

Міністерство освіти і науки України

Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Комп'ютерної інженерії та управління
(повна назва)

Кафедра Автоматизації проектування обчислювальної техніки
(повна назва)

АТЕСТАЦІЙНА РОБОТА Пояснювальна записка

другий (магістерський)
(рівень вищої освіти)

ГЮІК. 4656ХХ.025 ПЗ
(позначення документа)

Система управління транспортними засобами кіберуніверситету
(тема)

Виконав: студент 2 курсу, групи СКСм-18-2

Котенко Д.В.

(прізвище, ініціали)

Спеціальність 123 Комп'ютерна інженерія

Тип програми освітньо-професійна
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Освітня програма _____

Спеціалізовані комп'ютерні системи
(шифр і назва спеціальності, освітньої програми)

Керівник роботи _____ проф. Немченко В.П.
(підпис) (посада, прізвище, ініціали)

Допускається до захисту

Зав. кафедри _____

(підпис)

Чумаченко С.В.

(прізвище, ініціали)

2019 р.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет _____ Комп'ютерної інженерії та управління _____

Кафедра _____ Автоматизації проектування обчислювальної техніки _____

Рівень вищої освіти _____ другий (магістерський) _____

Спеціальність _____ 123 Комп'ютерна інженерія _____
(шифр і назва)

Тип програми _____ Освітньо-професійна _____
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Освітня програма _____ Спеціалізовані комп'ютерні системи _____
(повна назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри _____

_____ (підпис)
« _____ » _____ 20 ____ р.

ЗАВДАННЯ
НА АТЕСТАЦІЙНУ РОБОТУ

студентові _____ Котенку Дмитру Володимировичу _____
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи (проекту) _____ Система управління транспортними засобами
кіберуніверситету _____

_____ The Cyberuniversity Transport Management System _____

затверджена наказом по університету від " 04 " 11 2019 р. № 1624 Ст _____

2. Термін подання студентом роботи до екзаменаційної комісії _____ 24.12.2019 _____

3. Вихідні дані до роботи (проекту) _____

_____ Технологія VANET _____

_____ Мова програмування Python _____

_____ Симулятор мережі SUMO _____

4. Перелік питань, що потрібно опрацювати у роботі _____

_____ Аналіз існуючих методів _____

_____ Дослідження транспортних систем _____

_____ Опис структури існуючої системи кіберуніверситету, проблеми та шляхи їх
вирішення _____

_____ Розробка системи управління транспортними засобами
кіберуніверситету _____

_____ Моделювання вузлів системи _____

5. Перелік графічного матеріалу із зазначенням креслеників, схем, плакатів, комп'ютерних ілюстрацій (слайдів) слайдів

6. Консультанти розділів роботи (проекту)

Найменування розділу	Консультант (посада, прізвище, ім'я, по батькові)	Позначка консультанта про виконання розділу	
		підпис	Дата

7. Дата видачі завдання 03.09.2018

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів роботи (проекту)	Термін виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Видача теми проекту, узгодження і затвердження	03.09.2019 -10.09.2019	
2	Аналіз проблемної галузі, постановка задачі	10.09.2019 -30.09.2019	
3	Аналіз джерел	30.09.2019 -15.10.2019	
4	Дослідження інтелектуальних транспортних систем	15.10.2019 -15.11.2019	
5	Дослідження мережі VANET	15.11.2019 - 25.11.2019	
6	Моделювання системи у симуляторі SUMO	25.11.2019 -05.12.2019	
7	Оформлення пояснювальної записки	05.12.2019 -15.12.2019	
8	Перевірка проекту керівником	15.12.2019 -20.12.2019	
9	Захист проекту	20.12.2019 -25.12.2019	

Студент _____
(підпис)

Керівник роботи (проекту) _____
(підпис)

проф. Немченко В.П.
(посада, прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка містить 78 сторінок, 12 рисунків, 3 таблиці, 14 джерел за переліком посилань.

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА ТРАНСПОРТНА СИСТЕМА,
КІБЕРУНІВЕРСИТЕТ, УПРАВЛІННЯ ТРАНСПОРТНИМИ СИСТЕМАМИ,
ІНТЕРНЕТ РЕЧЕЙ, VANET, SUMO, ТРАНСПОРТНИЙ ЗАСІБ,
МОДЕЛЮВАННЯ МЕРЕЖІ

Метою роботи є створення моделі інтелектуальної транспортної системи в межах кіберуніверситету.

Розглянуті питання транспортних проблем, таких наприклад як моніторинг транспорту з метою зменшення витрат на утримання транспортних засобів та запобігання виникненню дорожньо-транспортних пригод на дорозі.

Проведено аналіз сучасних інтелектуальних транспортних систем та технологій, що в них застосовуються. Розглянуто принцип побудови транспортної мережі за технологією Vanet у симуляторі. Побудовано модель транспортної мережі кіберуніверситету для моніторингу маршруту та технічного стану транспортних засобів.

ABSTRACT

Bachelor's thesis contains 78 pages, 12 figures, 3 tables, 14 sources according to the list of links.

INTELLIGENT TRANSPORT SYSTEM, CYBERUNIVERSITY, TRANSPORT MANAGEMENT SYSTEMS, INTERNET OF THINGS, VANET, SUMO, VEHICLE, NETWORK MODELING

The purpose of the work is to create a model of intelligent transport system within the cyber university.

Issues of transportation issues such as monitoring of transport to reduce the cost of maintaining vehicles and preventing road accidents are discussed.

The analysis of modern intelligent transport systems and technologies used in them is carried out. The principle of construction of transport network using Vanet technology in the simulator is considered. A cyber university transport network model has been constructed to monitor the route and technical condition of the vehicles.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ	8
ВСТУП	9
1 СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ТРАНСПОРТОМ.....	12
1.1 Огляд систем.....	12
2 ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ ТРАНСПОРТНІ СИСТЕМИ.....	16
2.1 Огляд інтелектуальних транспортних систем.....	16
2.2 Розвиток архітектури.....	18
2.3 Функціональна область та послуги у сфері ІТС	20
2.4 Сутність ІТС	22
2.5 Мобільна комунікація та процес управління	25
3 ТЕХНОЛОГІЯ VANET.....	31
3.1. Огляд VANET	31
3.1.1 Зв'язок між автомобілями (Vehicle-to-vehicle).....	33
3.1.2 Зв'язок між автомобілем та на дорозі.....	35
3.2 Особливості та завдання VANET.....	36
3.3 Стандарти бездротового доступу в VANET	39
3.3.1 Спеціалізована комунікація короткого діапазону (DSRC).....	40
3.3.2 Стандарти бездротового доступу в транспортних умовах	41
3.4 Якість обслуговування (QoS).....	43
3.5 Інформаційна безпека в VANET	44
3.5.1 Загрози доступності	46
3.5.2 Загрози автентичності	47
3.5.3 Загрози конфіденційності.....	48
4 МОДЕЛІ, ІНСТРУМЕНТИ ТА ПЛАТФОРМИ МОДЕЛЮВАННЯ VANET.....	49
4.1 Моделі мобільності для VANET.....	49
4.1.1 Моделі опитування.....	51

4.1.2	Моделі, керовані подіями.....	51
4.1.3	Моделі, орієнтовані на програмне забезпечення.....	52
4.1.4	Синтетична модель.....	52
4.2	Оцінка симуляторів VANET.....	53
4.2.1	Генератор моделі мобільності для Vehicular мереж (MOVE).....	55
4.2.2	Симулятор трафіку та мережі (TraNs).....	56
4.2.3	VanetMobiSim.....	57
4.2.4	Національний симулятор мережі університету Ч'яо Тун (NCTUns)	58
5	МОДЕЛЮВАННЯ ТРАНСПОРТНОЇ СИСТЕМИ.....	60
5.1	Система як компонент кіберфізичного університету	60
5.2	Архітектурний огляд.....	61
5.3	Створення мап	64
5.4	Генерація транспортних засобів	67
5.5	Логістика.....	71
5.6	Вихідні дані.....	73
	ВИСНОВКИ	75
	ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ.....	77
	ДОДАТОК А Графічна частина атестаційної роботи.....	Ошибка! Закладка не определена.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

САУ – система автоматичного управління;

ТЗ - транспортні засоби;

GPS - Global Positioning System (Система глобального позиціонування);

IoT – Internet of Things, (інтернет речей);

ITS - Intelligent Transport System (інтелектуальна транспортна система);

IVC - між автомобільний зв'язок;

SCU – Smart Cyber University (розумний кіберуніверситет);

SUMO - Simulation of Urban Mobility (моделювання міської мобільності);

TSM – Transport management system (система управління транспортом);

VANET - автомобільні спеціальні мережі;

V2V - Vehicle to Vehicle (зв'язок між автомобілями);

V2I - Vehicle-to-Infrastructure (зв'язок автомобіля до інфраструктури).

ВСТУП

Система управління транспортом є важливим інструментом для професіоналів з доставки. Це допомагає координувати всі доступні точки даних у транспортній мережі, включаючи тарифи, варіанти маршруту, постачання складів та розподіл. Системи управління транспортом представляють цю інформацію в чистому, зрозумілому для цього форматі, який потім дозволяє менеджеру приймати найкращі та найефективніші можливі рішення.

Традиційно системи управління транспортом були дуже дорогими та складними, що робить їх дорогими для впровадження та обслуговування з часом. Це зробило неможливим ефективне використання більшості вантажників малого та середнього рівня. Однак економія витрат та підвищення ефективності спонукали більшість великих компаній до прийняття цих систем, що дало їм ще одну перевагу перед своїми конкурентами.

Сьогодні стан систем управління транспортом змінюється, оскільки розробки технології постійно роблять цю продукцію менш дорогою, простішою у використанні, більш функціональною та менш трудомісткою для встановлення. Це дозволяє меншим вантажовідправникам скористатися великими перевагами, які ці системи можуть забезпечити за рахунок отримання даних, ефективності та потоку зв'язку.

У світовій практиці в останні роки активно використовуються новий напрямок в науці, техніці і бізнесі - Інтелектуальні Транспортні Системи (ІТС), які розглядається як найефективніша міра для вирішення транспортних проблем і джерело створення нових галузей промисловості.

Це інноваційне рішення проблем транспорту створенням вже не систем управління транспортом, а транспортних систем, в яких засоби зв'язку, контролю та управління спочатку вбудовані в транспортні засоби і об'єкти транспортної

інфраструктури. Причому можливості прийняття рішень на основі отриманої в реальному часі інформації в таких системах доступні не тільки транспортним операторам, але і всім користувачам транспорту та пішоходам. Така сукупна система, яка об'єднує в єдиний технічний і технологічний комплекс підсистеми організації дорожнього руху, забезпечення безпеки дорожнього руху, а також надання інформаційного сервісу для учасників дорожнього руху і потенційних суб'єктів транспортного процесу, сьогодні отримала назву - «Інтелектуальна Транспортна Система» (ІТС).

Оперативної завданням ІТС є здійснення і підтримка можливості автоматизованого і автоматичного взаємодії всіх транспортних суб'єктів в реальному масштабі часу на адаптивних принципах.

Ключовим в побудові ІТС є комплекс дорожньо-транспортного, транспортно-технологічної, транспортно-сервісної та інформаційної інфраструктури. Фактично цей комплекс представляється як сукупність підсистем, в якій передбачена функція диспетчерського, оперативного і ситуаційного координування взаємодії залучених служб, відомств та інших суб'єктів. Для організації такої взаємодії необхідно створювати регіональні диспетчерські центри.

Побудова ІТС неможливо без розробки і реалізації проектних рішень по формуванню середовища (комплексу) зв'язку, що враховує всі види взаємодії, від провідних (високошвидкісні оптоволоконні мережі), до бездротових (стандарти зв'язку, доступні від операторів стільникового зв'язку; радіо- і трекінговий зв'язок, Інтернет).

Прийняття рішень з проектування, будівництва та розширення ІТС має спиратися на наукові принципи визначення і моніторингу індикаторів ефективності підсистем ІТС в системі інтересів регіону (за параметрами функціонування транспортної системи), а також споживачів інформаційних та інших послуг, що надаються опосередковано через ІТС. Одночасно, дані ІТС

можуть використовуватися для обґрунтування витрат з обслуговування, реконструкції доріг, а також з метою обґрунтування доцільності і параметрів будівництва нових ділянок доріг.

У світовій практиці ІТС визнані як загальна транспортна ідеологія інтеграції досягнень телематики в усі види транспортної діяльності для вирішення проблем економічного і соціального характеру - скорочення аварійності, підвищення ефективності громадського транспорту і вантажоперевезень, забезпечення загальної транспортної безпеки, поліпшення екологічних показників.

В даній роботі розглядатиметься розробка моделі системи управління транспортними засобами в межах певної організації, в даному випадку – кіберуніверситету. Система повинна забезпечувати контроль технічного стану транспортних засобів, оптимізувати витрати палива та мастил, а також відстежувати транспорт за його маршрутом та запобігати ДТП та інших непередбачених ситуацій на дорозі.

1 СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ТРАНСПОРТОМ

1.1 Огляд систем

Багато людей стверджують, що потенціал для систем управління транспортом величезний і що протягом десяти років усі серйозні вантажовідправники будуть використовувати їх регулярно і досконало. Це тому, що є безперечні переваги використання цих систем для управління та сортування складних мереж доставки. У той же час, із зниженням цін це зробить ті компанії, які не застосовують ці практики, застарілими.

Ще одним фактором, що впливає на зростання використання TMS, є те, що постачальники починають орієнтуватися на невикористані менші компанії. Ці підприємства раніше не мали ресурсів для ефективного впровадження цих систем. Однак тепер, коли ціна знизилася, і тепер існують веб-системи управління транспортом, які легко розгорнути, постачальники цього програмного забезпечення починають збільшувати поле зору для залучення нових потенційних клієнтів. Це ще більше розпалює ринок, змушуючи ці системи пронизувати кожен куточок галузі.

У той же час ефективність та функціонування цих систем робить системи управління транспортом більш бажаними, ніж будь-коли, для широкого кола клієнтів. Хмарні продукти скорочують час, необхідний для ефективної установки та впровадження системи управління транспортом. Це дозволяє навіть меншим компаніям скористатися потужністю серверів високого класу, щоб досягти точного та глибокого аналізу даних.

Причини впровадження системи управління транспортом

Однією з найважливіших причин впровадження системи управління транспортом є досягнення максимально можливих тарифів від транспортних

перевізників. Ці системи беруть інформацію про вартість від різних постачальників за різними маршрутами та впорядковують все це за простим для читання списком, що дозволяє менеджеру з доставки швидко і ефективно приймати рішення про те, як перенести вантажі з одного місця в інше.

Ще одна важлива причина того, що в 2016 році все більше компаній впроваджують Системи управління транспортом - це те, що вони можуть різко підвищити ефективність бізнесу. Замість того, щоб мати одну людину, яка відслідковує декілька продуктів, відправлень та рішень, ці системи організують все в точні, легкі для читання списки, які потім можуть ефективно використовуватись для прийняття найкращого рішення. Це виключає помилки людини, роблячи особу, відповідальну за доставку, більш ефективною на своїй роботі.

В кінцевому підсумку означає, що вигода від економії вантажовідправників ще сильніша в будь-якому розмірі підприємства. У той же час можливість усунення надмірностей, помилок людини та підвищення ефективності організації може призвести до отримання більших прибутків.

Поза транзакційним інструментом, TMS тепер є стратегічним інструментом постійного вдосконалення

Завданням для розробників системи управління транспортними потоками буде пошук ефективних способів допомогти менеджерам з доставки зрозуміти та інтерпретувати безліч даних, які ці продукти можуть зробити ними доступними. Вони повинні бути в змозі зрозуміти, що це означає, і мати це доступне для них, коли буде досягнута точка рішення. Це дозволить вантажовідправнику приймати набагато ефективніші рішення щодо доставки по всій організації.

Системи управління транспортом також можуть бути вигідними для перевізників, які готові адаптуватися до цих продуктів. Хоча вони роблять ринок більш конкурентоспроможним, змушуючи знижувати ціни, вони також дозволяють отримати більше доступу до клієнтів. Це може збільшити загальну

кількість можливостей, які стають доступними, збільшивши підсумковий рядок і для них. У той же час вони можуть використовувати ці системи, щоб зробити власні організації більш ефективними та економічно ефективними.

Стан систем управління транспортом міцний, але все ще існує величезний потенціал для цієї галузі. За оцінками, лише 35% вантажовідправників зараз використовують ці рішення. Однак прогрес технології та зниження цін роблять ці продукти доступними для значно більшої аудиторії, і сьогодні навіть малі та середні постачальники послуг можуть скористатися корисністю цих систем. У той же час, продавці також починають орієнтуватися на ці невикористані ринки, коли вони стають більш доступними. Це призводить до більшого використання у всіх логістичних операціях.

Технологічне рішення, яке допомагає компаніям ефективно, надійно та економічно ефективно переміщувати вантажі з місця походження до місця призначення, більшість систем управління транспортом включає як рішення для планування, так і виконання (системи для перевезення вантажів за участю перевізників). За словами аналітиків ARC, вантажовідправники застосовують системи управління транспортом, в основному завдяки сильній рентабельності інвестицій, запропонованій подібними рішеннями.

Для спеціалістів з логістики, які мають відповідальність за переміщення вантажів, системи управління транспортом також можуть допомогти створити ефективність перевезень, забезпечити інформаційні панелі в режимі реального часу, забезпечити краще прийняття рішень та вирішити безліч інших завдань, які неможливо адекватно вирішити за допомогою телефонів, факсів та електронних таблиць.

Менеджерам з логістики та транспорту покладено завдання зробити рух вантажів між торговими партнерами простішим, дешевшим та ефективнішим. Часто ці менеджери звертаються до систем управління транспортними перевезеннями (TMS) у плавних та ефективних операціях своїх ланцюгів

поставок протягом десятиліть. Значно розвинувшись протягом останніх 30 років, такі системи, як правило, доступні як окремі програмні пакети, як частина більшого рішення для планування корпоративних ресурсів (ERP), або у форматах Software-as-a-Service (SaaS).

Незалежно від способу доставки технологій, TMS вирішує головоломку руху вантажів, обробляючи окремі посилки для об'ємних товарів і всього між ними. У більшості випадків рішення контролюють переміщення всіх видів в'їзного та виїзного вантажу (включаючи інтермодальний) на внутрішньому та міжнародному рівнях. Можливості управління автопарком TMS зазвичай зосереджені на власних транспортних активах вантажовідправника, тоді як його функції планування та виконання контролюють та відстежують переміщення за участю як внутрішніх, так і зовнішніх постачальників.

2 ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ ТРАНСПОРТНІ СИСТЕМИ

2.1 Огляд інтелектуальних транспортних систем

У інтелектуальних системах транспортування кожен транспортний засіб бере на себе роль відправника, приймача та маршрутизатора для передачі інформації в транспортну мережу або транспортне агентство, яке потім використовує цю інформацію для забезпечення безпечного, вільного потоку руху. Для зв'язку між транспортними засобами та підрозділами RoadSide (RSU) транспортні засоби повинні бути обладнані яким-небудь радіоінтерфейсом або OnBoard Unit (OBU), який дозволяє формувати бездротові бездротові спеціальні мережі. Транспортні засоби також повинні бути обладнані апаратними засобами, що дозволяють отримати детальну інформацію про положення, наприклад, Глобальна система позиціонування (GPS) або диференціальна система глобального позиціонування (DGPS). Для полегшення зв'язку повинні бути встановлені нерухомі RSU, які підключені до магістральної мережі. Кількість та розподіл придорожніх одиниць залежить від протоколу зв'язку, який слід використовувати. Наприклад, деякі протоколи вимагають розподілення придорожніх одиниць рівномірно по всій дорожній мережі, деякі вимагають придорожніх підрозділів лише на перехрестях, а інші вимагають придорожніх підрозділів лише на регіональних кордонах. Хоча з упевненістю можна припустити, що інфраструктура існує певною мірою і транспортні засоби мають доступ до неї з перервами, нереально вимагати, щоб транспортні засоби завжди мали бездротовий доступ до придорожніх підрозділів. Сюди входять міжміські транспортні засоби, транспортні засоби до дороги та комунікації на основі маршрутів. Між транспортні засоби, транспортні засоби на дорозі та маршрутні комунікації покладаються на дуже точну та актуальну інформацію про навколишнє середовище, яка, в свою чергу, вимагає використання точних систем

позиціонування та інтелектуальних протоколів зв'язку для обміну інформацією. У мережевому середовищі, в якому комунікаційне середовище є спільним, дуже ненадійним та з обмеженою пропускнуою здатністю, протоколи інтелектуального зв'язку повинні гарантувати швидку та надійну доставку інформації для всіх транспортних засобів поблизу. Варто зазначити, що для внутрішньомобільних комунікацій використовуються такі технології, як IEEE 802.15.1 (Bluetooth), IEEE 802.15.3 (ультраширокий діапазон) та IEEE 802.15.4 (Zigbee), які можна використовувати для підтримки бездротового зв'язку всередині транспортного.

Інтелектуальні транспортні системи (ІТС) можна визначити як цілісне, управління, інформаційне та комунікаційне оновлення до класичних транспортних і транспортних систем, що дає змогу значно покращити продуктивність, транспортні потоки, ефективність перевезення пасажирів та вантажів; безпека та безпека транспорту, забезпечує більш комфортне подорож для пасажирів, зменшує забруднення тощо. ІТС представляє важливий прорив завдяки зміні підходів та тенденцій у транспорті та транспортних дослідженнях та технологіях, спрямованих на вирішення зростаючих проблем перевантажень, забруднення, ефективності транспорту, безпеки та безпека пасажирів та вантажів. Про це свідчать також численні програми та проекти, пов'язані з ІТС у всьому світі, впровадження нових навчальних програм щодо ІТС та фондів асоціацій ІТС на національному та глобальному рівні. ІТС замінив раніше використану концепцію для вирішення транспортних проблем, яка вже була використана. Зростаючі проблеми, пов'язані з транспортом, у всіх великих містах, центрах чи аеропортах викликають потребу в нових підходах та нових рішеннях. Прямі переваги від розгортання ІТС можна проаналізувати на основі різних наборів факторів, так званих категорій переваг ІТС. У літературі переваги ІТС класифікуються на такі категорії [1, 2]:

- безпека;
- ефективність потоку;

- продуктивність та зниження витрат;
- переваги для довкілля.

Крім вимірюваних переваг, також можна помітити багато інших успіхів, включаючи нові можливості для бізнесу, збільшення зайнятості; поліпшення регіонального / міського / національного статусу технологій тощо. Серед загальних користувачів та зацікавлених сторін можна визнати такі групи: кінцеві користувачі, оператори мережі, власники систем (зацікавлені сторони), постачальники послуг, туроператори, місцеві органи влади, громадянське управління тощо. Існує багато підходів до вимірювання впливу та переваг нових проектів, пов'язаних з розробкою та впровадженням ІТС. Розробка ефективного та корисного рішення ІТС включає можливість оцінити переваги ІТС за допомогою відповідних методів, таких як:

- метод вимірювання фізичного впливу;
- метод аналізу вигоди;
- аналіз витрат - ефективності (С / Е);
- аналіз вигоди - витрати (В / С).

Останнім часом докладено значних зусиль у галузі впровадження ІТС, намагаючись знайти рішення для зростаючих транспортних та транспортних проблем.

2.2 Розвиток архітектури

Архітектуру можна визначити як базову системну організацію, що складається з вирішальних компонентів, їх відносин та зв'язків із навколишнім середовищем, а також принципів для проектування та розвитку системи протягом усього життєвого циклу [1].

Для забезпечення розробки та модернізації складні системи повинні включати додаткові характеристики, такі як: сумісність, розширюваність,

сумісність, інтегральність, стабільність [4]. Відсутність архітектури може спричинити труднощі через несумісні компоненти, більш високу вартість оновлень та ускладнення при впровадженні або коригуванні нових технологій. Архітектура ІТС забезпечує загальну основу для планування, проектування та впровадження інтегрованої системи в даний період та географічну область.

Архітектура ІТС важлива з кількох причин:

- це забезпечує відкритий ринок послуг та обладнання, оскільки між компонентами є "стандартні" інтерфейси;
- відкритий ринок дозволяє економити масштаби виробництва та дистрибуції, знижуючи, таким чином, ціну на продукцію та послуги;
- забезпечує узгодженість інформації, що постачається кінцевим споживачам; о заохочує інвестиції в ІТС, оскільки забезпечується сумісність;
- це забезпечує взаємодію між компонентами, навіть якщо вони виробляються різними виробниками;
- дозволяє забезпечити належний рівень незалежності технологій і дозволяє легко включати нові технології;
- це дає основу для спільного розуміння мети та функцій ІТС, уникаючи, таким чином, суперечливих припущень [5].

Виходячи із змісту та обов'язкового використання, визначаються три основні типи архітектури ІТС:

- рамкова ІТС-архітектура;
- доручена архітектура ІТС;
- служба архітектури ІТС.

Рамкова архітектура, найбільш підходяща для архітектури національного рівня, орієнтована на потреби користувача та функціональну точку зору. Цей тип архітектури також може розглядатися як відправна точка для розвитку інших двох типів архітектури. Мандатна архітектура складається з фізичних, логічних та комунікаційних точок зору, але також включає додаткові результати (аналіз

витрат і вигод, аналіз ризиків тощо). Вміст мандатної архітектури суворо визначений і, як наслідок, вибір варіантів розгортання обмежений. Служба архітектури схожа на мандатну архітектуру, але включає послуги.

Крім того, існують також фізична та логічна (функціональна) архітектура. Хоча логічна архітектура складається з процесів і взаємопов'язаних потоків даних, фізична архітектура включає фізичні компоненти (частини обладнання) та пов'язані з ними потоки даних. ІТС-архітектура може реалізовувати свої потенціали лише тоді, коли логічна архітектура базується на потребах користувача, баченні та операційній концепції та коли фізична архітектура розробляється на основі логічної архітектури. Визначення фізичної архітектури сильно пов'язане зі стандартизацією та стратегією реалізації.

2.3 Функціональна область та послуги у сфері ІТС

Початкова стандартизація послуг ІТС, орієнтованих на автомобільний транспорт, була створена ISO (Міжнародна організація зі стандартизації). Перша еталонна модель для ІТС включала 8 функціональних областей та 32 послуги (ISO TR 14813-1 - Транспортна інформація та системи управління - Архітектура (-и) еталонних моделей для сектору TICS) [1]. Референтні моделі архітектури ІТС були вдосконалені в 1999 році таким чином, що частина I, описуючи основні послуги ITS, замінила стандарти, представлені в технічному звіті про транспортну інформацію та системи управління. Намір нової систематики полягає в тому, щоб пов'язати подібні та допоміжні послуги ІТС. Таксономія включає 11 функціональних областей:

- інформація про мандрівників;
- управління транспортними потоками та експлуатація;
- транспортні засоби;
- вантажні перевезення;

- громадський транспорт;
- надзвичайні ситуації;
- електронна оплата, пов'язана з транспортом;
- особиста безпека, пов'язана з автомобільним транспортом;
- моніторинг погоди та навколишнього середовища;
- управління та координація реагування на аварії;
- національна безпека.

Національні архітектури ІТС можуть включати додаткові сервіси та функції, які не перелічені в систематиці ISO послуг. Кожна функціональна область складається з взаємопов'язаних послуг.



Рисунок 2.1 - Пріоритетні функції ІТС

Існують значні відмінності між підходами в розробці архітектури ІТС. Американська ІТС-архітектура базується на фізичній точці зору, європейська архітектура в основному покладається на потреби користувачів та функціональну точку зору, тоді як японська національна архітектура ІТС використовує об'єктно-орієнтовану методологію.

Впровадження Плану дій представляє три основні проблеми:

- затори та затори;
- викиди CO₂, пов'язані з автомобільним транспортом;
- смертельні випадки.

Основні цілі політики, що впливають із цих проблем, полягають у тому, щоб транспорт і поїздки стали: чистішими, ефективнішими, безпечнішими та безпечнішими. ІТС було визнано можливим рішенням, а метою Плану дій є прискорити та координувати розгортання ІТС у автомобільному транспорті, включаючи інтерфейси з іншими видами транспорту.

План дій передбачає шість пріоритетних напрямів:

- оптимальне використання даних дорожнього руху, дорожнього руху та подорожей;
- безперервність послуг ІТС щодо управління транспортними перевезеннями та вантажоперевезеннями на європейських транспортних коридорах та в околицях;
- безпека та безпека дорожнього руху;
- інтеграція транспортного засобу в транспортну інфраструктуру;
- питання безпеки та захисту даних та відповідальності;
- європейське співробітництво та координація ІТС.

2.4 Сутність ІТС

Сучасний комплекс взаємопов'язаних автоматизованих систем, що вирішують завдання керування дорожнім рухом, моніторингу та керування роботою всіх видів автотранспорту (індивідуального, загального, відомчого), інформування громадян і підприємства про організацію транспортного обслуговування - ІТС.

Сьогодні сфера просування ІТС у світовій практиці варіюється від вирішення проблем загального транспорту, істотного підвищення безпеки дорожнього руху, ліквідації заторів у транспортних мережах, підвищення продуктивності транспортної системи до екологічних та енергетичних проблем.

У сучасних програмах ІТС реалізується функція з передачі інформації і здійснення моніторингу з ряду технічних параметрів транспортних засобів, як щодо їх бортових датчиків, так і щодо бортових комп'ютерів - контролерів електронних систем керування робочими процесами вузлів, агрегатів та систем автомобіля.

При цьому основними технічними складовими виступають засоби телематики, орієнтовані на отримання і передачу інформації з метою вирішення завдань, пов'язаних з організацією дистанційного діагностування технічного стану транспортних засобів.

У світовій практиці ІТС визнані як общетранспортного ідеологія інтеграції досягнень телематики в усі види транспортної діяльності для вирішення проблем економічного і соціального характеру - скорочення аварійності, підвищення ефективності громадського транспорту та вантажоперевезень, забезпечення загальної транспортної безпеки, поліпшення екологічних показників.

Натепер основна частина процесів, функцій, інтерфейсів, протоколів обміну даними, вимог до устаткування і іншим аспектам ІТС в загальному плані вже стандартизована на міжнародному рівні, а в розвинених країнах - і на національному рівні

Таблиця 2.1 - Європейський досвід створення ІТС

організація /програма	Опис
ERTICO	Європейська асоціація учасників ринку ІТС, яка об'єднує провідних виробників, зацікавлених у розвитку ринку ІТС, громадські організації, міністерства і відомства, інфраструктурних операторів зв'язку, користувачів.
E-Call (Emergency Call)	Система екстреного реагування при ДТП. З 2010 року в країнах ЄС обов'язково оснащення всіх автомобілів телематичними блоками з тривожною кнопкою
ERTRAC (The European Road Transport Research Advisory Council)	Програма координації взаємодії Європейських дослідницьких інститутів в дорожньому і транспортному комплексі з метою структурування та оптимізації науково-дослідних робіт в інтересах країн Євросоюзу
GST (Global System for Telematics)	Створення технологічної платформи для розвитку співпраці, необхідного для розвитку масового ринку телематичних послуг, забезпечують збір, передачу обробку інформації для користувачів - учасників дорожнього
SAFESPOT	Програма підтримки появи більшої кількості «розумних» машин на «розумних» дорогах

2.5 Мобільна комунікація та процес управління

Повсякденне життя в більшості міст світу стає все більш динамічним. Зростаючі потреби населення міських територій реалізуються завдяки постійному збільшенню мобільності та вимогам до якості та безпеки подорожей. Міські та транспортні планувальники стикаються з багатьма вимогами з одного боку та інфраструктурними обмеженнями з іншого. Підвищена мобільність негативно впливає на навколишнє середовище та клімат, здоров'я людини, якість життя, соціальні умови та аспекти безпеки людей та широкого суспільства. Ми не можемо і не можемо відмовитись від мобільності, тому шукаємо відповіді, які запроваджують інноваційні, стійкі та енергоєфективні рішення, які сприятимуть якості життя громадян. Збільшення мобільності призвело до значного збільшення ДТП та спричинених збитків і витрат [1]. "Інцидент" визначається як будь-яка повторювана подія, яка спричинює зменшення пропускну здатності проїжджої частини або ненормальне збільшення попиту. Такі події включають дорожньо-транспортні пригоди, транспортні засоби з обмеженими можливостями, розлитий вантаж, проекти технічного обслуговування та реконструкції автомобільних доріг та спеціальні неаварійні події (наприклад, ігри з м'ячем, концерти або будь-які інші події, що суттєво впливають на роботу на дорозі). Незважаючи на те, що найчастіше проблеми, пов'язані з аваріями на автодорозі, - це затримка подорожей, проте, найбільш серйозною проблемою є ризик вторинних аварій. Іншим пов'язаним питанням є небезпека, яку становлять інциденти для персоналу реагування, який обслуговує громадськість на місці події. Інші вторинні наслідки інцидентів включають:

- збільшений час реагування поліцейськими, пожежними та невідкладними медичними службами;
- втрачений час та зниження продуктивності;
- зростання вартості товарів та послуг;

- збільшення витрат палива;
- зниження якості повітря та інших несприятливих впливів на навколишнє середовище;
- збільшення витрат на технічне обслуговування автомобілів.

Управління інцидентами дорожнього руху є функціональною частиною цілісного підходу до вирішення проблем дорожнього руху, відомого під терміном Інтелектуальна транспортна система - ІТС. Удосконалений розвиток комунікаційних та навігаційних технологій та їх впровадження на різних етапах управління надзвичайними ситуаціями можуть значно зменшити наслідки події, що виникає в інциденті, такі як затори, затримка, забруднення та особливо небезпечні вторинні аварії [3]. Управління інцидентами в трафіку в режимі реального часу включає координаційні заходи, які проводяться декількома суб'єктами з метою зменшення негативного впливу, тобто відновлення руху потоку до умов нормального потоку. Однією з основних проблем управління подіями є попередження інших учасників дорожнього руху, а також ефективна координація різних організацій, тобто служб, включених у цей процес [4, 5]. Крім того, управління інцидентами включає також законодавчі норми, які потребують ретельного планування всіх сегментів. Успіх управління інцидентами полягає у ретельному розробці чітких (та ефективних) інструкцій та процедур, прийнятних та зрозумілих для всіх залучених служб, організацій та осіб. Однією з важливих умов для досягнення цього є високоякісна комунікація між учасниками, тобто прозорість інформації та потік даних у режимі реального часу. Відсутність такого підходу, який поєднує співпрацю, спілкування та навчання, є однією з головних причин неефективного процесу управління інцидентами на сьогодні [6, 7]. Критичним моментом у ланцюжку управління дорожньо-транспортними пригодами є процедура після виявлення інциденту та відповідної перевірки його. Це процес інформування інших учасників дорожнього руху (особливе значення мають автомобілісти) за допомогою різних технологій. Інформація про

автомобілістів передбачає активізацію різних засобів поширення інформації, що стосується інцидентів, на постраждалих автомобілістів.










назва датчиків та виконавчих елементів	зображення
детектори транспортних потоків	
автоматичні дорожні метеостанції	
інформаційні табло	
знаки змінної інформації	
поворотні камери	
стаціонарні камери	
аварійна кнопка	
світлофорні контролери	
пункти детекції швидкісних режимів	

Рисунок 2.2 - Приклади датчиків і виконавчих елементів

Носії, які використовуються для розповсюдження інформації про автомобілістів, включають:

- комерційні радіопередачі;
- рекомендаційне радіо на шосе (HAR);
- знаки змінних повідомлень (VMS);
- телефонні інформаційні системи;

- інформація про помічник помічника або персональних даних або системи наведення маршруту;
- звіти про комерційне та громадське телебачення;
- інтернет / он-лайн послуги;
- різноманітні механізми розповсюдження інформації, що надаються постачальниками інформаційних послуг.

Інформацію про автомобілістів потрібно поширювати якомога швидше, і поза часом, коли це стане очевидним інцидент. Фактично, його слід поширювати, поки потік руху не повернеться до нормальних умов. Це може зайняти години, якщо інцидент трапиться в період піку та має регіональний вплив [2]. Останнім часом все більшого значення набувають мобільний (бездротовий) зв'язок та пов'язані з ними технології та послуги. Розвиток систем бездротового зв'язку та їх застосування у повсякденному житті громадян дали можливість використовувати технологію мобільного зв'язку в міських процесах та відкрили можливість абсолютно нових рішень, які до цього часу не змогли бути реалізовані. Ці нові, технологічно вдосконалені рішення, засновані на системах мобільного зв'язку, відкрили нові можливості у створенні міської та транспортної політики, яка повинна слугувати зростаючим потребам населення для забезпечення їх мобільності, доступності, ефективності, раціональності енергозбереження та збереження навколишнього середовища. Проникнення мобільного зв'язку швидко зростає, рівень покриття на 90% вже не є винятком [8]. Оператори телекомунікацій через конкуренцію та насичення пропонують нові послуги та фокусуються на диференціації через послуги з доданою вартістю.

Існує кілька різних подій, які впливають на нормальний або бажаний потік руху в дорожній мережі. Визначено такі події, які можуть призвести до тимчасового зниження пропускної спроможності мережі доріг (порівняно з потребою):

- аварійно-транспортні випадки, що знаходяться в транспортному засобі, починаючи від незначного пошкодження автомобіля до декількох аварій з травмованими та загиблими;

- сміття / загородження на дорозі;
- технічне обслуговування;
- непередбачувані затори;
- будь-яка їх комбінація.

Ще одна причина - екстремальні погодні умови, наприклад, сильний дощ чи шторми. Плановані події (наприклад, спортивні / культурні заходи) або повторювані події (наприклад, пікові затори у містах) є менш цікавими тут через можливість запланованих заходів. Процес управління інцидентом, як показано на рис. IV.1., Поділяється на чотири фази: виявлення та перевірка аварій, реакція на аварію, очищення аварії та відновлення нормального потоку руху

Виявлення інциденту може бути визначено як процес ідентифікації простору та часу координат інциденту (ситуації інциденту) та можливого характеру самого інциденту. Методи виявлення інцидентів реалізуються за допомогою приватних дзвінків (телефон, мобільні телефони), дзвінків із дорожніх телефонів SOS, звіту поліції, звіту служб патрулювання та роботи системи автоматичного виявлення аварій. Перевірка інциденту означає перевірку, яка використовується для визначення точної позиції та характеру інциденту. Таким чином знижується можливість реагування на помилкові тривоги. Перевірка інцидентів проводиться працівниками за допомогою зображення, отриманого спеціалізованими камерами (відеоспостереження), або на основі порівняння декількох вхідних дзвінків про інцидент. Наступний крок дуже важливий. Необхідно повідомити (попередити) усіх учасників цієї дорожньої частини про характер інциденту. Впровадження цього типу систем зменшує негативні наслідки несприятливих подій або іноді раннє попередження про небезпеку призводить до того, що несприятливі події не відбудуться. Рис.

IV.2. показує залежність між розмірами заподіяної шкоди щодо часу початку реакції. На малюнку представлено статистично оброблену інформацію про пожежі та їх наслідки. Діаграма показує вплив найкоротшого реагування на людські та технічні ресурси. Він також показує ефект надсилання інформації в режимі реального часу та оповіщення людям, що знаходяться в небезпеці, а в деяких випадках і учасникам дорожнього руху, які наближаються до місця, постраждалого в основному або вразі від наслідків випадкових подій, [9, 10].

3 ТЕХНОЛОГІЯ VANET

3.1. Огляд VANET

Автомобільні спеціальні мережі (VANET) виростили з необхідності підтримувати зростаючу кількість бездротових продуктів, які тепер можна використовувати в транспортних засобах. Ці продукти включають віддалені пристрої для введення без ключів, персональні цифрові помічники (КПК), ноутбуки та мобільні телефони. Оскільки мобільні бездротові пристрої та мережі набувають все більшого значення, попит на комунікацію "Автомобіль до автомобіля" (V2V) та "Автомобіль до дороги" (VRC) або "Транспорт до мережі" (V2I) буде продовжувати зростати. VANET можна використовувати для широкого спектру застосувань щодо безпеки та небезпеки, надавати послуги з додатковою вартістю, такі як безпека транспортних засобів, автоматизована оплата платних платежів, управління трафіком, розширена навігація, послуги на основі локації, такі як пошук найближчої заправної станції, ресторану або туристичний будиночок та додатки для розваг, такі як надання доступу до Інтернету.

За останні кілька років ми стали свідками багатьох досліджень проблем, пов'язаних з напрямками V2I, V2V та VRC через важливу роль, яку вони, як очікується, відіграватимуть у інтелектуальних транспортних системах (ІТС).

Сучасний рівень розвитку технологій бездротової передачі даних дозволяє користуватися інформаційними сервісами практично з будь-якої точки за допомогою невеликих і порівняно дешевих мобільних пристроїв. Одним з варіантів реалізації подібних технологій стало їх впровадження в контроль і управління автомобільним транспортом і створення VANET.

Спочатку передбачалося лише організувати прийом, обробку та зберігання бортовим комп'ютером транспортного засобу даних внутрішніх сенсорів і контролерів, приймача GPS і т.д. Однак в даний час стало можливим організувати обмін інформацією і взаємодію, як між автомобілями, так і між окремими транспортними засобами та базової мережею, розташованої уздовж траси. Результати аналізу даних, отриманих в реальному часі, дозволить поліпшити безпеку, ефективність і якість обслуговування будь-якого виду транспорту.

Оскільки пряма комунікація між транспортними засобами (Автомобілями, потягами, літаками і т.п.) може бути забезпечена за допомогою розгортання мобільних спеціалізованих мереж (Mobile Ad Hoc Networks, MANETs), що не залежать від стаціонарної інфраструктури і характеризуються високою динамічністю топології, ця область привертає підвищену увагу дослідників. Мережі рівня MANET з високими швидкостями пересування вузлів (Пристроїв, що входять в мережу), орієнтовані на обмін даними автотранспортом, стали іменуватися VANET.

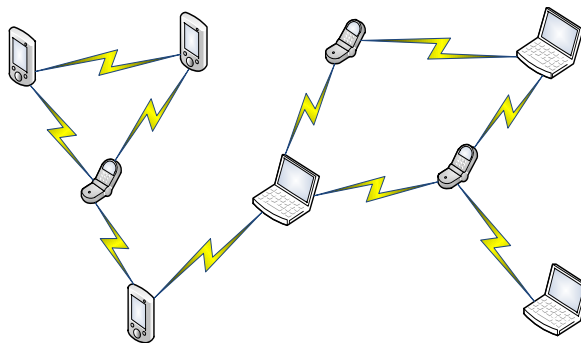


Рисунок 3.1 - Приклад архітектури мережі MANET

Можна перерахувати такі проблеми, які користуються інтересом дослідників в області VANET: забезпечення безпеки автомобільного руху, керування транспортними потоками з метою запобігання пробок і рівномірного завантаження транспортної мережі, розробка додатків і служб для запобігання

аварій і злочинів, автоматизоване оповіщення служб екстреної допомоги в разі потреби, підтримка роботи таких служб як телебанкінг, своєчасне інформування водіїв і пасажирів про зміни погоди, підтримка розважальних програм і соціальних мереж.

3.1.1 Зв'язок між автомобілями (Vehicle-to-vehicle)

Конфігурація зв'язку між транспортними засобами (рис. 3.2) використовує багатосмугову трансляцію, трансляцію для передачі інформації, пов'язаної з трафіком, через декілька стрибків до групи приймачів.



Рисунок 3.2 - Зв'язок між транспортними засобами

У інтелектуальних системах транспортування транспортні засоби повинні займатися лише активністю на дорозі, яка передує, а не ззаду (прикладом цього може бути поширення повідомлення про надзвичайні ситуації про неминуче зіткнення або динамічне планування маршруту). Існує два типи переадресації повідомлень у між транспортних засобах: наївне мовлення та інтелектуальне мовлення. Під час наївного мовлення транспортні засоби надсилають

широкомовні повідомлення періодично та через регулярні проміжки часу. Після отримання повідомлення транспортний засіб ігнорує повідомлення, якщо воно надійшло від транспортного засобу, що знаходиться за ним. Якщо повідомлення надходить з транспортного засобу попереду, приймаючий транспортний засіб надсилає власне широкомовне повідомлення автомобілям, що стоять за ним. Це гарантує, що всі включені транспортні засоби, що рухаються в напрямку вперед, отримують усі широкомовні повідомлення. Обмеження способу наївного мовлення полягає в тому, що створюється велика кількість широкомовних повідомлень, отже, збільшується ризик зіткнення повідомлень, що призводить до зниження швидкості доставки повідомлень та збільшення термінів доставки. Інтелектуальне мовлення з неявним підтвердженням вирішує проблеми, притаманні наївному мовленню, обмежуючи кількість повідомлень, що транслюються для певної надзвичайної події. Якщо транспортний засіб, який визначає подію, отримує те саме повідомлення ззаду, він передбачає, що принаймні один транспортний засіб ззаду отримав його і припиняє мовлення. Припущення полягає в тому, що транспортний засіб ззаду буде відповідати за переміщення повідомлення вздовж решти транспортних засобів. Якщо транспортний засіб отримує повідомлення з декількох джерел, він діятиме лише на перше повідомлення.

Протягом багатьох років у цій галузі було проведено чимало досліджень та проектів, які застосовують VANETs для різних застосувань, починаючи від безпеки та закінчуючи навігацією та правоохоронними органами. У грудні 2016 року Міністерство транспорту США запропонувало проекти правил, які б поступово зробили можливості зв'язку V2V обов'язковими для легких транспортних засобів. Технологія не визначена повністю, тому критики стверджують, що виробники "не могли взяти те, що зазначено в цьому документі, і знають, яка їх відповідальність буде відповідати Федеральним стандартам

безпеки автомобільних транспортних засобів". РКІ (інфраструктура відкритих ключів) - це поточна система безпеки, яка використовується в комунікаціях V2V.

3.1.2 Зв'язок між автомобілем та на дорозі

Конфігурація зв'язку автомобіль до дороги (рис. 3.3) являє собою єдину трансляцію, у якій придорожній блок надсилає ширококомвні повідомлення для всіх обладнаних транспортних засобів поблизу.

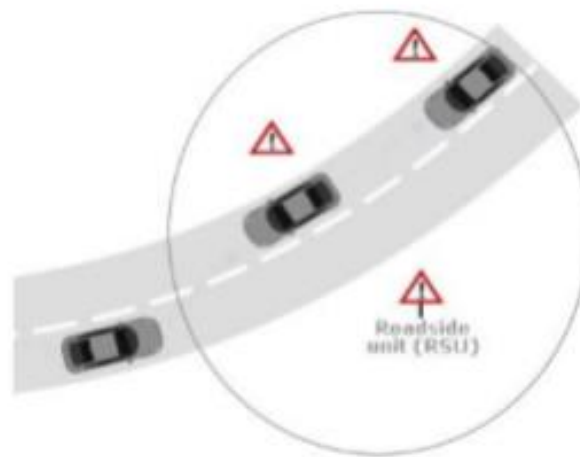


Рисунок 3.3 - Зв'язок між автомобілем та дорогою

Конфігурація зв'язку автомобіль до дороги забезпечує високу пропускну здатність між транспортними засобами та придорожніми одиницями. Придорожні одиниці можуть розміщуватися на кожен кілометр або менше, що дозволяє підтримувати високі швидкості передачі даних у великому транспортному потоці. Наприклад, під час трансляції динамічних обмежень швидкості придорожній блок визначатиме відповідний обмеження швидкості відповідно до свого внутрішнього розкладу та умов руху. Придорожній блок періодично транслюватиме повідомлення, що містить обмеження швидкості, і порівнюватиме будь-які географічні чи напрямні обмеження з даними про

транспортні засоби, щоб визначити, чи стосується попередження про обмеження швидкості до будь-якого з транспортних засобів поблизу. Якщо транспортний засіб порушує бажану межу швидкості, на транспортний засіб буде доставлено трансляцію у вигляді слухового чи візуального попередження, з проханням водія зменшити свою швидкість.

3.2 Особливості та завдання VANET

Комунікаційні мережі транспортних засобів VANET використовують в якості пристроїв, що утворюють мережу, самі транспортні засоби (автомобілі, поїзди і т.п.). За результатами багаторічних консультацій і роботи груп фахівців під егідою міжнародного Інституту інженерів з електротехніки та електроніки (Institute of Electrical and Electronics Engineers, IEEE) опублікований стандарт комунікації VANET IEEE 802.11p. Цей стандарт використовує сімейство протоколів IEEE 1609. Сукупність цих протоколів отримала назву IEEE 802.11p / WAVE (Wireless Access in Vehicular Environment, бездротового доступу в транспортному середовищі).

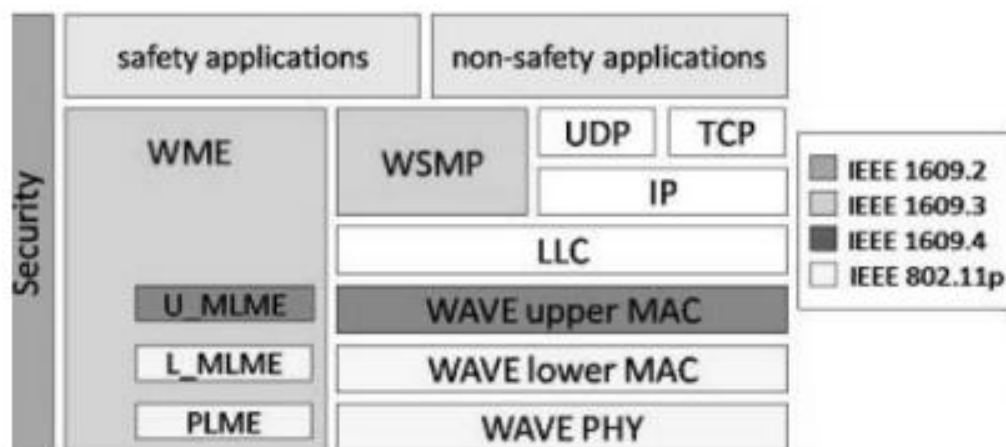


Рисунок 3.4 - Стек протоколів IEEE 802.11p / WAVE

Важливо відзначити, що обмін повідомленнями протоколу WSMР відбувається безпосередньо між пристроями, що реалізують протокол WAVE, без задіяння ІР.

У протоколі 802.11р/WAVE передбачено використання одного керуючого каналу (ССН, Control Channel), призначеного для управління мережею і передачі повідомлень, пов'язаних з безпекою, і до шести службових каналів (SCH, Service Channel), службовців для передачі іншого трафіку (Наприклад, призначеного для користувача ІР-трафіку).

Що стосується впровадження технології, то на даний момент ситуація така. В США FCC (Federal Communication Commission, Державна Комісія Зв'язку) вже виділила частотний діапазон для VANET шириною в 75 МГц - між 5.850 ГГц і 5.925 ГГц.

Область частот в районі 5 ГГц була обрана через те, що на цих частотах можливе здійснення передачі даних з високою швидкістю і низькою залежно від погодних умов. Ця смуга частот розділяється на керуючий канал (10 МГц), 6 сервісних каналів (по 10 МГц кожна) і резервний канал (5 МГц).

Європейський інститут по стандартизації в галузі телекомунікацій передбачає використовувати діапазон частот 5,855-5,925 ГГц, при цьому спектр буде поділений таким чином: 2 каналу по 10 МГц - для високопріоритетних повідомлень, пов'язаних безпекою, в основному передаються між автомобілями; 30 МГц для передачі повідомлень безпеки і управління дорогою, переданих в основному, між автомобілями і дорожньою інфраструктурою; нарешті, 20 МГц - для передачі повідомлень, не пов'язаних з безпекою. При цьому контрольний канал буде розташовуватися в районі частоти 5,880 ГГц, що зробить європейську та американську системи сумісні.

В Японії, в силу того, що ряд вищевказаних частот вже зайнятий, передбачається розміщувати канали VANET в області частот 5,900 ГГц.

Таблиця 3.1 - Основні характеристики стандартів бездротових мереж

Технологія	Стандрат	Використання	Швидкість	Радіус дії
Bluetooth	802.15.1	WPAN	До 1Мбіт/с	До 10 м
ZigBee	802.15.4	WPAN	20 - 250 Кбіт/с	1 – 100 м
WiMax	802.16	WMAN	До 75 Мбіт/с	До 80 км
Wi-Fi	802.11b	WLAN	До 11 Мбіт/с	До 300 м
Wi-Fi	802.11a	WLAN	До 54 Мбіт/с	До 300 м
Wi-Fi	802.11g	WLAN	До 54 Мбіт/с	До 300 м
Wi-Fi	802.11n	WLAN	До 600 Мбіт/с	До 300 м

Архітектура мережі VANET передбачає взаємодію автомобілів як з іншими транспортними засобами, так і з інфраструктурної (базової) мережею, розташованої уздовж дороги. VANET відрізняється наступними особливостями від інших бездротових мереж:

1) Динамічна топологія: в VANET вузли рухаються з порівняно високою швидкістю, можуть змінювати напрямок руху непередбачуваним чином, внаслідок чого топологія мережі часто змінюється.

2) Нерівномірність щільності вузлів: як правило, щільність розташування транспортних засобів на трасі нерівномірна, залежить і від часу, і від місцевості. Наприклад, в нічний час щільність транспортного потоку нижче, ніж днем; в віддалених малонаселених районах транспортних засобів значно менше, ніж у містах.

3) Обмеження руху: можна вважати, що рух автомобілів обмежена трасами і прилеглої до них територією.

4) Наявність перешкод (будівель, споруд тощо): в VANET рух вузлів здійснюється по проїжджій частині дороги, яка, як правило, оточена висотними

будівлями, деревами (в містах), що створює перешкоду для поширенню радіохвиль.

5) Відсутність єдиного центру управління та контролю над топологією: VANET є децентралізованими мережами, що об'єднують вузли на великих територіях в кілька десятків або сотень квадратних кілометрів. При цьому неможливо виділити єдиний центр (базову станцію), за допомогою якого можна було б організувати і підтримувати топологію, протоколи безпеки (обмін криптографічними ключами і сертифікатами для аутентифікації), синхронізацію пристроїв. Очевидно, що протоколи і додатки, функціонуючі в VANET, повинні бути адаптуються, підтримувати самоорганізацію, додавання нових пристроїв і видалення старих.

б) Нерівномірність комунікаційного трафіку і проблеми забезпечення якості обслуговування і безпеки: оскільки транспортний потік нерівномірний, обсяги переданої інформації також можуть змінюватися з плином часу. Сучасні розважальні додатки, Інтернет-телебачення, онлайнігри і т.п. можуть викликати відмову мережі в обслуговуванні. При цьому необхідно врахувати, що різні служби мають різні вимоги до якості обслуговування і безпеки. Інформація передається по відкритому радіоканалу, тому очікувані наявність перешкод, ненавмисні і цілеспрямовані атаки на окремі служби та мережу в цілому з боку користувачів, хакерів, хуліганів і т.д.

3.3 Стандарти бездротового доступу в VANET

Стандарти спрощують розробку продукту, допомагають зменшити витрати та дають можливість користувачам порівнювати конкуруючі продукти. Тільки завдяки використанню стандартів можна гарантувати вимоги взаємопов'язаності та сумісності та перевірити появу нових продуктів, що дозволять швидше впроваджувати нові технології. Існує багато стандартів, які стосуються

бездротового доступу в транспортних умовах. Ці стандарти варіюються від протоколів, що застосовуються до транспондерного обладнання та протоколів зв'язку, аж до специфікацій безпеки, маршрутизації, адресних служб та протоколів сумісності.

3.3.1 Спеціалізована комунікація короткого діапазону (DSRC)

Спеціалізована комунікація короткого діапазону (DSRC) - послуга зв'язку короткого та середнього діапазону, яка була розроблена для підтримки зв'язку між автомобілем та автомобілем та дорогою. Такі комунікації охоплюють широкий спектр застосувань, включаючи повідомлення про безпеку автомобіля до транспортного засобу, інформацію про дорожній рух, збір плати за проїзд, оплату за проїзд та кілька інших. DSRC спрямований на забезпечення високої передачі даних та низької затримки зв'язку в малих зонах зв'язку. У 1999 році Федеральна комісія з питань зв'язку (FCC) виділила 75 МГц спектру на 5,9 МГц для використання DSRC. У 2003 році Американське товариство випробувань та матеріалів (ASTM) затвердило стандарт ASTM-DSRC, який базувався на фізичному шарі IEEE 802.11a та шарі MAC 802.11 [ASTME, 2003]. Пізніше цей стандарт був опублікований як ASTM E2213-03. У лютому 2004 року у звіті, виданому FCC, було встановлено правила обслуговування та ліцензування, які регулюють використання смуги DSRC. DSRC - це вільний, але ліцензований спектр.

ASTM - це організація розробки добровільних стандартів технічних стандартів на матеріальні продукти, системи та послуги цього спектру, але він ліцензований, що означає, що він є більш обмеженим щодо його використання [FCC, 2002]. Наприклад, FCC вимагає використання конкретних каналів, і всі розроблені радіостанції повинні відповідати стандарту. Спектр DSRC організований у 7 каналів, кожен з яких шириною 10 МГц. Один канал

обмежений лише для зв'язку з безпекою, тоді як два інші канали зарезервовані для спеціальних цілей (таких як критична безпека життєдіяльності та громадська безпека великої потужності). Усі решта каналів - це сервісні канали, які можна використовувати як для безпеки, так і для безпеки. Програми безпеки мають більший пріоритет перед програмами, що не мають безпеки, щоб уникнути їх можливої погіршення продуктивності та в той же час врятувати життя, попереджаючи водіїв про неминучу небезпеку чи події, щоб забезпечити своєчасне вжиття коригувальних дій. Порівняння останніх регіональних стандартів DSRC у таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 - Стандарти DSRC

Features	JAPAN (ARIB)	EUROPE (CEN)	USA (ASTM)
<i>Communication</i>	Half-duplex (OBU)/Full duplex (RSU)	Half-duplex	Half-duplex
<i>Radio Frequency Band</i>	5.8 GHz band 80 MHz bandwidth	5.8 GHz band 20 MHz bandwidth	5.9 GHz band 75 MHz bandwidth
<i>Channels</i>	Downlink: 7 Uplink: 7	4	7
<i>Channel Separation</i>	5 MHz	5 MHz	10 MHz
<i>Data Transmission rate</i>	Down/Up-link 1 or 4 Mbits/s	Down-link/500 Kbits/s Up-link/ 250 Kbits/s	Down/Up-link 3-27 Mbits/s
<i>Coverage</i>	30 meters	15-20 meters	1000 meters (max)
<i>Modulation</i>	2- ASK, 4-PSK	RSU: 2-ASK OBU: 2-PSK	OFDM

3.3.2 Стандарти бездротового доступу в транспортних умовах

Бездротовий зв'язок між рухомими автомобілями може забезпечуватися наявними пристроями, сумісними з 802.11a, швидкість передачі даних до 54 Мбіт/с досягається за допомогою апаратних засобів 802.11a [IEEE STD, 2007]. Однак у сценарії руху автомобільного транспорту виникають більші проблеми, ніж у фіксованих бездротових мережах, викликаних різною швидкістю руху,

схемою руху та умовами водіння. Традиційні операції управління доступом до засобів масової інформації IEEE 802.11 (MAC) страждають від значних накладних витрат при використанні в автомобільних сценаріях. Наприклад, для забезпечення своєчасного зв'язку з безпеки автомобіля потрібен швидкий обмін даними. У цих умовах сканування каналів на маяки з точки доступу разом з декількома рукоостисканнями, необхідними для встановлення зв'язку, пов'язані із занадто великою складністю та великими накладними витратами (наприклад, у випадку, якщо транспортний засіб зустрічає інший транспортний засіб, що рухається у зворотному напрямку, тривалість можливого спілкування між ними надзвичайно коротка [Jiang, 2008], що ускладнює встановлення зв'язку). Для вирішення цих складних вимог операцій IEEE MAC, зусилля DSRC робочої групи ASTM 2313 перейшли до стандартної групи IEEE 802.11, яка перейменована DSRC на бездротовий доступ IEEE 802.11p у транспортних засобах (WAVE) [IEEE STDP, 2007].

WAVE визначає два типи пристроїв: RoadSide Unit (RSU) та OnBoard Unit (OBU), які по суті є стаціонарними та мобільними пристроями відповідно. RSU та OBU можуть бути постачальником або користувачем послуг і можуть перемикатися між такими режимами. Зазвичай стаціонарні пристрої WAVE розміщують додаток, що надає послугу, і мобільний пристрій, який розміщує програму однорангових програм, яка використовує таку послугу. Також можуть бути додатки на пристроях, віддалених від RSU, метою яких є надання послуг OBU. Цей стандарт WAVE описує програми, які знаходяться на RSU, але розроблений для мультиплексування запитів від віддалених додатків, таким чином надаючи їм доступ до OBU. WAVE використовує мультиплексування з ортогональним частотним поділом (OFDM), щоб розділити сигнал на кілька вузькосмугових каналів, щоб забезпечити можливість зв'язку з корисним навантаженням даних 3, 4, 5, 6, 9, 12, 18, 24 і 27 Мбіт / с в каналах 10 МГц.

3.4 Якість обслуговування (QoS)

Термін Якість обслуговування (QoS) використовується для вираження рівня продуктивності, що надається користувачам. Високий рівень QoS у традиційних мережевих середовищах часто може бути досягнутий за рахунок резервування ресурсів та достатньої інфраструктури, однак, це не може бути гарантоване в динамічних, спеціальних середовищах, таких як ті, які використовуються у VANET через відсутність послідовної інфраструктури VANET, що швидко змінюється топологія. Більшість стратегій маршрутизації QoS мають на меті забезпечити надійні маршрути між вузлами та намагати мінімізувати кількість часу, необхідного для відновлення розірваного з'єднання. Однак такі фактори, як швидкість вузла, позиціонування вузла, відстань між вузлами, надійність та затримка між ланками, можуть серйозно вплинути на стабільність певного маршруту. У своїй роботі Biswas et al. [Biswas, 2006] представив LDM-STREAM, сигнальний механізм просторово розділених мережевих умов для забезпечення QoS у VANET. Він гарантує QoS, виявляючи надлишкові вихідні вузли та запобігаючи передачі дублюючої інформації, тим самим обмежуючи надлишкові трансляції, що обмежують споживання пропускної здатності програми і тим самим покращує затримку повідомлень. LDM-STREAM може вибрати найрелевантніші дані для передачі, а наявна пропускна здатність може бути використана найбільш оптимальним способом. Чжу та ін. [Zhu, 2003] проаналізував деякі найважливіші метрики QoS у VANET, використовуючи комплексний та реалістичний тестовий зразок. Моделювання проводилися як у шосе, так і у міському середовищі з різною щільністю та швидкістю транспортного засобу, щоб визначити верхню межу продуктивності щодо тривалості з'єднання, коефіцієнта доставки пакетів, затримки від кінця до кінця та тремтіння для одноадресного зв'язку в типових середовищах шосе та міських VANET. Відповідно до їх результатів, затримка та тремтіння у VANET

були адекватними для більшості передбачених програм на основі одноадресної передачі, тоді як коефіцієнт доставки пакетів та тривалість з'єднання можуть не відповідати вимогам для більшості програм на основі одноадресної передачі. Чжао та ін. [Чжао, 2006] моделював транспортні засоби в міському середовищі, щоб проаналізувати ефективність багатоканального протоколу маршрутизації та його вплив на глобальні показники якості QoS. Їх моделювання показує істотне поліпшення продуктивності порівняно з відсутністю багатопроневих маршрутів, лише багатоповерхові шлюзи, лише багатовузлові вузли та всі багатошлях, коли враховуються глобальні показники QoS в комунікаціях між автомобілем та транспортним засобом.

3.5 Інформаційна безпека в VANET

Безпека - питання, яке вимагає ретельної оцінки і розгляду при розробці автомобільних мереж зв'язку.

Безпека VANET має вирішальне значення, оскільки саме їх існування стосується критичних ситуацій, що загрожують життю. Вкрай важливо, щоб життєва інформація не могла бути вставлена або змінена зловмисником. Система повинна бути в змозі визначити відповідальність водіїв, зберігаючи при цьому їх конфіденційність. Ці проблеми важко вирішити через розмір мережі, швидкість руху транспортних засобів, їх відносне географічне положення та випадковість зв'язку між ними. Перевага автомобільних мереж перед більш поширеними спеціальними мережами полягає в тому, що вони забезпечують достатньо обчислювальних та енергоресурсів. Наприклад, типовий автомобіль у такій мережі може розміщувати кілька десятків чи навіть сотень мікропроцесорів [Bickel, 2008]. Рауа та ін Наведемо характерні типи порушників, які можуть бути причиною погроз інформаційної безпеки в мережі VANET:

Недобросовісні водії. Хоча ми вважаємо, що більшість водіїв учасників мережі VANET будуть добропорядними і будуть дотримуватися правил безпечної взаємодії з іншими учасниками мережі, деякі водії можуть намагатися отримати максимальну особисту вигоду. Наприклад, можливі такі ситуації, коли водій може послати неправдиву інформацію, щоб направити трафік за іншим маршрутом і звільнити собі шлях.

Шахраї, що використовують прослуховування. Мета цих зловмисників – збір інформації про водіїв і використання цієї інформації для аналізу поведінки водіїв і потоків трафіку.

- Інсайдери. Цей тип зловмисників включає працівників автомобільних компаній, що виробляють установку і настройку модулів, використовуваних для побудови мережі VANET.

- Злочинці. Ці зловмисники мають більші фінансові можливостями по створенню інструментів для реалізації загроз інформаційної безпеки в мережах VANET.

Типи атак на повідомлення можна описати наступним чином: "Інформація про неправдиву інформацію", "Обман із інформацією про позиціонування", "Розголошення ідентифікатора", "Відмова в обслуговуванні" та "Маскарад". Надійність системи, де інформація збирається та ділиться між сутностями у VANET, викликає занепокоєння щодо достовірності даних.

Наприклад, відправник може неправильно представити спостереження, щоб отримати перевагу (наприклад, транспортний засіб помилково повідомляє, що його бажана дорога забита трафіком, тим самим заохочуючи інших уникати цього маршруту та забезпечуючи подорож, що перебуває в меншій кількості). Більш шкідливі репортери можуть видавати себе за інші транспортні засоби або дорожню інфраструктуру, щоб викликати небезпеку для безпеки.

Транспортні засоби можуть зменшити цю загрозу, створивши мережі довіри та ігноруючи, або принаймні недовіру, інформації від недовірених відправників.

Напади можна в основному класифікувати на три основні групи: ті, що становлять загрозу доступності, ті, що становлять загрозу автентичності, і ті, що становлять загрозу конфіденційності водія.

3.5.1 Загрози доступності

Виявлено наступні загрози наявності зв'язку "автомобіль до транспортного засобу" та "автомобіль до дороги" (включаючи функціональність маршрутизації):

Відмова від нападу на сервіс: Атаки DoS можуть здійснюватися інсайдерськими та сторонніми мережами та робить мережу недоступною для справжніх користувачів, затоплюючи та забиваючи ймовірні катастрофічні результати. Переливаючи канал управління великими обсягами штучно створених повідомлень, вузли мережі, бортові блоки та придорожні блоки не можуть достатньо обробити надлишкові дані.

Трансляція в ефірі: Зловмисник ізсередини може вводити в мережу помилкові повідомлення про безпеку, щоб завдати шкоди, наприклад, спричинити ДТП шляхом придушення попереджень про дорожній рух або маніпулювання потоком руху навколо обраного маршруту.

Зловмисне програмне забезпечення: Введення шкідливих програм, таких як віруси чи хробаки, до VANET може спричинити серйозні порушення роботи.

Спам: Наявність спам-повідомлень на VANET підвищує ризик збільшення затримки передачі. Спам важче контролюється через відсутність базової інфраструктури та централізованого управління.

Атака чорної діри: чорна діра утворюється, коли вузли відмовляються брати участь у мережі або коли випаде встановлений вузол. Коли вузол випадає,

всі маршрути, в яких він брав участь, розбиваються, що призводить до неможливості поширення повідомлень.

3.5.2 Загрози автентичності

Забезпечення автентичності в транспортній мережі передбачає захист законних вузлів зсередини та / або зловмисників, які проникли в мережу, використовуючи помилкову ідентифікацію, ідентифікуючи атаки, які придушують, сфабрикують, змінюють або відтворюють законні повідомлення, виявляючи підроблені GPS-сигнали та перешкоджають введенню дезінформації в автомобільна мережа. До них належать:

Маскарадінг: атаки маскарадування легко виконувати на VANET, оскільки все, що потрібно для того, щоб зловмисник приєднався до мережі, є функціонуючим бортовим блоком. Представляючи себе законними транспортними засобами в мережі, сторонні люди можуть проводити різноманітні атаки, такі як формування чорних дір або створення помилкових повідомлень.

Глобальна система позиціонування (GPS) Спуфінг: Супутник GPS підтримує таблицю розташування з географічним розташуванням та особою всіх транспортних засобів у мережі. Зловмисник може обдурити транспортні засоби, думаючи, що вони перебувають у іншому місці, виробляючи помилкові показання в пристроях системи GPS-позиціонування. Це можливо завдяки використанню GPS-супутникового симулятора для генерування сигналів, сильніших за сигнали, створені справжнім супутником. Фальсифікація місця: Має бути забезпечено достовірне та точне повідомлення про інформацію про положення транспортного засобу. Транспортні засоби несуть повну відповідальність за надання інформації про своє місцезнаходження, і себе не може представляти. Незахищена комунікація може дозволити зловмисникам

змінювати або підробляти інформацію про власну позицію для інших транспортних засобів, створювати додаткові ідентифікатори транспортних засобів (також відомі як Sybil Attack) або блокувати транспортні засоби отримувати повідомлення життєвої безпеки. Підробка повідомлення: Загроза автентичності може бути наслідком того, що зловмисник модифікує повідомлення, обмінювані комунікацією між автомобілем або транспортним засобом або придорожнім пристроєм, щоб фальсифікувати запити заявок на транзакції або сформувані відповіді.

3.5.3 Загрози конфіденційності

Конфіденційність повідомлень, що обмінюються між вузлами транспортної мережі, особливо вразливі за допомогою таких методів, як незаконний збір повідомлень за допомогою підслуховування та збирання інформації про місцезнаходження, доступної при передачі широкомовного повідомлення. У разі підслуховування, зловмисники з боку інсайдерів та / або сторонніх осіб можуть збирати інформацію про учасників дорожнього руху без їх відома та використовувати інформацію в той момент, коли користувач не знає про колекцію. Конфіденційність місця розташування та анонімність є важливими питаннями для користувачів транспортних засобів. Конфіденційність місцеположення включає захист користувачів шляхом затемнення точного місцезнаходження користувача в просторі та часі. Приховуючи запит користувача, щоб він не відрізнявся від інших запитів користувачів, можна досягти ступеня анонімності

Після аналізу був зроблений висновок, що незважаючи на велику кількість загроз, представлених в аналізованих джерелах, практично всі вони характерні для будь-якої бездротової мережі; до специфічних же загрозам саме для VANET можна віднести, мабуть, тільки GPS-spoofing / Position faking.

4 МОДЕЛІ, ІНСТРУМЕНТИ ТА ПЛАТФОРМИ МОДЕЛЮВАННЯ VANET

4.1 Моделі мобільності для VANET

Навколишнє середовище та топологія VANET ускладнює їх реалізацію та оцінку. Експерименти на свіжому повітрі можуть використовуватися для оцінки протоколів та додатків VANET, але це може бути важко і дорого втілити в життя через велику кількість транспортних засобів та реальні сценарії. Проводити фактичні емпіричні вимірювання продуктивності важко через суттєво розподілене, складне середовище. Для подолання цих обмежень засоби моделювання VANET широко використовуються для моделювання VANET.

На відміну від існуючих моделюючих моделей VANET, які розглядають усі вузли однаково, Wang et al розробили на основі рольової моделі мобільності, яка може диференціювати вузли за їх ролями, дозволяючи вузлам мати різні ролі та мати стратегії, засновані на обох сфера мікро- та макро мобільності. Результати показують, що загальну проблему нереалістичних моделей руху та ситуацій, що не відображають реальне життя, можна подолати за допомогою цієї рольової моделі мобільності. Однак ця імітаційна модель має деякі обмеження в тому, що вона не здатна моделювати складні елементи руху, такі як шляхопроводи, мости та тунелі. Лю та ін. [Liu et al., 2009] пропонують інструмент моделювання бездротової мережі VANET під назвою VGSim, інтегровану мережеву та мікроскопічну імітаційну платформу мобільності автомобіля, яка може точно моделювати мобільність руху. Розробники VGSim вважають, що їхній продукт відповідає більшості вимог точного моделювання, а саме: інтеграція із замкнутим циклом реалістичного руху автомобіля та модуля моделювання бездротового зв'язку. Вони стверджують, що VGSim відрізняється високою гнучкістю та

економією ресурсів порівняно з аналогічними підходами і може легко прийняти різні моделі мобільності.

Щоб досягти хороших результатів від моделювання VANET, нам потрібно сформувати модель мобільності, яка є такою ж реалістичною, як і фактична мережа VANET. Різні типи моделей мобільності (модель мобільності визначає набір правил, що визначають схему руху вузлів, які використовуються мережевими тренажерами для створення випадкових топологій на основі положення вузлів та виконання деяких завдань між вузлами). Ми класифікуємо їх відповідно до рівня деталей, які вони генерують.

Одним із викликів, пов'язаних із моделями мобільності, застосованими до VANET, є розділення моделі мобільності на макроскопічному та мікроскопічному рівні. Модель мобільності включає деякі обмеження, такі як вулиці, ліхтарі, дороги, будівлі, автомобілі, рухи автомобіля та поведінка між транспортними засобами. Ці обмеження поділяються на дві частини: частина мобільності вузла включає вулиці, ліхтарі, дороги, будівлі тощо і класифікується як макроскопічна, тоді як рух транспортних засобів та їх поведінка класифікуються як мікроскопічні. Ми також можемо розглядати модель мобільності як таку, яка включає генератор руху та генератор руху. Обмеження руху розроблено за звичками водія автомобіля, автомобілів та пішоходів і описує кожен рух транспортного засобу. Генератор трафіку створює випадкові топології з карт і визначає поведінку автомобіля в навколишньому середовищі. Варто також зазначити, що модель мобільності також описується рамкою, яка включає в себе топологічні карти, такі як смуги, дороги, вулиці, перешкоди на шляху мобільності, модель зв'язку, швидкість руху автомобіля на основі щільності руху, пов'язаної з тим, як міг змінюватися час моделювання, розподіл автомобілів на дорогах та інтелектуальна схема руху.

Для проведення тестування моделювання VANET необхідно створити модель мобільності. Одним із способів відображення реалістичної моделі було б

генерування моделей із слідів мобільності. В останні роки багато дослідників намагаються вдосконалити існуючі моделі мобільності, щоб зробити їх більш реалістичними, використовуючи наявні сліди мобільності. Основна ідея таких моделей - використання наявних вимірювань (наприклад, журналів підключення) для створення синтетичних слідів, які характеризуються тими ж статистичними властивостями реальних сценаріїв VANET.

4.1.1 Моделі опитування

Моделі опитування представляють реалістичну поведінку людини в міських сітчастих середовищах. Модель спирається на дані, зібрані за допомогою опитувань, проведених щодо людської діяльності. Одне з великих опитувань було проведене з Міністерства праці США, яке проводило опитування, фіксуючи поведінку працівників та їхню діяльність в обідній час, спілкуючись з ними, пішоходами, обідом та перервами тощо та збираючи статистику, яка згодом допомогли у створенні загальної моделі мобільності. Опитування було зафіксовано для роботи, завдань та заходів людини. Наприклад, модель мобільності UDeI є інструментом для імітації міських мережевих мереж. Модель UDeI включає перешкоду в мобільних вузлах і генерує графік міської зони. Потім мобільні вузли розміщуються на графіку і спостерігається їх поведінка.

4.1.2 Моделі, керовані подіями

Моделі, керовані подіями, які також називаються слідовими моделями, можуть використовуватися для контролю руху людей та транспортних засобів, їх аналізу та генерування слідів на основі їх мобільності. Моделі, орієнтовані на події, можуть бути зібрані для розробки ймовірнісної моделі мобільності, яка відображає реальний рух по карті. Ця ймовірнісна модель мобільності допомогла

розробити дискретний захід Маркова, який розглядав джерело, шляхи призначення та поточне та попереднє місцеположення. Проблема цієї моделі полягає в тому, що розглядалися лише характеристики мобільних вузлів з точками доступу; взаємини між вузлами не розглядалися. Як результат, імовірнісні моделі не можуть підтримувати спеціальний режим VANET

4.1.3 Моделі, орієнтовані на програмне забезпечення

Різні тренажери, такі як VISIM, CORSIM та TRANSIM, здатні генерувати сліди міського мікроскопічного руху. VanetMobiSim використовує базу даних Tiger та графіки Voronoi для отримання топологій доріг, карт, вулиць та інших деталей для мережевих тренажерів. Проблеми з такими тренажерами полягають у тому, що вони можуть працювати лише на рівні трафіку, і вони не можуть генерувати реальні рівні деталей. Крім того, взаємодія з іншими мережевими тренажерами та сформований рівень деталей недостатні для інших мережевих тренажерів.

4.1.4 Синтетична модель

Проведено велику роботу в галузі синтетичного моделювання. Усі моделі цієї категорії використовують математичні рівняння для розробки реалістичних моделей мобільності. Міцність математичних моделей перевіряється порівнянням їх з реальними моделями мобільності. синтетичні моделі можна розділити на 5 основних категорій:

- стохастична модель: має справу з абсолютно випадковим рухом.
- модель потоку руху: вивчає механічні властивості моделі мобільності.
- next-car модель: відстежує поведінку взаємодії автомобіль з автомобілем.

- модель черги: розглядає машини, що стоять у чергах, а дороги як буфери черг.
- поведінкові моделі: вивчає, як на рух впливає соціальна взаємодія.

Наприклад, якщо ми розглянемо рухливий вузол у зоні і спостерігаємо його рух, він може або рухатися по фіксованій лінії, або може йти випадковим шляхом. Алгоритм мобільності обчислює схему мобільності вузла, визначаючи певні математичні рівняння, за допомогою зваженої точки шляху (WWP) (пункт призначення вибирається на основі поточного місця розташування та часу) та випадкової точки шляху (RWP) (місце призначення вибирається випадковим чином). Синтетична модель встановлює певні обмеження, такі як виключення реальної поведінкової моделі людини. Як результат, з цією моделлю складно створити випадкові топології.

4.2 Оцінка симуляторів VANET

Для VANET існує багато тренажерів, але жоден з них не може забезпечити повноцінне рішення для моделювання VANET. Це головним чином тому, що VANET покладається на два інших моделювання для його безперервного функціонування, а саме моделювання трафіку та моделювання мережі. Симулятори руху використовуються для транспортування та машинобудування. Мережеві тренажери використовуються для оцінки мережевих протоколів та застосувань у різних умовах. Ці тренажери працюють незалежно. Численні тренажери намагалися вирішити питання моделювання VANET, але кожне рішення мало свої недоліки. Існує багато симуляторів трафіку та мережі, але їм потрібно взаємодіяти один з одним, щоб перетворитися на те, що можна назвати симулятором VANET. Досі залишається питанням, чому ці два тренажери не можуть взаємодіяти. Одна з вагомих причин - невідповідність форматів. У багатьох випадках формат моделей мобільності, генерований симулятором

трафіку, не може бути оброблений мережевим тренажером. Наприклад, мережеві тренажери, такі як NS-2, не можуть безпосередньо приймати файли слідів від інших симуляторів трафіку.

Різні тренажери рівня комерційного трафіку, такі як AIMSUN, VASIM, CORSIM, мають потужну підтримку графічного інтерфейсу користувача та підтримують різні функції рівня трафіку. Але вони досить дорогі, і через їх власний характер ми не можемо мати доступ до вихідного коду, що обмежує можливість дослідників вносити зміни. Крім того, ці тренажери також генерують безліч деталей, які ще не призначені для використання традиційними популярними мережевими тренажерами. Зупинимося на безкоштовних тренажерах, враховуючи їх доступність та доступ до їх вихідного коду для будь-яких модифікацій користувачами.

Кілька моделей мобільності, такі як модель Гаусса-Маркова, модель випадкової ходьби, наступна модель вузла, взвод, випадкова модель маршрутизації, використовуються для генерування особливостей мобільності вузла, включаючи зміну швидкості, випадковий рух у межах топології та ін. Серед усіх цих моделей Модель Random Waypoint широко застосовується, але створена ними модель мобільності не відповідає поведінці вузлів у реальному світі. Отже наукове співтовариство зосередилось на інших проектах, починаючи від створення простих до складніших моделей мобільності. На жаль, ці проекти були більш орієнтовані на сторону руху; лише невелика кількість робіт була виконана з боку мережі.

Щоб претендувати на участь у тренажері VANET, кандидати повинні відповідати як критеріям рівня руху, так і критеріям рівня руху. Рівень руху пов'язаний з деталями, такими як вулиці, перешкоди на шляхах зв'язку, світло та густина автомобіля. Для моделювання для захоплення деталей на рівні трафіку вона повинна включати такі топології руху інформації (спеціальні, випадкові, графіки карт), початкове та кінцеве положення, подорож по різних позиціях,

вибір колії, швидкість руху транспортних засобів. Після того, як всі деталі на рівні руху будуть захоплені, критерії рівня руху використовуються для створення топологій між вузлами та аналізу їх поведінки на основі деталей, зібраних на рівні руху (наприклад, автомобіль може змінити свою смугу руху і спробувати обігнати). Він також стежить за ситуацією під час великого потоку руху або транспортних засобів, що стоять у черзі та слідує один за одним. Моделі також прийняті з математичних рівнянь, які створюють усі можливі моделі поведінки автомобіля. Існують різні моделі, які підпадають під цю категорію. Найпоширенішою моделлю є «модель наступного автомобіля». Це широко використовувана модель, яка описує процес руху транспортних засобів, що слідує один за одним, в одному рядку. Цю модель віддали перевагу перед іншими моделями дорожнього руху, такими як Krauss Model (KM), General Motors Model (GM), Gipps Model (GP), Intelligent Driver Model (IDM).

Також симулятор VANET також підтримує графічний інтерфейс користувача (GUI). Крім того, моделюючи складні сценарії реального світу, тренажер повинен також враховувати підхід до імітації радіоперешкод у середовищі бездротового зв'язку. Крім того, симулятор VANET також повинен мати можливість генерувати файли слідів для інших тренажерів, таких як NS-2 або QualNet. Наступні критерії (рівень руху та рівень руху) відповідають наступним тренажерам: MOVE, Trans, VanetMobiSim, NCTUns.

Такі тренажери, як CanuMobiSim, були розроблені для генерування лише деталей рівня трафіку, але мають обмежену можливість генерувати деталі рівня руху на відміну від тренажерів MOVE та NCTUns.

4.2.1 Генератор моделі мобільності для VEhicular мереж (MOVE)

MOVE (Генератор моделей мобільності для мереж VEhicular (MOVE)) - додаток на базі Java, побудований на основі SUMO (моделювання міської

мобільності) з підтримкою графічного інтерфейсу. Крім того, він також підтримує власні графіки, визначені користувачем, а також випадкові згенеровані графіки. Але з випадковими генерованими графами він обмежує рух вузла до сітки (тобто вузол повинен рухатися лише по сітці). MOVE складається редактора карт і редактора транспортних засобів. Редактор карт створює топологічні карти для мережевих сценаріїв, а редактор руху автомобілів генерує шаблони руху автоматично або використовує ті, які визначені користувачами в редакторі. MOVE також може генерувати власну модель мобільності, але отримані результати не є задовільними порівняно з типовими моделями мобільності. Проблемою, що супроводжується цією моделлю мобільності, є відсутність підтримки великих мереж (тобто його коефіцієнт доставки пакетів падає зі збільшенням кількості вузлів). Більше того, декілька радіоінтерфейсів не підтримуються великими мережами. Генеруючи сліди мобільності, MOVE враховує мікромобільність. Функція мікромобільності не включає жодних моделей мобільності із зміною смуги руху або перешкод. Управління перетином слід за спрощеною стохастичною моделлю, тому випадковий рух вузла в топології не враховується. MOVE використовує федеративний підхід, в якому вони обидва спілкуються через парсер. Сліди від тренажерів трафіку надсилаються в аналізатор для перекладу і потім обробляються мережевим тренажером. Оновлений файл із мережевого симулятора передається в симулятор трафіку через аналізатор. Проблема такого підходу полягає в тому, що взаємодія між двома тренажерами не робиться вчасно.

4.2.2 Симулятор трафіку та мережі (TraNs)

TraNS - це додаток на базі Java з інструментом візуалізації, який був створений для інтеграції SUMO та NS-2, спеціально розроблених з урахуванням моделювання VANET. SUMO переводить файл трафіку в деяку форму дампа-

файлу, який згодом використовується мережевим симулятором. Однак TraNs також розробила знижену версію під назвою TraNs Lite з метою генерування моделі мобільності, без використання інтегрованих тренажерів NS-2 для мережевого моделювання. TraNs lite - це масштабоване програмне забезпечення з можливістю імітувати до 3000 вузлів і може витягувати сліди мобільності за допомогою Shapefile (Векторна карта, з точками, поліліній та багатокутників), і ці карти можуть бути скорочені відповідно до специфікації користувача. Проблема з архітектурою TraNs полягає в тому, що вихід, отриманий з NS-2, не може бути переданий назад до SUMO (тобто NS-2 генерує свій вихід у файл file.out, а під час моделювання VANET цей файл.out не може бути переданий SUMO для регенерація слідів. Таким чином, два сильно пов'язаних тренажери не дають результатів, схожих на приклади реального життя.

4.2.3 VanetMobiSim

VanetMobiSim - це розширення до CanuMobiSim. Зважаючи на обмежений спектр використання CanuMobiSim, який використовується лише для конкретних областей, VanetMobiSim не може виробляти високі рівні деталей у конкретних сценаріях. Тому CanuMobiSim було розширено для досягнення високого рівня реалістичності з VanetMobiSim. Моделювання VanetMobiSim включає сценарії від автомобіля до машини та від інфраструктури. Таким чином, він поєднує знаки зупинки, світлофори та макромобільність на основі діяльності з динамікою мобільності людини. Він може витягувати дорожні топології з випадкових та власних топологій. Це дозволяє користувачам генерувати поїздки на основі власних припущень і може налаштувати шлях між джерелом та пунктом призначення на основі алгоритму Дікстра, найшвидшої дорожньої швидкості або найменшої щільності. VanetMobiSim містить аналізатор для вилучення топологій, які можуть бути використані мережевими тренажерами. Основна

проблема підходу VanetMobiSim полягає в тому, що сліди, згенеровані VanetMobiSim, не можуть повернутись до мережевого симулятора, або сліди, генеровані мережевим тренажером, не можуть використовуватися як вхід до VanetMobiSim. Для ефективної роботи симулятора VANET два тренажери повинні співпрацювати один з одним, щоб дати успішні результати моделювання. VanetMobiSim не дуже добре працює з мережевими тренажерами для досягнення цілей для моделювання VANET.

4.2.4 Національний симулятор мережі університету Ч'яо Тун (NCTUns)

NCTUns написаний на C++ з потужною підтримкою GUI. NCTUns може імітувати технології 80.211a, 802.11b, 802.11g та 802.11p. NCTUns може імітувати декілька бездротових інтерфейсів всередині одного вузла, включаючи інтерфейс 802.11p. NCTUns включає вільний простір з моделлю втрати тіньових шляхів, моделями збіднення Релея та Рікея. NCTUns реалізує спрямовані, двонаправлені та обертові типи антен. Розрахунок співвідношення сигнал / шум є кумулятивним, і сила сигналу визначається з точки зору відправника та приймача. NCTUns реалізує блокові об'єкти для введення об'єкта, що перешкоджає між бездротовими сигналами. Об'єкт Wall може повністю блокувати бездротовий сигнал або може послабити сигнал із заданим значенням. Об'єкт, що перешкоджає, дає гарне середовище моделювання для спостереження за ефектом багатомобільного моделювання бездротової мережі. Під час моделювання кожному вузлу дозволено надсилати або UDP, або TCP-пакет. Однак у NCTUns є обмеження. Більшість мережевих тренажерів дозволяють використовувати декілька версій TCP / IP (Тахоє і New Reno) всередині окремих симуляторів, тоді як NCTUns дозволяє лише один екземпляр версії TCP / IP. На відміну від TraNs, NCTUns, які інтегрують трафік та мережеві тренажери в

рамках одного модуля з потужним зворотним зв'язком для підтримки моделювання автомобільної мережі.

На рисунку 4.1 підсумовуються основні атрибути для функцій рівня трафіку та рівня руху для SUMO, MOVE, TranNs, VanetMobiSim та NCTuns.

<i>Attribute</i>	<i>SUMO/MOVE/TraNs</i>	<i>VanetMobiSim</i>	<i>NCTuns</i>
Custom Graphs	Supports	Supports	Supports
Random Graphs	Grid Based	Voronoi Graphs	SHAPE-File
Graphs from Maps	TIGER database	GDF	Bitmap image
Multilane Graphs	Support	Support	Support
Start/End position	AP, Random	AP, Random	Random
Trip	Random Start - End	Random Start - End	Random
Path	Random Walk, Dijkstra	Random Walk, Dijkstra	Random Walk
Velocity	Road Dependent, Smooth	Road Dependent, Smooth	Road Dependent, Smooth
(a) Traffic level features			
Human Patterns	Car Following Models	Intelligent driver model, Intelligent driver model with intersection management, Intelligent driver model with Lane changes	Intelligent driver model with car following, Intelligent driver model with Lane changing, Intelligent driver model with intersection management
Intersection Management	Stoch turns	Traffic lights and signs	Traffic lights
Lane changing	No Support	MOBIL [Harri et al., 2007]	Supports
Radio Obstacles	No Support	Supports	Supports
(b) Motion level features			
Supports GUI	Yes	Yes	Yes
Output	ns-2, GlomoSim, QualNet	ns-2, GlomoSim,	NS-2
Other features	Federated / Integrated	Separate	Integrated

Рисунок 4.1 - Атрибути для функцій трафіку

5 МОДЕЛЮВАННЯ ТРАНСПОРТНОЇ СИСТЕМИ

5.1 Система як компонент кіберфізичного університету

Кіберфізична система Smart Cyber University характеризується наявністю метричного простору регуляторних правил, цифровим моніторингом та активним кібер-управлінням адресованих компонентів наукових та освітніх процесів, автоматичним генеруванням оперативних та регуляторних дій, прийняттям вільних кібер-рішень людини, орієнтованими на управління фінансовими та людськими ресурсами. Основними компонентами CyUni є розумна інфраструктура, персонал, відносини, управління, дорожня карта та ресурси, представлені в кіберпросторі для виконання наукових та освітніх процесів. CyUni дозволяє покращити якість освітніх послуг та наукових досягнень середньої школи за допомогою використання метричної системи взаємозв'язку, що визначає правила цифрового моніторингу та активного хмарного кібер-управління науково-освітніми процесами.

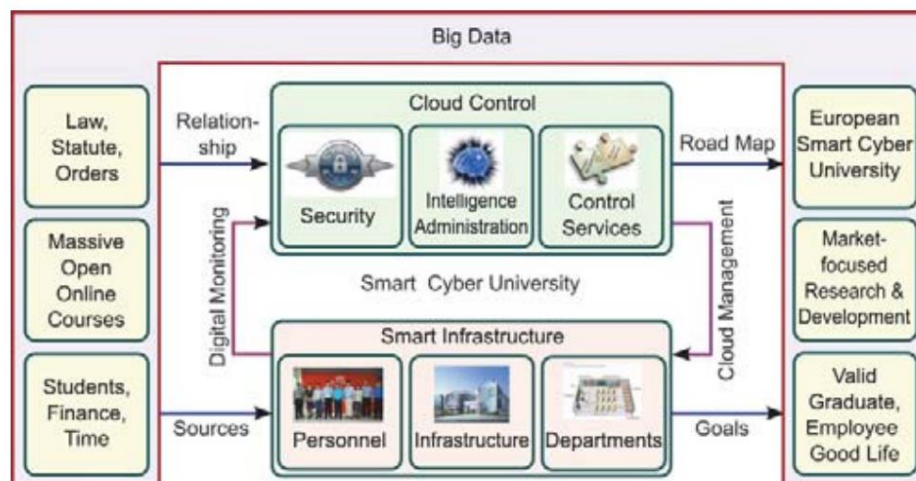


Рисунок 5.1 - Кіберфізична система університету

Інноваційні сервіси, що формують розумний кіберуніверситет як структурний прототип глобального науково-освітнього віртуального кіберпростору Global Smart Cyber University, наведено на рис. 3.2:



Рисунок 5.2 – Інноваційні сервіси розумного кіберуніверситету

Інтелектуальна система управління транспортом відноситься до сервісу, відміченого на рис. 5.2. Такий сервіс як сервіс доступу до інфраструктури полягає у безперервному доступу та моніторингу до певних компонентів чи систем, реалізованих та впроваджених у розумному кіберуніверситеті.

5.2 Архітектурний огляд

В рамках дослідження системи управління транспортом, на основі технологій VaNET та симулятора SUMO, була розроблена модель ділянки доріг міста для дослідження поведінки транспорту університету та отримання даних для логістики.

Метою є запровадження систему, що базується на комунікаціях автомобілів, та пристроїв інтелектуального контролю руху, що розглядають лише

частину існуючої інфраструктури дорожнього руху. Запропонована система передбачає кращий потік руху та скорочення часу очікування на перехрестях, а також ведення статистики розходу палива та викиду шкідливих газів.

Для цього були досліджені різні алгоритми планування для контролю потоку трафіку в перехрестях, аналогічних методам Round Robin та Найкоротшій робочій роботі перших (реалізованих як метод мінімальної віддаленої відстані в першу чергу), відомих в плануванні операційної системи. Створюючи взводи автомобілів та вводячи нову модель зміни смуги руху (розширюючи модель SL2015 [6] SUMO), ми намагалися зменшити вплив змін смуг руху на рух транспорту.

Запропонована нами система ІТС може бути класифікована відповідно до [4] як на основі моделювання траєкторії (це означає, що поверхня перехрестя розділена траєкторіями розумних автомобілів, які можуть проходити через неї одночасно), централізованим контролером перехрестя з віртуальні світлофори.

Аналогічним підходом може бути контроль за рухом на основі резервування [5]. Завдяки хорошому впровадженню, цей метод може працювати з відносно малою кількістю повідомлень між центральним, управлінням та розумними автомобілями, в середньому 6 повідомлень на транспортний засіб. У наших попередніх експериментах скасування та запити на зміни були настільки поширеними, що ми намагалися знайти інше рішення. Дане рішення та імітаційна платформа, яка використовується для перевірки його достоїнств, представлена нижче розділи.

Моделювання міської мобільності" (SUMO) - це відкритий, високо портативний, мікроскопічний пакет моделювання дорожнього руху, призначений для управління великими дорожніми мережами.

"Моделювання міської мобільності", або коротко "SUMO" - це відкрите, мікроскопічне, мультимодальне моделювання трафіку. Це дозволяє імітувати, як дана потреба в русі, що складається з окремих транспортних засобів, рухається

по даній дорожній мережі. Моделювання дозволяє вирішити великий набір тем управління трафіком. Це суто мікроскопічно: кожен транспортний засіб чітко моделюється, має власний маршрут і рухається індивідуально через мережу. Моделювання детерміновано за замовчуванням, але існують різні варіанти введення випадковості.

Досягнуто дві основні цілі проектування: програмне забезпечення має бути швидким та портативним. Завдяки цьому, перші версії були розроблені для запуску лише з командного рядка - спочатку не було надано графічного інтерфейсу, і всі параметри потрібно було вставити вручну. Це повинно збільшити швидкість виконання, відмовившись від повільної візуалізації. Також завдяки цим цілям програмне забезпечення було розбито на кілька частин. Кожен з них має певну мету і повинен виконуватись індивідуально. Це те, що робить SUMO відмінним від інших пакетів моделювання, де, наприклад, динамічне призначення користувача виконується в рамках самого моделювання, а не через зовнішню програму, як тут. Цей розкол дозволяє простіше розширити кожен з програм у пакеті, оскільки кожен є меншим, ніж монолітний додаток, який робить все. Крім того, це дозволяє використовувати більш швидкі структури даних, кожна з яких підлаштована під поточну мету, замість використання складних та навантажених баластом. Тим не менш, це робить використання SUMO трохи незручним порівняно з іншими пакетами моделювання. Оскільки ще потрібно зробити інші речі, ми до цього часу не думаємо про переробку інтегрованого підходу.

Якщо завантажити пакет SUMO, він містить додаткові додатки, крім SUMO. Ці програми використовуються для імпорту та підготовки дорожніх мереж та вимагають використання даних у SUMO, див. Докладніші програми для більш детального списку. Ми вирішили розробити імітаційну платформу, змінивши базовий код SUMO якомога менше. Це рішення означало, що потрібно додати нові шари архітектури програмного забезпечення.

Базовий код SUMO - це найнижчий рівень (SUMO) в нашій моделі програмного забезпечення. Функції цього шару використовуються середнім шаром, який називається шаром абстракції імітації (SAL).

На вершині архітектури розташований інтелектуальний логічний шар (ILL). Нова модифікована модель зміни смуги руху містить деякі компоненти, які логічно належать до ILL, але основна частина цієї моделі також належить до самого SUMO.

В основному шар SUMO містить тільки вихідний код, який можна отримати з GitHub оригінального сховища SUMO. Новий пристрій під назвою Device Abstraction Device (SAL) представлений у шарі абстракції імітації. Такі пристрої з'єднують транспортні засоби (Smart Cars) зі своїми представниками агентів, що перебувають у верхньому шарі ILL. Через ці пристрої об'єкти в логічному шарі отримують сповіщення про рух та запити Smart Cars, і навпаки, ці інтелектуальні компоненти можуть керувати Smart Cars.

У системі маркерів шару ILL створюються групи та судді. Це базові класи для подальшого розвитку або для визначення більш конкретних компонентів. Маркери - це інтелектуальні датчики та дорожні знаки. Вхідні маркери вказують на вхід до перехрестя, а маркери виходу показують вихід. Маркери також запускають кооперативні протоколи. Групи - це представлення взводів в архітектурі програмного забезпечення. Судді - це розумні світлофори. Вони працюють з класами Conflict, тобто тими групами розумних автомобілів, які можуть пройти через перехрестя одночасно.

5.3 Створення мап

"OpenStreetMap - це безкоштовна редагована карта усього світу. На сторінці <http://www.openstreetmap.org> виконується перетворення файлів з даними з OpenStreetMap в мережевий файл SUMO.

Існує кілька способів завантаження даних з OpenStreetMap у файл. В даному досліді використовуватиметься так звана “генерація сценарію в 3 кліки”.

Використовуючи скрипт `osmWebWizard.py`, повний сценарій можна створити швидко та зручно. Мережа імпортуватиметься з опціями та типовими картами, відповідними для обраних режимів трафіку.

Цей скрипт відкриває веб-браузер і дозволяє вибрати географічний регіон на карті. Він також надає деякі елементи керування для визначення випадкового попиту на трафік для різних режимів руху. При натисканні кнопки «Створити» мережа моделювання для обраної області будується на основі даних OSM, генерується випадковий попит та запускається SUMO-GUI.

Веб-майстер OSM пропонує одне з найпростіших рішень, починати з SUMO. На основі вибору фрагменту карти `openstreetmap` можна налаштувати рандомізований попит на трафік, запустити та візуалізувати сценарій у SUMO-GUI.

Веб-майстер OSM - це сукупність скриптів `python`, розташованих під інструментами каталогу у вашому кореневі установки `sumo`. Після запуску сценарію відкриється веб-браузер, який показує фрагмент карти центрального Берліна. Можна збільшити масштаб та змінити панораму на область, що цікавить.

Наступним кроком вибирається фактичну область, для якої потрібно створити сценарій моделювання. Вибір області буде активовано, натиснувши прапорець “Вибрати область” на панелі вибору синьої області в правій частині карти. Після вибору площі, можна перейти до наступного кроку.

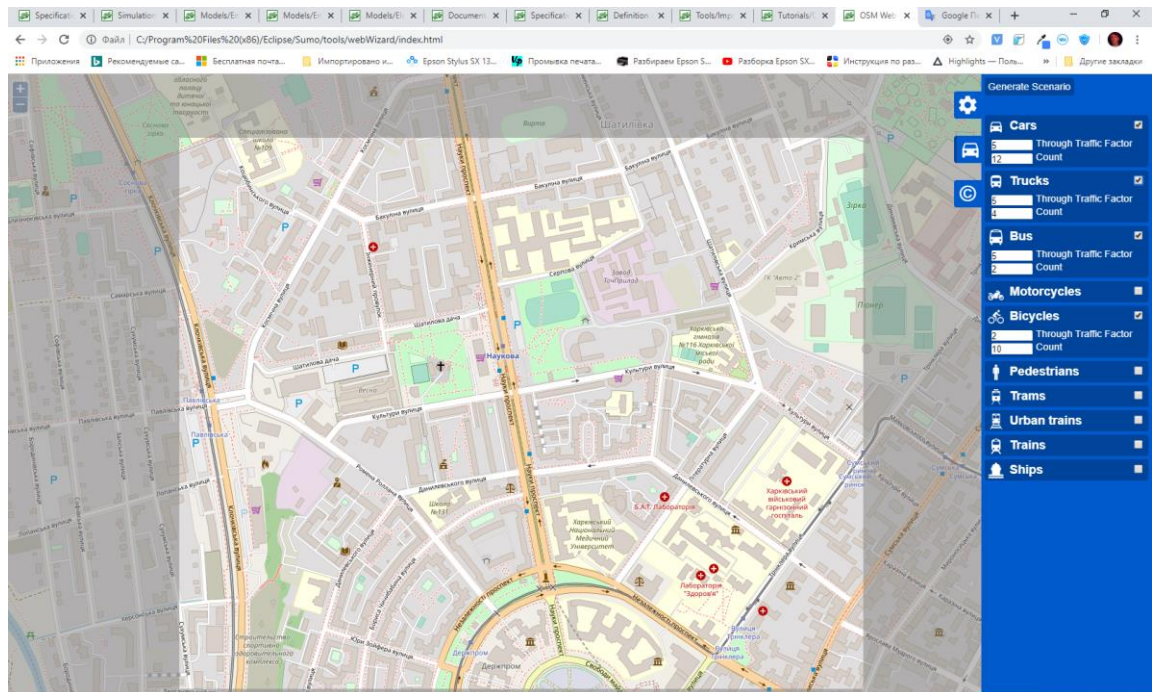


Рисунок 5.3 - Інтерфейс OSM WebWizard

Потрібні параметри визначається панеллю генерації попиту.

SUMO підтримує різні види транспорту. На панелі генерації попиту можна активувати, дезактивувати окремі види транспорту, натиснувши відповідні прапорці. Для кожного виду транспорту веб-майстер OSM генерує випадковий попит на основі певного розподілу ймовірностей, на який впливають два параметри:

-щоразу, коли генерується новий транспортний засіб, веб-майстер OSM випадковим чином вибирає край відправлення та прибуття для транспортного засобу. Коефіцієнт наскрізного трафіку визначає, у скільки разів більше шансів на край на межі обраної області моделювання порівняно з ребром, повністю розташованим всередині області моделювання. Велике значення для фактора наскрізного руху передбачає, що багато транспортних засобів від'їжджають і прибувають на межі області моделювання, що відповідає сценарію з великим пробігом.

-параметр Count визначає кількість транспортних засобів, що генеруються за годину та кілометр смуги руху.

Припускаючи що мережа містить 3 краї із загальною довжиною 5 км, в кожній є 2 смуги, що дозволяє поточний режим руху і значення лічильника встановлено на 90, тоді буде генеровано $5 * 2 * 90 = 900$ транспортних засобів на годину. Це перетворюється у параметр randomTrips $p = 4$, що означає, що кожні 4 секунди новий автомобіль вставляється десь у мережі.

Повний сценарій буде створений автоматично після натискання кнопки "Створити сценарій" на панелі керування. Створення сценарію займає пару секунд або хвилин (залежно від інших, від розміру сценарію).

Після закінчення процесу генерації сценарію запускається SUMO-GUI і моделювання можна запустити натисканням кнопки Відтворити.

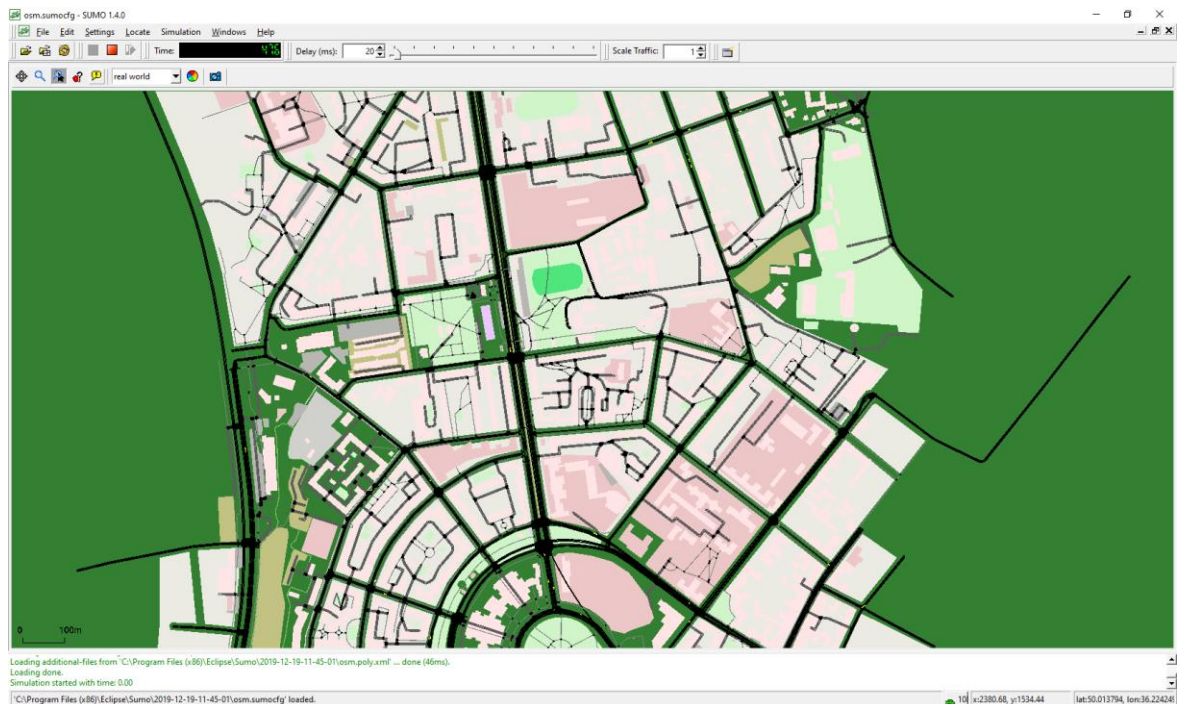


Рисунок 5.4 - Згенерований сценарій у SUMO GUI

5.4 Генерація транспортних засобів

Наступним завданням є створення власного автопарку, в даному випадку транспортних засобів університету.

Для визначення транспортного засобу з власним маршрутом створюється наступний код:

Лістинг 5.1 – Визначення транспортного засобу

```
<routes>
  <vType id="type1" accel="0.8" decel="4.5" sigma="0.5" length="5" maxSpeed="70"/>
  <vehicle id="0" type="type1" depart="0" color="1,0,0">
    <route edges="beg middle end rend"/>
  </vehicle>
</routes>
```

Давши таке визначення маршруту SUMO (або SUMO-GUI), SUMO створить червоний (колір = 1,0,0) транспортний засіб типу "type1" під назвою "0", який запускається в момент 0. Транспортний засіб буде їздити по вулиці "благають", "середина", "кінець", і як тільки вона наблизиться до краю "вирвати", вона буде видалена з імітації.

У цього транспортного засобу є свій внутрішній маршрут, який не можна ділити з іншими транспортними засобами

Транспортний засіб може бути визначений за допомогою таких атрибутів як ім'я, тип, колір, маршрут, час та позиція появи на маршруті, швидкість, наявність вантажу.

Транспортний засіб визначається за допомогою елемента vType. Визначивши це, можна створити транспортні засоби типу "type1". Ці значення використовуються у більшості прикладів. Вони нагадують стандартний автомобіль.

Це визначення є початковим, яке включає визначення "чисто фізичних" параметрів транспортного засобу, таких як його довжина, колір або максимальна

швидкість, а також параметри використовуваної автомобілем наступної моделі. Слід зауважити, що навіть незважаючи на параметри автомобіля, вони описують такі значення, як макс. прискорення, або макс. уповільнення, вони здебільшого не відповідають тому, що можна було б припустити.

Наприклад, максимальне прискорення - це не максимальна можливість прискорення автомобіля, а скоріше максимальне прискорення, яке вибирає водій - навіть якщо у вас Jaguar, ви, мабуть, не намагаєтесь їхати до 100 км / год за 5 с, коли їдете містом.

Також транспортні засоби, у даному дослідженні, змушені зупинитися на певний проміжок часу або чекати людей, використовуючи елемент зупинки або як частина маршруту, або визначення транспортного засобу, як зазначено нижче:

Лістинг 5.2 – Визначення зупинки

```
<routes>
  <route id="route0" edges="beg middle end rend">
    <stop lane="middle_0" endPos="50" duration="20"/>
  </route>
  <vehicle id="v0" route="route0" depart="0">
    <stop lane="end_0" endPos="10" until="50"/>
  </vehicle>
</routes>
```

Отриманий транспортний засіб зупиниться двічі, один раз на смузі middle_0 через зупинку, визначену в його маршруті, і вдруге через зупинку, визначену в самому транспортному засобі. Перша зупинка триватиме 20 секунд, друга - до моделювання другої 50 секунд.

З версії 0.24.0 SUMO включає модель для електромобілів. Додаткові функції - зарядна станція (яку можна розмістити на будь-якій смузі мережі) та новий варіант виходу - батарея-вихід.

Для визначення електромобіля він повинен бути обладнаний акумуляторним пристроєм. Це можна зробити за допомогою опції -- device.battery.explicit <VehID1, VehID2, ...> або просто встановивши -- device.battery.probability 1 для оснащення всіх транспортних засобів. Як варіант, пристрій може бути визначений за допомогою загальних параметрів транспортного засобу.

Потім додаткові властивості транспортного засобу та його електричних компонентів повинні визначатися за допомогою параметрів транспортного засобу або його типу.

Лістинг 5.3 Визначення електромобіля

```
<routes>
  <vType id="ElectricBus" accel="1.0" decel="1.0" lenght="12" maxSpeed="100.0" sigma="0.0"
minGap="2.5" color="1,1,1">
    <param key="maximumBatteryCapacity" value="2000"/>
    <param key="maximumPower" value="1000"/>
    <param key="vehicleMass" value="10000"/>
    <param key="frontSurfaceArea" value="5"/>
    <param key="airDragCoefficient" value="0.6"/>
    <param key="internalMomentOfInertia" value="0.01"/>
    <param key="radialDragCoefficient" value="0.5"/>
    <param key="rollDragCoefficient" value="0.01"/>
    <param key="constantPowerIntake" value="100"/>
    <param key="propulsionEfficiency" value="0.9"/>
    <param key="recuperationEfficiency" value="0.9"/>
    <param key="stoppingTreshold" value="0.1"/>
  </vType>
</routes>
```

Щоб побудувати сценарій велосипедів, необхідно зробити додаткові кроки порівняно із звичайним моделюванням автомобілів.

Проте моделювання велосипедів є предметом, що розвивається, і все ще несе певні труднощі. Наразі не реалізовано жодної ексклюзивної моделі руху велосипедів.

Зважаючи кількість проблем при моделюванні поведінки велосипеда, доведеться відмовитись від створення велопарку.

5.5 Логістика

Поняття логістики здебільшого реалізується контейнерами та контейнерними зупинками.

Контейнерні зупинки можуть використовуватися для імітації перевантажувальних станцій та інших місць для переміщення та зберігання вантажів. Подібно до концепції автобусних зупинок, контейнерні зупинки - це зупинки, на яких контейнери можуть бути завантажені або вивантажені з транспортного засобу. Транспортні засоби використовують таку саму розширену поведінку наближення на контейнерних зупинках, як на автобусних зупинках. Визначення місць зупинки контейнерів у SUMO мають такий формат: `<containerStop id = "<CONTAINER_STOP_ID>" lane = "<LANE_ID>" startPos = "<STARTING_POSITION>" endPos = "<ENDING_POSITION>" [line = "<LINE_ID> [<LINE_ID> * "]" />`.

Це означає, що контейнерна зупинка - це ділянка на смузі.

Транспортні засоби повинні бути поінформовані, що вони повинні зупинитися на контейнерній зупинці. Наступний приклад показує, як це потрібно зробити:

Лістинг 5.4 Маршрут зупинок

```
<vtype id="truck" accel="2.6" decel="4.5" sigma="0.5" length="15" maxspeed="70" color="1,1,0"/>
<vehicle id="0" type="truck" depart="0" color="1,1,0">
```

```

<route edges="2/0to2/1 2/1to1/1 1/1to1/2 1/2to0/2 0/2to0/1 0/1to0/0 0/0to1/0 1/0to2/0
2/0to2/1"/>
<stop containerStop="containerStop1" duration="20"/>
<stop containerStop="containerStop2" duration="20"/>
<stop containerStop="containerStop3" duration="20"/>
<stop containerStop="containerStop4" duration="20"/>
</vehicle>

```

Тут визначено транспортний засіб під назвою "0", який є "вантажівкою". "вантажівка" - це тип, заявлений раніше. У транспортному засобі є вбудований маршрут (написаний власноруч в цьому випадку) та перелік місць зупинки. Кожне місце зупинки описується двома атрибутами, "containerStop" та "duration", де "containerStop" - це назва зупинки контейнера, на якій транспортний засіб зупиниться, а "duration" - час, коли транспортний засіб чекатиме зупинки контейнера за секунди. Будь ласка, зверніть увагу, що порядок зупинок контейнера, при якому автомобіль повинен зупинитися, повинен бути правильним.

Також можна дозволити транспортному засобу зупинятися на іншому місці. Коротке визначення зупинки транспортного засобу:

```

<stop containerStop = "<CONTAINER_STOP_ID>" | (lane = "<LANE_ID>"
endPos = "<POSITION_AT_LANE>") duration = "<HALTING_DURATION>" />.

```

Це означає, що ви можете використовувати контейнерну зупинку або положення смуги, щоб визначити, де повинен зупинятися транспортний засіб.

Контейнери можна використовувати для імітації вантажів та вантажів. Контейнер може представляти, наприклад, контейнер ISO, контейнер для баків, довільну кількість сипучого матеріалу тощо.

Контейнер рухається через мережу, перевозячись транспортним засобом або переміщуючись між двома зупинками. Елемент контейнера містить дочірні елементи, що визначають етапи його плану. Етапи - це з'єднана послідовність

елементів транспорту, перевалки та зупинки, як описано нижче. Кожен контейнер повинен мати принаймні один етап у своєму плані.

5.6 Вихідні дані

Забруднювачі, що виділяються модельованими транспортними засобами, можна візуалізувати за допомогою SUMO-GUI або записати у вихідні файли як SUMO, так і SUMO-GUI. Можна використовувати наступний вихід:

-інформація про поїздку: У поєднанні з пристроєм викидів, вихідна інформація містить суму всіх забруднюючих речовин, палива, спожитого під час подорожі транспортного засобу. Для запису викидів для всіх поїздок потрібно додати параметри `--tripinfo-output` та `--device.emissions.probability 1.0`. Крім того, можна налаштувати запис викидів для вибраних автомобілів, використовуючи загальні параметри.

-викиди зі смуг: ці вихідні файли містять забруднюючі речовини, що виділяються на межі, смузі, агреговані за змінний часовий проміжок.

-вихідні викиди: неагреговані значення викидів для кожного транспортного засобу та часового кроку

-колір транспортних засобів за викидами: можна використовувати для показу викидів для кожного автомобіля під час кожного етапу моделювання

-колір смуги по викидах: можна використовувати для показу викидів для всіх транспортних засобів на смузі руху під час кожного етапу моделювання.

Моделювання / вихід / повний вихід

Ідея цього варіанту полягає в покращенні можливостей існуючого варіанту `netstate-dump`. Створена XML структура містить інформацію про краї, смуги руху, транспортні засоби та світлофори. Наміром цього варіанту була перевірка результатів моделювання без запису всіх команд моделювання.

Щоб SUMO створив файл, що містить повний дамп, треба розширити параметр командного рядка за допомогою `--full-output <FILE>`. `<FILE>` - ім'я файлу, в який буде записано вихід. Будь-який інший файл із цим іменем буде перезаписаний, папка призначення повинна існувати.

Повний дамп - це файл xml, що містить інформацію про кожен край, смугу руху, транспортний засіб та світлофор для кожного кроку.

Згенерувавши повний дамп-файл створеної транспортної системи отримуємо усі можливі дані транспортних засобів, що можна побачити на малюнку

```

47005314_14" traveltime="0.39">
":3347005314_14_0" CO="0.00" CO2="0.00" NOx="0.00" PMx="0.00" HC="0.00" noise="0.00" fuel="0.00" electricity="0.00" maxspeed="13.1
47005314_15" traveltime="0.17">
":3347005314_15_0" CO="0.00" CO2="0.00" NOx="0.00" PMx="0.00" HC="0.00" noise="0.00" fuel="0.00" electricity="0.00" maxspeed="13.1
47005314_18" traveltime="0.37">
":3347005314_18_0" CO="0.00" CO2="0.00" NOx="0.00" PMx="0.00" HC="0.00" noise="0.00" fuel="0.00" electricity="0.00" maxspeed="13.1
47005314_19" traveltime="0.17">
":3347005314_19_0" CO="0.00" CO2="0.00" NOx="0.00" PMx="0.00" HC="0.00" noise="0.00" fuel="0.00" electricity="0.00" maxspeed="13.1
47005319_0" traveltime="0.02">
":3347005319_0_0" CO="0.00" CO2="0.00" NOx="0.00" PMx="0.00" HC="0.00" noise="0.00" fuel="0.00" electricity="0.00" maxspeed="13.8
47005319_1" traveltime="0.17">
":3347005319_1_0" CO="0.00" CO2="0.00" NOx="0.00" PMx="0.00" HC="0.00" noise="0.00" fuel="0.00" electricity="0.00" maxspeed="13.8

```

Рисунок 5.5 - Вихідні дані симуляції

Використовуючи платформу для моделювання інтелектуальних транспортних систем на основі SUMO, можна побачити, що завдяки концепції ІТС, застосувавши її до транспортного парку певного підприємства чи закладу, значно спрощується ведення транспортної логістики.

Отримані результати з такої системи легко імпортувати до баз даних, що дає змогу не лише вести постійний облік витрат на ТЗ, а й контролювати та оптимізувати весь цей процес. Також важливою частиною такої системи є можливість передбачати аварійні ситуації та швидко реагувати, якщо раптом такі виникли.

ВИСНОВКИ

Розробка системи управління транспортними засобами дозволяє значно поліпшити умови обліку спожитих ресурсів, що призведе до більш ефективного прийняття заходів, щодо попередження їх несанкціонованого відбору, а також забезпечити безпеку дорожнього руху та запобігти виникненню аварійних ситуацій.

Створення концепції такої системи потребує використання технологій IoT, в даному проекті використовуватиметься концепція мережі VANET.

Бездротовий зв'язок між транспортними засобами є об'єктом досліджень як в науковому співтоваристві, так і в автомобільній промисловості. Автомобільні мережі VANET все більше розвиваються, створюючи велике поле для нових розробок і відкриттів. Крім проблем з безпекою, існують також проблеми, пов'язані зі швидкістю зв'язку VANET і з затримкою передачі даних від одного транспортного засобу до іншого.

Впровадження або використання інтелектуальної системи управління транспортними засобами у кіберфізичний простір, зокрема у кіберфізичний університет, дозволяє глобалізувати таку систему на рівні складної екосистеми взаємодії між собою різних процесів та інших систем. Це дуже спрощує облік спожитих ресурсів в таких великих приміщеннях та дозволяє швидко і зручно отримати всю необхідну інформацію.

Інтелектуальні транспортні системи можна визначити як цілісне, контрольне, інформаційне та комунікаційне оновлення до класичних транспортних і транспортних систем, що дозволяє суттєво покращити продуктивність, транспортний потік, ефективність пасажирських та перевезення вантажів, безпека та безпека транспорту, зменшення забруднення тощо. Якість впровадження інтелектуальної транспортної системи ґрунтується насамперед на

гармонізації та можливій інтеграції індивідуальних рішень у інтегровані системи. Досягнення цього пов'язане з дизайном базової організації, так званої ІТС-архітектури, та визначенням необхідних стандартів офіційними організаціями. Передумови розвитку архітектури та стандартизації в сучасному суспільстві зазвичай можна знайти в юридичних документах окремих країн або міжнародних організацій. Основними причинами впровадження ІТС є: підвищення безпеки, підвищення ефективності, зменшення забруднення та забезпечення взаємодії між різними системами.

Конвергенція обчислювальної техніки, телекомунікацій (фіксованої та мобільної) та різних видів послуг дозволяє розгорнути різні технології VANET. За останнє десятиліття було здійснено багато проектів VANET у всьому світі та було розроблено декілька стандартів VANET для поліпшення комунікацій між автомобілем чи транспортним засобом. У цій роботі розглянуто деякі основні напрямки, на яких зосереджувались протягом останніх кількох років. Було представлено ретельний аналіз різних інструментів моделювання, які доступні для моделювання VANET. Також були оглянуті деякі проблеми, які ще мають бути вирішені для того, щоб забезпечити використання технологій, інфраструктури та послуг VANET економічно, надійно та надійно.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Кучерявый Е.А., Винель А.В., Ярцев С.В. Особенности развития и текущие проблемы автомобильных беспроводных сетей VANET // Электросвязь, 2009. № 1.
2. Борисова М.В., Парамонов А.И., Пирмагомедов Р.Я. Анализ свойств трафика машина-машина и его влияния на качество обслуживания // Распределенные компьютерные и телекоммуникационные сети: управление, вычисление, связь (DCCN-2016): материалы Девятнадцатой международной научной конференции, 21–25 нояб. 2016 г.: в 3 т.; под общ. ред. В.М. Вишневого и К.Е. Самуйлова. М.: РУДН, 2016.
3. Amadeo M., Campolo C., Molinaro A. WAVE to provide infotainment applications in VANETs//Enhancing IEEE 802.11 p., 2012.
4. Бельфер Р.А., Моёров А.С. Угрозы информационной безопасности в самоорганизующихся автомобильных сетях VANET// Электросвязь, 2012. № 3. С. 28.
5. Sumra I.A., Ahmad I., Hasbullah H., Manan J. Classes of attacks in VANET // Proceedings of the Saudi International Electronics, Communications and Photonics Conference (SIECPC). Riyadh. Saudi Arabia, 2011.
6. Sumra I.A., Hasbullah H.B., Manan J, Ahmad I., Alghazzawi D.M. Classification of Attacks in Vehicular Ad hoc Network (VANET)// Information, 2013. Vol. 16. № 5.
7. Hasrouny H., Samhat A.E., Bassil C., Laouiti A. VANet Security Challenges and Solutions: A Survey// Vehicular Communications, 2017. Vol. 7.
8. Р.А. Бельфер, А.С. Моёров Угрозы информационной безопасности в самоорганизующихся автомобильных сетях VANET // Электросвязь, 2014. № 3.

9. Chuang M.C., Lee J.F. TEAM: Trust-Extended Authentication Mechanism for Vehicular Ad Hoc Networks // IEEE Systems Journal, 2013. Vol. 8. Iss. 3.
10. Buinevich M., Fabrikantov P., Stolyarova E., Izrailov K., Vladyko A. Software Defined Internet of Things: Cyber Antifragility and Vulnerability Forecast // Proceedings of the IEEE 11th International Conference on Application of Information and Communication Technologies (AICT). Moscow, Russia, 2017
11. Vinh H.L., Cavalli A.R. Security Attacks and Solutions in Vehicular Ad Hoc Networks: A Survey”, International Journal on AdHoc Networking Systems, 2014. Vol. 4. № 2
12. Bošnjak, I., Intelligent Transportation Systems 1., (in Croatian), Faculty of Traffic Science, Zagreb, 2005.
13. Mandžuka, S., Intelligent Transportation Systems 1., (in Croatian), Faculty of Traffic Science, Lectures, Zagreb, 2010
14. Biswas, S., Tatchikou, R. & Dion, F., “Vehicle-to-vehicle wireless communication protocols for enhancing highway traffic safety”, IEEE Communication Magazine, Vol. 44, No. 1, January 2006