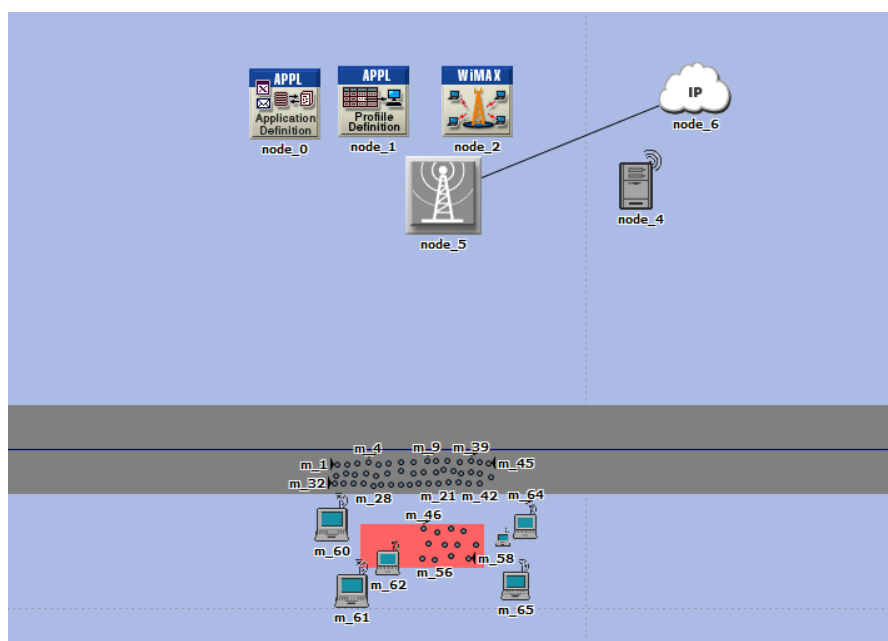


Рисунок 4.20 – Простір моделювання сценарію 1 для IEEE 802.16e

Вікно налаштування симуляції представлено на рис. 4.21. В ньому необхідно вказати тривалість моделювання в секундах та натиснути «Run».

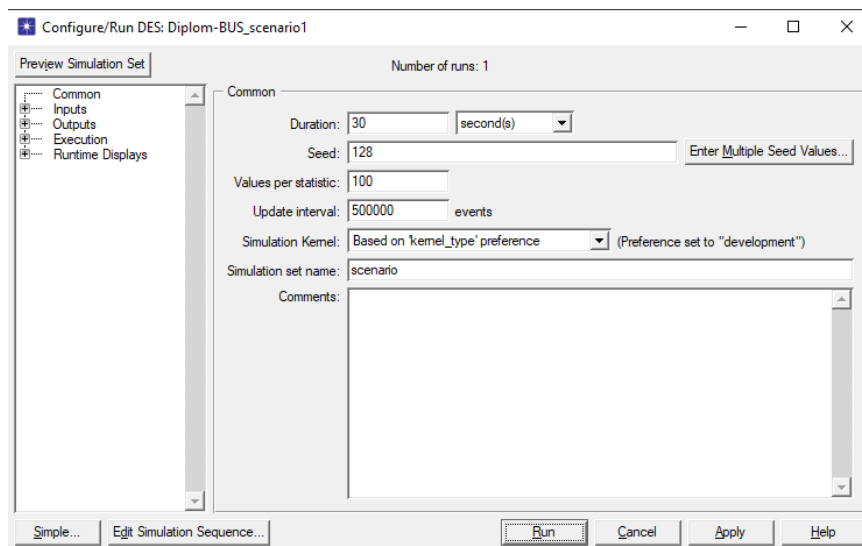


Рисунок 4.21 – Вікно запуску моделювання

Результати симуляції для випадку 802.11g зображені на рис. 4.22.

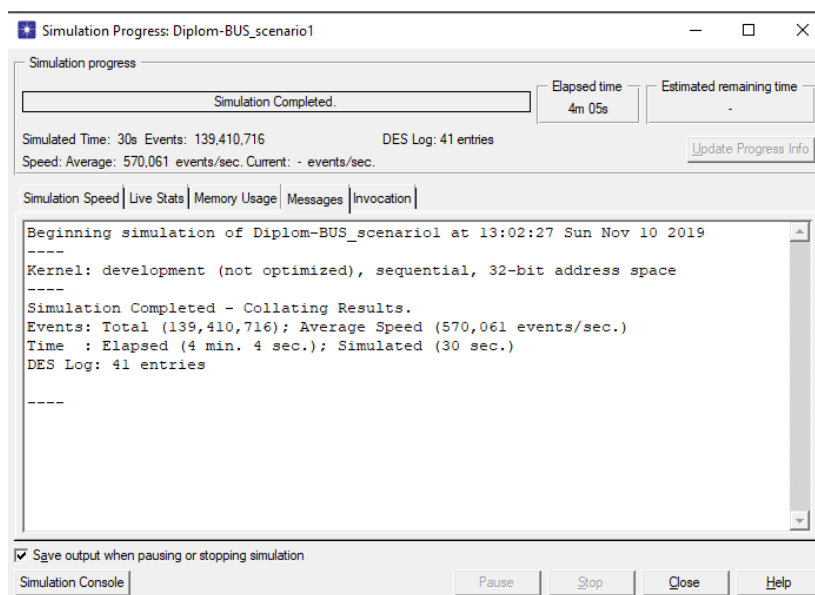


Рисунок 4.22 – Результат симуляції 1-го сценарію

Сценарій 2. Автобус стоїть на зуп. Сталеварів, частина пасажирів починає виходити з транспорту, а нові пасажери заходять. 4 випадковим чином обрані

пасажирів виходять з автобусу, та 12 нових пасажирів заходять в нього. Швидкість руху пасажирів під час входу в транспорт та виходу з нього обираємо 5 км/год. Для даного сценарію необхідно задати траєкторію руху МС.

Простір моделювання сценарію 2 для IEEE 802.11g зображений на рис. 4.23.

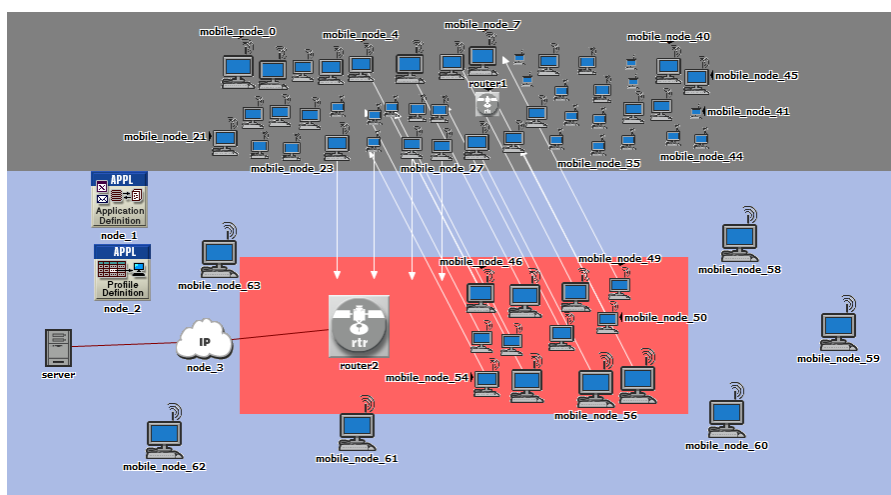


Рисунок 4.23 – Простір моделювання сценарію 2 для IEEE 802.11g

Для 802.11b простір виглядає аналогічно до рис. 4.21, але з додаванням траєкторій для пасажирів, що виходять та заходять в автобус.

Мобільним абонентам, що виходять з транспорту, необхідно присвоїти траєкторію руху `BUS_trajectory1`, параметри якої представлені на рис. 4.24. Для МС, що заходять в автобус, присвоюється `BUS_trajectory2` (рис. 4.25).

Edit Trajectory Information

Trajectory name: BUS_trajectory1

	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	0.000	0.000	0.000
2	0.000000	6.090463	6.090828	0.000000	04.39s	4.994756	00.00s	04.39s	0.000	0.000	0.000

☒ Coordinates are relative to object's position

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

Insert Delete Redefine... OK Cancel

Рисунок 4.24 – Налаштування траєкторії BUS_trajectory1

Edit Trajectory Information

Trajectory name: BUS_trajectory2

	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	0.000	0.000	0.000
2	-5.237798	-10.150772	11.422409	0.000000	08.24s	4.990000	22.00s	30.24s	0.000	0.000	0.000

☒ Coordinates are relative to object's position

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

Insert Delete Redefine... OK Cancel

Рисунок 4.25 – Налаштування траєкторії BUS_trajectory2

Задати необхідну траєкторію МС можна в параметрах (Edit Attributes) за допомогою атрибуту trajectory (рис. 4.26).

Тривалість симуляції 30 с.

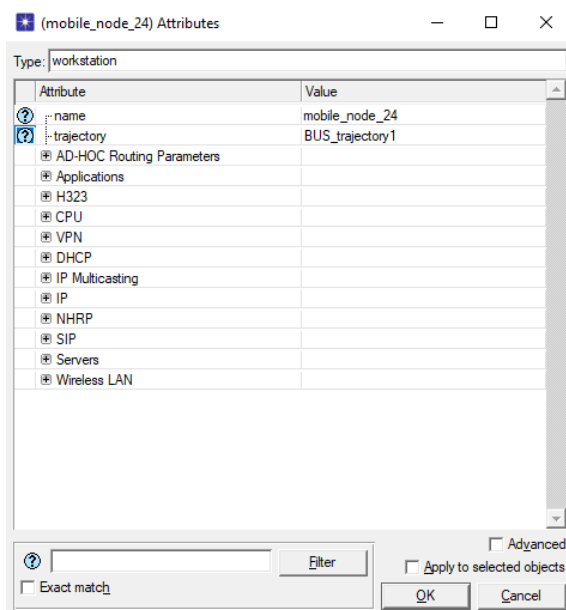


Рисунок 4.26 – Налаштування траєкторії МС

Сценарій 3. Автобус з 54 пасажирями рухається прямолінійно від зуп. Сталеварів до зуп. ТЦ «Україна», та робить зупинку на зуп. ТЦ «Україна», де відбувається зміна пасажирів (4 пасажирі виходять, 13 заходять).

Оскільки в даному сценарії швидкість руху мобільних абонентів дорівнюватиме швидкості руху автобусу, слід визначити швидкість руху транспортного засобу за формулою 4.1:

$$v = \frac{S}{t} = \frac{500}{95} = 5,26 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}} \right) \approx 19 \left(\frac{\text{км}}{\text{год}} \right), \quad (4.1)$$

де 500 – це відстань між зупинками Сталеварів та ТЦ «Україна»;

95 – час, що був затрачений на поїздку між зупинками Сталеварів та ТЦ «Україна».

Роутеру 1 та мобільним станціям, що прямують до наступної зупинки без виходу на ній, присвоюється траєкторія BUS_trajectory3. Мобільним станціям, які будуть виходити на зуп. ТЦ «Україна», присвоюється траєкторія BUS_trajectory4.

Новим МС, що будуть заходити в транспорт, присвоюється траєкторія BUS_trajectory5. Довжина маршруту складає 500 м. Загальний час моделювання дорівнюватиме сумі тривалості поїздки та часу, що затрачується на зміну пасажиропотоку та здійснення оплати, тобто 125 с.

Простір моделювання сценарію 3 для Wi-Fi зображено на рис. 4.27, для WiMAX – рис. 4.28.

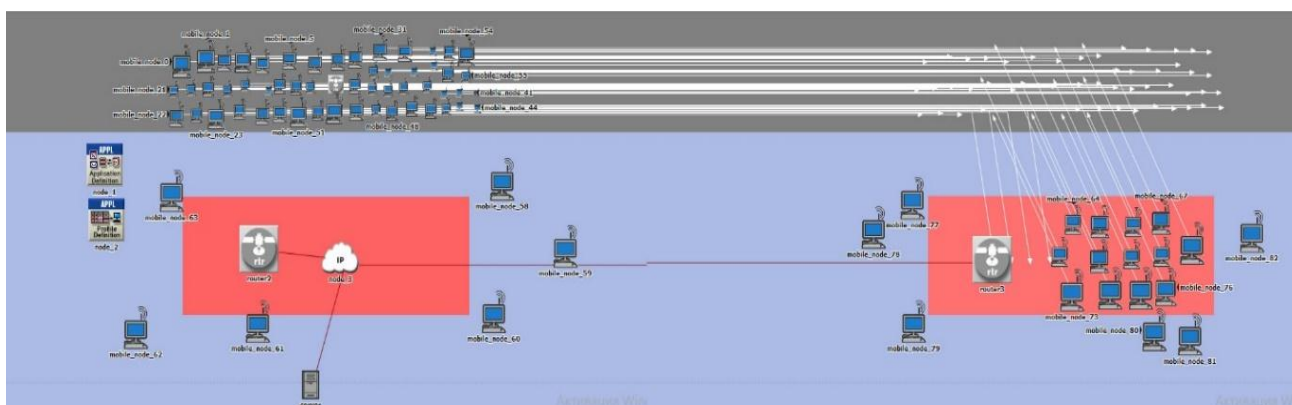


Рисунок 4.27 – Простір моделювання сценарію 3 для Wi-Fi

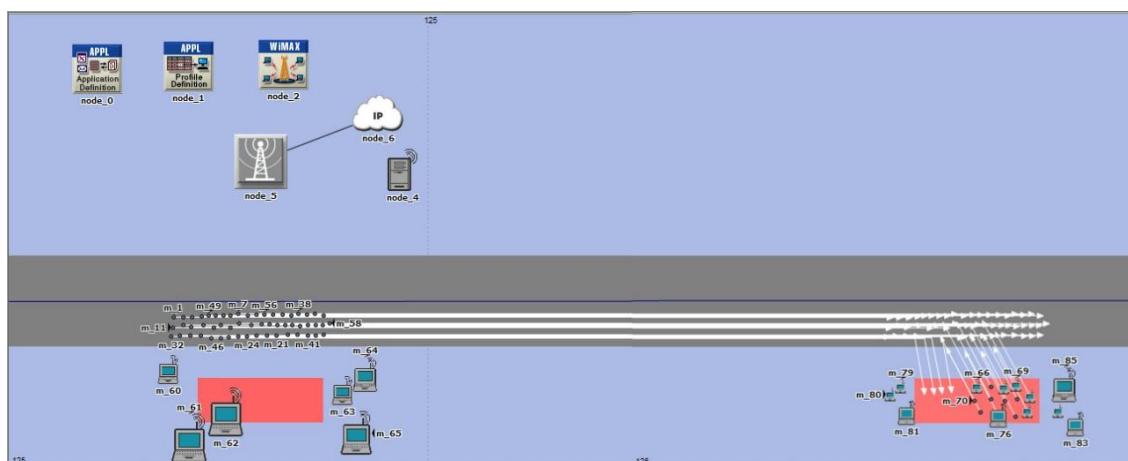


Рисунок 4.28 – Простір моделювання сценарію 3 для WiMAX

Параметри роутеру 3 налаштовуються аналогічно до параметрів роутеру 2 за винятком MAC-адреси.

Налаштування траєкторій представлено на рис. 4.29-4.31.

Edit Trajectory Information

Trajectory name: BUS_trajectory3

	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	500.000000	0.000000	499.999999	0.000000	1m34.74s	19.000000	30.00s	2m04.74s	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 4.29 – Налаштування BUS_trajectory3

Edit Trajectory Information

Trajectory name: BUS_trajectory4

	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	497.432394	0.000000	497.432394	0.000000	1m34.25s	19.000070	00.00s	1m34.25s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
3	499.035537	9.000000	9.142295	0.000000	06.58s	5.001864	00.00s	1m40.83s	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 4.30 – Налаштування BUS_trajectory4

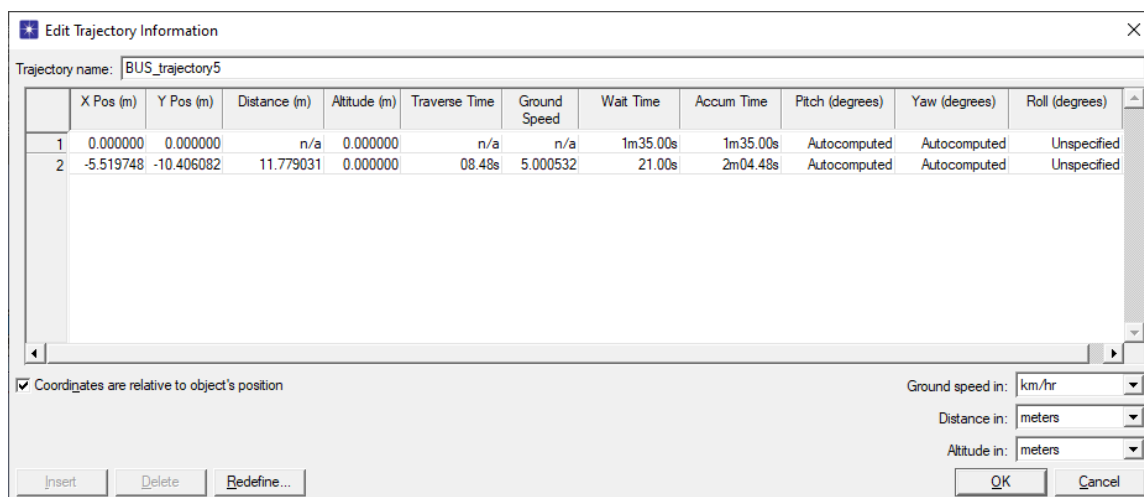


Рисунок 4.31 – Налаштування BUS_trajectory5

Сценарій 4. Автобус з 63 пасажирами рухається прямолінійно від зуп. ТЦ «Україна» до зуп. Фестивальна, та робить зупинку, де змінюється пасажиропотік (9 випадковим чином обрані пасажир виходять, а 4 нових заходять). Роутеру 1 та мобільним станціям, що прямують до наступної зупинки без виходу на ній, присвоюється траєкторія BUS_trajectory6. Мобільним станціям, які будуть виходити на зуп. Фестивальна, присвоюється траєкторія BUS_trajectory7. Новим МС, що будуть заходити в транспорт на зуп. Фестивальна, присвоюється траєкторія BUS_trajectory8. Довжина маршруту складає 600 м.

Швидкість руху МС вздовж ділянки маршруту складатиме:

$$v = \frac{600}{103} = 5,83 \text{ (м/с)} \approx 21 \text{ (км/год)} \quad , \quad (4.2)$$

де 600 – відстань між зупинками ТЦ «Україна» та Фестивальна;

103 – час, що був затрачений на поїздку між зупинками ТЦ «Україна» та Фестивальна.

Загальний час моделювання дорівнює сумі часу руху автобусу між зупинками та часу, необхідного для зміни пасажиропотоку, а саме 126 с.

Простір моделювання сценарію 4 для Wi-Fi представлено на рис. 4.32.

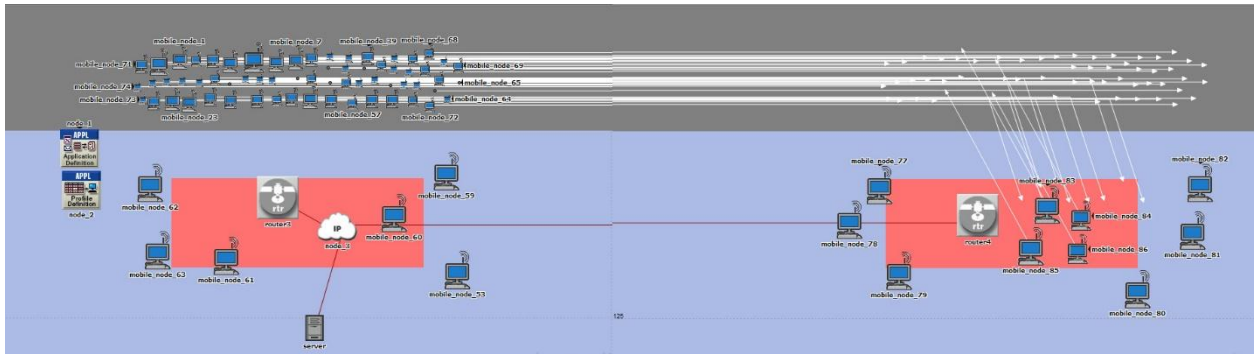


Рисунок 4.32 – Простір моделювання сценарію 4 для 802.11g

Для WiMAX простір моделювання виглядає аналогічно рис. 4.28, за виключенням зміни зупинок, кількості МС та присвоєних траєкторій (BUS_trajectory 6,7,8).

Налаштування траєкторій BUS_trajectory 6,7,8 представлено на рис. 4.33-4.35.

	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	602.601772	-0.103682	602.601784	0.000000	1m43.30s	21.000643	23.00s	2m06.30s	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 4.33 – Налаштування BUS_trajectory6

✚ Edit Trajectory Information

Trajectory name: BUS_trajectory7

	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	604.986465	-0.069122	604.986464	0.000000	1m43.71s	21.000398	00.00s	1m43.71s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
3	607.682206	8.156344	8.655576	0.000000	06.23s	5.001617	00.00s	1m49.94s	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 4.34 – Налаштування BUS_trajectory7

✚ Edit Trajectory Information

Trajectory name: BUS_trajectory8

	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	1m43.00s	1m43.00s	Autocomputed	Autocomputed	Unspecified
2	-6.808474	-12.476442	14.213732	0.000000	10.23s	5.001900	13.00s	2m06.23s	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 4.35 – Налаштування BUS_trajectory8

Сценарій 5. Повторимо моделювання сценарію 2 для стандартів 802.11g та 802.16e під впливом джерела завад.

Для 802.11g в якості джерела завад обрано модель вузла jam_pulsed_adv, що являє собою імпульсне джерело завад та може бути розгорнуто як нерухомий, мобільний або супутниковий вузол. Даний джаммер забезпечує передачу по одному діапазону фіксованої частоти та утворює періодичні пульсації у часі.

Джерело завад створює та передає пакети протягом тривалості імпульсу. Простір моделювання сценарію 5 для 802.11g представлено на рис. 4.36.

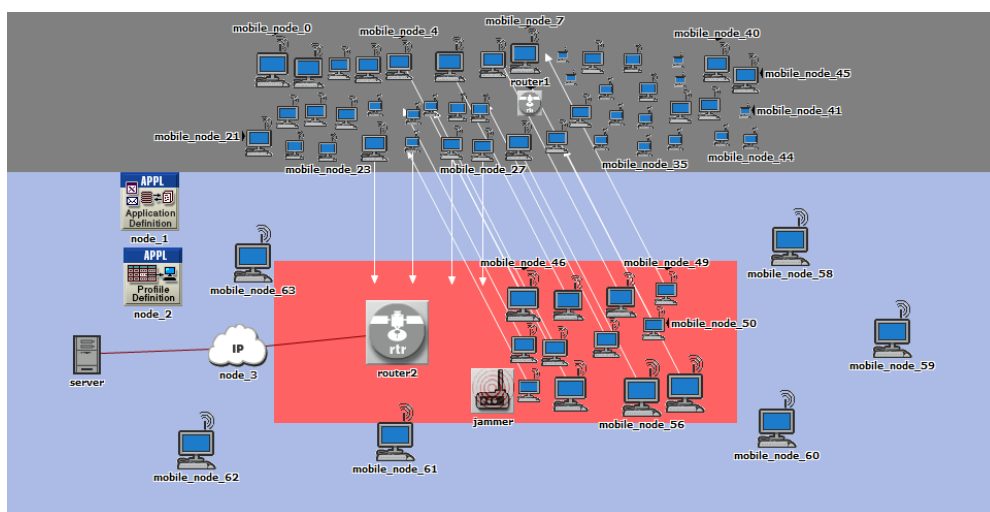


Рисунок 4.36 – Простір моделювання сценарію 5 для 802.11g

Параметри налаштування джерела завад представлені на рис. 4.37.

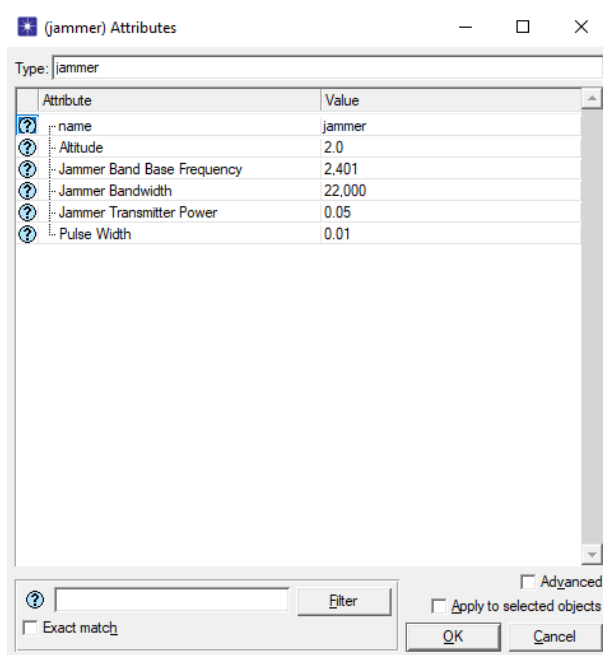


Рисунок 4.37 – Налаштування джерела завад для 802.11g

Даний елемент працює на тій самій частоті, що і мобільні станції (2,4 ГГц), і має пропускну здатність 22 МГц. Важливо розмістити джерело завад та точку доступу на невеликій додатній висоті. Якщо всі вузли знаходяться на поверхні землі, викривлення землі перешкоджатиме прямій видимості в спілкуванні між ними, тому задамо висоту джаммера 2 м та роутера – 1.5 м, що задається через параметр Altitude. Для параметра Jammer Transmitter Power (потужність передавача) встановимо таке ж значення, як і для всіх МС – 0.05, а Pulse width (ширина імпульсу) – 0.01 [22].

Тривалість моделювання становитиме 30 с.

Для даного сценарію у випадку 801.16e в якості джерела завад було обрано модель jam_sb (Single Band Jammer). Дана модель вузла забезпечує безперервну передачу по одному діапазону фіксованої частоти шляхом відправки пакетів через радіопередавач зі швидкістю 1 в секунду. Налаштування джерела завад для WiMAX представлено на рис. 4.38.

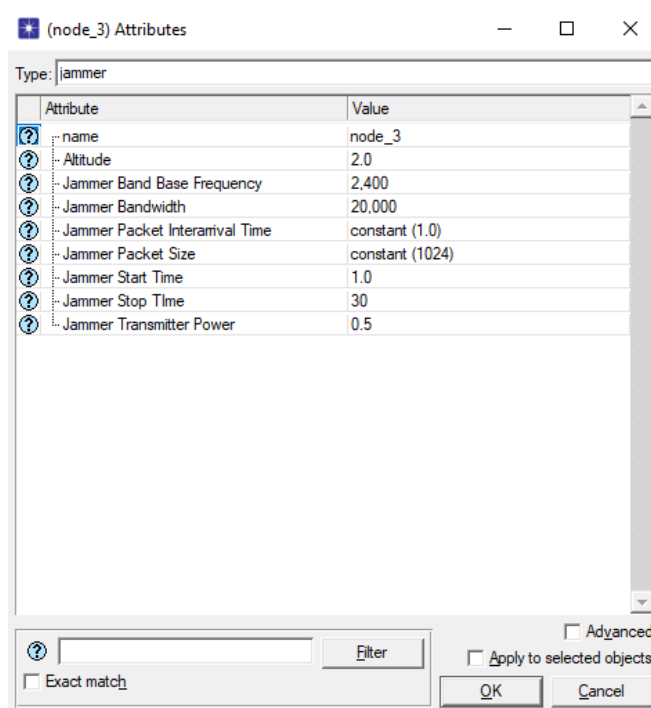


Рисунок 4.38 – Налаштування джерела завад для WiMAX

Сценарій 6. Для сценарію 6 у випадку 802.11g був обраний мобільний джаммер, який рухається тією ж траєкторією, що і МС в автобусі (BUS_trajetory3), зі швидкістю 19 км/год. Тривалість моделювання складатиме 125 с.

Для 802.16e обрано такий самий джаммер, як і для сценарію 5, тільки мобільний, якому присвоєна траєкторія BUS_trajetory3.

4.4 Порівняння отриманих результатів

Порівняння сценарію 1 для Wi-Fi та WiMAX.

На отриманих графіках (рис. 4.39-4.41) червоним кольором зображені дані по Wi-Fi, синім – по WiMAX.

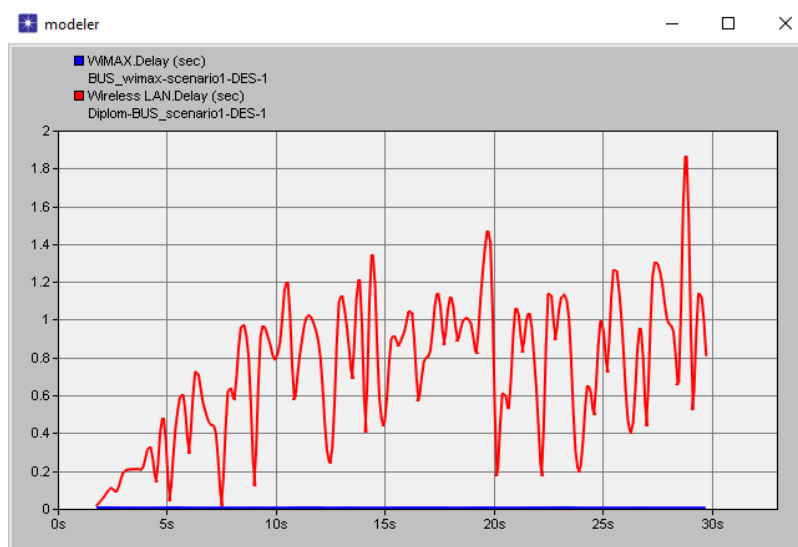


Рисунок 4.39 – Порівняння затримки для 1-го сценарію

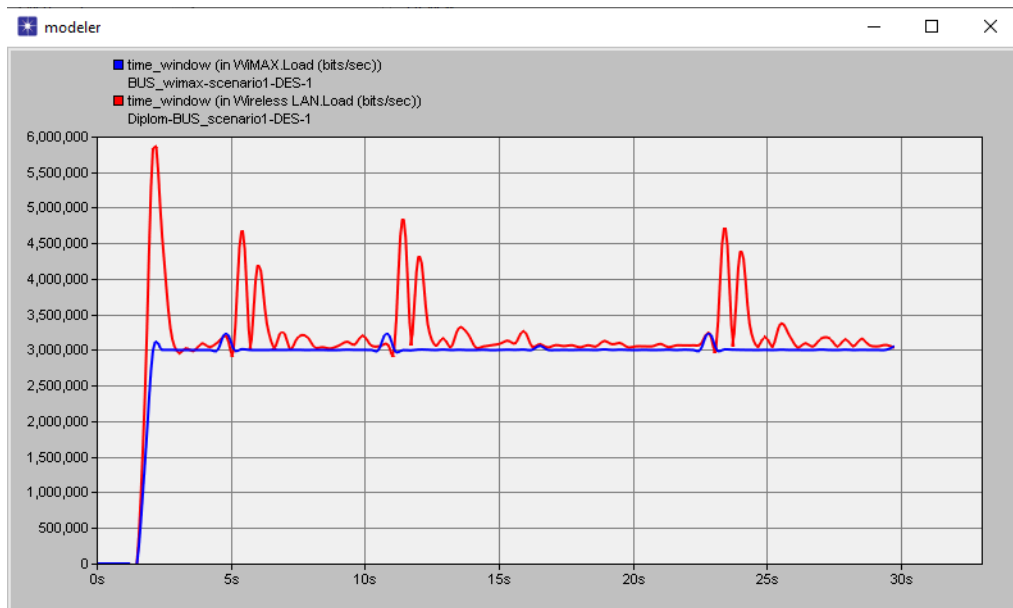


Рисунок 4.40 – Порівняння навантаження для 1-го сценарію

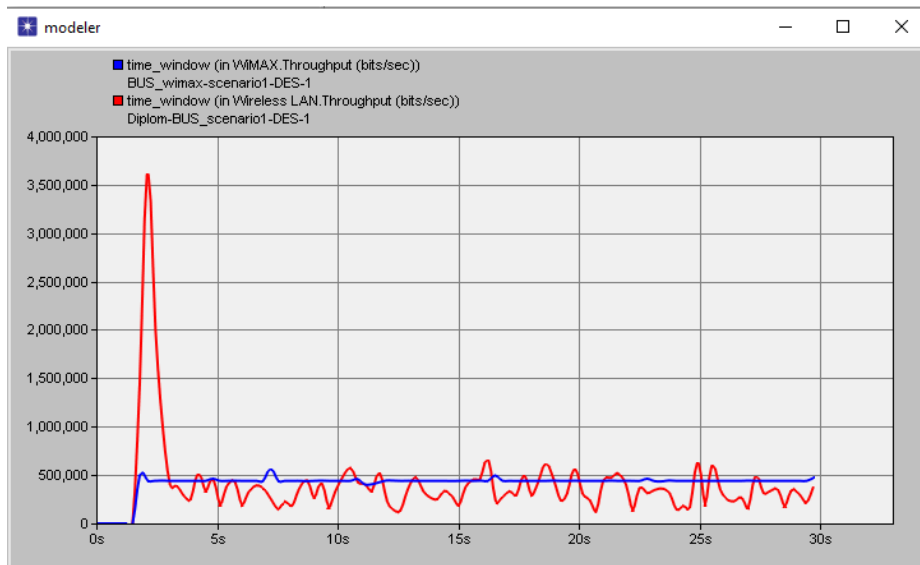


Рисунок 4.41 – Порівняння пропускної здатності для 1-го сценарію

З графіків, отриманих при моделюванні сценарію 1, видно, що при використанні WiMAX порівняно з Wi-Fi отримані значно кращі показники. При WiMAX затримка складає майже 0.006 с., в той час як для Wi-Fi вона значно вище і складає приблизно 0.8 с.; навантаження у випадку WiMAX є рівномірним і

складає 3000000 біт/с, для Wi-Fi воно є більшим, близько 3100000 біт/с та менш рівномірним; пропускна здатність для WiMAX є вищою – близько 500000 біт/с, ніж для Wi-Fi, де вона є майже вдвічі меншою.

Порівняння сценарію 2 для Wi-Fi та WiMAX представлено на рис. 4.42-4.44.

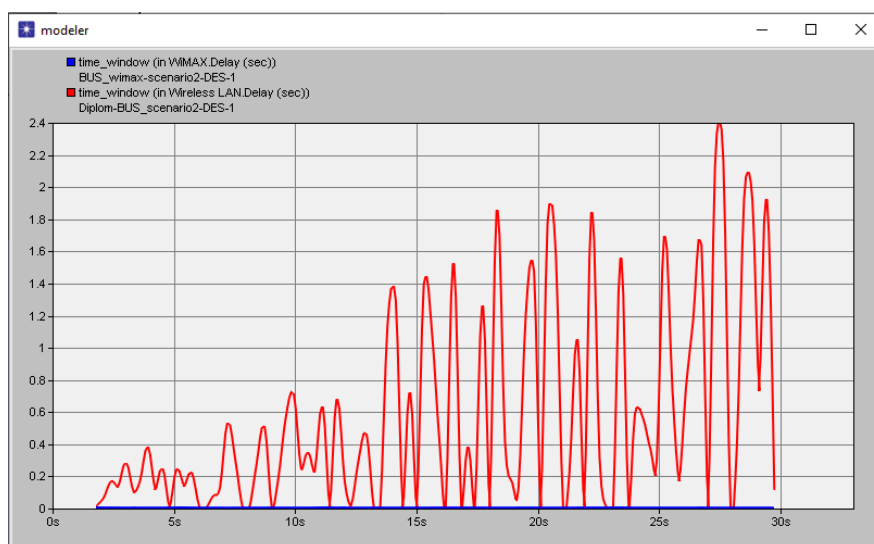


Рисунок 4.42 – Порівняння затримки для 2-го сценарію

За результатами, отриманими при моделюванні сценарію 2 для затримки, видно, що у випадку WiMAX значення затримки залишилося таким самим, як і в сценарії 1 (0.006 с.), в той час як для Wi-Fi це значення на початку симуляції складає близько 0.2 с., що менше, ніж в сценарії 1, а потім зростає.

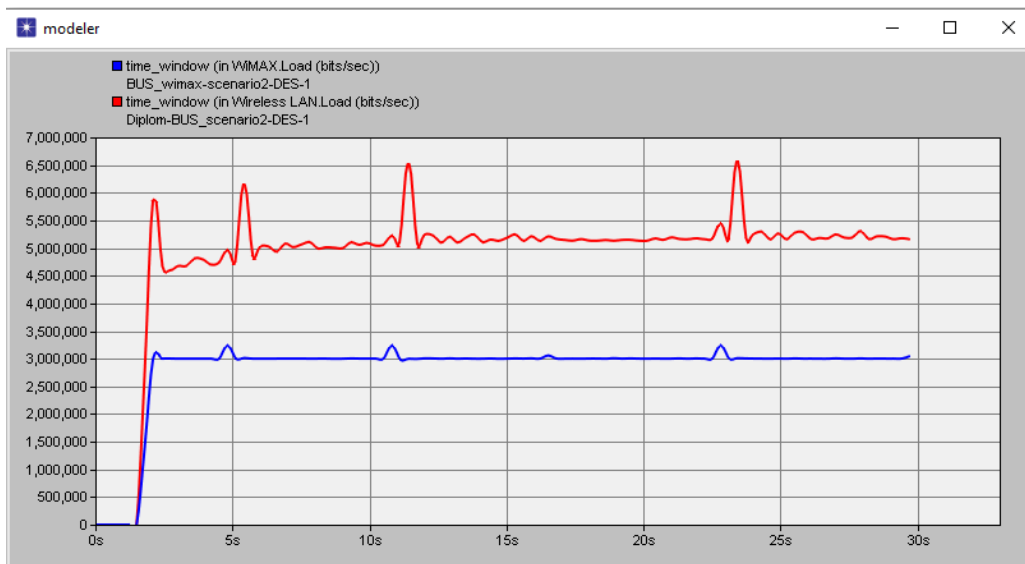


Рисунок 4.43 – Порівняння навантаження для 2-го сценарію

Навантаження в сценарії 2 у випадку WiMAX є рівномірним і не змінилося порівняно з 1-м сценарієм (3000000 біт/с), проте для Wi-Fi воно значно зросло з 3100000 біт/с до більше ніж 5000000 біт/с, що пояснюється зміною пасажиропотоку.

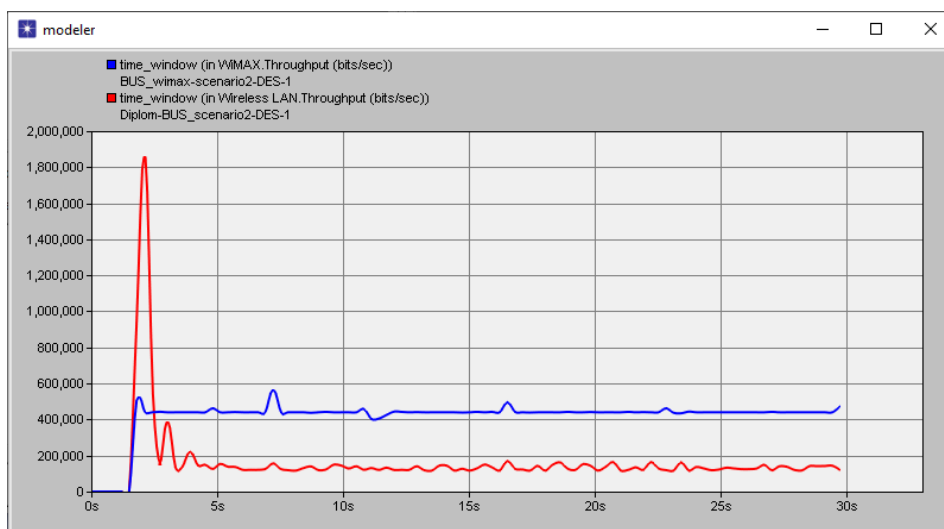


Рисунок 4.44 – Порівняння пропускної здатності для 2-го сценарію

На рис. 4.44 пропускна здатність для WiMAX є вищою, проте в порівнянні зі сценарієм 1, вона стала меншою на 100000 біт/с. Для Wi-Fi цей показник став більш рівномірним порівняно зі сценарієм 2, проте меншим за значенням.

Порівняння сценарію 3 для Wi-Fi та WiMAX представлено на рис. 4.45-4.47.

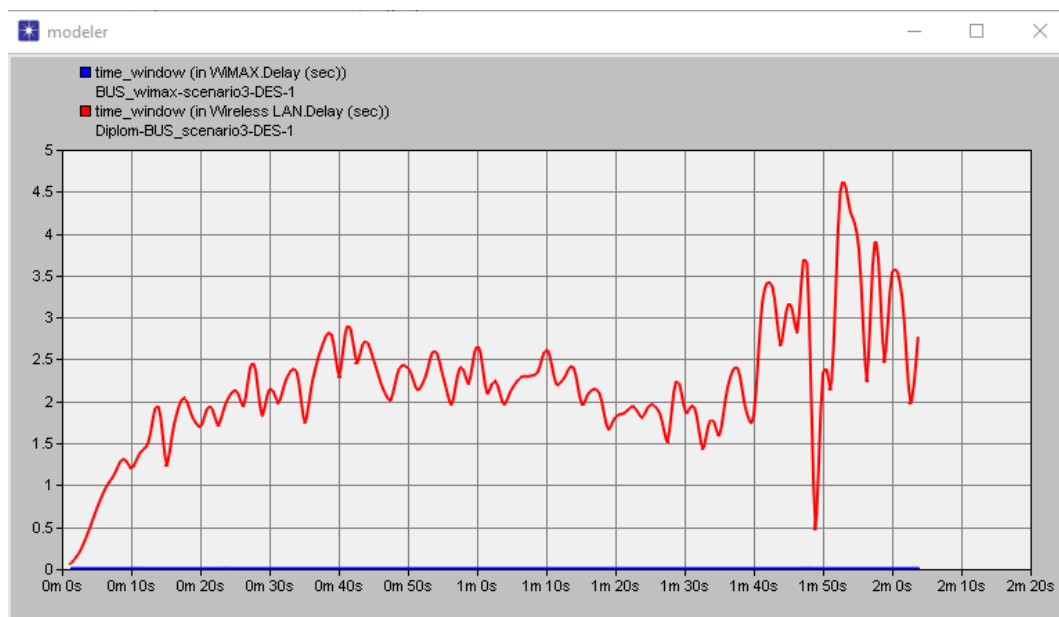


Рисунок 4.45 – Порівняння затримки для 3-го сценарію

Затримка WiMAX у випадку руху транспорту з мобільними абонентами порівняно зі сценаріями на зупинках несуттєво збільшилась (з 0.006 до 0.008 с.). Для Wi-Fi значення затримки зросло майже втричі – 2-2.5 с. Також простежується зростання затримки наприкінці симуляції після 1 хв. 40 с., що пояснюється зупинкою автобуса та початком зміни пасажиропотоку.

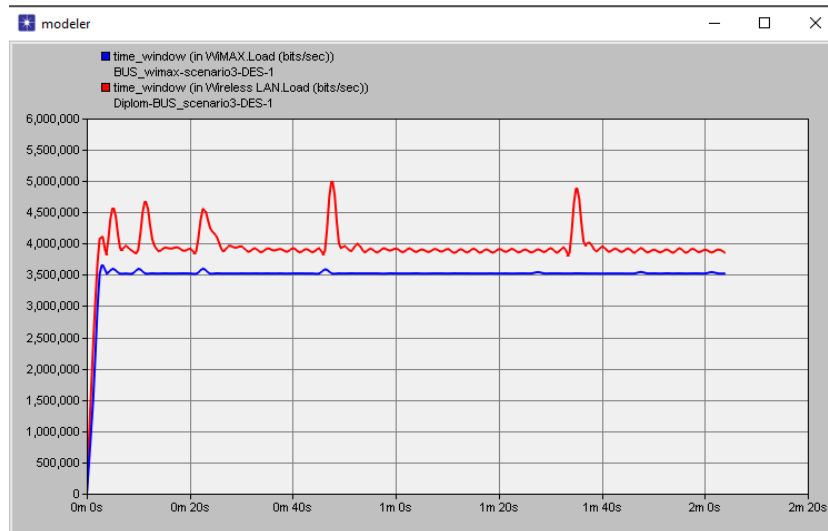


Рисунок 4.46 – Порівняння навантаження для 3-го сценарію

Навантаження порівняно з першими двома сценаріями для стандарту 802.16e збільшилось на 500000 біт/с і складає 3500000 біт/с, проте є меншим, ніж для 802.11g, яке дорівнює 4000000 біт/с.

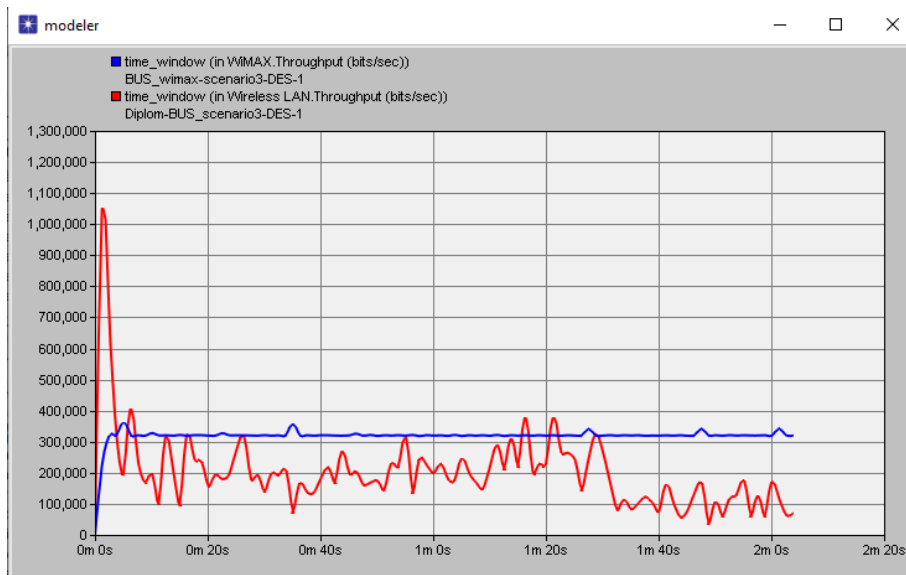


Рисунок 4.47 – Порівняння пропускної здатності для 3-го сценарію

Пропускна здатність сценарію 3 для WiMAX становить 300000 біт/с та перевищує значення для WiMAX, котре коливається в межах 200000 біт/с та зменшується наприкінці симуляції після 1 хв. 30 с., що є наслідком зупинки автобусу та початком зміни пасажирів.

Порівняння сценарію 4 для Wi-Fi та WiMAX відображено на рис. 4.48-4.50.

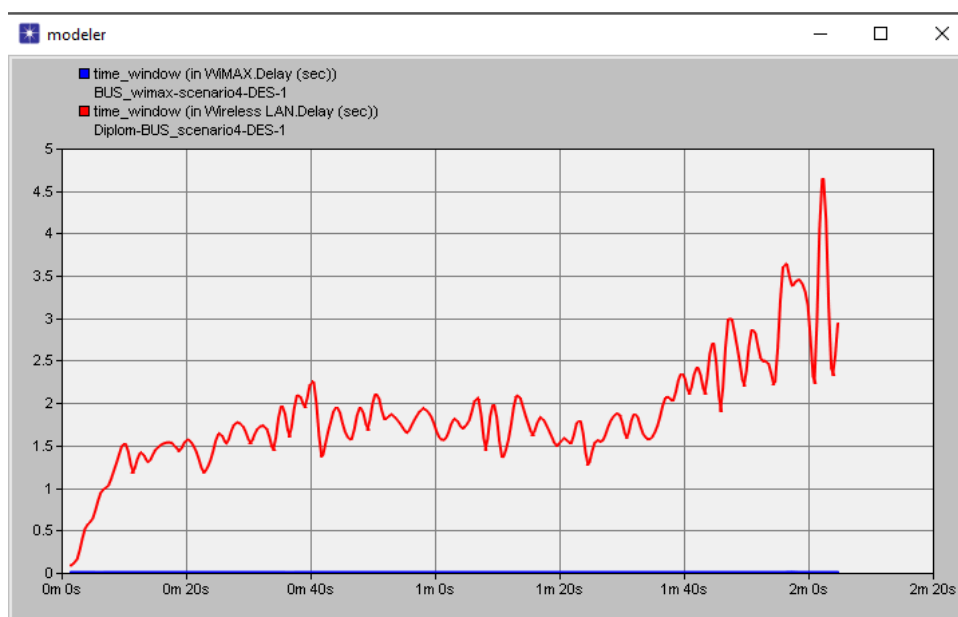


Рисунок 4.48 – Порівняння затримки для 4-го сценарію

Для WiMAX значення затримки не відрізняється від попереднього сценарію на відміну від Wi-Fi, для якого вона знизилась приблизно на 0.5 с.

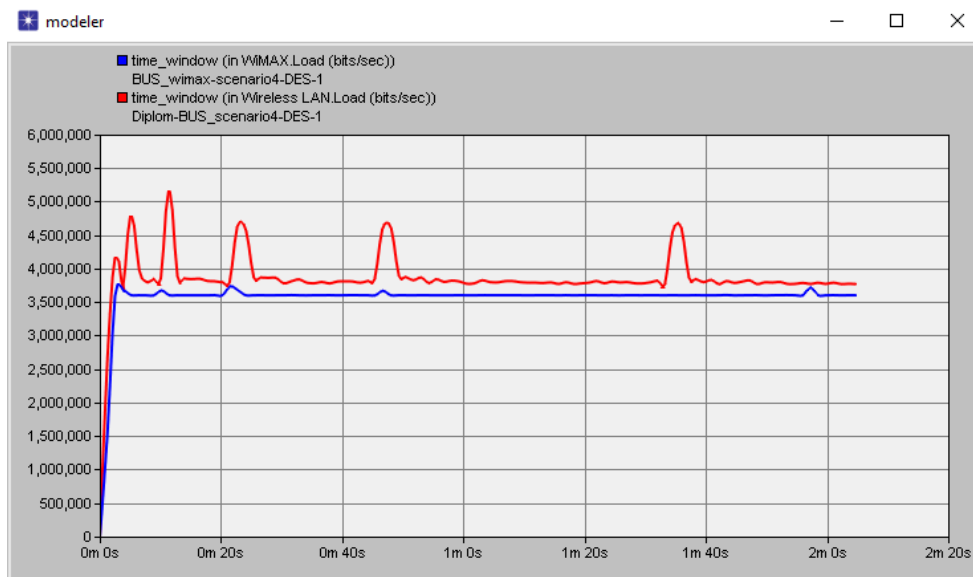


Рисунок 4.49 – Порівняння навантаження для 4-го сценарію

Навантаження для 802.11g та 802.16e не дуже відрізняється у даному випадку. Для стандарту Wi-Fi навантаження трохи зменшилось порівняно зі сценарієм 3, а для WiMAX навпаки – зросло.

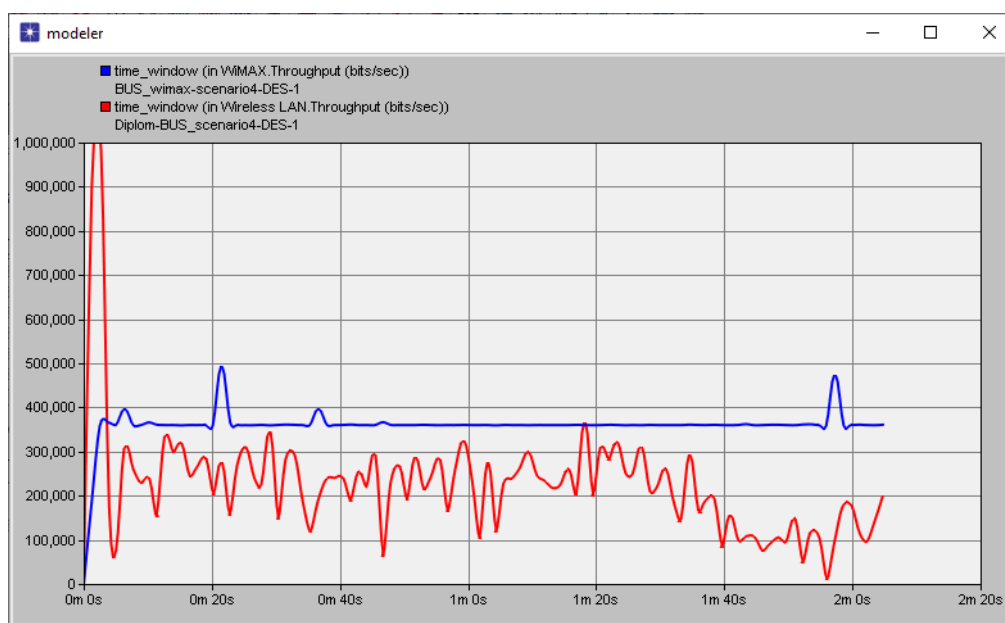


Рисунок 4.50 – Порівняння пропускної здатності для 4-го сценарію

Пропускна здатність в даному сценарію як для 802.11g, так і для 802.16e зросла приблизно на 50000 біт/с. Для 802.16e вона є рівномірною протягом всієї тривалості симуляції, в той час як для 802.16e цей параметр змінюється нерівномірно та наприкінці зменшується.

Порівняння результатів сценарію 2 (без джерела завад) та сценарію 5 (під впливом джерела завад) для Wi-Fi представлено на рис. 4.51-4.53, для WiMAX – 4.54-4.56.

В обох випадках червоним кольором зображені дані після додавання джерела завад, синім – без.

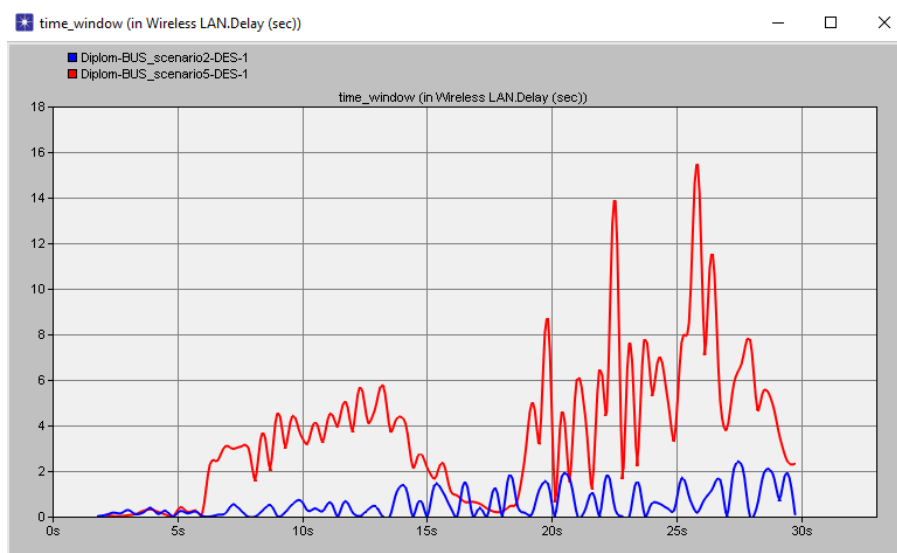


Рисунок 4.51 – Порівняння затримки 2-го та 5-го сценаріїв для Wi-Fi

Після додавання на простір моделювання джерела завад, з рис. 4.51 видно, що значення затримки під час впливу джаммера на початку симуляції лишилось майже незмінним, проте десь після 6-ї секунди значно зростає до значення в 4-6 сек., що в декілька разів більше порівняно з отриманими раніше результатами.

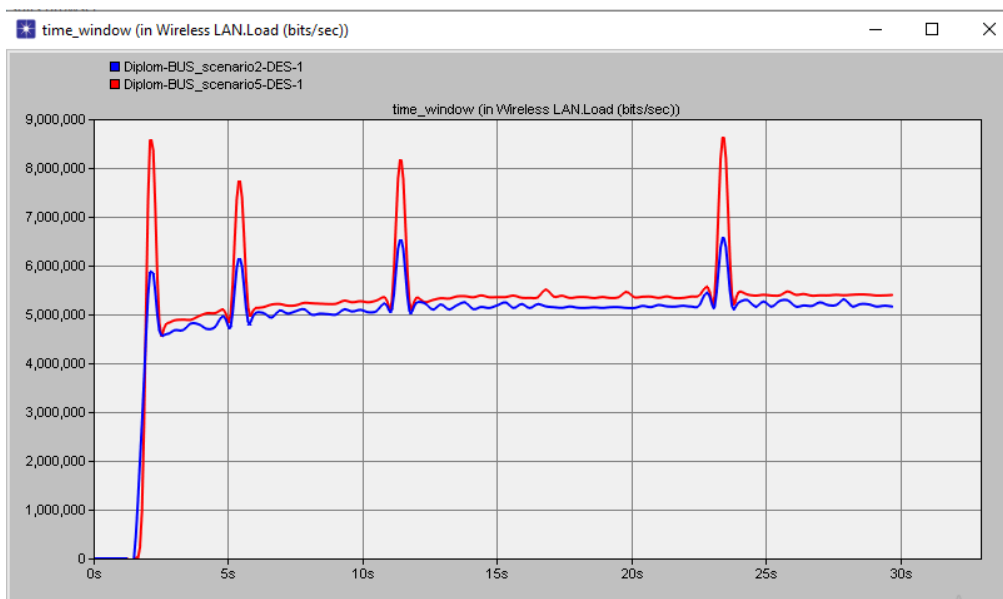


Рисунок 4.52 – Порівняння навантаження 2-го та 5-го сценаріїв для Wi-Fi

З графіку навантаження видно, що його значення також збільшилось, проте несуттєво.

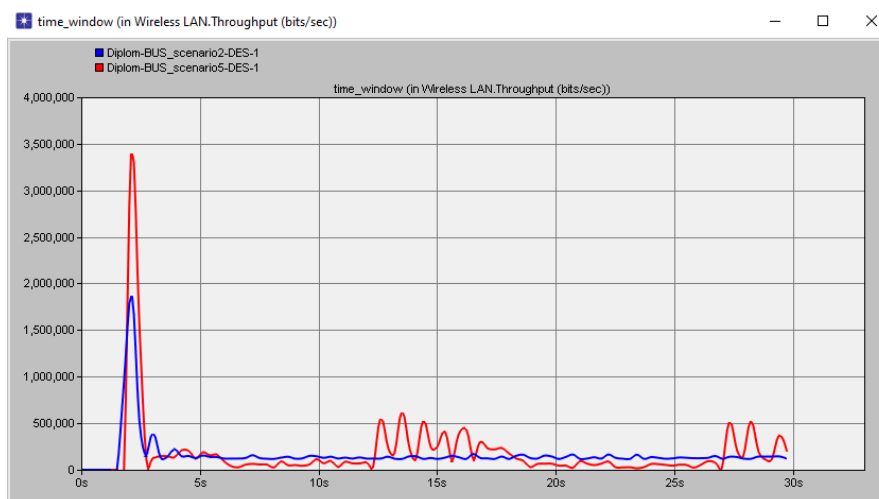


Рисунок 4.53 – Порівняння пропускної здатності 2-го та 5-го сценаріїв для Wi-Fi

З графіку пропускної здатності видно, що її значення трохи зросло всередині та наприкінці симуляції, проте загалом воно суттєво зменшилось.

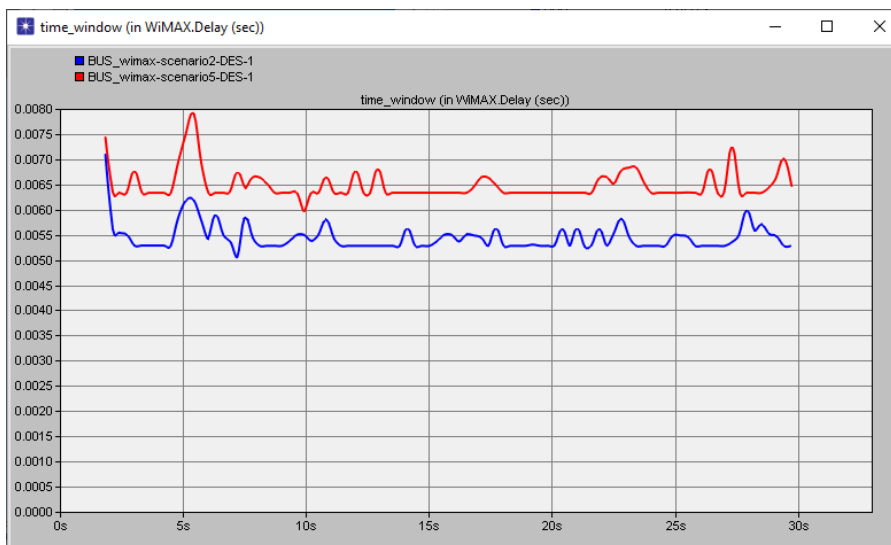


Рисунок 4.54 – Порівняння затримки 2-го та 5-го сценаріїв для WiMAX

Значення затримки для сценарію 5 у випадку 802.16e збільшилось на 0.001 с., проте це є несуттєвим порівняно з 802.11g, де затримка зросла на 4-6 с.

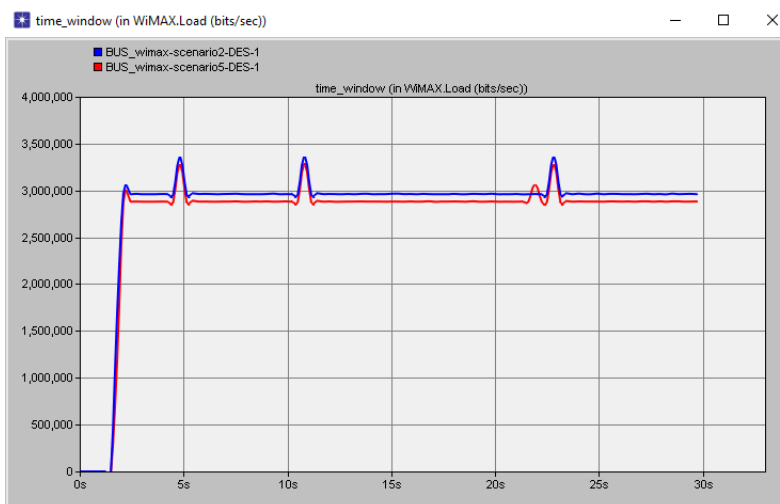


Рисунок 4.55 – Порівняння навантаження 2-го та 5-го сценаріїв для WiMAX

Значення навантаження для 5-го сценарію несуттєво зменшилось порівняно зі сценарієм 2.

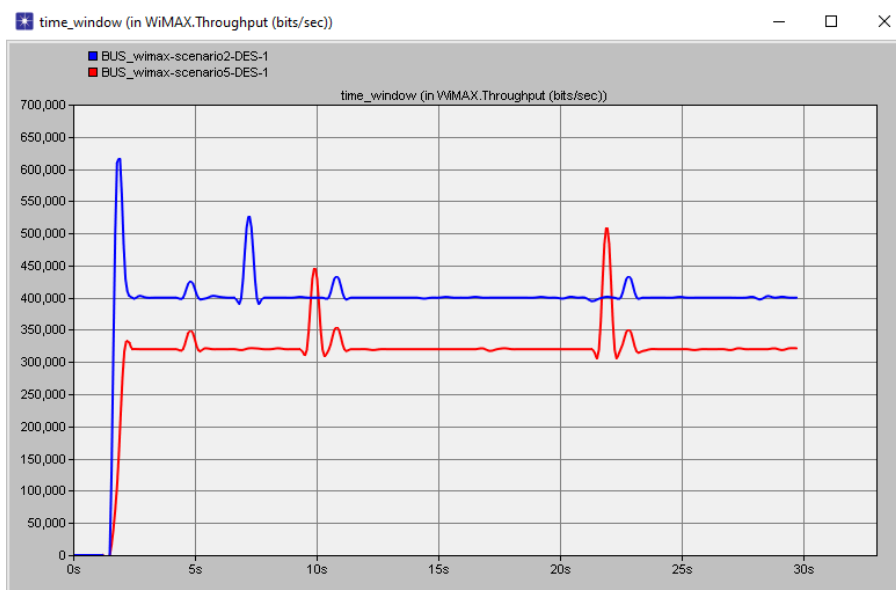


Рисунок 4.56 – Порівняння пропускної здатності 2-го та 5-го сценаріїв для WiMAX

Пропускна здатність зменшилась приблизно на 70000 біт/с і склала десь 320000 біт/с, проте вона все одно залишилась більшою за пропускну здатність для випадку 802.11g (50000-100000 біт/с).

Порівняння результатів сценаріїв 3 та 6 для Wi-Fi представлено на рис. 4.57-4.59, для WiMAX – рис. 4.60-4.62.

У випадку Wi-Fi для сценарію 6 порівняно зі сценарієм 3 можна побачити значне збільшення затримки – на кілька секунд, котре також стало досить нерівномірним. Навантаження майже не змінилось, а пропускна здатність зменшилась більше ніж вдвічі.

Значення затримки у випадку WiMAX для сценарію 6 відносно сценарію 3 зросло, проте несуттєво порівняно з Wi-Fi, де даний параметр значно збільшився. Навантаження стало трохи меншим, а пропускна здатність зменшилась майже на 50000 біт/с.

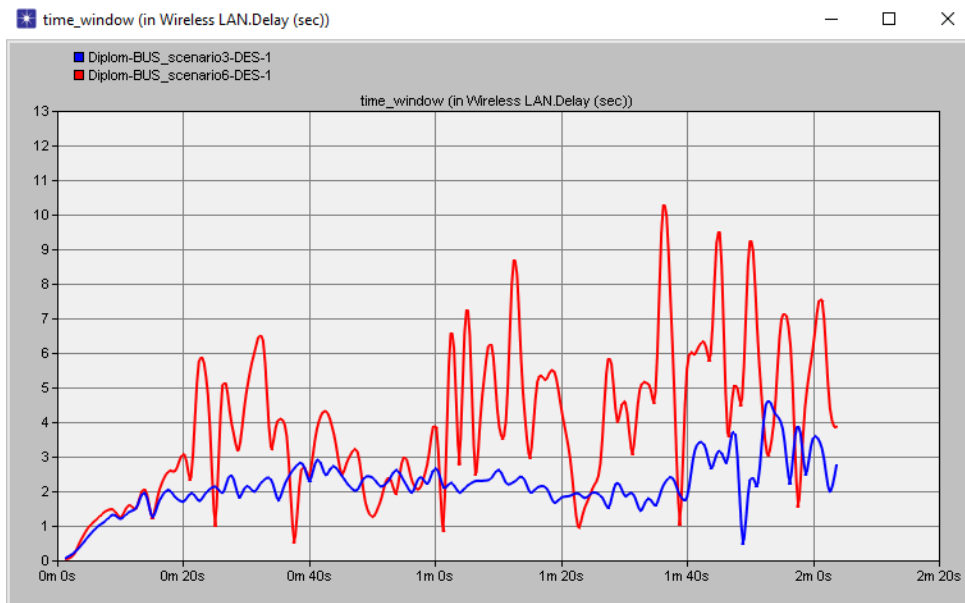


Рисунок 4.57 – Порівняння затримки 3-го та 6-го сценаріїв для Wi-Fi

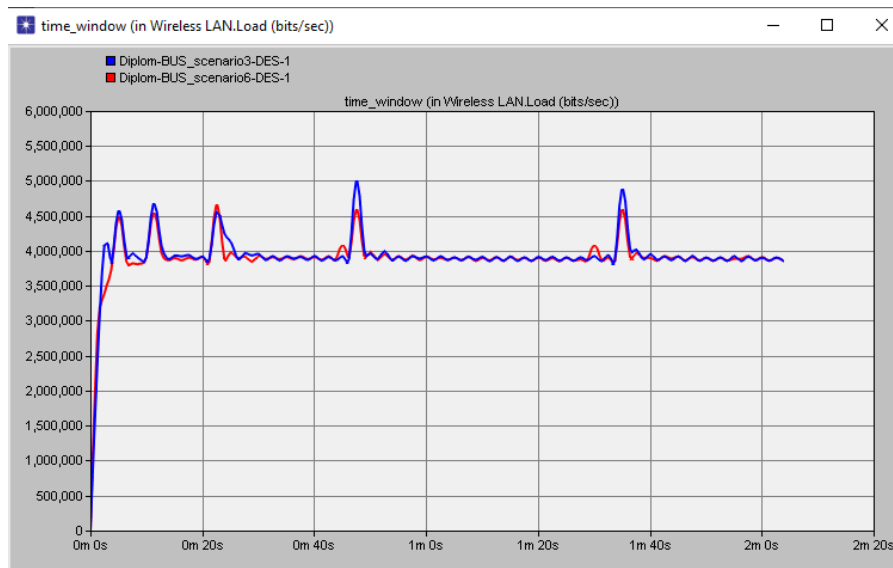


Рисунок 4.58 – Порівняння навантаження 3-го та 6-го сценаріїв для Wi-Fi

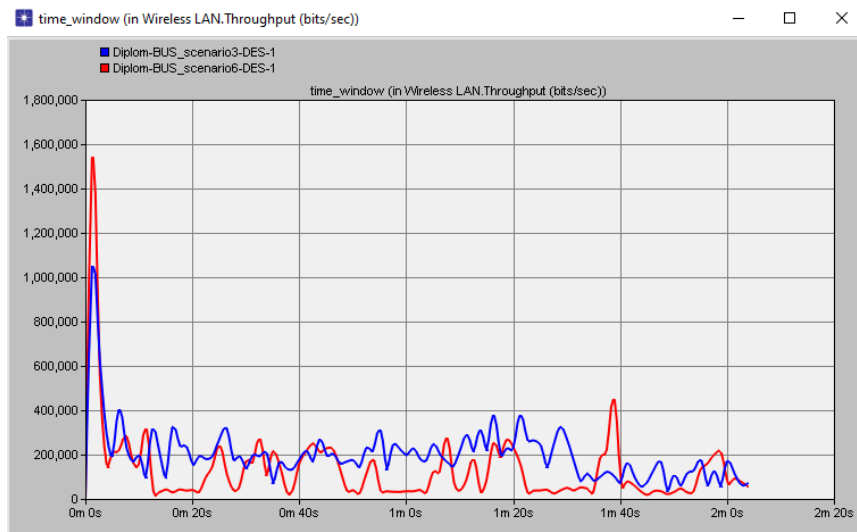


Рисунок 4.59 – Порівняння пропускної здатності 3-го та 6-го сценаріїв для Wi-Fi

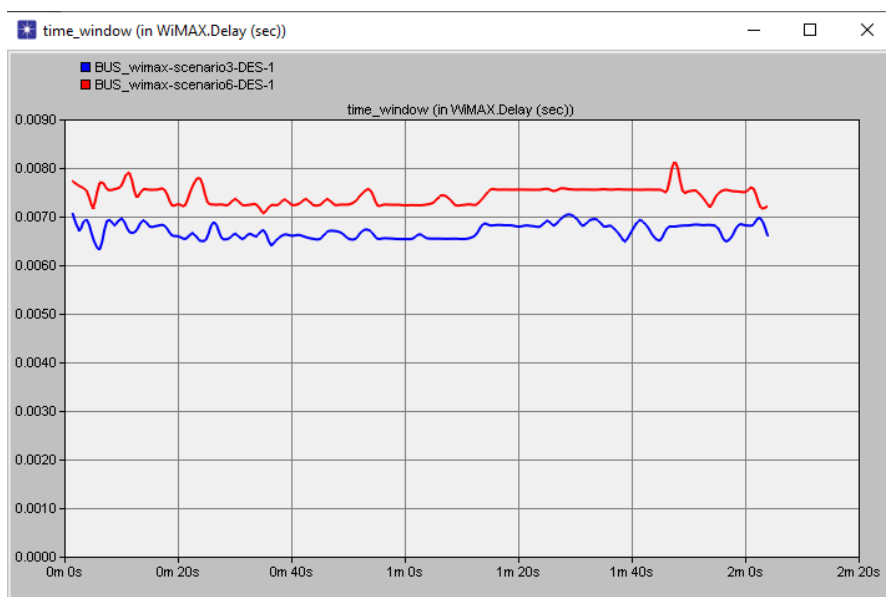


Рисунок 4.60 – Порівняння затримки 3-го та 6-го сценаріїв для WiMAX

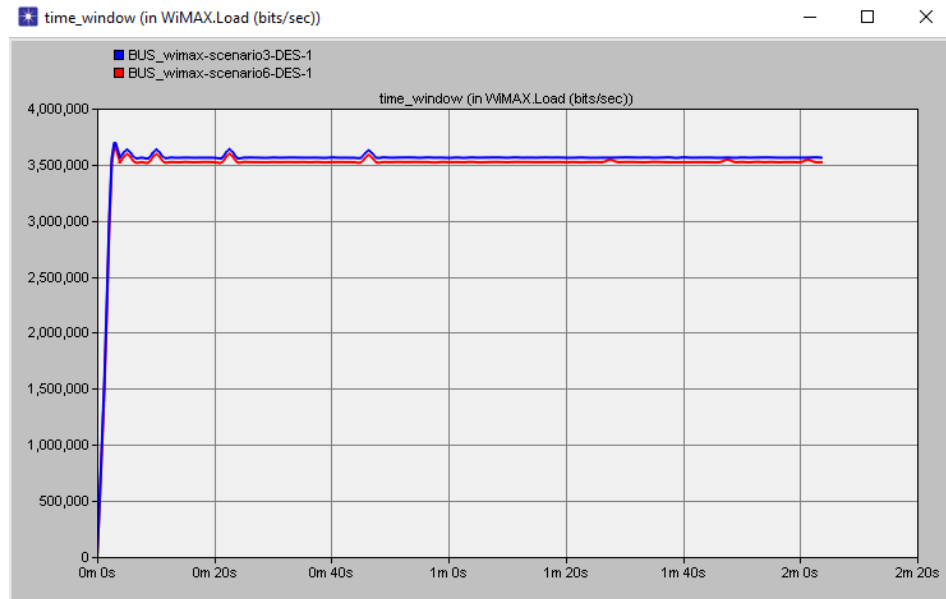


Рисунок 4.61 – Порівняння навантаження 3-го та 6-го сценаріїв для WiMAX

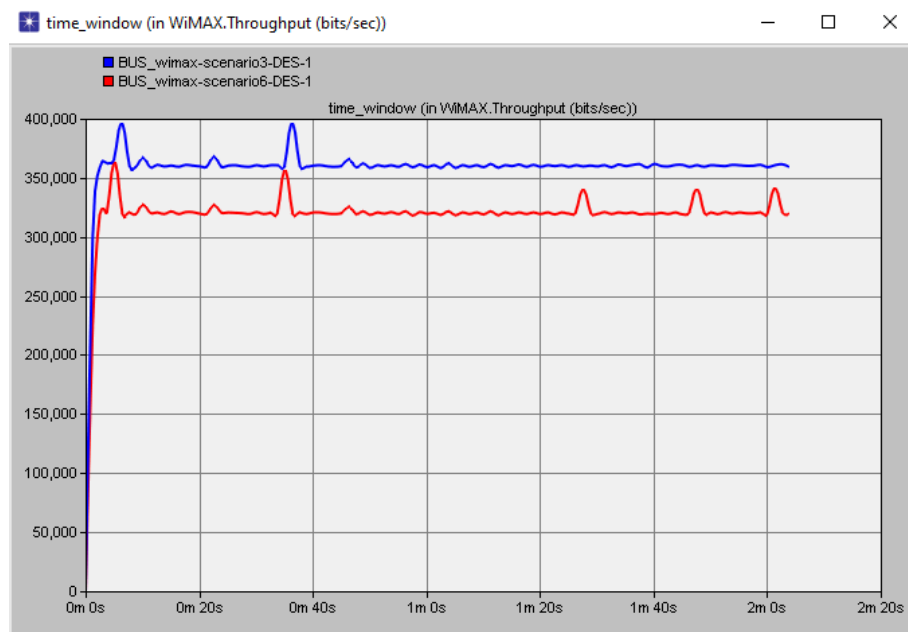


Рисунок 4.62 – Порівняння пропускної здатності 3-го та 6-го сценаріїв для WiMAX

5 ЕКОНОМІЧНІ РОЗРАХУНКИ

5.1 Важливість та тенденції розвитку ринку стільникового зв'язку

Сьогодні велика роль відводиться засобам комунікації. Сучасні концепції розвитку світового співтовариства XXI століття, розроблені МСЕ (Міжнародним союзом електрозв'язку), підкреслюють все зростаючу інтенсивність інформаційних потоків, глобалізацію і персоніфікацію засобів зв'язку, активний розвиток Інтернету, стільникового зв'язку, пейджингового та супутникового зв'язку, відомчої та транкінгової системи рухомого радіозв'язку і т. д.

Інфраструктури стільникової радіомережі ростуть високими темпами. Люди купляють контракти мобільних телефонів тому, що вони забезпечують корисну і відносно дешеву послугу. Послуги, що забезпечуються операторами мережі безупинно розширюються. Географічне покриття мереж збільшується за рахунок глобального роумінгу [23].

Стільникові мережі стають високошвидкісними інформаційними мережами з мобільною і надзвичайно великою базою стільникових користувачів. І отже, розвиток застосування мобільних даних залежить від розвитку нових протоколів зв'язку. Індустрія прискорює розвиток технологій мобільного зв'язку та збільшує обсяги передачі даних.

Зростання трафіку та доходів цього виду зв'язку характеризується не тільки поліпшенням якості і збільшенням обсягу і номенклатури послуг, які надаються, а скоріше обумовлено зростанням доходів населення і існуючої на ринку мобільних операторів жорсткої конкуренції, що спровокувала значне зниження тарифів, особливо внутрішньомережевих, та появу вигідних акційних пропозицій.

Одні компанії були першими і продовжують залишатися в числі лідерів, наприклад Київстар, інші з'являлися, працювали, змінювали свою назву і власників, наприклад, компанія UMC – наразі це бренд Vodafone.

Станом на 2019 рік на території України працюють 6 компаній, що надають послуги мобільного зв'язку та Інтернету. 97,5% ринку мобільного зв'язку займають 3 основні гравці: Київстар, Vodafone (Україна), Lifecell. Вони надають абонентам зв'язок в стандарті UMTS-HSPA+, його ще називають третім поколінням мобільного зв'язку (3G). Крім 3G, на території країни працюють такі стандарти, як GSM (2G), CDMA2000 (3G) і WIMAX та LTE (4G). 4G – найбільш сучасний і якісний стандарт, який активно покриває все більше території України [24].

Розподіл ринку стільникового зв'язку між українськими операторами станом на 2019 р. представлено на рис. 5.1.

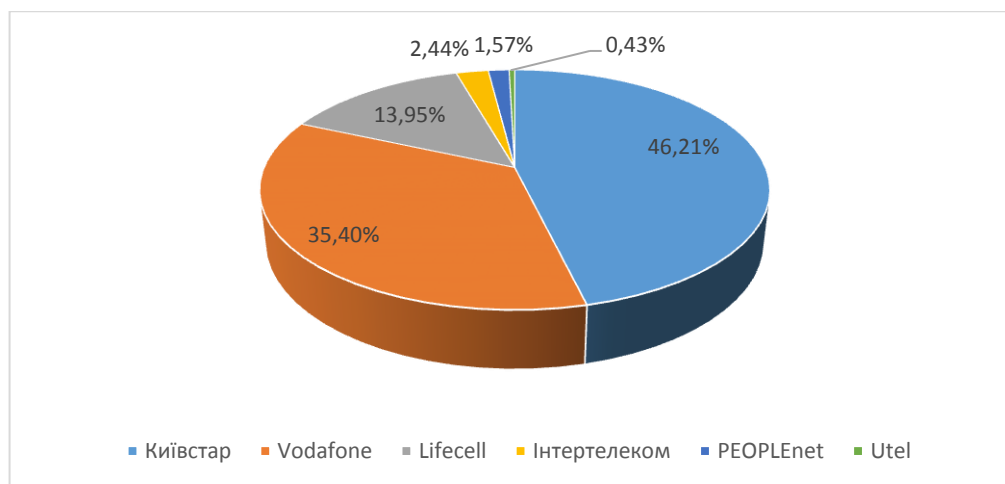


Рисунок 5.1 – Розподіл компаній на ринку стільникового зв'язку

Впровадження безготівкової оплати проїзду передбачатиме збільшення трафіку, що передається з носіїв користувачів, та, відповідно, підвищення навантаження на мережу. Завдяки використанню стандартів 3G та 4G, дослідженню показників якості обслуговування (QoS) та раціональному розподілу трафіку, можна зменшити рівень навантаження та підвищити якість обслуговування, а з нею і показники компанії.

З метою наочності монополізації ринку зв'язку розрахуємо індекс Херфіндаля-Хіршмана за формулою 5.1:

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

де HHI – індекс Херфіндаля-Хіршмана ($y=x^2$);

Y_i – ринкова доля компанії;

n – кількість усіх компаній.

$$HHI = 0,4621^2 + 0,354^2 + 0,1395^2 + 0,0244^2 + 0,0157^2 + 0,0044^2 = 0,36$$

Визначивши індекс Херфіндаля-Хіршмана, можна зробити висновок, що дані ринки відносяться до ринків з високою концентрацією та рівнем монополізації.

Показник дисперсії часток фірми на ринку визначається формулою 5.2:

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

де Y_i – ринкова частка i -ї фірми;

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

$$s^2 = \frac{\left(0,4621 - \frac{1}{6}\right)^2 + \left(0,354 - \frac{1}{6}\right)^2 + \left(0,1395 - \frac{1}{6}\right)^2 + \left(0,0244 - \frac{1}{6}\right)^2 + \left(0,0157 - \frac{1}{6}\right)^2 + \left(0,0044 - \frac{1}{6}\right)^2}{6} =$$

$$0,032 = 3,2\%$$

Показник дисперсії характеризує можливу ринкову владу фірм через нерівність їх розмірів. Чим більше значення величини дисперсії, тим більш нерівномірним і, отже, більш концентрованим є ринок, тим слабкіше конкуренція і тим сильніша влада великих фірм на ринку.

5.2 Визначення трудомісткості та довготривалості роботи

Основним принципом раціонального плану дослідження та підсумування отриманих результатів є зменшення строків виконання при якомога менших витратах трудових, матеріальних та грошових ресурсів. Для цього необхідно вирішити ряд наступних питань: визначення трудомісткості та тривалості науково-дослідницької роботи; складання лінійно-календарного графіку; визначення матеріальних затрат на проведення і ефективності дослідження [25].

Науково-дослідницька робота поділена на етапи. Для кожного етапу необхідно вказати його назву, виконавців, трудомісткість та тривалість робіт. В даній роботі беруть участь один молодший науковий співробітник (МНС) і один старший науковий співробітник (СНС). Значення тривалості та трудомісткості всіх робіт наведені в таблиці 5.1.

В зв'язку з тим, що важко встановити трудомісткість виконання робіт, в процесі виконання більшості науково-дослідницьких робіт застосовується ймовірнісний метод. При цьому використовують дві або три вірогідних оцінки часу. Ці оцінки є вихідними для розрахунку очікуваного часу виконання роботи за формулою 5.3:

$$t_{\text{оч}} = \frac{3 \cdot t_{\text{min}} + 2 \cdot t_{\text{max}}}{5} \quad (5.3)$$

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

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

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

Правильність визначення визначається за допомогою дисперсії (різниці між максимальним та мінімальним часом виконання певного етапу (НДР):

$$\sigma = \frac{t_{max} - t_{min}}{5} \quad (5.4)$$

Таблиця 5.1 – Оцінка довготривалості та трудомісткості етапів робіт

№	Етапи науково-дослідницької роботи (НДР)	Часові оцінки НДР, днів			Дисперсія	Виконавці		Тривалість, днів
		t _{min}	t _{max}	t _{оч}		Спеціальність	Кількість чоловік	
1	Складання та затвердження технічного завдання	2	4	3	0,4	МНС СНС	2	3 3
2	Пошук літературних джерел	5	9	7	0,8	МНС	1	8
3	Підготовчий етап (техніко-економічне обґрунтування)	8	10	9	0,4	МНС	1	7
4	Аналіз важливості підтримки QoS в мережах	8	13	10	1	МНС	1	8
5	Огляд методу здійснення безготівкової оплати	9	11	10	0,4	МНС	1	10
6	Огляд та вибір стандарту зв'язку	10	13	11	0,6	МНС СНС	2	5 5
7	Визначення сценаріїв моделювання	10	12	11	0,4	МНС	1	11
8	Вибір програмного забезпечення	5	9	7	0,8	МНС СНС	2	6 6
9	Моделювання та аналіз отриманих результатів	15	19	17	0,8	МНС	1	17
10	Висновки та пропозиції	7	11	9	0,8	СНС	1	6
11	Оформлення звіту	8	12	10	0,8	МНС	1	9
	Всього	87	123	104		–	–	104

Магістерська робота повинна виконуватися поетапно, тому для наочної ілюстрації графіку робіт необхідно побудувати діаграму Ганта.

Діаграма Ганта представляє собою відрізки, розміщені на горизонтальній шкалі часу. Кожен відрізок відповідає окремій роботі. Початок, кінець і довжина відрізка на шкалі часу відповідають початку, кінцю і тривалості роботи.

Використовуючи дані таблиці 5.1, побудуємо діаграму Ганта (рис. 5.2).

№	Виконавець	Вересень					Жовтень			Листопад		
		2-5	6-14	10-17	17-25	23-3	4-9	10-21	19-25	25-12	13-19	20-29
1	МНС СНС	■ ■										
2	МНС		■									
3	МНС			■								
4	МНС				■							
5	МНС					■						
6	МНС СНС						■ ■					
7	МНС							■				
8	МНС СНС								■ ■			
9	МНС									■		
10	СНС										■	
11	МНС											■

Рисунок 5.2 – Діаграма Ганта

5.3 Розрахунок кількості витрат на практичну реалізацію проекту

При розрахунку затрат на реалізацію проекту враховуються матеріальні витрати, необхідні для виконання всіх робіт. В даній роботі досліджується вплив кількості пасажиропотоку та трафіку, що передається з носіїв мобільних абонентів під час здійснення безготівкової транзакції та руху транспорту, на якість обслуговування. Для здійснення моніторингу, моделювання, аналізу та обробки отриманих даних необхідна наявність двох потужних комп'ютерів та принтеру для роздруківки результатів.

Під час розрахунку витрат на реалізацію необхідно враховувати амортизацію, яка обчислюється за формулою 5.5:

$$A_m = \frac{A_{\text{обладнання}}}{T_{\text{експл.}}} \quad (5.5)$$

де A_m – амортизація обладнання, грн;

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

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

Зведені дані за вартістю обладнання представлені в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – Обчислення вартості обладнання, грн

Обладнання	Модель	Кількість, штук	Вартість за одиницю, грн.	Строк експлуатації, років	Амортизація, грн
Ноутбук	Lenovo IdeaPad S340-15API	2	16599	4	2074,88
Принтер	HP Color LaserJet Pro M254nw	1	6069	2	758,63
Транспортно-заготівельні витрати		–	873,6	–	–
Всього	–	–	40140,6	–	2833,51

Загальна вартість обладнання складе:

$$2 \cdot 16599 + 6069 + 873,6 = 40140,6 \text{ грн}$$

СНС та МНС будуть стежити за переміщенням мобільних абонентів, завантаженням мережі під час їх руху та здійснення оплати, а також обробляти отримані дані. Для даних працівників необхідно розрахувати витрати на заробітну плату та соціальні відрахування. Розрізняють основну та додаткову заробітну плату. Дані по основній заробітній платі представлені в таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 – Витрати на основну заробітну плату

Посада працівника	Чисельність працівників, чол.	Щомісячний оклад, грн	Середньоденний оклад, грн	Кількість робочих днів	Загальна заробітна плата, грн
Старший науковий співробітник	1	15000	500	20	10000
Молодший науковий співробітник	1	12000	400	84	33600
Всього	2	—	—	—	43600

Витрати на основну заробітну плату складуть 43600 грн.

Додаткова заробітна плата – це 10% від основної. Витрати на додаткову заробітну плату зведені в таблицю 5.4.

Таблиця 5.4 – Основна та додаткова заробітна плата

Посада робітника	Додаткова заробітна плата, гривень	Сума основної та додаткової заробітної плати, гривень
Старший науковий співробітник	1000	11000
Молодший науковий співробітник	3360	36960
Всього	4360	47960

Сума основної та додаткової заробітної плати складе 47960 грн.

Відрахування на єдиний соціальний внесок визначається в розмірі 22% від суми основної та додаткової заробітних плат, та обчислюється за формулою 5.6:

$$\text{ЄСВ} = (\text{ЗП}_{\text{осн}} + \text{ЗП}_{\text{дод}}) \cdot 0.22 \quad (5.6)$$

Тоді:

$$\text{ЄСВ} = 47960 \cdot 0.22 = 10551,2 \text{ грн}$$

Також слід обчислити загальновиробничі витрати. Вони охоплюють витрати на обслуговування виробництва, організацію та управління їм. Крім цього сюди ще входять будівельні, оздоблювальні та інші типи робіт.

Загальновиробничі витрати на реалізацію проекту визначаються у відсотках від основної заробітної плати її виконавців, та складають 30 % від її значення:

$$\text{ЗВВ} = \text{ЗП}_{\text{осн}} \cdot 0.3 \quad (5.7)$$

$$\text{ЗВВ} = 43600 \cdot 0.3 = 13080 \text{ грн}$$

Загальновиробничі витрати складуть 13080 грн.

В таблиці 5.5 зведені всі витрати на виконання науково-дослідницької роботи.

Таблиця 5.5 – Кошторис витрат на реалізацію НДР

Стаття витрат	Сума, грн	Питома вага, %
Основна заробітна плата	43600	60,11
Додаткова заробітна плата	4360	6,01
Амортизація	2833,51	1,3
Загальновиробничі витрати	13080	18,03
Відрахування на єдиний соціальний внесок	10551,2	14,55
Всього	74424,71	100

Загальна сума витрат на реалізацію проекту складатиме 74424,71 грн.

5.4 Бальна оцінка економічної ефективності проекту

Техніко-економічну ефективність науково-дослідницької роботи слід проводити з огляду на наступні показники:

- значущість дослідження;
- важливість розробки;
- складність проекту;
- плідність і перспективність застосування.

Обміркування залежності між ознаками результативності НДР і витратами на їх досягнення дозволяє зробити кількісну оцінку техніко-економічної ефективності за формулою 5.8:

$$K_{\text{ндр}} = \frac{J^n \cdot R \cdot T \cdot \gamma}{B_{\text{ндр}} \cdot t_{\text{ндр}}} \quad (5.8)$$

де $K_{\text{ндр}}$ – ступінь ефективності дослідження (коефіцієнт техніко-економічної ефективності НДР);

J – важливість роботи;

R – результативність роботи;

T – технічна складність виконання НДР;

γ – питомий ефект на 1 бал, що дорівнює 1000 грн;

$B_{\text{ндр}}$ – витрати на реалізацію НДР;

$t_{\text{ндр}}$ – час проведення НДР;

n – показник використання результатів НДР (результати НДР використовуються в дослідно-конструкторських роботах).

Дані показники визначаються з таблиць 5.6-5.9.

Таблиця 5.6 – Шкала для оцінки важливості розробки $K_{\text{ндр}}$

№ 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

Важливість розробки оцінена в 1 бал.

Таблиця 5.7 – Шкала оцінки можливості використання результатів розробки п

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

Можливість використання результатів розробки оцінена в 3 бали.

Таблиця 5.8 – Шкала оцінки теоретичної значимості й рівня новизни дослідження J

№ 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 відомих раніше	5
4	Створення нових теорій, методик	6
5	Одержання інформації, що сприяє формуванню напрямків, не відомих раніше	8

Теоретична значущість та рівень новизни дорівнює 3 бали.

Таблиця 5.9 – Шкала оцінки показників складності Т

№ 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

Показник складності роботи складає 5 балів.

Час проведення НДР можна розрахувати за наступною формулою:

$$t_{\text{ндр}} = \frac{t_{\text{оч}}}{t_{\text{max}}} = \frac{104}{123} = 0.84 \quad (5.9)$$

$$K_{\text{ндр}} = \frac{3^3 \cdot 1 \cdot 5 \cdot 1000}{74424,71 \cdot 0.84} = 2,16$$

Оскільки $K_{\text{ндр}} \geq 1$, то можна зробити висновок, що виконана робота є ефективною.

6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

В даному проекті досліджується ефективність впровадження безготівкової оплати проїзду в міському транспорті шляхом оцінки впливу кількості пасажиропотоку, швидкості руху мобільних абонентів та кількості даних, що передаються з їхніх носіїв, на якість обслуговування. Дослідження зміни показників якості обслуговування в бездротових мережах дозволить оцінити доцільність заміни звичайної оплати проїзду на електронну, та врахувати отримані результати в разі впровадження даного виду розрахунку в транспорті в подальшому.

При виконанні службових обов'язків під час проведення досліджень та моделювання важливо дотримуватись заходів по забезпеченню безпеки та вчасно запобігати дію шкідливих виробничих факторів та виникнення надзвичайних ситуацій.

6.1 Аналіз потенційних небезпек

Процеси дослідження, моніторингу та моделювання проводяться в офісних приміщеннях або лабораторіях з використанням комп'ютерної техніки, тому інженера, що працюють з виробничим обладнанням, вразливі до наступних видів потенційних небезпек:

- ураження електричним струмом, внаслідок недотримання правил електробезпеки або виходу з ладу електроприладів, що може стати причиною електротравм або призвести до літального наслідку;

- негативний вплив електромагнітних полів, в тому числі і рентгенівських випромінювань, які створюються офісним обладнанням, що призводить до погіршення зору та зниження імунітету;

- механічне травмування внаслідок не раціонального розташування робочих місць;

- нервово-психічні навантаження внаслідок специфіки виконуваних робіт, що можуть призвести до захворювань загального характеру;
- негативний вплив на опорно-руховий апарат працюючого при недостатній рухливості протягом робочого часу, незадовільній ергономічності робочого місця та неправильній організації робочого часу;
- підвищений рівень вібрації, який виробляється персональним комп'ютером, що може призвести до загальних захворювань;
- недостатнє освітлення робочої зони, внаслідок несправності освітлювальних приладів або неправильного проектування освітлювальної системи, що має негативний вплив на зір та продуктивність роботи працюючого;
- незадовільні параметри повітряного середовища робочої зони, що позначаються на здоров'ї робітника, внаслідок неправильного проектування системи вентиляції або її несправності;
- підвищений рівень шуму, пов'язаний з використанням застарілої периферійної та копіювальної техніки, освітлювальних приладів, кондиціонерів, що відображається на психоемоційному стані працюючого;
- небезпека загоряння у зв'язку із несправністю електричного обладнання, недотримання, або порушення правил протипожежної безпеки обслуговуючим персоналом, що може призвести до пожежі;
- неправильні дії персоналу у надзвичайних ситуаціях.

6.2 Заходи по забезпеченню електробезпеки

Електробезпека – це система організаційних і технічних заходів та засобів, які гарантують захист людей від шкідливої і небезпечної дії електричного струму, електромагнітного поля, електричної дуги і статичної електрики.

Інженерам в офісних приміщеннях або на підприємстві часто приходится працювати з електричним обладнанням, яке становить потенційну небезпеку у разі його неправильної експлуатації.

Заходи щодо виконання вимог електробезпеки офісних працівників регламентують наступні нормативні документи:

- типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці (НПАОП 0.00-4.12-05), затверджене наказом Державного комітету України з нагляду за охороною праці України від 26 січня 2005 р. № 15;

- правила технічної експлуатації електроустановок споживачів, затверджені наказом Міністерства палива та енергетики України від 25 липня 2006 р. № 258;

- правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів, затверджені наказом Міністерства праці та соціальної політики України, Комітету по нагляду за охороною праці від 9 січня 1998 р. № 4;

- правила пожежної безпеки в Україні, затверджені наказом Міністерства внутрішніх справ України від 30 грудня 2014 р. № 1417.

Заходи захисту від ураження електричним струмом передбачають використання їх при нормальному режимі роботи електроустановок і підтримують їх безпеку в аварійних умовах. Захист від ураження електричним струмом повинен забезпечуватися: конструкцією електроустановок, технічними засобами і засобами захисту, організаційними заходами.

До роботи на електроустановках допускаються особи не молодші 18 років, які пройшли інструктаж та навчання з безпечних методів праці, перевірку знань правил безпеки та інструкцій відповідно до займаної посади та кваліфікаційної групи з електробезпеки, і які не мають протипоказань, визначених Міністерством охорони здоров'я України.

З метою профілактики професійних захворювань, нещасних випадків та забезпечення безпеки праці працівники, що обслуговують діючі електроустановки, в обов'язковому порядку проходять попередній (при прийнятті на роботу) та періодичні (термін, обумовлений професією та характеристикою роботи) медичні огляди.

Для забезпечення безпеки робіт у діючих електроустановках належить виконувати наступні організаційні заходи:

- призначення осіб, які відповідають за організацію та проведення робіт;
- оформлення наряду чи розпорядження на проведення робіт;
- організація нагляду за проведенням робіт;
- оформлення закінчення робіт, перерв у роботі.

До технічних заходів, які необхідно виконувати в діючих електроустановках для забезпечення безпеки робіт, належать:

– при проведенні робіт зі зняттям напруги в діючих електроустановках чи поблизу них:

- 1) вимкнення установки від джерела живлення електроенергії;
- 2) механічне блокування приводів апаратів, які здійснюють вимкнення, зняття запобіжників, від'єднання кінців лінії, яка здійснює електропостачання та інші заходи, що унеможливають випадкову подачу напруги до місця проведення робіт;
- 3) встановлення знаків безпеки та захисних огорож біля струмопровідних частин, що залишаються під напругою;
- 4) встановлення заземлення (ввімкнення заземлювальних ножів чи встановлення переносних заземлень);
- 5) огороження робочого місця та вивішування плакатів безпеки;

– при проведенні робіт на струмопровідних частинах, які знаходяться під напругою та поблизу них:

- 1) виконання робіт за нарядом не менш ніж двома працівниками з застосуванням електрозахисних засобів, під постійним наглядом, із забезпеченням безпечного розташування працівників, використовуваних механізмів та пристосувань.

6.3 Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці

Головне завдання гігієни праці і виробничої санітарії полягає в попередженні нещасних випадків і професійних захворювань, усуненні впливу небезпечних і шкідливих чинників, створенні таких санітарно-гігієнічних умов, які сприяють підвищенню продуктивності праці, збереженню і зміцненню здоров'я робітників.

До будь-якого робочого місця на практиці висуваються відповідні вимоги, які можуть бути частково виражені кількісними показниками – нормами і нормативами, а деякі піддаються лише якісному опису.

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

При розміщенні робочих місць з ЕОМ необхідно дотримуватись таких вимог:

- відстань між бічними поверхнями ЕОМ має бути не меншою за 1,2 м;
- відстань між тильною поверхнею однієї ЕОМ та екраном іншої не повинна бути меншою 2,5 м;
- прохід між рядами робочих місць має бути не менш 1 м.

Конструкція робочого місця користувача ЕОМ (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 – 20° відносно вертикальної площини.

Висота робочої поверхні столу для ЕОМ 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 – 600-1400мм, глибина – 800-1000 мм.

Робочий стіл для ЕОМ повинен мати простір для ніг висотою не менше 600 мм, шириною не менше 500 мм, глибиною на рівні колін не менше 450 мм, на рівні витягнутої ноги – не менше 650 мм.

Робоче сидіння користувача повинно мати такі основні елементи: сидіння, спинку та стаціонарні або знімні підлокітники.

Екран ЕОМ та клавіатура мають розташування на оптимальній відстані від очей користувача, але не ближче 600 мм, з урахування розміру алфавітно-цифрових знаків та символів.

Гігієнічні вимоги передбачають забезпечення таких норм: освітлення робочих місць; повітрообміну, температурного режиму; вологості; шуму й інших чинників робочого середовища, що впливають на здоров'я і працездатність людини.

Для створення сприятливих умов для здорової роботи, які б запобігали швидкій втомлюваності очей, виникненню професійних захворювань, нещасних випадків і сприяли підвищенню продуктивності праці, виробниче освітлення повинно відповідати наступним вимогам:

- створення на робочій поверхні освітленості, що відповідає характеру зорової роботи і не є нижчою за встановлені норми (300-500 лк);
- забезпечення достатньої рівномірності та постійності рівня освітленості у виробничих приміщеннях для уникнення частої переадаптації органів зору;
- повинен бути достатній для розрізнення деталей контраст поверхонь, що освітлюються;
- повинно бути надійним і простим в експлуатації, економічним та естетичним.

Для виробничого приміщення, що має розміри $7 \times 5 \times 3,2$ м; $[L/h]=1,4$; $h_p=0,8$, визначимо необхідну кількість світильників [26].

Кількість рядів світильників у приміщенні обчислюється за наступною формулою:

$$N_p = \frac{B}{(H-h_p)\left(\frac{L}{h}\right)}, \text{ шт.} \quad (6.1)$$

де В – ширина приміщення, м;

Н – висота приміщення, м;

h_p – висота робочої поверхні;

[L/h] – числове значення коефіцієнта світильника.

Тоді:

$$N_p = \frac{5}{(7 - 0,8) \cdot 1,4} \approx 2 \text{ шт.}$$

Максимально припустима відстань між рядами світильників визначається за формулою:

$$L_{max} = \frac{B}{N_p}, \text{ м} \quad (6.2)$$

де В – ширина приміщення, м;

N_p – кількість рядів світильників у приміщенні.

Тоді:

$$L_{max} = \frac{5}{2} = 2,5 \text{ м}$$

Умовна загальна кількість світильників у приміщенні обчислюється за формулою:

$$N_{св}^* = \frac{A \cdot B}{L_{max}^2}, \text{ шт.} \quad (6.3)$$

де А – довжина приміщення, м;

В – ширина приміщення, м;

L_{max} – максимально припустима відстань між рядами світильників.

Тоді:

$$N_{\text{св}}^* = \frac{7 \cdot 5}{2,5^2} \approx 6 \text{ шт.}$$

6.4 Заходи з пожежної безпеки

Забезпечення пожежної безпеки є складовою частиною виробничої та іншої діяльності посадових осіб, працівників підприємств, установ, організацій та підприємців.

Заходи пожежної безпеки підрозділяються на: організаційні, експлуатаційні, технічні та режимні (спеціальні).

Організаційні заходи передбачають: організацію пожежної охорони на об'єкті, проведення навчань з питань пожежної безпеки, застосування наочних засобів протипожежної пропаганди та агітації, проведення перевірок, оглядів стану пожежної безпеки приміщень, будівель, об'єкта в цілому та ін.

Експлуатаційні заходи охоплюють своєчасне проведення профілактичних оглядів, випробувань, ремонтів технологічного та допоміжного устаткування, а також інженерного господарства (електромереж, електроустановок, опалення, вентиляції).

До технічних заходів належать: суворе дотримання правил і норм, визначених чинними нормативними документами при реконструкції приміщень та будівель, технічному переоснащенні виробництва, експлуатації, переобладнанні електромереж, опалення, вентиляції, освітлення і т. п.

Заходи режимного характеру передбачають заборону куріння та застосування відкритого вогню в недозволених місцях, недопущення появи сторонніх осіб у вибухонебезпечних приміщеннях чи об'єктах, регламентацію пожежної безпеки при проведенні вогневих робіт тощо.

Для підтримання пожежної безпеки підприємство має здійснити комплекс обов'язкових організаційних заходів, перелічених у «Правилах пожежної безпеки в Україні», а саме:

- визначити обов'язки посадових осіб щодо забезпечення пожежної безпеки;
- призначити відповідальних за пожежну безпеку окремих будівель, споруд, приміщень, діляниць, технологічного та інженерного устаткування, а також за утримання і експлуатацію технічних засобів протипожежного захисту;
- запровадити відповідний протипожежний режим;
- підготувати й затвердити загальнооб'єктову інструкцію про заходи пожежної безпеки й відповідні інструкції для всіх вибухо- та пожежонебезпечних приміщень, а також ознайомити з ними всіх працівників;
- скласти плани (схеми) евакуації людей у разі пожежі;
- затвердити порядок (систему) сповіщення людей про пожежу, ознайомити з ним усіх працівників;
- визначити категорії будівель і приміщень за вибуховою та пожежною небезпекою відповідно до вимог чинних нормативних документів, а також визначити класи зон за «Правилами будови електроустановок»;
- встановити на території, у будівлях та приміщеннях відповідні знаки пожежної безпеки, таблички з вказівкою номеру телефону та порядку виклику пожежної охорони.

Відповідно до «ГОСТ 27331-87 Пожежна техніка» приміщення в офісах або на підприємствах, де відбувається моніторинг та проводяться дослідження, відносяться до класів А та Е, мають категорію Д згідно з ОНТП 24-86 по вибухопожежній та пожежній небезпеці, та ступінь вогнестійкості не нижче ІІІ.

Для ліквідації невеликих осередків пожеж та гасіння пожеж у початковій стадії їх розвитку силами персоналу об'єктів, застосовуються первинні засоби пожежогасіння. До них належать: вогнегасники, пожежний інвентар (покривала з негорючого теплоізоляційного полотна або повсті, ящики з піском, бочки з водою, пожежні відра, совкові лопати), пожежний інструмент (гаки, ломи, сокири тощо). Їх застосовують для ліквідації невеликих загорянь до приведення в дію

стаціонарних та пересувних засобів гасіння пожежі або до прибуття пожежної команди. Кожне приміщення, відділення, цех, транспортні засоби повинні бути забезпечені такими засобами у відповідності з нормами.

Серед первинних засобів пожежогасіння особливе місце займають вогнегасники. Залежно від вогнегасних речовин, що використовуються, вогнегасники ділять на пінні, газові та порошкові.

В офісних приміщеннях використовують вуглекислотні вогнегасники ВВК-1,4 та ВВК-3,5 (цифри показують місткість балону у літрах). Їх застосовують для гасіння рідких та твердих речовин (крім тих, що можуть горіти без доступу повітря), а також електроустановок, що знаходяться під напругою до 1000 В.

6.5 Заходи по забезпеченню безпеки у надзвичайних ситуаціях

Важливим заходом попередження надзвичайних ситуацій (поряд з їх запобіганням) у разі явної загрози життю працівникам підприємств є евакуація в безпечні зони, що проводиться відповідними органами.

Проведення організованої евакуації з виробничих та інших приміщень і будівель, запобігання проявам паніки і недопущення загибелі людей забезпечується шляхом:

- планування евакуації людей (складання плану евакуації з приміщення з розробленням схеми евакуаційних шляхів та виходів);
- визначення зон, придатних для розміщення евакуйованих з потенційно небезпечних зон;
- організації управління евакуацією;
- навчання населення діям під час проведення евакуації.

Евакуація проводиться у найкоротші строки після її оголошення. Для здійснення цього заходу використовуються усі види громадського транспорту (залізничний, автомобільний, водний, авіаційний), що не зайняті невідкладними виробничими і господарськими перевезеннями, а також транспорт індивідуального користування. Певна частина населення, що підлягає евакуації,

може виводитися пішим порядком. З отриманням розпорядження на проведення евакуації начальники і органи управління цивільного захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій разом з евакуаційними комісіями і службами ЦЗ проводять оповіщення керівників підприємств, а через них робітників і службовців, їх сімей та іншого населення про час прибуття на збірні евакуаційні пункти для евакуації. Для оповіщення населення використовуються різного роду системи оповіщення, а також засоби масової інформації – радіо, телебачення, преса тощо.

При аварії на підприємствах або катастрофах на транспорті силами керівників підприємств та місцевих органів здійснюється евакуація робітників і службовців, а у необхідних випадках і місцевого населення, що проживає поблизу аварії або катастрофи, що сталася, а також потерпілих.

Автотранспорт у більшості випадків використовується для вивозу евакуйованих на невелику відстань. При перевезеннях автотранспортом окрім пасажирських автобусів застосовуються пристосовані для перевезення людей вантажні автомобілі. Підвищуються норми завантаження автотранспортних засобів. Автотранспорт зводиться в автоколони по 25-30 машин.

Для вивозу населення залізницею і водним транспортом використовуються не лише пасажирські залізничні состави і судна, але й інші засоби, що звичайно не застосовуються у нормальних умовах для перевезення людей, – товарні вагони і напіввагони, вантажні судна, баржі, платформи тощо. Передбачається більш ущільнене завантаження вагонів і суден, а також збільшення довжини поїздів.

Колони евакуйованих пішим порядком, як правило, формуються поблизу збірних евакопунктів. У цілях кращої організації переходу практикується розбивання колон за цехами та іншими виробничими підрозділами. На чолі колон ставляться досвідчені і авторитетні керівники. Вивід населення пішки здійснюється по дорогам, а також по маршрутам і колонним шляхам.

Евакуйовані розселяються у населених пунктах місць евакуації як у громадських будівлях, так і у житлових будинках місцевих жителів (у порядку їх ущільнення). Питання комунально-побутового обслуговування евакуйованого

населення вирішуються за рахунок розширення існуючих у сільській місцевості і створення додаткових комунальних установ. Медичне обслуговування забезпечується існуючою мережею лікарень, поліклінік, медичних пунктів, аптек. Евакуйованим дітям надається можливість продовжувати навчання у школах за місцем евакуації.

Органи управління в місцях, куди евакуюються люди із районів стихійних лих, аварій, катастроф, а також керівники підприємств, установ, організацій повинні виявляти постійну турботу про населення, що евакуюється, вживати заходів щодо його працевлаштування та всебічного забезпечення.

ВИСНОВКИ

В магістерській роботі описані характеристики, що впливають на якість обслуговування в бездротових мережах зв'язку з використанням стандартів IEEE 802.11g та IEEE 802.16e.

Розглянуті особливості технологій IEEE 802.11g та IEEE 802.16e.

Здійснено дослідження пасажиропотоку на окремому маршруті, що курсує в межах міста, результати якого були враховані при подальшому моделюванні.

Визначені сценарії руху мобільних абонентів на зупинках та під час руху транспортного засобу між зупинками.

Обрано симулятор для здійснення моделювання визначених сценаріїв та аналізу наступних показників QoS: затримка, навантаження та пропускна здатність. Серед таких програм як OPNET Modeler 14.5, Cisco Packet Tracer та OMNET++ був обраний програмний пакет OPNET Modeler 14.5.

Отримані результати в подальшому дозволять досліджувати роботу бездротової мережі під час користування громадським транспортом та при зміні пасажиропотоку задля покращення якості обслуговування.

Були оцінені важливість засобів комунікацій, тенденції розвитку зв'язку та проведений аналіз розподілу сучасного ринку стільникового зв'язку України між різними операторами. Визначена тривалість науково-дослідницької роботи шляхом складання діаграми Ганта, розраховані витрати, що зведені в кошторис витрат на реалізацію проекту. Проведена оцінка бальної ефективності роботи та зроблені відповідні висновки.

Досліджено перелік потенційних небезпек, що можуть спіткати працівників під час виконання робочих обов'язків в офісі або виробничому приміщенні. Описані заходи забезпечення вимог електробезпеки, санітарії та гігієни праці, правила організації робочого місця та розраховано освітлення робочого приміщення. Також були розглянуті заходи по забезпеченню пожежної безпеки та безпеки у надзвичайних ситуаціях, зокрема при евакуації.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Кузькін О.Ф. Аналіз розвитку та рівня якості послуг громадського транспорту Запоріжжя // Науковий журнал «Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки» / відп. ред. В.Б. Кисельов ; ТНУ ім. В.І. Вернадського. – Київ, 2018. – Т. 29. – С. 307-313.

2. QoS [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://lanmarket.ua/entsiklopediya/telekommunikatsionnye-tehnologii/qos.html>

3. Кузькін О.Ф. Аналіз маршрутної системи міського громадського транспорту Запоріжжя // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля : наук. журнал / відп. ред. д.т.н., проф. Горбунов М.І. ; СХУ ім. В. Даля. – Сєвєродонецьк: СХУ ім. В. Даля, 2018. – № 2 (243). – С.132-139.

4. Райда І.М., Юзвук Н.С. Дослідження пасажиропотоків на автобусних маршрутах 18 та 81 міста Запоріжжя // Тиждень науки – 2018 : Щоріч. наук.-практ. конф. Викладачів, науковців, молодих учених, аспірантів, студентів ЗНТУ, 16-20 квітня 2018 р., м. Запоріжжя: зб. тез доп. в 39 т. / відп. ред. В.В. Наумик – Запоріжжя: ЗНТУ, 2018. – Т. 39. – С.134-135.

5. Как платить телефоном по карте Visa. Бесконтактные платежи в деталях [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://habr.com/ru/article/267999/>

6. SSL [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/SSL>

7. Классификация беспроводных технологий [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://studbooks.net/2350726/tehnika/klassifikatsiya_besprovodnyh_tehnologiy

8. Беспроводные технологии [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://ru.wikipedia.org/wiki/Беспроводные_технологии

9. 802.11g [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://searchmobilecomputing.techtarget.com/definition/80211g>

10. Энциклопедия АСУ ТП : 2 Промышленные сети и интерфейсы : 2.11 Беспроводные локальные сети : 2.11.4 Wi-Fi и IEEE 802.11 [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://www.bookasutp.ru/Chapter2_11_4.aspx
11. Марчуков А.В. Беспроводные информационные сети: учебное пособие / А.В. Марчуков; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009. – С. 29.
12. Беспроводные сети семейства IEEE 802.11g [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://compress.ru/article.aspx?id=12083#02>
13. Технологии беспроводных сетей. Канальный уровень протоколов IEEE 802.11 [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://works.doklad.ru/view/2_yvFKXIs6U/2.html
14. WiMAX [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/WiMAX#MAC_-_канальный_уровень
15. Этапы развития стандарта WiMAX [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://1234g.ru/wimax/etapy-razvitiya-standarta-wimax>
16. Coverage Area and Capacity Evaluation for WiMAX Networks [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://i-rep.emu.edu.tr:8080/jspui/bitstream/11129/3398/1/MahmoodAwan.pdf>
17. D. Zvikhachevskiy, J.M.Sultan, K.Dimyati, “Quality of Service Mapping Over WiFi+WiMAX and WiFi+LTE Networks”, in Journal of Telecommunication Electronic and Computer Engineering (JTEC), Vol 5 No 2, 2013.
18. Тихвинский В.О., Терентьев С.В. Параметры качества услуг в сетях WIMAX [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/parametry-kachestva-uslug-v-setyah-wimax>
19. Что влияет на работу беспроводных сетей Wi-Fi? Что может являться источником помех и каковы их возможные причины? [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://help.keenetic.com/hc/ru/articles/213968709-Что-влияет-на-работу-беспроводных-сетей-Wi-Fi-Что-может-являться-источником-помех-и-каковы-их-возможные-причины->

20. Разработка модели кампусной сети в среде opnet modeler [Електронний ресурс] –

Режим доступу: <https://nauchkor.ru/uploads/documents/5b88779f7966e1073081b244.pdf> .

21. Описание симулятора Cisco Packet Tracer [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://studopedia.info/3-103681.html> .

22. Mithun Acharya, Tanu Sharma, David Thuente, David Sizemore Intelligent Jamming in 802.11b Wireless Networks [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://pdfs.semanticscholar.org/b768/23bf0085c0af99564f7010705e94d844f900.pdf> .

23. Сініцин Р.Б., Кольченко Л.В., Кудренко С.О. Розвиток мобільного стільникового зв'язку [Електронний ресурс] – Режим доступу: 5256-13341-1-SM.pdf .

24. Выбор мобильного оператора в Украине [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://fastcredit.money/poleznoe/vybor-mobilnogo-operatora-v-ukraine/>

25. 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.

26. 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.