

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМ. В. ДАЛЯ
ФАКУЛЬТЕТ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ЕЛЕКТРОНІКИ
КАФЕДРА КОМП'ЮТЕРНИХ НАУК ТА ІНЖЕНЕРІЇ

До захисту допускається
Завідувач кафедри
_____ Скарга-Бандурова І.С.
« ____ » _____ 20__ р.

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

НА ТЕМУ:

**Інформаційні технології в системах управління інтелектуальною
транспортною інфраструктурою міста**

Освітньо-кваліфікаційний рівень “Магістр”
Спеціальність 122 “Комп’ютерні науки та інформаційні технології” (освітня програма -
“Інформаційні технології проектування”)

Науковий керівник роботи:

(підпис)

В.А.Ларгін

(ініціали, прізвище)

Консультант з охорони праці:

(підпис)

Я.О.Критська

(ініціали, прізвище)

Студент:

(підпис)

В.І.Рибалко

(ініціали, прізвище)

Група:

ІТП-16дм

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ

Факультет Інформаційних технологій та електроніки
Кафедра Комп'ютерних наук та інженерії
Освітньо-кваліфікаційний рівень магістр
Напрямок підготовки _____
(шифр і назва)
Спеціальність 122 "Комп'ютерні науки та інформаційні технології" (освітня програма-
(шифр і назва)
"Інформаційні технології проектування")

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Завідувач кафедри _____
I.C. Скарга-Бандурова
« _____ » _____ 20 ____ р.

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

Рибалко Вікторії Ігорівни
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Інформаційні технології в системах управління
інтелектуальною транспортною інфраструктурою міста

керівник проекту (роботи) Ларгін Віктор Анатолійович, к.т.н., доц.
(прізвище, м. 'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від «18» 10 2018 р. № 208/48

2. Строк подання студентом роботи 21.01.2018

3. Вихідні дані до роботи Матеріали науково-дослідної практики,
транспортна система перехрестя, транспортні засоби та датчики, хмарні
технології

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно
розробити) комп'ютерні моделі хмарних сервісів, інтелектуальні
транспортні системи організація інтелектуального світлофору, реалізація
дорожнього перехрестя на базі SLOT-системи, охорона праці та безпека в
надзвичайних ситуаціях, висновки

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

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Критська Я.О. ст. викл. кафедри КНІ		

7. Дата видачі завдання 18.10.2017

Керівник

_____ (підпис)

Завдання прийняв до виконання

_____ (підпис)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Аналіз технічного завдання	18.10.2017-25.10.2017	
2	Огляд можливостей ін. електричних транспортних систем	26.10.2017-06.11.2017	
3	Моделювання інтелектуального світлофора	07.11.2017-25.11.2017	
4	Моделювання перехрестя	25.11.2017 - 25.12.2017	
5	Розробка частини проекту "Охорона праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях"	26.12.2017-13.01.2018	
6	Оформлення пояснювальної записки та презентації	14.01.2018-17.01.2018	
7	Оформлення автореферату	17.01.2018-20.01.2018	

Студент

_____ (підпис)

Рибалко В.І.

_____ (прізвище та ініціали)

Науковий керівник

_____ (підпис)

Ларгін В.А.

_____ (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Рибалко В. І. Інформаційні технології в системах управління інтелектуальною транспортною інфраструктурою міста.

В магістерській роботі реалізовано новий підхід до проблеми безперешкодного перетину перехресть, шляхом узагальнення класичної теорії черги за допомогою різних датчиків, гаджетів, об'єднаних в одну загальну мережу за допомогою хмарних технологій. Результати показують, що теоретично перехід від системи світлофора до технології Slot-based Intersections має потенціал подвоєння продуктивності і значно скорочує затримки. Це передбачає скорочення нелінійної динаміки, індукованих перетинів в місцях з великим трафіком.

Ключові слова: slot, інфраструктура, перехрестя, хмарні технології, модель, метод.

THE ABSTRACT

Rybalko V.I. Information technologies in the city's intelligent transport infrastructure management systems.

In the master's degree thesis a new approach to the problem of unhindered intersection of the intersection is realized, by generalizing the classical theory of the queue with the help of various sensors, gadgets, integrated into one common network with the help of cloud technologies. The results show that theoretically, the transition from the traffic light system to the Slot-based Intersections technology has the potential of doubling productivity and significantly reducing delays. This involves reducing the nonlinear dynamics induced crossings in places with high traffic.

Keywords: slot, infrastructure, intersection, cloud technologies, model, method.

АННОТАЦИЯ

Рыбалко В. И. Информационные технологии в системах управления интеллектуальной транспортной инфраструктурой города.

В магистерской работе реализован новый подход к проблеме беспрепятственного пересечения перекрестков, путем обобщения классической теории очереди с помощью различных датчиков, гаджетов, объединенных в одну общую сеть с помощью облачных технологий. Результаты показывают, что теоретически переход от системы светофора к технологии Slot-based Intersections имеет потенциал удвоения производительности и значительно сокращает задержки. Это предполагает сокращение нелинейной динамики, индуцированных сечений в местах с большим трафиком.

Ключевые слова: slot, инфраструктура, перекресток, облачные технологии, модель, метод.

ЗМІСТ

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ	6
ВСТУП.....	7
1 КОМП'ЮТИНГОВІ МОДЕЛІ ХМАРНИХ СЕРВІСІВ.....	11
1.1 МАТ-комп'ютинг для фізичного, віртуального і космологічного простору	18
1.2 Комп'ютинг квантової телепортації	21
1.3 Постановка задачі дослідження.....	23
2 ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ ТРАНСПОРТНІ СИСТЕМИ	24
2.1 Екологічні дороги і світлофори.....	24
2.2 Автомобільні датчики	28
2.3 Навігаційна система автомобіля (GPS)	30
2.4 Навігаційна система автомобілів ГЛОНАСС	33
2.5 Автомобіль бачить і комуніціює.....	34
2.6 Гіроскопи для автомобільних навігаційних систем.....	34
2.7 Інтелектуальні датчики транспортних засобів.....	36
2.8 Інтелектуальні автомобілі без водіїв	39
3 ОРГАНІЗАЦІЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО СВІТЛОФОРУ	41
3.1 Компоненти інтелектуального світлофора.....	45
3.2 Переваги і недоліки хмарних сервісів кіберсистеми	48
4 РЕАЛІЗАЦІЯ ДОРОЖНЬОГО ПЕРЕХРЕСТЯ НА БАЗІ SLOT-СИСТЕМИ	51
4.1 Отримані результати.....	54
4.2 Обговорення і впровадження алгоритмів для розумних перехресть	57
4.3 Матеріали і методи отриманих даних для розумних світлофорів і перехресть	59
4.3.1 Міркування безпеки.....	59
4.3.2 Оцінка впливу геометричних параметрів на продуктивність алгоритму Sls	61
4.3.3 Обчислення часу доступу перетину перехрестя між транспортними засобами	62
4.4 Моделювання світлофора	63
4.5 Алгоритми управління перехрестям	66
4.5.1 Алгоритм ВАТСН для двосмугового руху	67
4.5.2 ВАТСН для загального перехрестя.....	68
4.6 Методи моделювання і результати.....	70
4.6.1 Перехрестя в реальному житті.....	71
4.6.2 Результати моделювання.....	73

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ. ЕКОЛОГІЯ.....	79
5.1 Аналіз потенційних небезпечних і шкідливих виробничих чинників проєктованого об'єкту, що мають вплив на персонал	79
5.2 Заходи щодо техніки безпеки	80
5.3 Заходи, що забезпечують виробничу санітарію і гігієну праці	82
5.4 Рекомендації по пожежній безпеці.....	85
ВИСНОВКИ	90
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ	91
ДОДАТОК А. Електронні плакати	93

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

SIs - Slot-based Intersections - слот на основі перехрестя

IoT - Internet of Things - інтернет речей

Slot-time - слот (проміжок) часу

Cyberphysical Computing - кіберфізическій комп'ютинг

ATC - Adaptive Traffic Control - адаптивне управління рухом

MAT - Memory, Address, Transactions - пам'ять, адреса, операції

SS - Smart-Streetlight - смарт-світлофор

ITS - Intelligent Transportation Systems - інтелектуальні транспортні системи

XFCD - Extended Floating Car Data-System - розширена система автомобілів з плаваючими даними

ВСТУП

Розуміння динаміки мереж, що складається з великого числа взаємодіючих елементів є важливою, але вельми складною науковою задачею з реалізацією програм в реальному часі, таких як дослідження транспортних потоків у містах. Останнє є важкою проблемою і характеризується багатьма елементами (транспортними засобами, світлофорами), які сильно обмежені в просторі і часі. Обмеження застосовуються не тільки до кількості транспортних засобів на даній ділянці дороги, але також генеруються конфліктами використання в позначених зонах (перехрестях). Поєднання зазначених чинників призводить до вельми нелінійним і важко піддається прогнозуванню динаміці. Це пояснює, чому трафік може швидко погіршитися в містах, що призводить до широкого поширення заторів і величезних соціальних і екологічних витрат.

Пропонується система для хмарного управління транспортом, що представляє собою інтелектуальну віртуальну інфраструктуру моніторингу та управління дорожнім рухом в реальному масштабі часу на основі використання глобальних систем позиціонування і навігації, автомобільних комп'ютерів, мобільних гаджетів, розумних світлофорів та Інтернету з метою підвищення якості та безпеки пересування транспортних засобів, а також мінімізації часових і матеріальних витрат при русі автомобілів по заданих маршрутах. Основна інноваційна ідея - поступове перенесення світлофорів з поверхні землі в віртуальний хмарний простір для управління транспортом, обладнаним мобільним гаджетом або автомобільним комп'ютером, на екран (лобове скло) якого виводяться: карта з дорожніми знаками, маршрут прямування, координати учасника дорожнього руху та реальні сигнали віртуального розумного світлофора. Пропонується комплекс інноваційних технологій для вирішення соціальних, гуманітарних, економічних, паливно-енергетичних, страхових, кримінальних і екологічних проблем на основі створення і застосування хмарного сервісу цифрового моніторингу та управління транспортом. Згадані технології та функціональні компоненти інтегруються в просту для реалізації автоматну модель кібер-фізичної системи інтерактивної взаємодії в реальному часі інфраструктурного хмари точного моніторингу та цифрового управління з гаджетом водія або комп'ютером транспортного засобу.

Наноелектроніка, комп'ютер і кіберпростір (Інтернет) складають сьогодні три еволюціонують рівня ієрархії цифровий планети. На їх основі третину всіх інтелектуальних ресурсів людства в даний час працює над створенням цифрової карти або дзеркального структурного взаємно однозначної відповідності між процесами, явищами реального та віртуального світів з метою підвищення якості життя людства шляхом створення «зеленої»

кіберпланети [7]. Це означає оцифрування не тільки всіх мобільних і стаціонарних об'єктів, а й «чистого» структурованого земного простору для точного завдання координат процесів і явищ, що відбуваються на реальній планеті. Цифрова карта останньої постійно еволюціонує від стаціонарності об'єктів до динаміки процесів реального часу і вже використовується для створення в кіберпросторі хмарних сервісів точного моніторингу та оптимального (безпілотного) управління (рухомими) механізмами реального світу в вимірах: 1D, 2D, 3D.

Перехрестя є фізичним місцем, де доступ до загального ресурсу (область перетину) повинні бути узгоджені між транспортними засобами. Таким чином, вони є природно вузькими місцями і грають ключову роль в динаміці мережі. Координація транспортних засобів досягається за допомогою процесу перемикавання, мета якого полягає у вирішенні конфліктів між несумісними потоками, при оптимізації продуктивності системи, деякою метрики. Втілення станів сучасних процесів перемикавання (регулювання), є добре відомий світлофор, який знаходиться в експлуатації в його нинішньому вигляді протягом 150 років.

Світлофори працюють відповідно до поетапних процесів перемикавання, який часто періодичний: порівняно тривалий період часу T називається цикл і ділиться на ряд "фаз" P_1, P_2, \dots тривалістю t_1, t_2, \dots, i , під час кожної фази, лише ряд неконфліктний потоків отримує доступ до перехрестя. Перехід від однієї фази до іншої не миттєво, але вимагає "фази установки" (жовте світло), який зазвичай триває від 5 до 8 секунд. Оскільки перетин працює в сильно неоптимальних умовах під час "фази установки", існує внутрішній компроміс між "затримкою" і "потужністю" при роботі світлофорів. "Затримка", як правило, визначається яка різниця між часом, необхідним транспортним засобом, щоб завершити переміщення в умовах вільного потоку і часу в дорозі, необхідні в дійсності. «Потужність» дорівнює максимальній швидкості надходження транспортного засобу, перш ніж затримки перестають бути обмежені в часі і рости до безкінечності. Компроміс між «затримкою» і «здатністю» можна легко зрозуміти, коротка фаза тривалості і часті фазові переходи знижують середню затримку випробовуваних транспортних засобів при перетині перехрестя. Однак часті фазові переходи вимагають відносно велику кількість «фаз установки», протягом якого пропускна здатність перетину значно зменшується.

Нові інформаційні та керуючі системи прокладають шлях до нових підходів управління дорожнім рухом. Наприклад, транспортні засоби могли б взаємодіяти з придорожньої інфраструктури та іншими транспортними засобами, для отримання більш чіткої координації потоків. Крім того, автономне водіння починає включити ретельний контроль траєкторій транспортних засобів та синхронізації їх часу прибуття на перетині. Основний принцип нагадує слот на основі систем управління, які використовуються для

управління літаків в аеропортах. Простіше кажучи: а) часові інтервали для безпечного доступу до області перетину присвоюються окремим транспортним засобам, на основі алгоритму ретельно розробленого планування; і б) транспортні засоби, контролюють їх швидкість досягаючи перехрестя на початку призначеного часового інтервалу.

На перший погляд, Slot-based Intersections (SIs) притаманні тому ж компромісу між затримкою і потужністю описаного вище для систем світлофора. Перший прийшов-перший обслужений, підхід може бути реалізований за рахунок прискорення або уповільнення транспортних засобів, таким чином, що вони прибувають на перехресті, коли розриви в конфлікуючих транспортних потоках були створені для них. Проте, один за іншим, така політика їх обслуговування не ефективна при швидкості прибуття великої кількості автомобілів. Потім, утворюючи взвод транспортних засобів та обслуговування всіх транспортних засобів у взводі, перш ніж дати шлях до конфліктного потоку, є більш ефективним з точки зору потенціалу.

Не так давно були запропоновані різні типи SIs. Було висловлено припущення, що вони можуть бути більш ефективними, ніж традиційні світлофори. Проте, теоретичні та всеосяжні рамки для оцінки їх ефективності в порівнянні зі світлофорами досі відсутня. Ми використовуємо теорію черзі, щоб оцінити продуктивність різних систем управління перехрестями. Зокрема, ми покажемо, як поширити класичну теорію черзі, формальну затримку і пропускну здатність SI, що не було зроблено до теперішнього часу, і що дозволяє математично точно порівняти зі світловими дорожніми системами.

Об'єкт дослідження - хмарні кібер-системні технології моніторингу та управління транспортними засобами на основі використання віртуальних світлофорів, дорожніх знаків і мобільних гаджетів для ідентифікації, учасників дорожнього руху.

Предмет дослідження - транспортні потоки, віртуальна інфраструктура дорожніх повідомлень, програмно-апаратні мобільні системи ідентифікації, моніторингу та управління дорожнім рухом на основі застосування віртуальних світлофорів.

Мета дослідження - підвищення якості та безпеки пересування транспортними засобів перехресть завдяки створенню кібер-фізичної системи у вигляді інтелектуальної хмари управління дорожнім рухом в реальному масштабі часу на основі створення хмарної інфраструктури дорожнього руху.

Для досягнення поставленої мети необхідно виконати:

- провести аналіз методів переміщення всіх компонентів механізму управління земними процесами і явищами в хмарі комп'ютерних сервісів;
- створити та дослідити математичну модель автомобільного перехрестя;
- розробити засоби прогнозування ситуацій на перехресті;

Дослідження **базується** на теорії масового обслуговування.

Основні результати магістерської роботи доповідались на Міжнародній науково-практичній конференції «Майбутній науковець – 2017», та на Всеукраїнській науково-практичній конференції «Електронні апарати та системи. Проблеми створення. Перспективи розвитку».

Магістерська робота складається зі вступу, 5 розділів, висновків, переліку джерел посилань, додатку. Загальний обсяг роботи становить 99 сторінок, 1 таблиця, 18 рисунків.

1 КОМП'ЮТИНГОВІ МОДЕЛІ ХМАРНИХ СЕРВІСІВ

Автоматна модель сталого розвитку людства, задана в метриці зеленої концепції збереження планети і підвищення якості життя людства. Для формування моделі слід визначити трендові аксіоми (The 10 Commitments of Greening), яким необхідно слідувати для сталого розвитку людства.

1) Використання автоматної моделі комп'ютингу для моніторингу та управління всіма процесами та явищами, як найнадійнішу і просту для розуміння і виконання. Модель має мінімальне число компонентів і сигналів при реалізації замкнутої детермінованої комп'ютигової системи для досягнення поставленої мети. Життєвість автоматної моделі підтверджується не тільки створенням індустрії комп'ютерів, але і адекватним комп'ютинговим описом процесів і явищ у фізиці, біології, медицині, техніці, соціології, космології.

2) Механізми виконання і управління при реалізації моделі комп'ютингу не повинні перетинатися за складом компонентів. Умова регламентує суворий поділ функціональних обов'язків між механізмами управління і виконання, що також означає невтручання одного механізму в справи іншого. Порушення даного пункту є типовою системною помилкою, що породжує корупцію і властивої управлінню соціальними групами.

3) Застосування концепції Бога - все бачить і віддає належне - для моніторингу та управління індивідумом, соціальними групами і людством в рамках створення хмарних комп'ютингових сервісів. Стійко виключати людину, як саму ненадійну ланку, з моніторингу та управління кіберфізичними, біологічними, технічними, технологічними і соціальними процесами і явищами. Умови дозволяють оптимально управляти кожною людиною, соціальними групами і державами, що виключає всі негативні наслідки від втручання людини, включаючи війни, соціальні конфлікти, корупцію і несправедливість. Економічний ефект від реалізації концепції вимірюється десятками трильйонів доларів.

4) Автоматний детермінізм і передбачуваність реакції комп'ютингу на ініціюючий або актюаторний вплив. Виняток ймовірності з подій і процесів, як "фігового листка на голому тілі нашого невігластва", за визначенням Ейнштейна. Умови орієнтовані на детермінізм комп'ютингових сервісів, максимально виключає непередбачуваність імовірнісних методів, що суттєво зменшує накладні витрати на дублювання і резервування системних компонентів і процесів.

5) Тотальне оцифрування всіх просторових, кіберфізичних, біологічних, соціальних процесів, явищ і транспорту, що забезпечують точне управління на основі цифрового

моніторингу та позиціонування. Умови дозволяють в глобальному масштабі вирішити проблему надійного безаварійного, безпілотного управління всіма видами транспорту, зменшити витрати на виготовлення автомобільних номерів (5 млрд доларів), інфраструктуру дорожніх знаків, і світлофорів (500 млрд доларів) за рахунок створення віртуальної е-інфраструктури управління транспортом. В даний час на дорогах всіх країн гине в рік 1,2 мільйона чоловік. Цифровий моніторинг природних явищ, ураганів, тайфунів, землетрусів, цунамі, потепління на основі впровадження мережі сенсорів забезпечить актуаторне управління кліматичними і геопатогенними катастрофами. Впровадження технології SlingShot в якості спеціалізованого вирішення проблеми чистої води, від нестачі якої щорічно помирає 2 мільйони жителів планети, шляхом точного моніторингу забруднюючих компонентів і їх подальшого усунення адекватними актуаторними впливами.

6) Метричне оцінювання всіх процесів і явищ, які формують інтегральний критерій "час-гроші-якість" з метою морально-матеріального стимулювання соціально та екологічно значимих проєктів. Метричний оцінювання і подальше адекватне морально-матеріальне стимулювання членів соціальних груп і колективів, що роблять істотний вплив на позитивні процеси підвищення якості життя людей і екосистеми планети. Реалізація глобального ринкового тренду e-infrastructure від програми EU Horizon 2020 стосовно всіх земних процесів і явищ, включаючи: health care e-infrastructure, smart home e-infrastructure, smart university e-infrastructure, smart city e-infrastructure, social management and government e-infrastructure, traffic control e-infrastructure, internet driven e-infrastructure for diagnosis and repair of technics, computers.

7) Повне виключення вторинних ознак ідентифікації людини в кіберфізичному просторі на основі повсюдного впровадження е-інтерфейсів для введення первинних аутентифікаторів (відбитки пальців, райдужна оболонка ока, ДНК). Умови дозволяють прибрати з обігу мільярди паперових паспортів і електронних карток, які можна підробити, втратити, що дає можливість зберегти ліси і заощадити до 10 мільярдів доларів на виготовлення документів.

8) Створення глобальної е-інфраструктури надійного, захищеного доступу до кіберфізичного простору планети і розробка відповідного законодавства, що забезпечують легітимне online виконання функціональних обов'язків, не прив'язаних до робочого місця. Умови дозволяють в масштабах планети на 20 відсотків зменшити транспортний трафік, споживання бензину і шкідливих викидів, завдяки виконанню функціональних обов'язків працівниками за місцем проживання.

9) Впровадження електронного громадянства для всіх жителів планети і виключення паперових носіїв інформації з усіх сфер людської діяльності. Умови дозволяють зберегти не

менше 20 відсотків лісу від вирубки для виготовлення паперу, що підвищить вміст кисню на планеті і поліпшить її екологію. Електронне громадянство скоротить міграцію громадян і зробить усі країни привабливими, завдяки реальній небезпеці, для керівників відсталих держав, електронного догляду всіх громадян разом з їх податками.

10) Хмарний і big data комп'ютинг на основі планетарної мережі дата центрів дозволяє вирішити проблему захисту інформації, сервісів, персональних даних, прибрати мільйони настільних комп'ютерів, локальних серверів і перейти до використання економічних енергозберігаючих планшетів доступу до сервісів і персональних кабінетів. Brain-Computer інтерфейси дають можливість усунути численні пристрої введення даних і перейти до безпосереднього образно-імпульсного спілкування людського мозку з комп'ютерними терміналами. Сканування мозку на основі зовнішніх або вбудованих сенсорів дозволяє запобігати злочинні або нелегітимні дії людини, що істотно вплине на ефективність роботи поліції і спеціальних служб.

Виконання перерахованих аксіом дозволить перемістити всі компоненти механізму управління земними процесами і явищами в хмари комп'ютерних сервісів, що звільнить істотну частину (20%) людства від виконання невластивих йому управлінських непродуктивних процесів. Віддати управління хмарного комп'ютерного означає істотне зниження накладних витрат і шлях до створення зеленої планети (якість життя + чиста екологія).

Вартість реалізації перерахованих аксіом порядку 50 мільярдів доларів, економія від їх впровадження - не менше 50 трильйонів доларів, плюс якість життя кожної людини і реінкорнація екології зеленої планети.

Всі технічні проблеми для реалізації десяти трендів вже вирішені в тій чи іншій мірі. Головною перешкодою на шляху створення зеленої планети і щасливого життя є невисокий рівень кіберкультури людини. Тому проблема досяжності поставлених зелених цілей жорстко пов'язана з вихованням довіри у людей до надійності, справедливості і невідкупності комп'ютерних сервісів моніторингу та управління.

Сталий розвиток зеленого комп'ютерного представлено в метриці простору і часу трьома історичними періодами або фазами.

1) Відображення (моніторинг) фізичних процесів і явищ, предствлений сингулярним (Single Computing), мережевим (Network Computing) і глобальним комп'ютерингом (Global Computing - Internet). Тут також фігурують поняття Desktop, Servers, Data Base.

2) Управління фізичними процесами і явищами на основі e-infrastructure, цифрового моніторингу, представлених Cloud Computing, Cyber Physical Networks, Internet of Things. Цикл теперішнього часу, де основними учасниками є Gadget, Laptop, Data Centers, Big Data.

3) Творення інтелектуальних кіберфізичних процесів і явищ під керуванням Кібермозку планети, представлених Brain Computing, Robotic Networks, Internet of Nature (World). Здесь очікується поява Massive Quantum-Atomic Computing, Brain-Computer Interface, Atomic Data Center Networks, Smart Big Data Networks.

Тут же, на рис.1.1, представлені вектори розвитку зеленого комп'ютингу, які оформлені в наступні фазові трансформації за трьома історичними періодами: Single Computing - Cloud Computing - Brain Computing, Network Computing - Cyberphysical Computing - Network Robotic Computing, Internet Computing - Internet of Things - Internet of Nature, Data based Computing - Big Data Computing - Smart Data Computing.



Рисунок 1.1 – Обчислення в стійкому розвитку

Космологічна модель Всесвіту представлена жорстко пов'язаними між собою взаємодіючими компонентами: Простір і Час, Матерія і Енергія. Дану структуру базових понять можна застосувати і до процесу сталого розвитку комп'ютингу. Для цього необхідно виділити наступні компоненти: 1) Маса матерії (m) для реалізації примітиву-транзистора або комп'ютера. 2) Енергія (E) для виконання елементарної операції або функціонування комп'ютера. 3) Швидкодія (t), як величина зворотна часу ($t = 1 / T$) виконання однієї елементарної операції або продуктивність комп'ютера ($t = I / T$, кількість інструкцій в

секунду). 4) Простір (S) (кіберфізичне), що обслуговує комп'ютинг, шляхом надання користувачам сервісів моніторингу, управління, творення.

Використовуючи введені компоненти в якості аргументів, можна оприділити на історично незначному проміжку часу (1970-2020) два досить парадоксальних і дуже оптимістично зелених закону розвитку комп'ютингу: 1) Зв'язок між енергією і часом. Підвищення швидкодії комп'ютера пов'язано зі зменшенням енергоспоживання. 2) Зв'язок між матерією і простором. Зменшення маси комп'ютера пов'язане з розширенням обслуговування простору. Обидва закони вірні і в зворотному прочитанні.

Якщо виконати суперпозицію двох законів, то можна отримати інтегральний закон комп'ютингу: збільшення швидкодії і простору комп'ютингу жорстко пов'язано зі зменшенням його енергоспоживання і маси. Якщо умовно визначити інтервал зміни відносних значень всіх чотирьох параметрів між 0 і 1, то закон можна записати в наступному вигляді: $t + E = 1$, $S + m = 1$. Це означає, що адитивна оцінка швидкодії (простору) і енергоспоживання (маси) комп'ютингу на піввіковому відрізку часу є величина постійна.

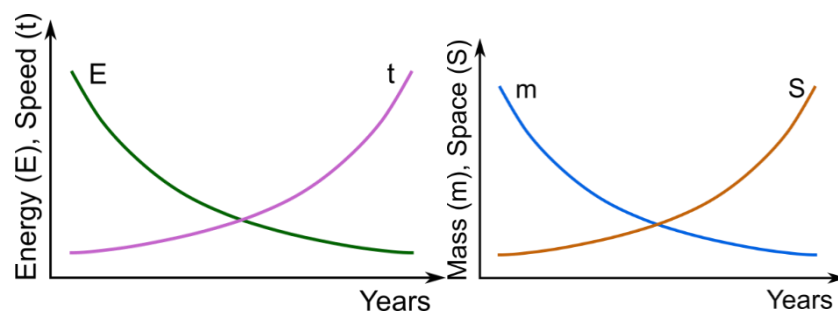


Рисунок 1.2 – Обчислювальні компоненти взаємодії

Найбільш значущі ринково-орієнтовані відкриття та інновації вчені роблять шляхом суперпозиції міждисциплінарних досліджень, а також імплементації досягнень однієї технологічної культури в суміжні галузі знань. Моделі комп'ютингу знаходять все більше застосування для моніторингу та управління процесами і явищами в усіх областях діяльності людини і природи [1-4]. Інтеграція природної і біосоціальної культури з кібертехнологічними рішеннями моніторингу та управління призводить до оригінальних системних (кіберфізичних, біоінформаційних) наукових результатів та інновацій в традиційно консервативних галузях знань, таких як: природа, біологія, соціологія, екологія, техніка, транспорт і промисловість. Підтвердженням сказаного можуть служити модні глобальні технології, що використовують масштабовані моделі комп'ютингу [2,3]: Cyber-Physical Systems, Internet of Things and Everything, Web- Cloud-, Mobile-, Service-, Network-, Automotive, Big Data and Quantum computing , Internet-Driven Smart Infrastructures: Enterprise, University, City and Government. Так, наприклад, використання автоматної моделі

комп'ютингу для опису процесів мозку призвело до точного моніторингу порушень в ньому і подальшого ефективного відновлення функціональностей шляхом застосування актуаторних впливів [5]. Вчені роблять успішні спроби в розробці комп'ютерних структур на основі використання природних рішень, які ототожнюються з мозком живих істот [6], що неодмінно призведе до створення Кібермозку людства.

Поняття комп'ютингу розвивається з класичної автоматної моделі обчислювача, що об'єднує механізми управління і виконання, сигнали моніторингу та актуації, входи для введення інструкцій і даних, а також виходи стану системи і результатів. Комп'ютинг - процес досягнення поставленої мети шляхом використання механізмів управління та виконання в циклічно замкнутій системі з заданими входами і виходами, сигналами моніторингу та актуації. У вузькому сенсі, комп'ютинг - дії, цілеспрямовані на дослідження, проектування і застосування інтелектуальних програмно-апаратних систем і мереж для моніторингу та управління кіберфізичними процесами і явищами. Область комп'ютингу покриває: нано-, мікро- і макро-електроніку, радіотелекомунікації, комп'ютерну, програмну, системну, виробничу, транспортну та соціальну інженерію, штучний інтелект і кіберуправління, комп'ютерні науки та інформаційні технології.

Слід нагадати, що інформаційні технології - процеси, методи і способи пошуку, збору, зберігання, обробки і поширення інформації шляхом використання засобів обчислювальної техніки [7,8]. З урахуванням наведених вище визначень можна зробити висновок, що комп'ютинг поглинає досить застаріле, але, в силу інерції людського мислення, поширене поняття "інформаційні технології", яке формально ототожнюється з відображенням (моніторингом) фізичних процесів і явищ у віртуальний кіберпростір.

Істотним видається відміна комп'ютингу від інформаційних технологій, пов'язана з активним управлінням процесами і явищами в реальному і віртуальному світах. Можна поставити знак відповідності між поняттями змісту і форми: Internet = Information Technology і Internet of Things = Computing. Розвиток комп'ютингу має історично виражені фази (рис. 1.1): 1) Сингулярний комп'ютинг. 2) Мережевий комп'ютинг. 3) Глобальний комп'ютинг. 4) Кіберфізическій комп'ютинг. 5) Сервіс-комп'ютинг - початок нового циклу. Далі передбачається поява кіберлюдського комп'ютингу, коли людський мозок буде безпосередньо інтегрований с кіберпростіром. Розвиток комп'ютингу, основна функція якого - оптимальне і надійне управління всіма процесами та явищами на основі точного цифрового моніторингу без прямої участі людини, слід розглядати тільки у взаємодії двох світів, реального і віртуального: 1) Людина завжди погано керує реальним світом і створює собі в допомогу комп'ютинг. 2) Як більш досконалий механізм, комп'ютинг забирає управління технологічними процесами у людей - фаза теперішнього часу. 3) Щоб врятувати людство від

самоліквідації, комп'ютинг, найближчим часом, повинен забрати і решту управління соціальними процесами під свою юрисдикцію. 4) Людина і комп'ютинг об'єднуються в бажанні творчої зміни кіберфізичного континууму з метою мирного співіснування і взаємного проникнення для освіти нового поняття кіберлюдини (Cyber Human - CyMan). Кіберлюдина - персону, яка володіє глобальною технологічною кіберкультурою, безпосередньо (Brain-Computing-Interface) підключена до кіберфізичного простору планети з метою виконання кіберсоціальної ролі. Комп'ютинг сьогодні перетворюється з ненадійної локальної конструкції в незнищену глобальну субстанцію. Людина поступово буде трансформуватися з уразливого біологічного суб'єкта в кібербіологічну форму, а далі - в кіберенергетичну, «вечноживучу» інформаційно і фізично реінкорніруему субстанцію.

В результаті взаємодії людини з кіберфізичним світом формується нове поняття - кіберкультура, як рівень розвитку соціально-технологічних відносин між суспільством, фізичним світом і кіберпростором, який визначається впровадженням інтернет-сервісів точного цифрового моніторингу та надійного метричного управління в усі процеси і сфери людської діяльності, включаючи освіту, науку, медицину, виробництво і транспорт, з метою підвищення якості життя людей і збереження екосистеми планети.

Bernard Marr (Forbes) запропонував 9 аттракторів [9], що підтверджують інтерес ринку і світового бізнесу до комп'ютингу: Big Data. Internet of Things. Mobile to computing everywhere. Cyber security. E-Assistants or Brain-Computer Interface. Social Networks. Gamification for Business and Education. Cloud computing. Video communications. У найближчому майбутньому очікується масове впровадження в життя людей нових технологій, які формують Virical Continuum: Internet of Everything, одяг, розумний автомобіль, розумний дім, розумне місто, 3D принтери, квантові обчислення, роботи, Big Data, рух виробника, безпілотники. Особливу увагу автор приділяє рекламі IoT. Тому що 87 відсотків людей не чули, що це таке? Фактично - це взаємодія віртуального і реального світу діє до: 2015 рік - 5000000000 коннектіруєміх пристроїв, 1,4 мільярда смартфонів; 2020 року - 50000000000 та 6,1 згаданих виробів відповідно. Це також 250000000 машин в 2020 році, які будуть управлятися без водіїв за допомогою хмарних кіберсервісів дорожнього руху. Уже сьогодні Google-машини проїжджають близько 10 000 миль на тиждень по інноваційним міським дорожнім інфраструктурам. Більш 10,2 мільйона «розумного» одягу буде вироблено до 2020 року. Також істотно зросте ринок RFID-міток для цифрової ідентифікації об'єктів і процесів з 11,1 до 21,9 мільярда доларів. У підсумку, фінансовий вплив IoT в 2025 році на світовий ринок складе суму в 11 трлн доларів, а рівень IoT-капіталізації - 4,6 і 14,4 трильйона в публічному та приватному секторі відповідно.

Susan Galer (Forbes) вважає, що хмарний сервіс буде найбільш цікавою моделлю ІТ-бізнесу в найближчі 10 років [10]. До кінця 2017 року дві третини від 2000 глобальних компаній трансформують свою діяльність під цифрові процеси моніторингу та управління. Понад 50 відсотків усіх інвестицій комп'ютерних ІТ-компаній будуть спрямовані на створення технологічних платформ і сервісів, пов'язаних з cloud, mobile, social business and big-data analytics. До 2020 року cloud-based капіталізація ІТ-компаній досягне 70 відсотків від всіх програмно-технологічних сервісів. У 2018 року будуть встановлені 22 мільярди internet of things devices, які матимуть доступ до більш ніж 200 000 нових internet of things додатків і сервісів. До 2018 року більше 50% компаній-розробників будуть вставляти в свої додатки пізнавальні сервіси (проти 1 відсотка сьогодні), забезпечуючи тільки USA-підприємствам більш 60 млрд доларів щорічної економії. До цього часу 50 відсотків усіх підприємств створять хмарні платформи для поширення власних інновацій і споживання зовнішніх пропозицій. До 2018 року 80% компаній в форматі B2B (Business-to-Business) і 60% B2C (Business-to-Customer) організацій перебудують свої входи (двері) на цифрові, що забезпечить збільшення споживачів і замовників на 3-4 порядки. Важливо і те, що до 2020 року більше 30 відсотків успішно існуючих сьогодні компаній - ІТ-постачальників різних послуг, не перебудуються під нові цифрові відносини в кіберпросторі, перестануть існувати. Можна резюмувати, всі підприємства та організації, включаючи університети, міста і країни, виявляться неконкурентоспроможними без інтеграції в кіберпростір заздалегідь підготовленими цифровими правовими відносинами (digital legislations).

1.1 МАТ-комп'ютинг для фізичного, віртуального і космологічного простору

Комп'ютинг - технологія інтерактивного моніторингу та управління процесами і явищами для досягнення мети за заданою програмою без (прямого) участі людини. Основа комп'ютингу - транзакційна взаємодія адресованих даних (компонентів пам'яті) для досягнення поставленої мети. Модель комп'ютингу: <Пам'ять, Адреса, Транзакція> (рис. 2, зліва). Пам'ять - субстанція, здатна зберігати дані (інформацію). Адреса - субстанція, яка визначає структуру координатами компонентів в віртуальному чи реальному просторі. Структура формується різними субстанціями: гравітацією, внутрішньо-і міжатомним взаємодією (Базон Пітера Хіггса), електромагнітними полями, електричними зв'язками, свідомістю людини, адресною взаємодією. Транзакція - цілеспрямований процес прийому-передачі даних між адресованими компонентами структурованої пам'яті для реалізації функціональності або сервісу. Пам'ять - будь-яка фізична субстанція, здатна зберігати,

приймати і передавати дані, як віртуальну сутність. Оскільки будь-яка матерія складається з атомів і електронів, то кожна з чотирьох форм існування будь-якої матерії має властивості пам'яті.

Рівняння фізичного комп'ютингу задає системна симетрична (хор) взаємодія трьох рівнозначних субстанцій (Memory - Address - Transactions): $M \oplus A \oplus T = 0$. Це означає, що будь-який компонент визначається за допомогою взаємодії двох інших: $M = A \oplus T$, $A = T \oplus M$, $T = M \oplus A$. Віртуальний комп'ютинг оперує тріадою: (Data - Address - Transactions). Універсальне характеристичне рівняння комп'ютингу (комп'ютера), оперує єдиною адресною транзакцією (зчитування-запис) даних між джерелом і приймачем [2,3]: $M(Y_i) = Q_i[M(X_i)]$. Тут $W = \langle M, Q, X, Y \rangle$ - структура, яка містить адресовані компоненти пам'яті і нічого більше: M - пам'ять комп'ютингу, Q - пам'ять функціональних примітивів - квантів [2,3], X - пам'ять адрес вхідних змінних примітивів, Y - пам'ять адрес вихідних змінних примітивів. Природно, що всі компоненти пам'яті і осередки в них є адресованими. Це означає, що вони можуть замінюватися і ремонтуватися в режимі remote and online. Недолік пам'яті один - програш у швидкості виконання транзакцій перед базовою логікою або комбінаційними логічними елементами. Таким чином, комп'ютинг, як обчислювальний процес, зводиться до просторової-часової структури транзакцій над адресованими даними.

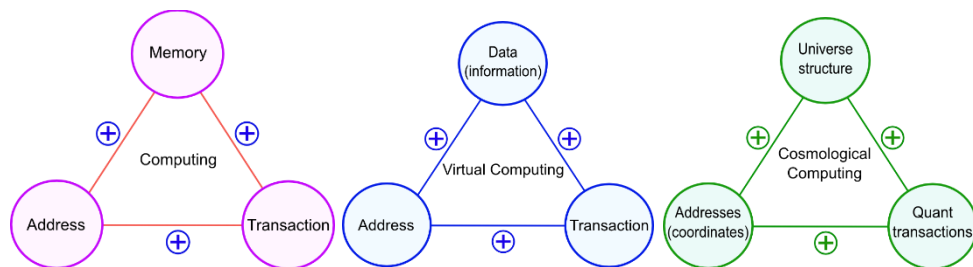


Рисунок 1.3 – Модель МАТ-комп'ютинга

Далі представлені види комп'ютингу без участі людини, але для людини і збереження планети, із зазначенням пари: тип носія (пам'ять) - сигнатура (транзакції):

- атомарний, стан або спін електрона - квант, фотон;
- кристалічний, стан транзистора - електрони;
- космологічний, стан матерії - гравітаційні і електромагнітні поля;
- біологічний, стан клітини - електрони;
- технологічний, стан системи - дані;
- соціологічний, стан суспільства - законодавство;
- віртуальний, стан кіберпростору - інформація.

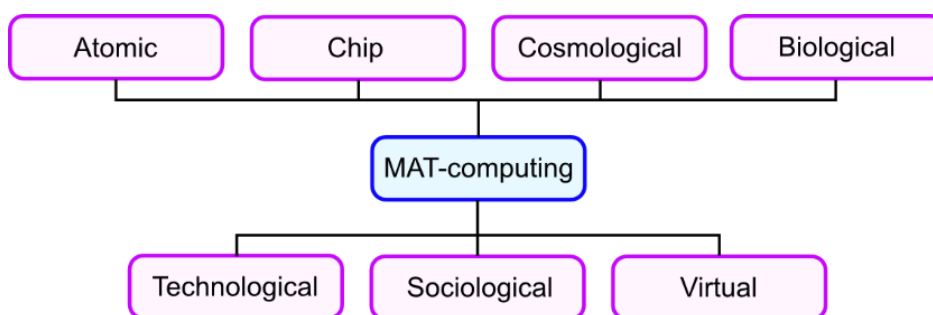


Рисунок 1.4 – Види комп'ютинга

Віртуальний або кіберкомп'ютинг оперує даними (рис.1.4) замість пам'яті, розподілений в (кібер) просторі і сьогодні представлений модними структурними напрямками (рис. 4): 1) Cloud Computing. 2) Fog Network Computing. 3) Mobile Computing. 4) Service Computing (Web Services). 5) Social Computing. 6) Automotive Computing. 7) Internet Computing - Smart Everything. 8) Cyber Physical- or Internet of Things (Everything) Computing. 9) Big Data Computing. 10) Quantum Computing (Security).

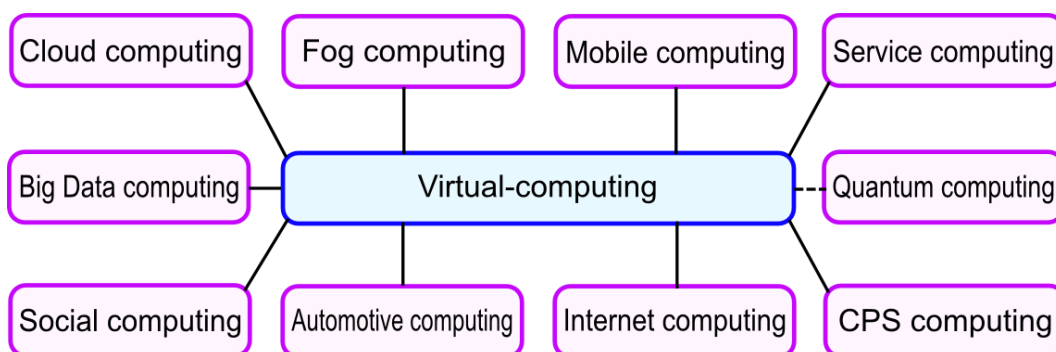


Рисунок 1.5 - Віртуальний (кібер) комп'ютинг

Фізичний комп'ютинг (рисунок 1.6) сконцентрований у функціональних, зосереджених в компактному просторі твердотільних спеціалізованих пристроїв: quantum computers, mobile gadgets, automotive computers, smart sensors, actuators as MEMS, robotics, drones, 3D-Printing, smart brain-user interfaces, security computers, big data centers.

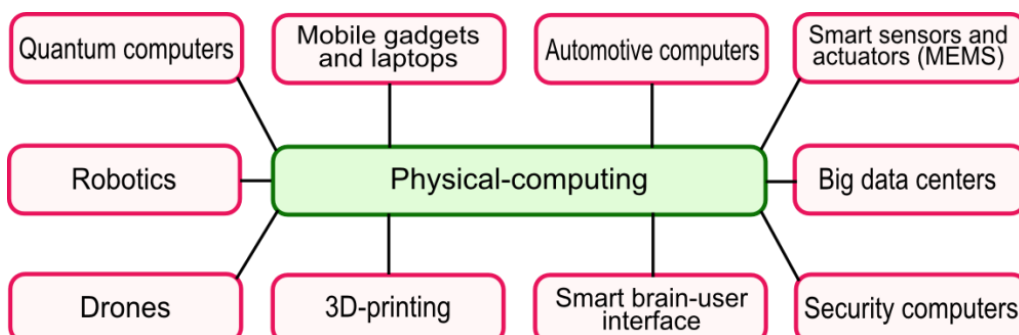


Рисунок 1.6 - Фізичний комп'ютинг

Види комп'ютингу, представлені вище, покриваються узагальненою автоматною структурою керованих фізичних і віртуальних процесів, відомих людству.

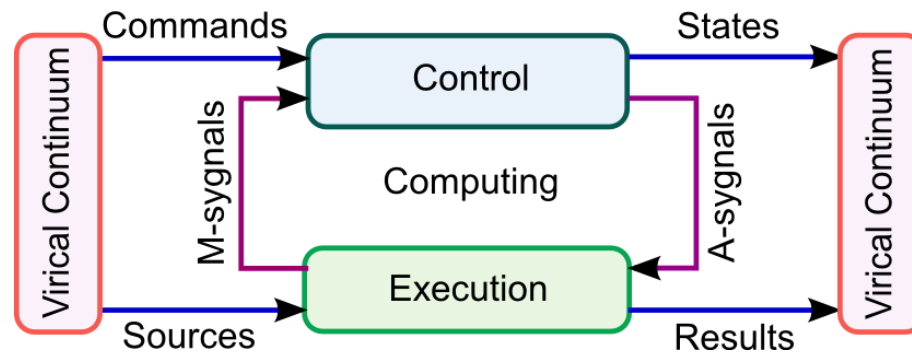


Рисунок 1.7 – Автоматна модель комп'ютинга

Тут в якості основного компонента фігурує пам'ять, як будь-яка субстанція, здатна зберігати інформацію, на якій організовані структурні компоненти комп'ютингу (Control and Execution). Функціонування і розвиток системи здійснюється за допомогою моніторингу (M-signals) і управління (актуації) (A-signals) компонентами обчислювальної системи. Входи і виходи такої системи навантажені на єдиний зовнішній віртуально-фізичний (virical) простір (virtual-physical continuum) [Forbes, Josh Linkner]. Таке континуальне визначення кіберфізичного простору відноситься не тільки до Землі, але і до Всесвіту, який також має програму свого еволюціонування за найпростішою і доступною для розуміння автоматною моделлю комп'ютингу. Модель адекватно, ідеально і просто описує всі процеси функціонування і еволюціонування технічних, біологічних, соціальних, віртуальних і космологічних об'єктів і структур на основі використання сигналів моніторингу та управління. При цьому представлений вище автомат споживає вихідні дані і ресурси із зовнішньої екосистеми, яка також є місцем, куди потрапляють результати або продукти діяльності конкретного комп'ютингу. Тому такий автомат, в залежності від мети, може бути перетворювачем кібер-фізичної екосистеми в Green Planet for Human або в сторону Armageddon деструктуризації [14].

1.2 Комп'ютинг квантової телепортації

Комп'ютинг квантової телепортації має на увазі передачу на відстані не об'єктів, а технологічних процесів і відносин, які можна відтворити на приймальній стороні телекомунікаційного каналу. Прихід космічних прибульців на Землю не так вже неймовірний. Сьогодні дозріває впевненість, що людство зможе продовжити життя на

подібних до земних умов планетах у Всесвіті шляхом квантової передачі актюаторних потоків інформації, що описують структури і алгоритми еволюційного синтезу і розвитку земних субстанцій. Потрапивши в сприятливе середовище якої-небудь планети, кванто-кодовані геноми зможуть підготувати інфраструктуру, а потім виростити форсованим або еволюційним шляхом біологічні та технічні об'єкти. Здійснення такої дізрапторной експансії людини в відповідну область космічного простору реально навіть на сучасному рівні розвитку науки і технологій. При цьому космічні польоти з біологічними або технічними речовинами на борту для міжзоряних відстаней - тупіковий шлях фантастів і вчених. Таким чином, розширення життя людства в космосі реально і станеться саме шляхом квантової телепортації процесів синтезу біотехнічних об'єктів в прийнятну планетарну середу. Для цього вчені повинні в земних умовах вирішити технологічну проблему квантової актюації форсованого або еволюційного синтезу згаданих субстанцій. Неважко припустити, що більш розвинені цивілізації вже вирішили для себе проблему космічної експансії своїх форм життя і зробили квантову інтервенцію біотехнічних об'єктів на Землю шляхом фотонної доставки алгоритмів їх синтезу в благодатному земному середовищі.

Структурно-алгоритмічна сутність квантової телепортації об'єкта полягає в доставці даних про зв'язки компонентів в деяку точку простору, де є комплектуючі елементи, а також про послідовність дій, що становить оптимальну технологію виготовлення певної структури. Наприклад, в Монголії можна побудувати фабрику з виробництва інтегральних схем, для чого необхідно компанії Інтел найняти фахівців під телепортуєму в дану країну систему відносин, дати їм технології і техніку для виробництва чіпів. Щоб створити університет світового рівня (Кембридж, Стенфорд, Массачусетс), потрібно переміщувати в проблемний вуз тільки систему відносин (статут і традиції) від лідерів науки і освіти. Щоб створити сприятливу для населення країну, слід переміщувати гуманну людино-орієнтовану систему відносин (Конституцію), прийняту, наприклад, в США, Німеччині, Норвегії, Сінгапурі.

Таким чином, при наявності абсолютно однакових умов і компонентів ефективність і якість структури або системи визначаються тільки зв'язками або відносинами, так само як при наявності однакових кадрів, будівель і цілей ефективність університету визначається прийнятою в ньому системою відносин (статут, положення, традиції). Все сказане залишається в силі і може бути застосовано до успішності міст і країн. Можна також додати, що в разі неефективності або помилок в системі міняти потрібно не людей - безглузде заняття - люди скрізь однакові, а структуру відносин між ними.

Квантові (фотонні) транзакції космологічного комп'ютингу на структурованій гравітацією матерії у формі зірок і планет, що мають адреси в просторі, розширюють горизонти життя у Всесвіті [15].

1.3 Постановка задачі дослідження

Для досягнення мети дослідження необхідно запропонувати систему для хмарного управління транспортом, що представляє собою інтелектуальну віртуальну інфраструктуру моніторингу та управління дорожнім рухом в реальному масштабі часу на основі використання глобальних систем позиціонування і навігації, автомобільних комп'ютерів, мобільних гаджетів, розумних світлофорів та Інтернету з метою підвищення якості та безпеки пересування транспортних засобів, а також мінімізації часових і матеріальних витрат при русі автомобілів по заданих маршрутах.

Основна інноваційна ідея - поступове перенесення світлофорів з поверхні землі в віртуальний хмарний простір для управління транспортом, обладнаним мобільним гаджетом або автомобільним комп'ютером, на екран (лобове скло) якого виводяться: карта з дорожніми знаками, маршрут прямування, координати учасника дорожнього руху та реальні сигнали віртуального розумного світлофора.

Слід запропонувати комплекс інноваційних технологій для вирішення соціальних, гуманітарних, економічних, паливно-енергетичних, страхових, кримінальних і екологічних проблем на основі створення і застосування хмарного сервісу цифрового моніторингу та управління транспортом.

Запропоновані технології та функціональні компоненти повинні інтегруватися в просту для реалізації автоматну модель кібер-фізичної системи інтерактивної взаємодії в реальному часі інфраструктурного хмари точного моніторингу та цифрового управління з гаджетом водія або комп'ютером транспортного засобу.

2 ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ ТРАНСПОРТНІ СИСТЕМИ

2.1 Екологічні дороги і світлофори

У більшості великих міст дороги неймовірно перевантажені і на багатьох з них середня швидкість руху в години пік знижується до 40-50 кілометрів на годину. Втрати від затримок у шляху становлять близько п'яти мільярдів годин на рік (для США) і нескінченну кількість літрів бензину.

Найпростіше рішення проблеми - прокладати все нові і нові дороги - стає неймовірно дорогим і часом просто нереальним. Наприклад, реконструкція Центральної Артерії в Бостоні зажадає не менше 8 мільярдів доларів. Ясно, що подібні витрати не завжди під силу навіть всемогутній Америці [16].

Одне з можливих рішень - організація системи Розумних доріг, по яких будуть пересуватися спеціально обладнані легкові автомобілі, вантажівки і автобуси. Для цього не потрібні суперкомп'ютери. Необхідні ПК, встановлені в машинах і на дорозі, об'єднані в єдину мережу.

Така автоматизація виявляється найменш дорогим шляхом вирішення проблеми. Сучасна дорога може пропустити близько двох тисяч автомашин на годину, а Розумна - рази в три більше. Подібний виграш в кількості перевезень дозволить перебудовувати старі дороги, яка б складна комп'ютерна техніка не знадобилася для їх «розумнішання».

Ідея автомобіля, що рухається самостійно без втручання людини не нова: працююча модель автоматичної дороги була "хітом" павільйону Дженерал Моторс на Всесвітній виставці 1939 року в Нью-Йорку. Протягом 50-х і 60-х років дослідники цієї найбільшої автомобільної компанії активно розробляли моделі автомашин без водія. В якості одного з прикладів можна згадати використання автоматизованих вантажівок на розробках відкритих кар'єрів з корисними копалинами. Автомобілі успішно рухалися по тестовим ділянках доріг. Але успіхи дослідних зразків ще не могли привести до їх широкого впровадження, поки в кінці 80-х не сталося істотний прогрес у розвитку мікропроцесорів, бездротового зв'язку і різноманітних сенсорів.

У 1988 році була організована спеціальна група "Рух 2000", яка поставила собі за мету створення Розумної дороги. Пізніше вона перетворилася в «Американське суспільство Розумних перевезень», членами якого стали різні організації, об'єднані єдиною проблемою - впровадженням в життя Розумних систем транспортування, в тому числі і Розумних доріг.

Американський уряд теж зробив зусилля в цьому напрямку: в 1991 році Конгрес США поставив перед Національним консорціумом автоматичних доріг завдання створити нову

дорогу. У 1997 році мета була досягнута. Випробування показало, що Розумна дорога дозволяє більшій кількості машин їхати з більшою безпекою.

На що ж може бути схожий рух по Розумній дорозі? Відповідь залежить від того, яка система застосовується. Поки розробляються два основні варіанти: перший - це спеціальна траса, яка резервується для автоматичного руху; другий - змішаний варіант, коли повністю автоматичні машини рухаються разом зі звичайними. Зрозуміло, що в першому випадку потрібно набагато більше витрат, але і вигоди обіцяють бути більш значними [17].

В обох випадках водій перед початком руху повинен визначити кінцевий пункт поїздки і ввести інформацію в бортовий комп'ютер. При в'їзді на автоматичну дорогу її сенсори визначають, чи є у автомобіля все необхідне для автоматичного руху, після чого беруть управління на себе. На дорозі зі змішаним режимом руху водій може вибирати, по якій смузі їхати - автоматичній або традиційній. При цьому, до речі, не виключається і можливість переходу з однієї смуги на іншу.

Дорога не повинна управлятися централізовано: відповідальність за сигнали від сенсорів і контроль руху можуть поділити між собою дорожній комп'ютер і комп'ютери автомашин. Наприклад, виявлення перешкод і вжиття заходів щодо їх об'їзду цілком можна довірити самій машині. При цьому дорога буде грати роль "супервізора", рекомендуючи ту чи іншу швидкість руху для підтримки рівномірного потоку.

"Диригування" рухом на дорогах може приймати найрізноманітніші форми. Відомі два крайніх випадки: повна свобода і повне стройове підпорядкування.

У першому випадку автомобілі самі вирішують, що і як їм робити. Головне - це визначити якість покриття дороги і довжину гальмівного шляху при можливому екстремому гальмуванні. Не менш важливо і визначення безпечної відстані до попереду автомобіля, що йде.

Стройове підпорядкування застосовують для збільшення пропускну здатності дороги. Машини як би зв'язуються невидимою ниткою за допомогою постійного обміну всією інформацією про свій рух. У строю можуть рухатися 10-20 автомашин. На відміну від справжнього, цей лад може розсіпатися і збиратися заново при зміні цілей його учасників.

Автоматична організація руху дозволяє скоротити дистанцію між машинами до декількох метрів. Коли автомашини так близькі один до одного, зростає загроза зіткнення з-за несподіваної зупинки однієї з них, припустимо, через відмову обладнання. Але не треба забувати, що їх відносні швидкості в момент зіткнення малі, тому й пошкодження не будуть суттєвими.

Наступна передбачувана складність - момент виходу з ладу в звичайне водіння. Потрібно буде нагадати водієві, що пора припинити блаженне неподобство і повертатися до

активного "рулювання". Це попередження має бути гранично наполегливим. У тому випадку, якщо водій не підтвердить готовність до переходу на ручний режим управління, комп'ютер акуратно виведе автомашину на безпечну стоянку.

Відразу Розумну дорогу не побудуєш. Доведеться обладнати її поступово - окремими автоматизованими смугами, в'їздами і з'їздами, острівцями безпеки.

Хоча в дороги доведеться закладати чимало нового обладнання, все ж велика його частина буде зосереджена в автомобілях майбутнього. Перш за все - кілька магнетометрів, що реагують на магніти, вмонтовані в центр полотна дороги на відстані 1 м. Один від одного. Ці магніти допоможуть витримувати правильний напрямок руху, передавати актуальну інформацію в залежності від того, яким полюсом вони дивляться вгору - північним або південним. Зчитуючи цю інформацію магнетометр, автомобіль «дізнається» про викривленнях дороги, про своє місцезнаходження і т.д.

Сенсори, які дивляться вперед, будуть використовувати мікрохвильове випромінювання або ж випромінювання інфрачервоного лазера. Їх завдання - виявляти небезпечні перешкоди і визначати відстань до інших автомобілів. До сенсорів підключаються відеокамера і комп'ютер, останній швидко аналізує отримані зображення. Бажана установка такої відеокамери, яка дозволяла б контролювати дорогу по всій її ширині. Це позбавило б від необхідності установки магнітів по краях дороги.

Педаль газу буде з'єднана з автоматичними пристроями, які прискорюють і сповільнюють рух. В кожному автомобілі необхідно цифрове радіо, поєднане з комп'ютером, для зв'язку з іншими машинами і центральними керуючими комп'ютерами. Лобове скло машини стане свого роду дисплеєм: як в сучасних бойових винищувачах на нього буде проектуватися вся необхідна інформація.

Хоча подібні футуристичні проекти здаються далекими, більшість експертів вже зараз не бачать серйозних технологічних перешкод на шляху їх реалізації. Можна почати і сьогодні - були б гроші. Причому, треба розуміти, що надмірна вартість доріг буде перекладена на ціну автомашин, а експерти говорять, що "зайва" тисяча доларів за автомобіль - це межа, який готовий викласти покупець. Тому треба вкладатися в цю суму.

Вже сьогодні найбільш «просунуті» автомобілі оснащені різноманітним електронним обладнанням, яке при незначному удосконаленні наблизить нас до автоматизованого руху по Розумним дорогах. Наприклад, відеосенсори можуть спочатку служити для попередження водія про втрати правильного напрямку руху і переходу зі смуги на смугу. А це, до речі, одна з найбільш поширених причин аварій на міських дорогах.

Наступне електронне удосконалення - поєднання "дивляться вперед" сенсорів з гальмом, для запобігання зіткнення (подібні пристрої вже ставляться на деяких японських

автомобілях). Екстрене гальмування може відбуватися і без участі водія - це ще більш знизить ризик аварій.

Ще одна технологія, готова до впровадження - двостороннє цифрове радіо. Водіїв можна буде попереджати про небезпеки на дорогах, пропонувати оптимальний маршрут руху або надавати оперативну допомогу в разі поломки або при дорожньо-транспортних пригодах. Навігаційна система "OnStar", яку пропонує американська автомобільна компанія General Motors і "RESCU" компанії Форд є першими зразками таких пристроїв.

При переході на Розумні дороги автомашины будуть дорожчати не відразу, а поступово, даючи водіям можливість звикати як до зростаючої ціни, так і до технологічних удосконалень. У великій мірі успіх буде залежати від громадської думки. Автомашины стануть більш безпечними, ніж сучасні, знизиться вартість їх страховки, точніше, істотна частина її перейде від водіїв до виробників. Але як це сприймуть власники автомобільних гігантів? Незрозуміла поки і реакція самих водіїв на таку істотну зміну режиму водіння автомобіля.

Ніхто не вимагає повсюдного переходу на автоматичні дороги за одну ніч. На щастя, ніхто і не протестує проти їх поступового впровадження. Розумні смуги вже успішно випробовуються на автобані, неподалік від американського міста Х'юстон. По ньому традиційно рухається багато автобусів і є плани об'єднувати їх в своєрідні автопоїзда за допомогою автоматизації дороги. Наступним кроком може стати приєднання до цих "поїздів" інших спеціально обладнаних автомобілів.

Можливо, на початковому етапі за автоматизацію машин доведеться платити премії їх власникам. Але, зрозуміло, що вирішальним аргументом для більш широкого впровадження цієї технології стане підвищена пропускна здатність Розумних доріг.

Перші досліди проводилися 7 серпня 1997 року Національний американський консорціум автоматизованих доріг організував чотириденну демонстрацію можливостей Розумних доріг. Експериментальну ділянку в 11 кілометрів було споруджено на дорозі на північ від міста Сан-Дієго, в штаті Каліфорнія. Для нього виділили і ізолювали дві смуги руху. В смуги вмонтували магнітики, про які йшла мова раніше, і встановили по краях комп'ютерне цифрове обладнання. У першому експерименті брали участь два автобуси і три легкових автомобілів. Вони здійснювали серію маневрів на високих швидкостях, використовуючи сенсори для контролю руху. Перевірялася можливість машин їздити в групі.

Метою наступного експерименту була демонстрація того, як автоматизація дороги підвищить її пропускну здатність. У ньому брали участь вісім автомашин. Вони їхали одним складом, на відстані чотирьох метрів один від одного, випускаючи одну машину з цього

складу, а потім впускаючи її назад. І все це відбувалося на великій швидкості, по команді зовнішнього комп'ютера.

Третя частина випробувань демонструвала проміжні кроки на шляху до повної автоматизації. Два автомобіля спочатку включали сенсори, що попереджають водіїв про схід зі смуги руху. Потім вони демонстрували дію пристроїв, автоматично прискорюють і сповільнюють рух. І, нарешті, переходили на повністю автоматичний рух. Аналогічні демонстрації були проведені і на вантажівках.

Не відстає від США і Японія. На шестикілометровій ділянці дороги, неподалік від міста Комото, у вересні 1996 року були проведені аналогічні випробування. У Європі основна увага зосереджена на автоматизації важких вантажівок. Планується створення поїздів з таких вантажівок на дорозі з одним водієм, провідним першу машину.

2.2 Автомобільні датчики

Автомобільні датчики напевно кожному пов'язаному з технікою на думку спадає конструкція датчика рівня палива, температури і тиску масла, та всіх тих приборчиків, які ще в першому класі школи розбирали підручними засобами, з метою дізнатися, як це працює. Так ось, це було перша і останнє згадка, про подібні датчики. Хочемо вам розповісти про Інтелектуальні Транспортні Системи (ITS - Intelligent Transportation Systems). Подібні розробки руйнують склалося уявлення про те, що створення повноцінного автомобіля-робота теоретично неможливо, оскільки це завдання відноситься до класу AI-complete («досконалий штучний інтелект»), тобто може бути вирішена, тільки якщо робот буде володіти інтелектом людини у всій його повноті. У разі, якщо інтелект робота поступається людському, завжди може виникнути якась нештатна ситуація, в якій він виявиться безсилий. З цієї точки зору можна було б погодитися, якби не реальний інтелектуальний рівень багатьох сучасних водіїв, і якщо не знати реальну ситуацію на дорогах-у всякому разі, на вітчизняних дорогах. Можна не сумніватися, що якби живі водії були настільки ж дисципліновані, як і роботи, і не вживали алкоголь і наркотики, а неминучі нещасні випадки були б тільки наслідком нештатних ситуацій, які опинилися роботам не під силу, то жертв на дорогах стало б на порядки менше. Майже десять років видається міжнародний журнал IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems. На жаль, в Україні, як це зазвичай буває, термін «інтелектуальні транспортні системи» використовується як-то по-особливому однобоко. В основному його відносять до практичних прийомів організації транспортних

потоків, обліку пересування транспортних засобів і навігації, а про теоретичні дослідження і серйозні публікації на тему ITS російською мовою нічого невідомо.

Ініціатива ITS стала можливою тому, що сучасний автомобіль активно роботизує зсередини і сьогодні оснащений цілою низкою систем автоматизації [8]. Крім вже увійшли в ужиток автоматичні коробки передач, систем автоматичного блокування гальмування і систем управління іншими агрегатами плюс звичайний круїз-контроль, існують: система інформування про стан дорожнього покриття, особливо про заледеніння; система адаптивного круїз-контролю, яка сприймає дані від систем виявлення сусідніх автомобілів; система взаємного інформування автомобілів, оснащених системами GPS; засоби стеження за дорожньою розміткою; системи автоматизованого паркування; пристрою для перегляду мертвих зон; системи контролю швидкості на поворотах.

Але це загальні міркування втомленого водія, а поки ITS отримали значне поширення в усьому світі, все ж виходить з діючої парадигми «за кермом водій». Логічним продовженням цього напрямку стали системи Internet для автомобілів. Яким би досконалим не був робот, він ефективніше працює у взаємодії із собі подібними. У системах можуть використовуватися спільно діючі об'єкти, що утворюють те, що тепер називають «розумним роєм»

Подібну систему Extended Floating Car Data-System (XFCD) представила компанія BMW.

Випробування проводилося на спеціальній тестовій трасі в SBC Park і було покликане продемонструвати можливості системи. Наприклад, автомобіль потрапляє на слизьку дорогу. За лічені секунди система обробляє інформацію і попереджає в режимі реального часу наступний за ним автомобіль. Та ж інформація в той же самий час передається стаціонарним службам руху, які статистично обробляють дані, що надходять і розсилають їх назад іншим учасникам руху.

Система визначення дорожньої ситуації XFCD стане в майбутньому вдосконаленим послідовником існуючої системи Floating Car Data, що перекладається як "дані з автомобілем під час руху". Вже сьогодні за допомогою FCD автомобілі посилають свої дані про місцезнаходження в певний момент часу на центральний пульти руху, який зіставляє одержувані повідомлення з повідомленнями інших автомобілів, оснащених FCD, з метою розпізнавання дорожніх і позаштатних ситуацій. Система XFCD здатна сама розпізнавати дорожню ситуацію, аналізувати всі наявні дані в автомобілі і передавати оброблені дані на центральний пульти руху. Паралельно система здатна через систему-комунікатор "Авто-Авто" попереджати інші автомобілі в зоні дії передавача.

Як то кажуть все геніальне просто, для розробленої автомобільної новинки не потрібно установки ніяких додаткових апаратів. XFCD функціонує на базі наявної навігаційної системи, і її введення в експлуатацію полягає лише в завантаженні програми. Введення бортової мережі дозволяє синхронно задіяти цілий спектр можливостей. У влаштованому таким чином сучасному автомобілі система отримує доступ і суміщення з безліччю інших інфо-блоків управління. Це ближній і дальнє світло, протитуманні освітлення, термометр зовнішнього середовища і кондиціонер, гальма і навігаційна система, сенсор дощу і омивач скла, а також інші не менш важливі дрібниці. Всі ці механізми функціонують в залежності від дорожньої ситуації. Так, на зниження температури навколишнього середовища, лід або навіть несподівана поява масла на ділянці дороги автомобіль тут же відреагує регулюванням системи стабілізаційного контролю (DSC) і швидкості руху.

Ще одна незаперечна перевага системи XFCD [9] полягає в можливості передачі повідомлень безпосередньо іншим автомобілям. Інформація передається за допомогою Ad-hoc-мережі всім автомобілям навколо міста. Кожен автомобіль, в залежності від ситуації, виконує роль або відправника, або одержувача, або передавача. Перевага зарекомендувала себе технології Multi-Hopping незаперечно: Ad-hoc-мережа організується автономно, володіє необхідною дальністю радіусу дії і не потребує створення спеціальної інфраструктури.

Система XFCD створена BMW Group в рамках концепту BMW Connected Drive. Основна ідея концепту - зв'язування воєдино трьох інформаторів автомобільного руху "водій - автомобіль - зовнішнє середовище" за допомогою телекомунікаційних, онлайн і автомобільних допоміжних систем заради безпеки руху.

Тепер зрозуміло, що ключовою системою безпілотної роботи і ITS є інтегрована система, яка є бортовим комп'ютером, параметрів руху і навігаційною системою одночасно, постійно пов'язаних із собі подібними. Саме про датчики такого бортового комп'ютера піде далі мова.

2.3 Навігаційна система автомобіля (GPS)

Інтегрована навігаційна система вирішує наступні завдання:

- безперервне визначення координат в районах висотної міської забудови, в тунелях, під мостами і шляхопроводами;
- більш точне числення координат в порівнянні з GPS, за рахунок додаткового обладнання;

– числення координат і курсу транспортного засобу без запізнення.

Працює система GPS так: приймач ловить сигнал від 3 і більше супутників, заміряє час затримки проходження сигналу від кожного з них і автоматично розраховує [10] своє місце розташування - географічні координати: широта, довгота, а також висоту над рівнем моря. Ці дані процесор пристрою співвідносить з електронною картою, завантаженої в пам'ять приладу. Завдяки цьому користувач бачить на дисплеї зображення географічної карти, на якій показується і рухається "точка" - це він сам зі своїм GPS-приймачем.

В основі роботи системи GPS лежить принцип супутникової трилатерації. Згідно з цим принципом, координати об'єкта на поверхні Землі можуть бути обчислені за вимірюваннями відстаней до супутників. Оскільки положення КА в просторі відомо і розрахункові значення параметрів своїх орбіт супутники передають разом з далекомірним кодом, то для об'єкта на поверхні Землі супутники є пунктами з відомими в будь-який момент часу координатами.

Якщо відстань від одного супутника відомо, тоді можна описати сферу заданого радіусу навколо нього. Наприклад, якщо до супутника 22 000 км, то ми знаходимося десь на уявній сфері радіусом 22 000 км. Якщо відома відстань до двох супутників, то шукана точка розташування буде знаходитися на колі, що представляє собою перетин двох сфер. Отже, коло нашого пошуку істотно звужився. Отримавши сигнал від третього супутника, ми отримуємо третю сферу, перетин якої з окружністю дає дві точки. Залишається тільки вибрати правильну точку. Зазвичай одна з точок - це неправдоподібне рішення, тому що вона знаходиться або всередині Землі, або занадто високо над поверхнею, або рухається дуже швидко. Обчислювачі GPS-приймачів забезпечені різними пристроями, що автоматично визначають істинне місце розташування з двох можливих.

Таким чином, отримавши сигнал як мінімум від трьох супутників, ми можемо обчислити координати будь-якої точки поблизу поверхні Землі. Щоб проводити настільки якісні обчислення, необхідно користуватися дуже точними годинами, адже розбіжність у часі всього в 1 тисячну частку секунди дасть помилку розташування близько 300 км. На борту супутників встановлений атомний годинник. Кожен супутник має їх в кількості 4, щоб можна було гарантувати, що, хоча б одні працюють обов'язково. Спосіб вимірювання часу заснований на атомному стандарті частоти, який забезпечує хід бортових годин супутника з наносекундною точністю. А це 0,000000001 секунди!

Більшість GPS-навігаторів здатні прийняти сигнал одночасно від 12 супутників. Цього більш ніж достатньо для вирішення більшості завдань. Однак в даний час у продажу з'явилися 14- і навіть 18-каналні приймачі. Але одночасно прийняти сигнал навіть від 12 супутників дуже складно. Для цього необхідно перебувати на відкритому місці, причому

саме супутникове сузір'я (тобто положення супутників на небосхилі) має бути сприятливо. Прийняти ж сигнал відразу від 18 супутників в даний час просто неможливо, так як частина з них прихована і знаходиться по іншу сторону земної кулі.

Система GPS містить в собі три фундаментальних складових.

1. Космічний сегмент являє собою 24 супутника, які перебувають на 6 різних кругових орбітах, які розташовані під кутом 60 градусів один до одного. Супутники рухаються по орбітах радіусом 22 200 кілометрів зі швидкістю 11 тисяч кілометрів на годину і роблять один оборот навколо Землі за період, приблизно рівний 12 годинам. Всі вони щодня повторюють свою траєкторію з "запізненням" в 4 хвилини.

Вага кожного супутника близько 900 кг, розмір більше 5 м, включаючи сонячні батареї. На кожному супутнику встановлені атомні годинники, що забезпечують високу точність (10-9 сек), обчислювально кодує пристрій і передавачі потужністю 50 Вт і 8 Вт, що випромінюють на частотах $L1 = 1575,42$ МГц і $L2 = 1227,60$ МГц.

В ідеалі в будь-який момент часу будь-яка точка Земної кулі знаходиться в зоні видимості не менше трьох супутників. Супутники можна "побачити" навіть на полюсах, правда вони будуть знаходитися низько над горизонтом, що впливає на точність вимірювань, але несуттєво.

Справедливості заради варто відзначити, що є все-таки "темні" області в високих широтах, де одночасно може бути не більше 2 супутників, що не дозволяє визначати координати і порушує роботу приймача GPS. Однак такий стан справ триває лише від 15 до 45 хвилин, в іншому система навігації GPS дійсно глобальна.

2. Наземний сегмент контролюється Міністерством Оборони США. Він складається з п'яти контрольних-вимірювальних станцій, які знаходяться на Гаваях, на Кваджалейн, на острові Вознесіння, в Дієго-Гарсія і Колорадо-Спрінгс, чотирьох станцій зв'язку і центру управління всією системою, розташованого на авіабазі в Шрівер, штат Колорадо.

Станції спостереження безперервно контролюють рух космічних апаратів і передають дані в центр управління. У центрі обчислюють уточнені елементи супутникових орбіт і коефіцієнти поправок шкал часу. Ці дані надходять по каналах станцій зв'язку на супутники не менше, ніж один раз на добу.

3. GPS-приймач - третій сегмент системи навігації, який позиціонується і дозволяє обчислювати географічні координати на основі отриманих даних.

Але, на жаль, не дивлячись на всі високі технології, застосовані в GPS похибки цієї системи також глобальні і не можуть бути використані комп'ютером як основні дані для автомобілістів. Сам навігатор, за заявами виробників, визначає місцеположення з точністю до 3-5 м. Проте дуже багато тут залежить від числа супутників, які "бачать" прилад і, знову-

таки, від електронних карт. Справа в тому, що в Росії для цивільного використання дозволені карти масштабом не крупніше ніж 1: 1000, т. Е. В 1 см карти - 1 км місцевості. На практиці ж це означає, що 100 м будуть уміщатися в 1 мм на екрані.

2.4 Навігаційна система автомобілів ГЛОНАСС

Між навігаційними системами ГЛОНАСС і GPS виділяється кілька відмінностей. Зокрема, є різниця в характері розстановки та рух супутників на орбітах. У комплексі ГЛОНАСС вони рухаються по трьом площинах (по вісім супутників на кожену), а в системі GPS передбачається робота в шести площинах (приблизно по чотири на площину). Таким чином, російська система забезпечує більш широке охоплення наземної території, що відбивається і в більш високій точності. Однак на практиці короткострокова «життя» вітчизняних супутників не дозволяє використовувати весь потенціал системи ГЛОНАСС. GPS, в свою чергу, підтримує високу точність за рахунок надмірної кількості супутників. Проте російський комплекс регулярно вводить нові супутники, як для цільового використання так і в якості резервної підтримки.

Також застосовуються різні методи кодування сигналу - американці використовують код CDMA, а в ГЛОНАСС - FDMA. При розрахунку приймачами даних для позиціонування російська супутникова система передбачає більш складну модель. В результаті для використання ГЛОНАСС необхідно високе споживання енергії, що відбивається в габаритах пристроїв.

Серед базових задач системи - визначення координат об'єкту, здатного взаємодіяти з супутниками ГЛОНАСС. GPS в цьому сенсі виконує схожі завдання. Зокрема, розраховуються параметри руху наземних, морських і повітряних об'єктів. За кілька секунд транспортний засіб, забезпечене відповідним навігатором може обчислити характеристики власного руху.

При цьому використання глобальної навігації вже стало обов'язковим для окремих категорій транспорту. Якщо в 2000-х поширення супутникового позиціонування відносилось до контролю певних стратегічних об'єктів, то сьогодні приймачами забезпечуються морські і авіаційні суду, громадський транспорт і т. Д. В недалекому майбутньому не виключено і обов'язкове забезпечення ГЛОНАСС-навігаторами всіх приватних автомобілів.

2.5 Автомобіль бачить і комуніціює

Перераховані вище вже створені елементи автоматизації знімають технічні проблеми управління агрегатами автомобіля. Залишаються проблеми орієнтації і взаємодії із зовнішнім середовищем. Для орієнтації в просторі можуть використовуватися різноманітні пристрої, наприклад, інфрачервоні датчики, які діють на гранично близькій відстані. Ці пристрої добре відомі. Менш відомий так званий «Ладарія», який іноді ще називають «лидара» від англійської назви Light-Imaging Detection and Ranging [22]. Спочатку він використовувався як прилад для вимірювання атмосферних характеристик дистанційним способом лазерного зондування. Пізніше зусиллями компанії SICK Ладарія став складовою частиною системи вимірювання дистанції (Laser Measurement Sensor, LMS). Ідея Ладарія не оригінальна: LMS випромінює кілька променів і сприймає відображені дані. Лазери монтуються в голівці, що обертається зі швидкістю кілька сотень оборотів в хвилину. Найбільша складність полягає в тому, що при русі по землі на коротких відстанях з великою швидкістю виникають великі кутові переміщення. Тому, незважаючи на використання різного роду систем стабілізації і складних підвісів, для обробки зображень в режимі реального часу потрібно застосування серйозної обчислювальної потужності і відповідного програмного забезпечення. Про масштаб вирішуваних завдань можна судити по тому, наприклад, що скануючий Ладарія Velodyne's HDL-64E генерує дані по 2,5 млн. Точок в секунду і передає їх у вигляді пакетів даних, використовуючи Fast Ethernet.

Володіючи повною мірою властивостями інерціальної навігаційної системи з повним набором датчиків орієнтації і переміщення, інтегрована система здатна визначати всі параметри руху транспортного засобу: кутові швидкості, прискорення, ударні та вібраційні впливи, перевантаження.

При цьому на відміну від традиційних блоків датчиків руху в інтегрованій системі реалізований складний математичний апарат перерахунку впливів в різні системи координат. Тому споживач може використовувати вихідну інформацію системи безпосередньо для своїх додатків без попередньої обробки.

2.6 Гіроскопи для автомобільних навігаційних систем

Як вже говорилося, все частіше в автомобілі встановлюють навігаційні системи, призначені для орієнтації в незнайомій водієві місцевості, пошуку оптимального маршруту і

т.д. Переважна більшість таких систем заснована на системі глобального супутникового позиціонування (GPS). Однак така система має істотний недолік неможливість роботи в зоні невпевненого прийому сигналу з супутників, в умовах мегаполісу, в тунелях, підземних гаражах і т.д. Іноді виявляється, що точність визначення і відстеження координат з використанням GPS недостатня для роботи системи в цілому [24].

У цьому випадку на виручку GPS приходять різні додаткові датчики, наприклад гіроскопічні датчики, які дозволяють відстежити швидкість і напрямок переміщення автомобіля без участі супутникових систем.

Компанія Murata, активно займається питаннями розробок, представила на ринок новий гіроскоп серії MEV-50A-R.

Принцип дії датчика заснований на виникненні сили Коріоліса при повороті хитного маятника навколо осі кочення. При цьому виникає сила Коріоліса, перпендикулярна площині кочення маятника. Датчик складається з так званої біморфної пластини. Біморфна пластина являє собою дві керамічні пластини з різною поляризацією, з'єднані разом. На одну з пластин біморфа подається високочастотна напруга, під дією якого весь біморф приводиться в коливальний рух. При цьому з другої пластини знімається напруга, яке виникає при її коливанні, викликаному коливаннями першої пластини. При повороті пластин навколо своєї осі виникає сила Коріоліса, яка змінює характер коливань керамічних пластин і, відповідно, призводить до зміни напруги, що знімається з другої пластини. Далі, цей сигнал обробляється і на виході гіроскопічного датчика виходить напруга, яке прямо пропорційно швидкості повороту датчика навколо робочої осі. Ця техніка вимірювання дозволяє домогтися зниженого значення шумів, в порівнянні з існуючими методиками, застосовуваними в акселерометрах. У майбутньому компанія Murata планує додати в гіроскопи цифрову схему температурної компенсації. Для включення гіроскопа в електричну схему потрібно мінімум зовнішніх компонентів: 5В регулятор напруги, АЦП (вбудований в більшість сучасних мікроконтролерів), фільтруючий конденсатор і два резистора.

Другий датчик має на увазі використання радара, який працює за ефектом Доплера: пристрій висилає радіоімпульси, вони відбиваються від об'єкта і "летять" назад. Потім комп'ютер обчислює миттєву швидкість об'єкта, на жаль, з деякою погрішністю. Відповідно до Закону про вимірювання, при вимірюванні швидкості до 100 км / год можлива похибка становить до 5 км / год. Якщо ж швидкість об'єкта більше 100 км / год, то похибка вимірювань може становити до 3 відсотків.

Швидкість можна також заміряти радаром, принцип роботи якого схожий на пристрій звичайного лазерного далекоміра. Для своїх обчислень Ладарія бере за основу два місцезнаходження об'єкта і час, протягом якого він подолав відстань між ними. Далі

комп'ютер ділить відстань на час і отримує моментальну швидкість. Варто відзначити, що якщо з радаром прицілюватися не обов'язково, то Ладарія необхідно направляти виключно на номерний знак автомобіля, оскільки він є найкращим відбиваючим елементом на автомобілі.

LIDAR (англ. Light Detection and Ranging, лідар) - технологія отримання та обробки інформації про віддалені об'єкти за допомогою активних оптичних систем, що використовують явища відбиття світла і його розсіювання в прозорих і напівпрозорих середовищах

Лідар як прилад являє собою, як мінімум, активний далекомір оптичного діапазону. Скануючі лідари в системах машинного зору формують двовимірну або тривимірну картину навколишнього простору. Усталений переклад LIDAR як «лазерний радар» не цілком коректний, тому що в системах ближнього радіусу дії (наприклад, призначених для роботи в приміщеннях), основні характеристики лазера: когерентність, висока щільність і миттєва потужність випромінювання - не затребувані, випромінювачами світла в таких системах можуть служити звичайні світлодіоди.

Історія створення, в першій половині 1960-х років, почалися дослідження по застосуванню лідара з лазерним випромінювачами, для дослідження атмосфери.

У 1969 році лазерний далекомір і мішень, встановлена на Аполлоні-11, застосовувався для вимірювання відстані від Землі до Місяця. Чотири мішені, доставлені на Місяць трьома «Аполлонами» і «Місяцехід-2», і до цього дня використовуються для спостереження за орбітою Місяця.

Протягом 70-х років, з одного боку, відладжувалася технологія лазерних далекомірів і компактних напівпровідникових лазерів, а з іншого - були розпочаті дослідження розсіювання лазерного променя в атмосфері. До початку 80-х років ці дослідження стали настільки відомими в академічних колах США, що абревіатура LIDAR стала ім'ям прозивним - lidar, що зафіксував словник Вебстера 1985 року. У ті ж роки лазерні далекоміри досягли стадії зрілої технології і виділилися в окрему від лідаров галузь техніки.

2.7 Інтелектуальні датчики транспортних засобів

Датчик, який виявляє переміщення будь-яких об'єктів. Принцип роботи заснований на відстеженні рівня ІК - випромінювання у полі зору датчика (як правило, піроелектричного). Сигнал на виході датчика монотонно залежить від рівня ІК випромінювання, усередненого по полю зору датчика. При появі людини (або іншого масивного об'єкта з температурою

більшою, ніж температура фону) на виході піроелектричного датчика підвищується напруга. Цей стрибок і є сигналом для включення навантаження датчика руху. Датчик виявляє тільки зміни ІК фону, тобто нерухомий об'єкт не буде виявлений.

Обмеження. Інфрачервоний датчик простий і надійний по конструкції, але його застосування в системах автоматичного управління пов'язано з деякими проблемами. Так, наприклад, в полі зору датчика не повинен потрапляти рівень землі (дорожнього покриття), і зона дії не повинна перевищувати 3 метри інакше система постійно буде реєструвати різні перешкоди, в тому числі і природні.

Основний елемент активного круїз-контролю - ультразвуковий датчик, встановлений в передньому бампері або за радіаторної решітки автомобіля. Його принцип роботи аналогічний датчикам паркувального радара, тільки радіус дії складає декілька сотень метрів, а кут охоплення, навпаки, обмежений кількома градусами. Посилаючи ультразвуковий сигнал, датчик чекає відповіді. Якщо промінь знайшов перешкоду у вигляді автомобіля, що рухається з меншою швидкістю і повернувся - значить, необхідно знизити швидкість. Як тільки дорога знову звільняється, машина розганяється до первісної швидкості.

Далі будуть описані датчики, які зовсім не потрібні «розумній» машині, але можуть бути корисні не менш розумному водієві.

Автомобільні датчики дощу ... Чи то це предмет розкоші і явне надмірність, то це необхідний засіб підвищення безпеки. Спробуємо розібратися разом. Кожен раз, коли з'являється можливість випробувати «на собі» будь-які новинки, постає питання: «Ризикнути чи ні?».

Але з датчиком дощу якимось чином все відразу стало ясно - ризикнути варто. По-перше, цікаво. По-друге, нинішнє літо якимось само собою розташовує до подібних експериментів. По-третє, підтримати вітчизняного виробника - добра справа. Перш за все, для чого потрібен такий датчик? Встановлений в автомобілі середнього і високого класу комплекти автоматично включають «двірники» при початку дощу. Кращі моделі ще і вибирають фіксовані швидкості роботи склоочисників в залежності від інтенсивності опадів. Тим самим водій звільняється від рутинної роботи з підрульовими перемикачами і набагато більше уваги може приділяти власне управлінню автомобілем. Так що, як бачите, тут у наявності і комфорт, і турбота про безпеку.

Датчик дощу (ДД), розроблений компанією «Мережі і системи», являє собою комплект, до якого входять блок оптичного контролю, блок реле, штекер і кнопка управління. Щоб все правильно встановити, необхідно знати кілька простих правил. Оптичний датчик кріпиться з внутрішньої сторони вітрового скла обов'язково в зоні роботи

щіток склоочисника. Місце кріплення блоку реле ви вільні вибирати самі. У «десятці», наприклад, його зручно кріпити в ніші блоку реле і запобіжників. Для керуючої кнопки є штатне місце.

Як же показала себе новинка? Якщо при виїзді ви не забули включити заповітну кнопку, то при перших краплях дощу вона включить «двірники» ще до того, як ви зрозумієте це зробити самі. На відміну від своїх імпортних аналогів, російський датчик ПЛАВНО змінює частоту руху щіток в залежності від інтенсивності зливи. Крім цього, датчик може виконувати і одну нову функцію, так би мовити, національного властивості. Якщо зустрічна машина облила вас брудним потоком, в роботу включається не тільки «двірник», а й система омивання. Те ж саме відбувається і при русі по курних дорогах. Настільки високу чутливість приладу забезпечують не чотири, як у більшості аналогів, а дев'ять світлоприймач.

Двомісячний досвід експлуатації показав не тільки високу оперативність і надійність комплексу, але і його універсальність. Якщо, наприклад, включити ДД в контур управління склопідйомниками або приводу люка, то тоді він сам закриє їх з настанням дощу. Найголовніше, виявляється, - не забути вимкнути автомат під час механічної мийки, інакше можна втратити щіток.

Французька компанія Michelin збирається встановлювати в свої автомобільні покриття електронні датчики, які будуть постійно передавати на бортовий комп'ютер автомашини дані про тиск. Система Michelin складається з мікросхеми розміром з сірникову головку і вбудованого радіопередавача з антеною. Обидва елементи будуть завулканізовані всередині шини. Як повідомила в інтерв'ю Reuters представник компанії Нен Бенкс, таке розташування пристрою практично не вплине на якість передачі, так як сигнал слабшає на 10%.

Сутність відеосистеми полягає в контролі «сліпих» зон автомобіля. При цьому зображення з відеокамер в реальному часі передається на монітор, встановлений в салоні або на місце бічних дзеркал. Розробляється проект, в якому зображення проектується безпосередньо на лобове скло при цьому, не заважаючи водієві. Відеокамери в дорожніх системах підкріплюються інфрачервоними і ультразвуковими датчиками, які в разі небезпеки заздалегідь попереджають водія. Під час поїздки по місту камери спостереження фіксують категорії автомобілів, дорожню розмітку і знаки. Наприклад, автомобіль бачить знак "Стоп" і попереджає водія про нього. Якщо ж водій не зреагує, то автомобіль зупиниться сам. Вірно, йдеться, майбутнє наступає сьогодні створення безпілотного автомобіля робота стало цілком можливо. І він вже існує, вже проводяться змагання між подібними витворами

2.8 Інтелектуальні автомобілі без водіїв

Через свою видовищность автомобілі-роботи привертають до себе значну увагу громадськості. Цієї обставині сприяють і стали регулярними гонки DARPA Grand Challenge, які вже проводилися в 2004-му і 2005 році. Останні ж відбулися в листопаді 2007 року.

Вперше про свій намір організувати змагання для роботів в DARPA оголосили в 2002 році, і DARPA Grand Challenge 2004 відбулися в пустелі Мохаве, де була прокладена траса по пересіченій місцевості протяжністю понад 300 кілометрів. Поставлені умови і новизна завдання викликали до життя появу різноманітних монстрів, побудованих на базі військових позашляховиків і важких вантажівок, а також оригінальні конструкції, матеріали про ці машини - просто рай для любителів автоекзотики. Але результат виявився плачевним; найбільшу дистанцію, рівну всього 11,78 км, пододала машина з університету Карнегі-Мелон, побудована на базі армійського позашляховика Hammer [21].

Змагання 2005 року виявилися успішніше; п'ять учасників пройшли всю трасу. Перше місце зайняла команда Стенфордського університету, роботизована стандартний Volkswagen Tuareg, зараз ця машина після дворічного туру в Європу знайшла своє місце в Смітсонівському музеї у Вашингтоні. На п'ятому місці опинився жакливий за своїми розмірами вантажівка TerraMax, представлений компанією Oshkosh Truck і лабораторією машинного зору і інтелектуальних систем з університету Парма (Італія). Ця перемога Давида над Голіафом підказала напрямок для подальшого розвитку: головною умовою її досягнення виявилось якість програмного забезпечення.

Для обробки даних, [11] що надходили від різних датчиків і систем, команда-переможець написала понад 100 тис. рядків кодів, були використані методи машинного навчання. З одного боку, вони дозволили комп'ютеру освоїти перейняті від людини прийоми водіння, а з іншого - в цій системі з'явилися зачатки того, що називають cognitive processing, тобто симуляція процесів пізнання в апаратно-програмному середовищі. Успіх Стенфордського університету визначив пріоритети для майбутніх перегонів.

Треба зауважити, що в DARPA не відкрили Америки: проектування роботизованих автомобілів почалося задовго до 2002 року. Траплялися й уривчасті відомості про вітчизняні пристрої, призначених для роботи в зонах з радіаційним забрудненням, але з цілком зрозумілих причин у відкритих джерелах вони не описані. Достовірно відомо, що в 1977 році механічна лабораторія з Цукуби, академічного передмістя Токіо, першою створила безпілотний автомобіль.

У 80-ті роки центром аналогічних робіт в Європі стала компанія Mercedes-Benz, їх очолював дуже авторитетний фахівець в цій області Ернст Дікманн. У 1986 році під його керівництвом була побудована вантажівка VaMoRs, що розвинула швидкість 96 км / год. Команда Дікманна орієнтувалася головним чином на створення систем «комп'ютерного зору», вона використовувала трансп'ютери британської фірми INMOS, на які покладали великі надії, і методи паралельного програмування.

У 1994-1995 роках напрацювання перенесли на платформу легкового автомобіля S-класу Daimler-Benz, було побудовано два примірники VITA-2 and UniBwM (VaMP). Ця розробка виявилася найбільш значним успіхом на цьому історичному відрізку, автомобіль розвивав швидкість до 175 км / год і проїжджав по автобану понад 150 кілометрів без втручання людини. В обмежених масштабах роботи тривають досі; в 2006 році було навіть проведено змагання European Land-Robot Trial. Два проекти ведуться в Ізраїлі, обидва вони використовують в якості бази створений в цій країні баггі Tomcar.

Особливої згадки заслугоує італійський проект ARGO (1996-2001 роки). В кінцевому підсумку модифікована і забезпечена спеціальними відеокамерами Lancia Thema пройшла понад 2 тис. км по дорогах із середньою швидкістю 90 км / год, 94% часу вона перебувала в автоматичному режимі. Керівником проекту ARGO був професор Альберто Броджі, він же очолював роботи по створенню роботизованого автомобіля TerraMax- учасника DARPA Grand Challenge 2005.

Безпілотні транспортні засоби. У 1987-1995 роках в ході проекту EUREKA Prometheus, що коштував Європейського Союзу понад 1 млрд. Доларів, були вироблені перші практичні розробки безпілотних автомобілів. Найбільш відомий прототип, VaMP (розробник - Університет бундесверу в Мюнхені) не використав лідари через нестачу обчислювальної потужності тодішніх процесорів. Новітня їх розробка, MuCAR-3 (2006), використовує єдиний Лідар кругового огляду, піднятий високо над дахом машини, нарівні з спрямованої мультифокальної камерою огляду вперед і інерціальної навігаційної системою.

Лідар MuCAR-3 використовується підсистемою вибору оптимальної траєкторії на пересіченій місцевості, він дає кутовий дозвіл в 0.01° при динамічному діапазоні оптичного приймача 1: 106, що дає ефективний радіус огляду 120 м. Для досягнення прийнятної швидкості сканування використовується пучок з 64 розбіжних лазерних променів, тому один повний «кадр» вимагає єдиного обороту обертового дзеркала.

З 2003 року уряд США через агентство передових військових розробок DARPA фінансує розробку і змагання автомобілів-роботів. Щорічно проводяться гонки DARPA Grand Challenge; в гонці 2005 року перемогла машина з Стенфорда, в основі системи зору якої - п'ять радарів спрямованого огляду.

3 ОРГАНІЗАЦІЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО СВІТЛОФОРУ

Нанoeлектроніка, комп'ютер і кіберпростір (Інтернет) складають сьогодні три еволюціонуючих рівні ієрархії цифрової планети. На їх основі третина всіх інтелектуальних ресурсів людства в даний час працює над створенням цифрової карти або дзеркальної структурно взаємної однозначної відповідності між процесами, явищами реального та віртуального світів з метою підвищення якості життя людства шляхом створення «зеленої» кіберпланети. Це означає оцифрування не тільки всіх мобільних і стаціонарних об'єктів, а й «чистого» структурованого земного простору для точного завдання координат процесів і явищ, що відбуваються на реальній планеті. Цифрова карта останньої постійно еволюціонує від стаціонарності об'єктів до динаміки процесів реального часу і вже використовується для створення в кіберпросторі хмарних сервісів точного моніторингу та оптимального (безпілотного) управління (рухомими) механізмами реального світу в вимірах: 1D, 2D, 3D.

Прискорення розвитку знань про природу останнім часом пов'язується з технологічною сингулярністю або вибухом в розумінні законів мікро- і макросвіту на короткому проміжку часу, що неодмінно призведе до створення через два десятиліття глобального кібермозку для управління людством, а також процесами і явищами реального світу. Це стає можливим завдяки розвитку трьох компонентів: біоінженерії, штучного інтелекту кіберпростору і нанотехнологій адитивного виробництва промислових виробів. Тут мається на увазі: 1) Вбудований інтерфейс безпосереднього зв'язку мозку людини з комп'ютером і / або кіберпространством шляхом усунення послідовних мовних інтерфейсів між ними; 2) Створення штучного інтелекту для самонавчання і самовдосконалення небіологічних (комп'ютерних) структур, програм і процесів; 3) Нано-вирощування комп'ютера шляхом адитивного структурування атомів. 4) Найцікавіше рішення пов'язане з невідворотністю відмови людства від функцій управління біологічними, соціальними і технічними об'єктами і процесами на користь кіберсистем!

Ринкова привабливість «зелених» нанотехнологій висхідного проектування - побудова або вирощування (квантового) комп'ютера шляхом структурування атомів - полягає в безвідходності, мікромініатюрності, наднизькому енергоспоживанні, абсолютно мінімальній витратності матеріалів, а в майбутньому і вартості, надвисокій швидкодії і необхідній масштабованості, сумірною з класом доставляємих сервісів. Сучасні технології дозволяють сьогодні не тільки сканувати атомні структури, а й послідовно будувати або вирощувати їх методом 3D-друку. Однак на шляху вирішення проблеми нано-технологічного напрямку розробки квантового комп'ютера на ринку є три привабливих, але ще не вирішених

завдання: 1) Відкриття технологій з високою швидкістю вирощування необхідних гетерогенних атомних структур відповідно до заданої програмної специфікації обчислювача; 2) Створення ефективного транзакційного механізму для реалізації простого моніторингу та управління квантовими станами вирощених атомних обчислювальних структур з адресованими компонентами; 3) Забезпечення необхідної в часі стабільності станів компонентів атомної структури, що реалізує пам'ять.

Стадії еволюції кіберпростору планети ілюструють послідовні періоди переходу науково-технологічної моди від моніторингу (відображення) фізичних, біологічних і соціальних процесів до їх управління на основі взаємодії реальних і віртуальних структур: 1) 1980-і роки - формування парку персональних комп'ютерів; 2) 1990-і роки - впровадження Інтернет-технологій у виробничі процеси і побут людини; 3) 2000-і роки - підвищення якості життя за рахунок повсюдного використання мобільних пристроїв і хмарних сервісів; 4) 2010-і роки - створення цифрової інфраструктури моніторингу, управління і взаємодії між собою стаціонарних і рухомих об'єктів, включаючи повітряний, морський, наземний транспорт і роботів; 5) 2015-і роки - створення глобальної цифрової інфраструктури кіберпростору, де всі процеси і явища ідентифікуються в часі і в тривимірному просторі, поступово перетворюючись в інтелектуальні компоненти моніторингу та управління кібер-фізичного простору (Internet of Things, Smart Everything). При цьому досить ясно простежується процес інтелектуалізації та інтеграції фізичних і віртуальних систем: Embedded Systems - Networked Embedded Systems - Cyber Physical Systems - Internet of Things, Data and Services [36] для вирішення наукових, технологічних, економічних, політичних і соціальних проблем. Конкретно, під структурну дикцію кіберфізичних систем підпадають такі галузі: автомобільна промисловість, медицина, енергетика, автоматизація виробництва, мобільний зв'язок, локація і навігація, сільське господарство, транспортна логістика, створення розумних міст, будівель і будинків, соціальні мережі та спільноти, організація дорожнього руху, управління фізичними і віртуальними процесами.

Куди сьогодні прагне реальний кібернетичний світ? Корпоративні мережі, персональні комп'ютери, а також окремі сервіси (програмні продукти) йдуть в хмари кіберпростору, які мають яскраво виражену тенденцію до розшарування Інтернету по спеціалізованим сервісам. Якщо сьогодні 4 мільярди користувачів з'єднуються в інтернеті ($1 \text{ zettabyte} = 10^{21} = 2^{70}$ байт) за допомогою 50 мільярдів гаджетів, то через п'ять років кожен активний користувач буде мати не менше 10 пристроїв для зв'язку з кіберпростором. Стає неможливим використання персональних гаджетів і комп'ютерів без часткового або повного їх відображення і синхронізації на хмарах Інтернету. Це дає можливість вирішувати проблему віддаленого доступу до особистих даних і сервісів персонального комп'ютера при

переміщенні користувачів в просторі. Економічний чинник неефективного використання придбаних додатків, розміщених в гаджетах і персональних комп'ютерах, змушує користувача відмовлятися від їх покупки на користь майже безкоштовної оренди сервісів на хмарах. Все згадане вище є істотним аргументом і незаперечним доказом неминучого переходу всього людства в кіберпростір віртуальних мереж і комп'ютерів, розташованих в професійно надійних хмарах сервісів. Переваги віртуального світу полягають в тому, що мікро-комірки і макро-мережі в хмарах інваріантні по відношенню до численних гаджетів кожного користувача або корпорації. Хмарні технології знімають практично всі згадані вище проблеми надійності, безпеки, сервісного обслуговування та практично не мають недоліків. У зв'язку з глобальним переходом корпорацій і користувачів в хмари надзвичайно актуальною і ринково привабливою стає проблема захисту інформації та компонентів кіберпростору від несанкціонованого доступу, деструктивних проникнень, вірусів. Необхідно створювати надійну, тестопридатну і захищену від несанкціонованих проникнень інфраструктуру кіберпростору і його компонентів (віртуальні персональні комп'ютери і корпоративні мережі) за аналогією з існуючими сьогодні рішеннями в реальному кібернетичному світі. Таким чином, кожен сервіс, що розробляється в реальному світі, повинен бути поміщений в відповідну клітинку хмари, яка об'єднує близькі по функціонуванню і корисні людині компоненти. Сказане безпосередньо стосується й сервісів проектування цифрових систем на кристалах, які економічно і технічно доцільно зберігати в кіберпросторі для подальшого використання за призначенням. Персональний комп'ютер перетворюється в зручний інтелектуальний мікромініатюрний інтерфейс для доступу до власної цифрової клітини або до бажаного хмарного сервісу кіберпростору.

Для створення персональних інтерфейсів-гаджетів в формі цифрових систем на кристалах ринок нано-електронних технологій надає розробникам до 1 мільярда вентилів на пластині розмірністю 2×2 см при її товщині, що дорівнює 5 мікрон. При цьому сучасні технології допускають створення пакета або «сендвіча», що містить до 7 кремнієвих кристалів. Практично «бездротове» з'єднання таких пластин ґрунтується на технологічній можливості свердління порядку 10 тисяч наскрізних отворів (vias) на 1 квадратному сантиметрі. Крім того, поява тривимірних FinFETs транзисторів і заснованих на них 3D-технологій реалізації об'ємних цифрових систем надають нові можливості для створення більш швидкодіючих обчислювальних пристроїв за рахунок зменшення затримок. Маючи згадані технічні можливості, можна і потрібно використовувати «жадібні» до апаратури моделі і методи для створення швидкодіючих засобів паралельного вирішення практичних завдань. Для цього слід використовувати дискретність і багатозначність структур опису інформаційних процесів, властивість паралелізму, закладене в квантових обчисленнях, що

сьогодні є затребуваним при створенні ефективних і інтелектуальних обчислювачів для аналізу кіберпростору, хмарних структур Big Data, а також для проектування нових функціональностей Інтернету. Взаємодія хмарних керуючих сервісів з реальними земними сенсорами і активаторами (виконавчими механізмами) створює нове, і ще не досить поширене, поняття Traffic Cyber Physical Systems (TCS) (Cyber-Physical System - сукупність взаємопов'язаних реальних і віртуальних компонентів з вираженими функціями адекватного фізичного моніторингу та оптимального хмарного управління для забезпечення якості продукції, процесів або сервісів в умовах обмежень на час і ресурси). Одним з її варіантів є система інтелектуального (розумного) хмарного управління дорожнім рухом. Вона заснована на цифровому відображенні в кіберпросторі земної інфраструктури доріг та рухомих об'єктів для подальшого моделювання всіх процесів на хмарі з метою запропонувати кожному водієві якісні умови виконання маршруту з економією часу і коштів, де сенсорами і активаторами системи виступають мобільні гаджети або автомобільні комп'ютери.

Технологічним середовищем, що об'єднує реальні і віртуальні компоненти кіберсистеми оптимізації трафіку в масштабах планети є Інтернет. Феномен його становлення і розвитку характеризується інтеграцією взаємодії фізичних і віртуальних об'єктів в просторі і в часі шляхом нашарування і подальшого глибокого взаємного проникнення історично створюваних Інтернет-культур: 1) Шар об'єднання стаціонарних комп'ютерів в єдину павутину для підвищення обчислювальної та інформаційної потужності планети. 2) Шар інтегрування мобільних пристроїв, що дає можливість комунікації між користувачами в соціальних мережах і доступу до ресурсів Інтернет, інваріантного до місця розташування людини. 3) Шар об'єднання всіх поступово «розумніших» (Smart Everything, TV) речей, об'єктів, процесів і явищ з метою їх розпізнавання, моніторингу та управління - Internet of Things. 4) Шар сервісів інтегрування всіх рухомих об'єктів на планеті з метою моніторингу значущих живих істот, позиціонування, навігації та безпілотного управління штучних механізмів і транспортних засобів. Всі рухомі механізми автономно взаємодіють між собою за допомогою Інтернет, сервіси якого дають можливість їх точного позиціонування і квазіоптимальної навігації без участі людини. Таким чином, чотири шари Інтернету, створювані за останні 40 років, утворюють організм замкнутої кібер-фізичної системи планети, яка об'єднує фізичний і віртуальний світи для підвищення якості життя людини. 5) Шар інтегрування накопиченої людством інформації на Big Data структурах, що заповнюються інтелект-історією, і надпотужних паралельних обчислювачів-сервісів для їх аналізу завершить створення кібермозку людства, який буде управляти кібер-фізичним простором (Cyber Physical Space) планети і його вдосконаленням. Таким чином, управління фізичними та соціальними процесами поступово зміщуватиметься з Землі в хмарний

кіберпростір, що призведе до створення загальної віртуальної технології законного управління людством з високим рівнем колективної довіри, вільної від помилок суб'єктивізму соціальних управлінських еліт. Як наслідок, хмарна кіберсистема зробить глобальний і локальний менеджмент справедливим, а планету - максимально зеленою, оскільки головною метою управління буде збереження екосистеми планети та умов для якісного життя як людини, так і соціальних утворень.

3.1 Компоненти інтелектуального світлофора

Ключовий інноваційний компонент інфраструктури TCS - віртуальний і / або реальний смарт-світлофор (Smart-Streetlight - SS) функціонально являє собою стаціонарний мікроконтролер (цифрову систему на кристалі) з приймачем, безпосередньо пов'язаний з хмарою управління трафіком. Він організовує бездротову мережу для взаємодії з автомобільними комп'ютерами (Car-Computer - CC) на дистанції до 100 метрів по протоколу Wi-Fi. Стан світлофора доступний для моніторингу в хмарному сервісі Інтернету і виводиться на екрани всіх машин, які на маршруті транспортування перетинають перехрестя і тих, які знаходяться в зоні його компетенції. Сигналами світлофора можуть управляти дистанційно спеціальні служби, або запити від автомобілів, які перетинають перехрестя. Розумний світлофор сканує і обробляє всі заявки від транспортних засобів, що надходять через TCS-хмару в реальному масштабі часу. Він генерує відповідні сигнали управління, функціонально залежні від дорожньої обстановки на сторонах перехрестя. Всі світлофори міста об'єднуються в мережевий технологічний шар хмарного сервісу, який обслуговує інфраструктуру вулиць і доріг в інтелектуальному і / або автономному режимах з можливістю ручного і/або дистанційного керування. Метод управління світлофором використовує взяття булевої похідної по лініях руху. Обчислення або оновлення похідної по лініях руху перехрестя для формування сигналів світлофора здійснюється синхронно з вказаним періодом, але зміна його стану, при наявності черг на всіх сторонах перехрестя, здійснюється з затримкою, що мінімізує колізії (сумарний час простою автомобілів) на всіх лініях руху транспортних потоків. Цикл перемикання світлофора має мінімальний період, що дорівнює часу проїзду перехрестя автомобілем. Максимальний період на лінії руху обмежений виникненням (наявністю) заявок на проїзд перехрестя з боку перетинів.

Світлофор, як спочатку примітивний засіб регулювання рухом на перехресті поступово трансформується в спеціалізовану кіберфізичну систему моніторингу та управління, що включає компоненти: LED-монітор, відеокамера, Wi-Fi прийомо-передавач

для зв'язку з автомобільними комп'ютерами та Інтернетом, програмні засоби інтелектуального управління транспортом. Останні вже сьогодні використовують високу математичну культуру: теорії автоматів, черг і знань, мережі Петрі і нейронні мережі, генетичні алгоритми і прискореного навчання (reinforcement learning). Система світлофорних агентів або сенсорів для моніторингу транспорту включає: досить дорогі відеодетектори і індуктивні петлі, вбудовані в дорожнє покриття, значно рідше використовуються звукові індикатори шуму, мікрохвильові радары. Позбутися від усіх агентів світлофора можна шляхом цифрової ідентифікації автомобілів на основі точного позиціонування автомобільного гаджета або комп'ютера. Сьогодні таким агентом може бути мобільний телефон водія авто, який за допомогою глобальної системи позиціонування делегує своє місце розташування в хмару управління трафіком. У відповідь мобільний телефон отримує всі сервіси з управління дорожнім рухом: сигнали хмарного віртуального світлофора, синхронізовані з реальними світлофорами, оптимальні маршрути пересування, «зелену хвилю» при неінтенсивному трафіку, економію часу і палива. Взаємодія світлофора з системою управління рухом по перехрестю, де представлені: Streetlight - LED-монітор, Gadget - гаджет автомобіля або мобільний телефон, автомобіль, ідентифікований на хмарній мапі гаджетом водія, GPS Satellite - для точного позиціонування транспорту або гаджета, Camera - відеокамера спостереження рухом на перехресті, Computer - для реалізації розумного управління світлофором, TCS-хмара-сервіс управління трафіком в Інтернеті.

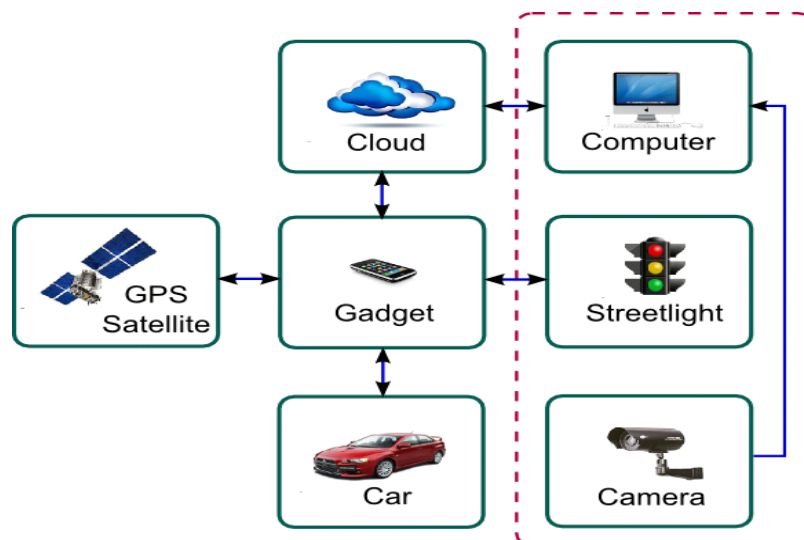


Рисунок 3.1 – Взаємодія світлофора з інфраструктурою перехрестя і TCS-хмарою

Червоним пунктиром обведені фізичні компоненти, які згодом перемістяться в віртуальний простір, що дозволить зробити інфраструктуру доріг набагато більш зеленою. Суттєвим доповненням до функціональності управління світлофором може служити

технологічне рішення, запропоноване в [33-35]. Аналіз показує, що до 2020 року більшість ДТП відбуватиметься на перехрестях. Найбільш частими причинами аварій тут є неадекватні спостереження (44,1%), помилкові припущення про маневри інших автомобілів (8,4%), повороти з утрудненим оглядом (7,8%), незаконні маневри (6,8%), внутрішні відволікання уваги (5,7%), недооцінка інтервалу або швидкості інших транспортних засобів (5,5%). Підвищення безаварійності переїзду перехрестя автори пов'язують з розподіленою взаємодією (vehicular ad hoc networks - VANET) автомобілів між собою по протоколу V2V (IEEE 802.11p) за допомогою використання бездротових гаджетів, що передбачає наявність віртуального світлофора VTL для формування керуючих сигналів за принципом Car2X. Збільшення пропускної здатності перехрестя без додаткових витрат на розширення інфраструктури автори пов'язують з двома взаємодіями Car2Car і Car2(X)VTL, які формують інтелектуальну децентралізовану мережу, на 60% підвищує пропускну здатність перехрестя. Подальше вдосконалення вуличного світлофора в інфраструктурі міст пов'язане з його перетворенням в кіберфізичну систему управління рухом на перехресті.

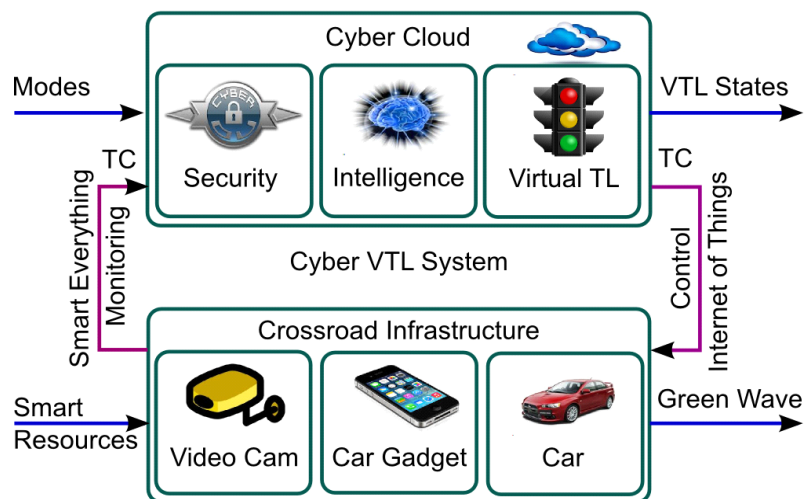


Рисунок 3.2 – Кіберфізична система VTL-управління транспортом на перехресті

Кібер VTL-система призначена для організації «зеленої хвилі» при проїзді перехрестя автомобілем і містить два основних компоненти: віртуальний - Cyber Cloud і фізичний - Crossroad Infrastructure. Перший з них призначений для формування керуючих впливів, що формують сигнали світлофора, що залежать від передісторії, реального трафіку на перехресті. Другий компонент виконує моніторинг дорожньої обстановки за допомогою відеокамер, розумних датчиків і автомобільних гаджетів. Взаємний зв'язок хмарного світлофора з фізичною інфраструктурою перехрестя здійснюється за допомогою телекомунікаційних засобів (TC): GPS Satellite, мобільного Інтернету, GSM / GPRS. Разом з тим, кіберсистема має можливість ручного управління світлофором шляхом використання

входу Mode, а також спостереження за його станами в процесі функціонування по виходу VTL States. Два блоки Intelligence і Security забезпечують реалізацію розумних алгоритмів управління в залежності від реального трафіку, а також захист світлофора від несанкціонованого доступу. Інноваційна цінність кіберфізичної системи VTL-управління транспортом на перехресті полягає в використанні віртуального світлофора, його інтелектуальному управлінні залежно від дорожньої обстановки, а також у моніторингу останньої шляхом збору сигналів позиціонування і маршрутизації транспорту від гаджетів автомобілів.

3.2 Переваги і недоліки хмарних сервісів кіберсистеми

Для планети - збереження екології за рахунок зменшення забруднення навколишнього середовища, підвищення тривалості і якості життя людини, економія паливно-енергетичних ресурсів шляхом скорочення часу руху завдяки вибору оптимального маршруту, зменшення кількості і складності пробок за рахунок впровадження в інфраструктуру інтелектуальних світлофорів.

Для державних структур - міліція, дорожня інспекція - точна ідентифікація автомобілів, точний цифровий моніторинг позиціонування транспортних засобів в часі і просторі, включаючи викрадення, колізії, несанкціоновані маршрути. Дистанційне керування через хмару екстреним вимиканням двигуна автомобіля, якщо транспорт створює реальну небезпеку для інших учасників дорожнього руху. Істотне зниження аварійності за рахунок прорахунку рівня безпеки маневрів, зменшення наслідків дорожньо-транспортних пригод, підвищення безпеки і комфорту учасників дорожнього руху. Дистанційне ручне управління сигналами світлофора завдяки цифровому моніторингу дорожньої ситуації на перехресті.

Для транспортних компаній - моніторинг позиціонування і пересування транспортних засобів, квазіоптимальне виконання замовлень з перевезення пасажирів і вантажів з точки зору мінімізації матеріальних і/або часових витрат.

Для водія - надання сервісів, пов'язаних з прокладанням квазіоптимальних маршрутів і графіка руху з урахуванням негативних чинників існуючої інфраструктури з метою мінімізації матеріальних і часових витрат в режимі реального часу; зниження аварійності за рахунок цифрового моніторингу закритих для візуального перегляду ділянок дороги і прорахунку рівня безпеки маневрів.

Для пасажирів - надання сервісів з моніторингу позиціонування і руху пасажирських транспортних засобів на зупиночних або транспортних терміналах за допомогою

використання стаціонарних моніторів або мобільних гаджетів для зв'язку з відповідними хмарними сервісами. Візуалізація на екрані в автомобілі критичних точок маршруту руху транспортного засобу в реальному масштабі часу шляхом використання камер відеоспостереження. Замовлення гібридного маршруту руху до пункту призначення шляхом використання різних транспортних засобів.

Для страхової компанії - автоматична і точна цифрова реєстрація в часі і в просторі: всіх порушень правил дорожнього руху водієм, які тягнуть зняття з рахунку грошового еквівалента штрафів і формують історію; всіх дорожньо-транспортних пригод, що фіксуються в хмарних осередках відповідних автомобілів, що дає можливість виключити участь поліції в процедурах огляду ДТП при відсутності жертв.

Моніторинг (24/7) реальної швидкості руху всіх транспортних засобів та інформування про зони швидкісного режиму. Цифровий моніторинг проїзду на заборонні знаки і сигнали світлофорів.

Економія палива, зменшення забруднення навколишнього середовища, скорочення часу руху, завдяки вибору оптимального маршруту, наданого хмарою.

Зменшення кількості та складності пробок за рахунок планування руху транспортних засобів, що враховує майбутні маршрути учасників. Коригування маршруту руху транспортного засобу в реальному часі при зміні дорожньої ситуації.

Інтелектуальне управління циклами перемикання світлофорів залежно від дорожньої обстановки на перехрестях.

Генерування аналітичних, статистичних звітів та рекомендацій щодо поліпшення інфраструктури доріг, розстановки віртуальних знаків, світлофорів та централізоване програмування циклів їх перемикання.

Протидія угону транспортного засобу і самовільного покинення місця ДТП, завдяки моніторингу місця розташування кожного автомобіля. Хмарна цифрова реєстрація для страхових компаній всіх необхідних деталей і динаміки ДТП, не пов'язаних з травмами, без участі дорожньої поліції.

Інформування за допомогою віртуальної тривожної кнопки спеціальних служб про події, що сталися на дорогах або з автомобілем.

Попередження водія про потенційну небезпеку на замовленому маршруті, отриманої від хмари в процесі руху.

Проблеми, які вирішуються за допомогою цифрової ідентифікації. Уже сьогодні існує досить багато актуальних і практично орієнтованих завдань, які можна вирішити за допомогою радіоцифрових паспортів:

- 1) ідентифікація виробу (об'єкта або суб'єкта) в локальній або глобальній системі координат;
- 2) збереження параметрів, що характеризують основні властивості об'єкта;
- 3) накопичення і збереження історії життєвого циклу об'єкта;
- 4) передача інформації про об'єкт або явище за санкціонованою вимогою в хмару управління;
- 5) прийом санкціонованої інформації, що дає можливість модифікувати окремі властивості електронного паспорта об'єкта;
- 6) санкціонована взаємодія з електронними паспортами (гаджетами) інших об'єктів, що знаходяться в полі радіовидимості об'єкта;
- 7) передача інформації про взаємодію об'єкта з іншими ідентифікаторами в межах радіовидимості.

Таким чином, електронний цифровий ідентифікатор об'єкта є автономною цифровою системою на кристалі з прийомо-передавачем, який здатний зберігати інформацію про ідентифікований об'єкт, модифікувати її по команді центру управління, а також зберігати інформацію про взаємодію з навколишнім середовищем і іншими цифровими ідентифікаторами з можливістю передачі даних в хмару управління. Інші варіанти ID комунікацій пов'язані з використанням: 1) мережі мобільної телефонії; 2) супутникових систем для прийому і передачі інформації.

4 РЕАЛІЗАЦІЯ ДОРОЖНЬОГО ПЕРЕХРЕСТЯ НА БАЗІ SLOT-СИСТЕМИ

Розуміння динаміки мереж, що складається з великого числа взаємодіючих елементів є важливою, але вельми складною науковою задачею з реалізацією програм в реальному часі, таких як дослідження транспортних потоків у містах. Останнє є важкою проблемою і характеризується багатьма елементами (транспортними засобами, світлофорами), які сильно обмежені в просторі і часі. Обмеження застосовуються не тільки до кількості транспортних засобів на даній ділянці дороги, але також генеруються конфліктами використання в позначених зонах (перехрестях). Поєднання зазначених чинників призводить до вельми нелінійного і важко піддатливого прогнозування динаміці. Це пояснює, чому трафік може швидко погіршитися в містах, що призводить до широкого поширення пробок і величезних соціальних і екологічних витрат.

Перехрестя є фізичним місцем, де доступ до загального ресурсу (область перетину) повинні бути узгоджені між транспортними засобами. Таким чином, вони є природно утрудненими місцями і грають ключову роль в динаміці мережі. Координація транспортних засобів досягається за допомогою процесу перемикавання, мета якого полягає у вирішенні конфліктів між несумісними потоками, при оптимізації продуктивності системи, деякої метрики. Втілення станів сучасних процесів перемикавання (регулювання), є добре відомий світлофор, який знаходиться в експлуатації в його нинішньому вигляді протягом 150 років.

Світлофори працюють відповідно до поетапного процесу перемикавання, який часто періодичний: порівняно тривалий період часу T називається цикл і ділиться на ряд "фаз" P_1, P_2, \dots тривалістю t_1, t_2, \dots, i , під час кожної фази, лише ряд неконфліктних потоків отримує доступ до перехрестя. Перехід від однієї фази до іншої не миттєвий, але вимагає "фази установки" (жовте світло), який зазвичай триває від 5 до 8 секунд. Так як перетин працює в сильно неоптимальних умовах під час "фази установки", існує внутрішній компроміс між "затримкою" і "потужністю" при роботі світлофорів. "Затримка", як правило, визначається яка різниця між часом, необхідним транспортним засобом, щоб завершити переміщення в умовах вільного потоку і часом в дорозі, необхідні в дійсності. 'Потужність' дорівнює максимальній швидкості надходження транспортного засобу, перш ніж затримки перестають бути обмежені в часі і рости до безкінечності. Компроміс між «затримкою» і «здатністю» можна легко зрозуміти, коротка фаза тривалості і часті фазові переходи знижують середню затримку випробовуваних транспортних засобів при перетині перехрестя. Однак часті фазові переходи вимагають відносно велику кількість «фаз установки», протягом якого пропускна здатність перетину значно зменшується.

Нові інформаційні та керуючі системи прокладають шлях до нових підходів управління дорожнім рухом [19]. Наприклад, транспортні засоби могли б взаємодіяти з придорожною інфраструктурою й інших транспортних засобів, для отримання більш чіткої координації потоків. Крім того, автономне водіння починає включати ретельний контроль траєкторій транспортних засобів та синхронізації їх часу прибуття на перехресті. Основний принцип нагадує слот на основі систем управління, які використовуються для управління літаків в аеропортах. Простіше кажучи: а) часові інтервали для безпечного доступу до області перетину присвоюються окремі транспортні засоби, на основі алгоритму ретельно розробленого планування; і б) транспортні засоби, контролюють їх швидкість досягаючи перехрестя на початку призначеного часового інтервалу.

На перший погляд, Slot-based Intersections (SIs) притаманні тому ж компромісу між затримкою і потужністю описаних вище для світлофора систем. Перший прийшов-перший обслужений, підхід може бути реалізований за рахунок прискорення або уповільнення транспортних засобів, таким чином, що вони прибувають на перехрестя, коли розриви в конфліктуючих транспортних потоках були створені для них. Проте, один за іншим, така політика їх обслуговування не ефективна при швидкості прибуття великої кількості автомобілів. Потім, утворюючи взвод транспортних засобів та обслуговування всіх транспортних засобів у взводі, перш ніж дати шлях до конфліктного потоку, є більш ефективним з точки зору потенціалу. У зв'язку з цим виникає питання: наскільки ефективна SIs на основі системи управління в порівнянні з контрольною групою на світлофорній основі?

Не так давно були запропоновані різні типи SIs, і на основі результатів моделювання, було висловлено припущення, що вони можуть бути більш ефективнішими, ніж традиційні світлофори. Проте, теоретичні та всеосяжні рамки для оцінки їх ефективності в порівнянні зі світлофорами досі відсутні. Без цього, не представляється можливим визначити, чи є, система економічною в не далекому майбутньому, де інтегратори технічно здійсненні, системи управління світлофорі все ще будуть кращим рішенням для управління перетину. Відповідаючи на таке питання негайно, не можна сказати, як транспортна інфраструктура, яка будується сьогодні, буде працювати протягом декількох десятиліть, і, швидше за все, досвід переходу до більш інтелектуальних, автономний транспорт.

Перший крок полягає у визначенні основних параметрів продуктивності, які будуть використовуватися для порівняння. Ми вирішили, що першим і одним з найважливіших параметрів слід розглядати безпеку, так як ніхто не може визнати, що контроль перетину заснований тільки на показниках ефективності може поставити життя людей під загрозу. Ми розглядаємо безпеку на рівні як одного транспортного засобу, що рухається по траєкторії, а

також кількох транспортних засобів, що рухаються уздовж потенційно конфлікуючих траєкторій. Доступ до перетину надається на підставі двох уявлень про безпечну відстань: відстань від задньої частини автомобіля d_{tail} і гальмівний шлях d_{stop} (рис.4.1). Всі параметри безпеки знаходяться в рівних умовах, потім ми порівнюємо різні системи, використовуючи класичні метрики затримки і потужності.

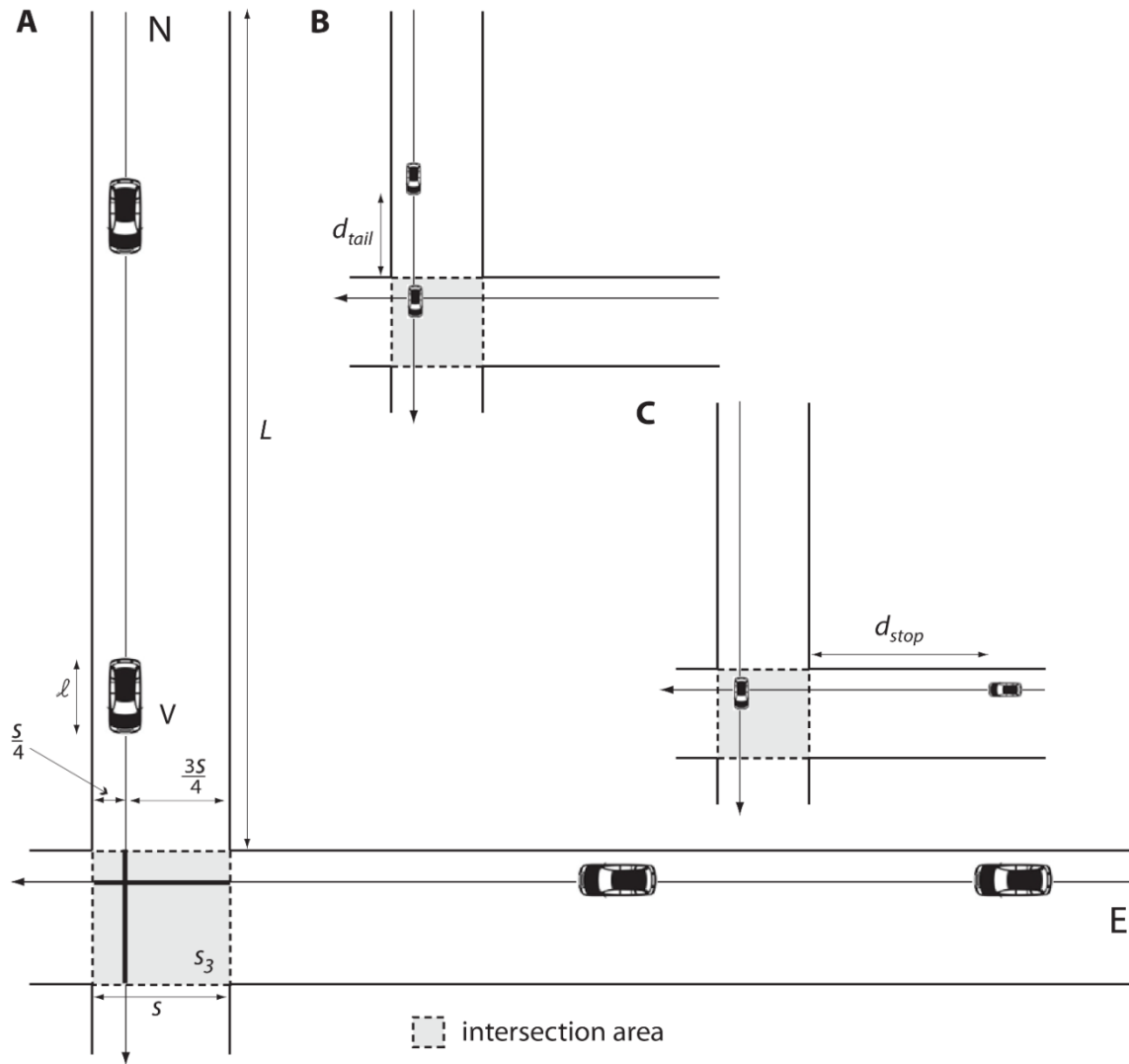


Рисунок 4.1 – Сценарій дорожнього перетину

Таким чином, дорожня система (А) складається з двох односмугових доріг довжиною L , перетинаючись на перехресті. Затінений квадрат - площа перетину з бічним. Транспортні засоби, довжина кожного l , надходять в систему на початку північного шляху, якщо вони відносяться до потоку N, або на початку дороги східної, якщо вони належать до потоку E. Для того, щоб змодельювати найгіршу ситуацію, транспортні засоби, наближаються до перехрестя з різних потоків, передбачається мати суперечливу траєкторію: наприклад, їхати прямо. Час доступу, перетин транспортного засобу визначається як час, при якому носова частина автомобіля входить в затінену зону. Вимоги (В) безпеки диктують, що два транспортних засоби послідовно мають доступ до перехрестя і належать одному і тому ж

потоків повинні бути відокремлені від задньої частини автомобіля відстань d_{tail} . (С) Якщо дві послідовні транспортні засоби належать різним потокам, вони повинні бути відокремлені один від транспортного засобу гальмівним шляхом при гальмуванні d_{stop} , який більше, ніж d_{tail} для практичних значень параметрів системи. Задня частина транспортного засобу і довжина гальмівного шляху визначаються формально [20].

Ми використовуємо теорію черги, щоб оцінити продуктивність різних систем управління перехрестями. Зокрема, ми покажемо, як поширити класичну теорію черги, формальну затримку і пропускну здатність Sl , що не було зроблено до теперішнього часу, і що дозволяє математично точно порівняти зі світловими дорожніми системами.

4.1 Отримані результати

Проаналізувавши систему доріг, вона складається з двох транспортних потоків, що перетинаються в загальній зоні перетину. Розглянемо два потоки транспортних засобів, що надходять в систему на початку дороги: одні з півночі на південь (N потік), і інший зі сходу на захід (E потік). Транспортні засоби надходять в систему відповідно до двох незалежних процесів Пуассона фіксованих обмінних курсів λ_N і λ_E . Так як потоки транспортних засобів перетинаються в зоні перетину (рис. 4.1), час доступу на перетин повинен бути оптимально запланований з метою забезпечення максимальної потужності, мінімізувати середню затримку, або отримати компроміс між цими двома показниками продуктивності. Так як $d_{tail} < d_{stop}$ (Рис. 4.1), групуючи послідовні транспортні засоби з того ж потоку (скажімо, N потік) збільшує пропускну здатність системи. Проте, у автомобілів, що надходять, з потоку E відносно більш високі затримки через доступ, поступаючись перетину групі транспортних засобів в потоці N. Це призводить до компромісу між продуктивністю і затримкою, яка адресується за рахунок впровадження двох стратегій управління перетином. Перша стратегія спрямована на привілеї між транспортним засобом по потужності, і, отже, вона названа FAIR. Запити про транспортний засіб подаються в перший прийшов-першим обслужений. Запити помічені і належать або етикетки N або E в залежності від потоку. Час обслуговування транспортного засобу T залежить від його потоку та потоку наступного транспортного засобу: якщо вони однакові, тобто $T = T1$, в іншому випадку $T = T2 > T1$. Конкретні значення $T1$ і $T2$ визначаються з міркувань безпеки, а також геометрією перетину. Час обслуговування T. Таким чином, дискретна випадкова величина з можливими значеннями $T1$ і $T2$, а також системи під рукою стає екземпляром черги в класичній теорії.

Грунтуючись на спостереженні, що $T1 < T2$ і спрямованої на досягнення максимальної потужності, стратегія ВАСН обробляє запити транспортних засобів партіями. Метою є формування взводів транспортних засобів, що надходять з того ж напрямку, що може бути поданий протягом короткого періоду часу $T1$. В процесі спільної обробки партії запитів доступу перетину, стратегія ВАСН ділить запити на дві групи по відповідним потокам, і послідовно надає доступ перетину до двох груп [12]. Стратегія формування партії повідомляється і служить дворазовій меті: а) так як запити дозування можуть збільшити дисперсію затримки транспортного засобу по відношенню до FAIR політики, форми партій розміром більше 1 тільки при збільшенні навантаження системи, і транспортні засоби починають відчувати затримки; і б) розглянути випадок двох потоків з дуже різними навантаженнями, при цьому один потік високого навантаження і один потенційно голодуючий світлову навантаження. Також стратегія освіти партії така, що жоден транспортний засіб не перевищує ліміт, запропонований при наближенні до перехрестя.

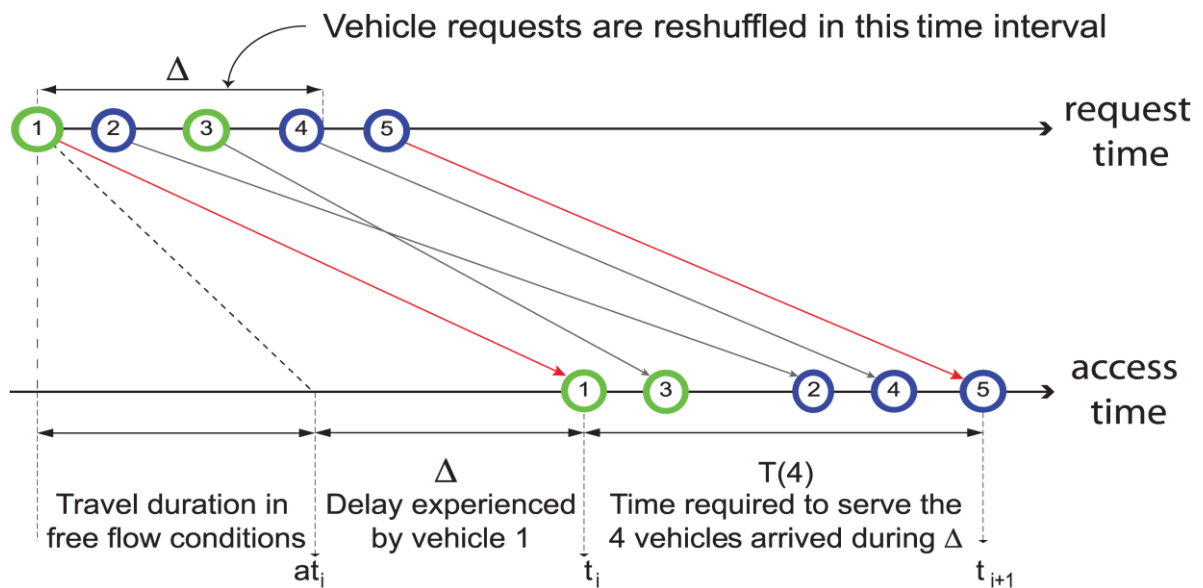


Рисунок 4.2 – Формування ВАСН стратегії

Значення часового інтервалу, що використовується для запитів перестановки транспортних засобів дорівнює першій затримки транспортного засобу $\Delta = (t_i - at_i)$. Транспортні засоби 2, 3 і 4 перетасували. Транспортні засоби в тому ж потоці представлені з кружками одного кольору. Оскільки транспортний засіб 1 і 3 автомобілі належать до одного потоку, транспортний засіб 3 отримує доступ до перетину перед машиною 2. Процес повторюється з використанням транспортного засобу 5 як еталона для Δ . Для забезпечення поставленої мети, ВАСН накладає також верхню оцінку N на загальну кількість транспортних засобів в партії. Коли кількість запитів в партії 1, ВАСН еквівалентна FAIR.

Характеризуючи здібності і затримку ВАСН вимагає розширити існуючі інструменти теорії масового обслуговування в незвідані області безперервного часу і періодичного розміру залежить від служби. Визначено N як верхня межа кількості транспортних засобів, які можуть бути обслужені в пакетному режимі, отримане значення потужності (N) є зростаючою функцією N . Помітивши, що відповідає ємності однієї дороги без перетинів, як диктується тільки міркуваннями безпеки, ми можемо зробити висновок, що ВАСН сходиться до оптимальної продуктивності.

Порівняння з постійним світловим циклом руху (FIXED) системи показує, що рівень обслуговування ВАСН перевершує, асимптотичне дублювання ємності служби по відношенню до FIXED так, як N збільшується. Це дуже відомий результат, так як добре відомо, що навіть невеликі поліпшення в ємності ефективніше під час подорожей. Потужність FAIR стратегії лише незначно вище, ніж досягається FIXED. Затримка досягається FAIR і стратегії ВАСН значно нижче, ніж це передбачено FIXED.

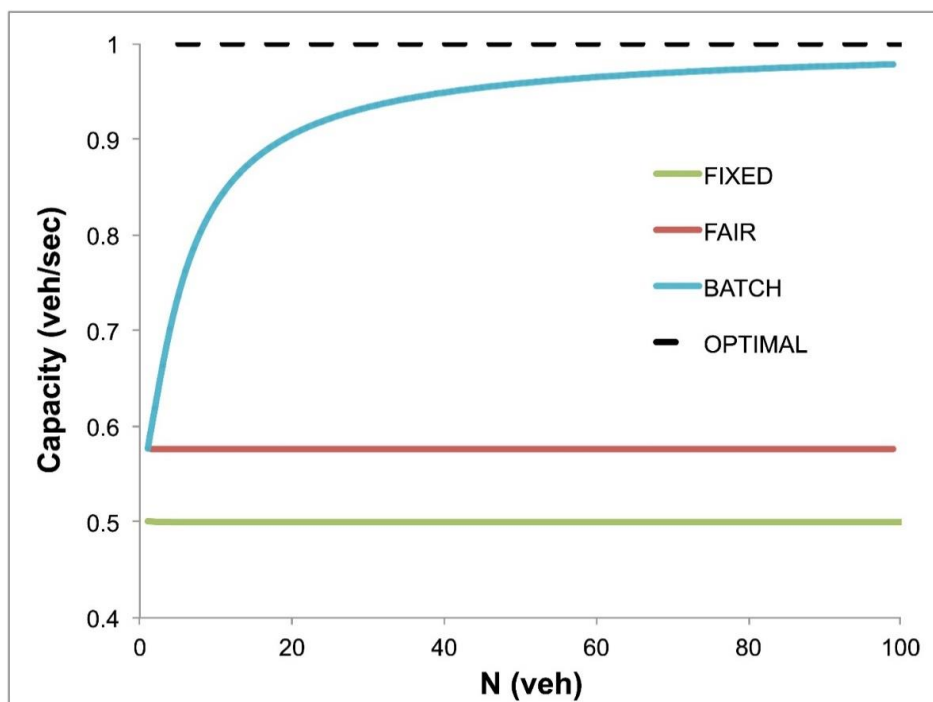


Рисунок 4.3 – Інтервальне управління на основі перехрестя з двома смугами

Потужність трьох стратегій управління порівнюється: FAIR - Slot стратегія серверної політики першим прийшов першим обслужений; ВАСН - стратегія Slot на основі черги з адаптацією транспортного засобу; FIXED - стратегія руху з тривалістю фіксованого циклу. Швидкість обслуговування ВАСН вдвічі більше, ніж FIXED, і сходиться до оптимальної потужності в якості значення N максимального числа транспортних засобів в черзі збільшується. Оптимальна потужність оцінюється в припущенні однієї дороги без перетинів,

як це диктується тільки міркуваннями безпеки. Рівень обслуговування FAIR лише незначно більше, ніж у FIXED.

Rate (veh/s)	Average delay (sec)			Delay variance (sec ²)		
	FIXED	FAIR	BATCH	FIXED	FAIR	BATCH
0.3	5.45	1.05	0.95	26.21	2.61	1.20
0.4	10.13	2.12	1.63	92.89	7.36	2.15
0.49	99.76	5.06	2.57	7504.41	28.66	3.34

Рисунок 4.4 – Кардинальна зміна середньої затримки в залежності від стратегії управління

Математичне сподівання і дисперсія затримки для різних стратегій і для зміни швидкості прибуття транспортного засобу: FIXED, FAIR і BATCH. FIXED статистичні дані обчислюються згідно зі стратегією управління Slot на основі різкого зниження середньої затримки щодо контролю світлофора. Дисперсія затримки зменшується більшою мірою, що вказує на стратегії управління Slot і може привести до більш передбачуваного часу поїздки.

4.2 Обговорення і впровадження алгоритмів для розумних перехресть

Цей проект розширює теорії масового обслуговування в області безперервного часу і залежить від розмірів обслуговування додатками в таких різноманітних галузях як: телекомунікації, обчислювальна техніка та дизайн об'єкта.

Теоретичні основи, які представлені в цій роботі, дозволяють характеризувати продуктивність перетину в залежності від особливостей системи. Геометричні параметри мають важливий вплив: наприклад, зменшення довжини транспортного засобу і ширини перетину покращує продуктивність і затримку. Що ще більш важливо, розвиток автономного транспорту само по собі може принести додаткові переваги, коли знижується час відгуку автомобіля.

Результати аналізу показують, що перехід від світлофора до SIs може привести до 2-х кратного збільшення потужності, а ще значного скорочення затримки очікування і дисперсії. Такі вражаючі поліпшення продуктивності можна інтуїтивно розуміти, що в SIs «Налаштування фази» набагато коротше, ніж у випадку зі світлофорами. В аналізованому сценарії "встановити фазу" відповідає різниці між T_v і T_1 , тобто, вона становить близько 1,47 сек, фактор 5 коротше, ніж типові значення, які використовуються для світлофорів. Так як час установки настільки короткий, частота перемикання між "фазами" не впливає на продуктивність, як і в разі світлофорів. Таким чином, частота комутації може бути приблизно в 5 вище, ніж в системі зі світлофорами, розчиняючи саме поняття "фази"

типового для світлофорів. Крім того, транспортні засоби, що наближаються до SI не групуються в чергах біля перехрестя, а рівномірно розподіляється по дорозі завдяки контролю швидкості. Таким чином, їм не потрібно сповільнюватися через "установку фази". Коротше кажучи, продуктивність SIs вище в порівнянні зі світлофорами, це відбувається через їх підвищеної гнучкості, дрібніше зернистість в злитті транспортних потоків і кращого використання дорожнього простору.

Ці особливості можуть зробити істотний позитивний вплив на мережевому рівні. Добре відомо, що досить нелінійна динаміка типових дорожніх мереж спрацьовує, коли відбувається перевантаження в одному або більше «вузькому» місці в мережі. Подвоєння ємності вузького місця, як було обіцяно SIs, має потенціал значного зниження дорожніх пробок і підвищення стабільності передбачуваності трафіку. З точки зору передбачуваності, важливо відзначити, що інтегратори різко знизили не тільки середню затримку в порівнянні до світлофорів, але також затримують дисперсію. Значення затримки сильно сконцентровані навколо середнього, подальше підвищення часу в дорозі передбачуваності. Точно так же, автономне водіння може істотно знизити динаміку нелінійних потоків в залежності від щільності транспортних засобів, яка, як відомо, викликана різними стилями людського водіння.

Подальша робота буде необхідна для розширення нашого аналізу до мережі дорожніх перетинів. На відміну від випадку зі світлофорами, таке масштабування можна здійснити з обчислювальної точки зору, так як всі алгоритми SI, представлені тут, вимагають мінімальних обчислювальних затрат. Інтегратори, ймовірно, також роблять благотворний вплив на викиди автомобілів, так як вони зменшують "stop-and-go" ефект, індукований світлофором масового обслуговування.

Цікаво зауважити, що оптимальна стратегія WATCH визначається в даній роботі і використовує ефект «повільніше - швидше». Чим швидше ефект, який спостерігався в таких різних областях як: рух, пішохідний рух, виробництво і логістика тощо, виникає тоді, коли очевидно, згубний вибір повільнішої початкової швидкості в кінцевому рахунку призводить до швидшого часу обслуговування. WATCH використовує цей ефект, так як по "розкладу" автомобілів в партії, він уповільнює деякі з транспортних засобів (що належать до слабкого потоку), але збільшує пропускну здатність, що призводить до загального зниження середньої затримки. Дана робота формально свідчить про те, що принцип управління «повільніше - швидше» також відноситься до слоту на основі перехресть.

Алгоритми управління перетином SIs засновані на наступних операціях. Коли вони потрапляють в систему, транспортні засоби видають перетин запитів на доступ до об'єкта під назвою «Перехрестя менеджер» за допомогою бездротового зв'язку. Запит від транспортного

засобу V супроводжується в найкоротші терміни прибуття транспортного засобу V на перетині (обчислюється відповідно до обмеження швидкості і обмежень з безпеки). FAIR запити процесів транспортного засобу індивідуальні. При обробці запиту від транспортного засобу V , FAIR привласнює V час доступу перетин $t_V \geq at_V$, де t_V обчислює облік міркувань безпеки на основі або задніх дверей, або транспортного засобу на відстані гальмівного шляху в залежності від транспортного засобу. Чи надає V доступ до перехрестя безпосередньо перед V , що належить в тому ж самому або в іншому потоці.

BATCH розбиває час на ряд прямуючих один за одним часових інтервалів змінної, а в сукупності обробляє всі запити, в кожному такому інтервалі. Тривалість часового інтервалу, що використовується для запитів перетасувати транспортні засоби встановлюється рівним затримці, яку випробовують даного транспортного засобу, з верхньою межею M на загальне число запитів. Нехай i впорядковані списки запитів, що прибули в пакеті з транспортних засобів в потоці N і E , відповідно, будемо вважати, без обмеження спільності, що прибув раніше. BATCH призначає: час замовлення, час доступу перетину до кожного транспортного засобу з обліку міркувань безпеки, а потім привласнює впорядкований час доступу перетину до кожного транспортного засобу з, знову-таки врахуванням міркувань безпеки.

У FAIR і BATCH, час доступу призначається перетинами, потім доводиться до транспортних засобів, які наближаються, за допомогою бездротового зв'язку. Узагальнення FAIR і BATCH у випадку з 12-ю траєкторіями, 4-ма дорогами і 2-х смуговим сценарієм.

Для порівняння, в аналізі ми також рахуємо Fixed Cycle Traffic Light, чия затримка і продуктивність була офіційно отримана в роботі. Цикл світлофора складається з двох фаз фіксованого і тривалого: в першій фазі, зелене світло дається до потоку N , а червоне світло віддається потоку E ; у другій фазі, навпаки. Для простоти припустимо, що для обох потоків жовтий індикатор фази включається до відповідного зеленого світлової фази.

4.3 Матеріали і методи отриманих даних для розумних світлофорів і перехресть

4.3.1 Міркування безпеки

Рівень безпеки, першим з розглянутих в наших рамках є те, що один транспортний засіб рухається по заздалегідь визначеною траєкторією. Тут, міркування безпеки диктують максимальну швидкість транспортного засобу по траєкторії, де максимальна швидкість залежить не тільки від граничних норм швидкості, але і від радіусу кривизни траєкторії. Хоча, представлена аналітична структура не залежить від налаштування швидкості для траєкторій транспортних засобів конкретного значення швидкості використовуваного в

дослідженні, яке наведене в наступному розділі. З реалізацією безпеки першого рівня, ми можемо розглядати транспортні засоби в якості суб'єктів, які подорожують по заздалегідь заданій траєкторії без відхилень.

Другим рівнем безпеки є те, що з двох автомобілів, що рухаються уздовж їх траєкторій. Вимоги безпеки другого рівня призначені для забезпечення безпеки транспортного засобу V , що розповсюджується вздовж траєкторії також в ситуації, в якій транспортний засіб V_0 , що розповсюджується вздовж траєкторії T_v і доходить до повної зупинки. Тут ми спочатку зауважимо, що в наших рамкових транспортних засобах передбачаються поїздки по ряду фіксованих, визначених траєкторіях. Несумісність відносин певне між парами траєкторій, залежить від того, чи перетинаються вони один з одним в області перетину. Непересічні траєкторії розраховані таким чином, щоб транспортні засоби, що біжать по цих траєкторіях, ніколи не потрапляли один в одного і підтримували відповідну бічну дистанцію між транспортними засобами, навіть якщо вони одночасно отримали доступ до перехрестя. З цієї причини будь-які дві траєкторії, які не пов'язані співвідношенням несумісністю називаються сумісними.

Вимоги безпеки другого рівня можуть бути виражені на основі визначення довжини гальмівного шляху d_{stop} транспортного засобу, який може бути різний і визначений як відстань між точкою, в якій водій (або система керування транспортним засобом в разі самостійного керування транспортними засобами) визначає небезпечну ситуацію, і точку, в яку приходить транспортний засіб до повної зупинки. Розглянемо автомобіль V' , що біжить уздовж траєкторії $T_{v'}$, і приходить до повної зупинки десь в межах зони перетину. Розглянемо тепер транспортний засіб V наближається перетин уздовж траєкторії T_v , і припустимо $\{T_{v'}; T_v\}$ несумісні траєкторії. З точки зору транспортного засобу V , V' розглядається в якості перешкоди заважаючи перетину області. Отже, з метою забезпечення безпеки другого рівня транспортний засіб V має бути на відстані, принаймні d_{stop} з області перетину протягом часу, необхідного V' , щоб очистити область перетину.

Особливим випадком є те, що автомобілі $\{V, V'\}$ рухаються по тій же траєкторії. В цьому випадку в типовому автомобілі і ситуація з безпекою другого рівня може становити той факт, що відносна швидкість між транспортними засобами $\{V, V'\}$ в загальному випадку значно менше, ніж швидкість переміщення. Безпека визначена відстанню від багажника однієї машини до капота іншої d_{tail} , який розроблений, щоб уникнути руху впритул один до одного і має властивість забезпечення часового поділу між транспортними засобами, яке не залежить від їх швидкості. Важливим критерієм безпеки другого рівня є те, що безпека на основі відстані d_{stop} значно невигідна, можна управляти перетином щодо безпеки на основі відстані d_{tail} , так як $d_{stop} > d_{tail}$ (дивіться наступний розділ).

І, нарешті, ми бачимо, що вимоги до безпеки третього рівня можуть бути винесені, щоб розглянути ситуацію, в якій транспортний засіб відхиляється від заданої траєкторії через несподівані події (наприклад, вибухає шини). Нескладний спосіб забезпечення безпеки третього рівня є надання доступу до області перетину на одному транспортному засобі в той час, як регулювати відстані між транспортними засобами у відповідності з відстанню d_{stop} . В якості альтернативи можна було б ввести відносно більшу відстань між траєкторіями, можливо скорочення числа взаємно сумісних траєкторій. Аналіз впливу вимог безпеки третього рівня по ефективності управління перехрестям виходить за рамки даного проекту.

4.3.2 Оцінка впливу геометричних параметрів на продуктивність алгоритму Sls

У цьому розділі розглядається вплив геометричних параметрів на продуктивність і пропускну здатність алгоритму Sls (Slot based Intersections). Час перетину перехрестя транспортним засобом безпосередньо залежить від ширини перехрестя і довжини транспортного засобу можна побачити на (рисунок 4.5)

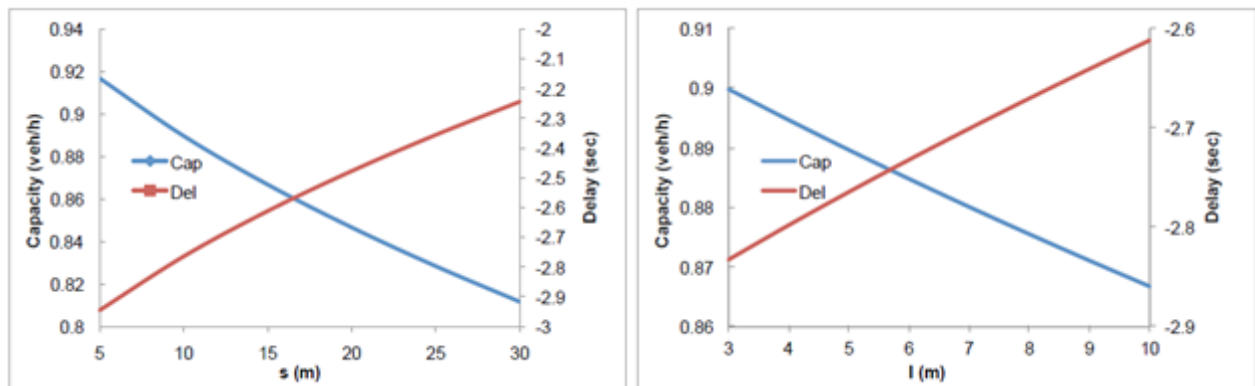


Рисунок 4.5 – Вплив ширини перехрестя s і довжини l транспортного засобу на продуктивність ВАТСН: пропускну здатність (первинна вісь ліворуч) і середня затримка (вторинна вісь праворуч)

На рисунку 4.5 повідомляється про потужності і очікувану затримку наданої алгоритмом ВАТСН для збільшення значення x (ширина перетину) і l (довжина транспортного засобу). Як видно на малюнку, збільшення ширини перетину і довжини автомобіля чинять негативний вплив на пропускну здатність і середню затримку.

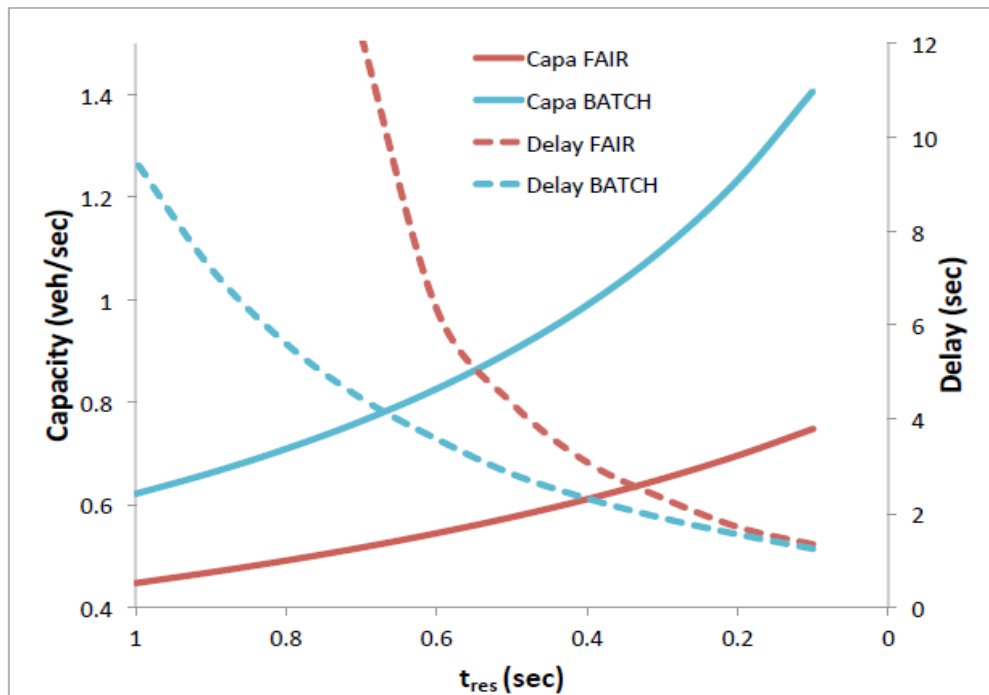


Рисунок 4.6 – Ефект поліпшення технології самостійного водіння FAIR і продуктивності BATCH

Рисунок 4.6 ілюструє пропускну здатність (первинна вісь ліворуч) і середня затримка (вторинна вісь праворуч) зі зменшенням значення часу відгуку t_{res} технологію самостійного водіння, пропускну здатності і затримки: скорочення час відгуку від 1 сек. (типовий водій) до 0.5 сек (консервативна оцінка часу реагування автоматизованого руху) призводить до 1,5 кратного збільшення потужності і в 2-х кратне зниження затримки.

4.3.3 Обчислення часу доступу перетину перехрестя між транспортними засобами

У цьому розділі ми представляємо методологію для отримання мінімального проміжного доступу перетину раз T_1 і T_2 використовується в теоретичній основі. Нагадаємо, що T_1 є час доступу перетину між транспортним засобом, коли два наступні транспортні засоби належать одній і тій же ОВ, в той час як T_2 відноситься до ситуації, в якій дві машини належать різним РМО. Час T_1 може бути легко отриманий з вираження для заднього борту відстані d_{tail} , і це не залежить від швидкості V транспортних засобів, що наближаються:

$$T_1 = \frac{d_{tail}}{v} = \frac{v(t_{res} + \Delta)}{v} = t_{res} + \Delta.$$

Результати, представлені в основному тексті отримані шляхом установки $T_1 = T_{res} + \Delta = 1$, що допустимо для верхньої межі часу відгуку автономної системи приводу, включаючи параметр допуску. На відміну від T_1 , T_2 час залежить від швидкості транспортного засобу V , і він обчислюється в припущенні, що другий транспортний засіб, який наближається до перехрестя знаходиться на відстані d_{stop} , коли хвостова частина першого транспортного засобу залишає зону перетину. Таким чином, час доступу перетин між транспортною засобу може бути записано у вигляді:

$$T_2 = T_2(v) = \frac{d_{stop}(v)}{v} + t_{xing}(v) = t_{ser} + \frac{v}{2 \cdot a_{brake}} + \frac{l + s}{v},$$

де $t_{xing} = t_{xing}(v) = s/v$ є час, необхідний першому транспортному засобу, щоб вийти із зони перетину. Час $T_2(v)$ є безперервною функцією в v , чий мінімум досягається при

$$v^* = \sqrt{2 \cdot a_{brake} (s + l)}.$$

Отже, при аналізі T_2 обчислюється як $T_2 = T_2(v^*)$. У частності $S = 10$ хв, $l = 5$ м, і $a_{brake} = 7.72$ м / сек, отримуємо $v^* = 15.2184$ м/сек, що призводить до $T_2 = 2.4713$ сек., Коли T_{res} встановлений в положення 0.5 сек.

Зверніть увагу на те, що для практичних значень параметрів системи, як ті, які використовувалися вище, ми маємо $d_{tail} < d_{stop}(v)$ для будь-якого $v > 0$, і, зокрема, $d_{tail} < d_{stop}(v^*)$.

4.4 Моделювання світлофора

Аналіз затримки (також званий часом очікування) з урахуванням фіксованого циклу руху (FIXED) системи. Дозволяє обчисленню виробляючої функції ймовірності розподілу часу очікування, з якого можна обчислити перший і другий порядок. У моделі, час дискретизується в інтервали рівної тривалості, і транспортні засоби, як передбачається прибути в кінці кожного часового інтервалу. Тривалість g зеленої фази виражається у вигляді цілого числа інтервалів, де інтервал, визначений як кількість часу, необхідного на затримку (черги) транспортного засобу, щоб відійти від черги.

Проведений аналіз можна використовувати для оцінки середнього значення і дисперсії затримки в FIXED системі, яка виражається одиницями інтервалів. Таким чином, для того, щоб порівняти затримку в IM і FIXED системі, ми повинні визначити тривалість інтервалу в секундах. З цією метою ми використовуємо аналіз в наступному розділі. Наприклад, якщо $g = 5$, як у чисельній оцінці мають «зелений» тривалість фази якого 10 сек відповідно до аналізу, наведеного в наступному розділі, це означає, що довжина інтервалу становить 2 сек. Зверніть увагу на те, що аналіз занижує фактичну затримку з наступних причин:

- час дискретизується; отже, всі транспортні засоби, як передбачається, щоб прийти до кінця ділянки мають незначну недооцінку затримки;
- в моделі, транспортні засоби, що прибувають на перехрестя, знаходять вільну чергу попередньо випробувавши нульову затримку;
- в моделі, інтервали з фіксованою тривалістю, в той час як аналіз, представлений в розділі нижче, показує, що в реальній системі інтервали мають різну тривалість, з відносно довгими інтервалами, що виникають на початку черги. Таким чином, якщо врахувати, що середня тривалість інтервалу визначена тривалості інтервалу, фактична затримка занижена (ймовірність знаходження черги в цьому випадку вище).

Ми припускаємо, що всякий раз, коли потік N знаходиться в зеленій світловій фазі, потік E знаходиться в червоній світловій фазі, і навпаки, і що потоки мають рівні пріоритети, щоб їх фаза зеленого світла мала одну і ту ж тривалість.

Крім того, ми дозволяємо d_{sep} бути таким, щоб глава першої транспортного засобу в черзі на відстані $d_{sep} / 2$ з області перетину, і таким чином, що для будь-якого іншого транспортного засобу V в черзі, глава V знаходиться відстань d_{sep} від задньої частини попередника $V's$ в черзі. Крім того, для кожного транспортного засобу V і кожен момент часу t , ми дозволяємо $FP_V(t)$ позначимо слід V при t , який, певне як ділянку дороги довжиною $\ell + d_{sep}$ з центром в точці (геометричній) центру транспортного засобу. Таким чином, голова і хвіст слід транспортного засобу є точки, які знаходяться $(\ell + d_{sep}) / 2$ одиниці попереду і позаду центру транспортного засобу, відповідно.

Що стосується динаміки транспортного засобу під час зеленої фази, ми припускаємо, що в момент часу, коли горить зелений колір, перший автомобіль в черзі починає прискорюватися. Ми припускаємо, час відгуку жодна система контрольна тут, так як ми розглядаємо сценарій, в якому система управління автомобіля повідомляється про перехід до зеленої фази завчасно. Постійно контролюючи відстань, i -го транспортного засобу в черзі, $i = 2, \dots, M$, починає прискорення T_1 секунд після $(i - 1)$ транспортного засобу. Кожний транспортний засіб переходить з постійним прискоренням a_f вперед до тих пір, поки не

досягне крейсерської швидкості $v = v_{max}$, як позначені обмеження швидкості, а потім підтримує константи швидкості v у всьому. І, нарешті, ми розглядаємо транспортний засіб v , який покинув чергу, як тільки його хвіст увійшов в область перетину; Крім того, ми робимо прорахунки v , як тільки задня частина машини покинула зону перетину.

Тепер ми готові обчислити час, необхідний для автомобілів M , щоб очистити перехрестя. З цією метою ми використовуємо V_1, \dots, V_m для позначення транспортних засобів, які будуть залишатися в черзі під час зеленої фази, в тому порядку, в якому вони залишають чергу, тобто V_1 позначає відхід першого транспортного засіб, і V_m є останнім транспортним засобом, який покине перехрестя. Крім того, зверніть увагу, що час і відстань, необхідний для прискорення від стартової до крейсерської швидкості, що позначається t_{accel} і d_{accel} , задаються відповідно.

$$t_{accel}(v) = \frac{v}{a_f} \quad d_{accel}(v) = \frac{v^2}{2a_f}$$

Розглянемо i -ий транспортний засіб в черзі, чий хвіст знаходиться на відстані від P_{out} .

Отже, якщо $d_{exit}(i) \leq d_{accel}(v)$, то V_i прискорюється в момент його виходу з перехрестя. З іншого боку, якщо $d_{exit}(i) > d_{accel}(v)$, то V_i досягає крейсерської швидкості до виходу з черги. Щоб зробити цю відмінність більш явною, нехай i^* а позначають положення в черзі, при якій відбувається перехід, який може бути отриманий шляхом рішення рівняння $d_{exit}(i) \leq d_{accel}(v)$ для змінної i . Після нескладних алгебраїчних перетворень, отримаємо $d_{exit}(i) = (i - 1)(l + d_{sep}) + \frac{d_{sep}}{2} + s + l$

$$\hat{i}(v) = \frac{\frac{v^2}{2a_f} - s + \frac{d_{sep}}{2}}{l + d_{sep}}$$

$$t(M, v) = T_1(M - 1) + \sqrt{\frac{2d_{exit}(M)}{a_f}}, \quad \forall M \leq [\hat{i}(v)]$$

Нехай $\theta_M(v)$ позначає тривалість інтервалу між моментом транспортного засобу V_m починає пришвидшуватися і момент виходить на перехрестя. Так як транспортні засоби, що знаходяться в черзі, проходять кожні T_1 секунд. Коли кількість часу, що минув з моменту часу, світло стає зеленим до моменту V_m отримуємо перетин, позначимо через $t(M, v)$, дорівнює $T_1(M - 1) + \theta_M(v)$. Тепер розглянемо випадок $M \leq \hat{i}(v)$. Потім з базової

кінематики, ми бачимо, що $\theta_M(v)$ задовольняє з цього випливає, що далі розглянемо випадок $M \leq \lfloor i(v) \rfloor$. потім, так як в цьому випадку $\theta_M(v)$ перевищує $t_{accel}(v)$ за кількістю часу, який потрібен V_m , щоб покрити відстань $d_{exit}(M) - d_{accel}(v)$ під час подорожі зі швидкістю v .

$$\theta_M(v) = t_{accel}(v) + \frac{d_{exit}(M) - d_{accel}(v)}{v}, \quad \forall M > \lfloor i(v) \rfloor$$

$$\frac{a_f(\theta_M(v))^2}{2} = d_{exit}(M)$$

Зверніть увагу на те, що завдяки технології самостійного водіння, зелена фаза для іншого напрямку може початися найближчим часом після того, як транспортний засіб V_m виходить з перехрестя, маючи на увазі, що тривалість одного повного циклу кожної черги (тобто, цикл зеленого- жовтого- червоного-жовтого), позначимо $t_{cycle}(M, v)$, задається

$$t_{cycle}(M, v) = 2t(M, v) \quad \forall M \geq 1, \forall v > 0.$$

Середній час обслуговування транспортного засобу пов'язана з кожної чергою і позначається $t_{srv}(M, v)$, при цьому має вигляд $t_{cycle}(M, v)/M$, дорівнює тривалості інтервалу.

4.5 Алгоритми управління перехрестям

У цій статті ми розглянемо два алгоритми на основі: FAIR і BATCH. Оскільки FAIR може бути отриманий з BATCH, встановивши верхню межу N на максимальну кількість транспортних засобів в пакеті $N = 1$, ми опишемо тільки алгоритм BATCH. Загальне налаштування полягає в наступному: список ранніх прибуттів час моделювання прибуття транспортних засобів формується в результаті процесу Пуассона заданої інтенсивності; часи прибуття вважаються менше, ніж в даний момент часу T ; ці прибуті призначені на потік, з ймовірністю D для потоку N і $(1 - d)$ для потоку E .

Запити можуть бути представлені у вигляді $(\{V, at_v, X_v\})$ $v \in C$, де C є безліч транспортних засобів, $0 \leq at_v \leq T$ найраніше час прибуття транспортного засобу V на перетині і $X_v \in \{N, E\}$, до наприклад, транспортний засіб потоку належить V . Список прибулих транспортних засобів повинен бути відсортований. Рішення завдання управління

перетином є список $(\{V, t_v\})$ $v \in C$ час доступу до перехрестя, для кожного транспортного засобу. Ці часи повинні перевірити обмеження безпеки, як описано в основному тексті, в тому числі той факт, що проходження транспортного засобу не допускається, якщо $at_v < at_{v'}$, і $X_v = X_{v'}$, значить $t_v < t_{v'}$. Наприклад, якщо V і V' належать одному і тому ж потоку, ми повинні мати $|t_v - t_{v'}| \geq T_1$. Їх відповідні часи доступу передаються до транспортних засобів на дорозі. Потім вони регулюють їх швидкість, щоб досягти перетину в потрібний час і з потрібною швидкістю, при цьому швидкість повинна бути рівна v^* .

4.5.1 Алгоритм ВАТСН для двосмугового руху

Як уже згадувалося в основному тексті, важливе питання, яке необхідно прийняти до уваги при перетасуванні, що деяким транспортним засобам, може бути надано доступ до перехрестя заздалегідь до їх часу прибуття, і це буде показувати, що швидкість транспортного засобу перевищує допустиму. Для того, щоб уникнути цього, необхідний інтервал часу, який використовується для повторної перетасовки електронних запитів транспортного засобу, який коригує навантаження трафіку в такий спосіб. Спочатку запити транспортних засобів розглядаються. Як тільки транспортний засіб V відчуває затримку (або, іншими словами, отримує доступ до перетину на t_v час якого строго більше, ніж раніше прибули at_v), інтервал часу встановлений в $\Delta = (t_v - at_v)$, і всі транспортні засоби, які прибувають цьому інтервалі, обробляються в якості однієї партії в пакетному режимі. В кінці цієї партії, транспортні засоби знову розглядаються, поки інший транспортний засіб не затримається, і процес повторюється. Як уже згадувалося в основному тексті, для того, щоб не дати доступ до перетину з потенційно безмежними дорожніми транспортними засобами, ми обмежуємо максимальну кількість перетасовувань автомобілів до N . Якщо N досягається протягом однієї партії, то $(N + 1)$ автомобіль (який неминуче затримується) буде служити в якості опорного елемента для наступної перетасовки. Можна довести наступним простим твердженням.

Твердження 1. У ВАТСН, жоден транспортний засіб не перевищує максимально допустиму швидкість. Цілком очевидно, що до тих пір, як транспортний засіб досягає перехрестя після самого раннього часу прибуття, він буде дотримуватися обмеження швидкості. Нехай V позначають перший автомобіль із затримкою. Його час доступу at_v і $\Delta = t_v - at_v$, і розглянута партія $B = \{V \in C, at_v < at_v \leq t_v\}$. Транспортний засіб V від B отримує доступ до перетину після транспортного засобу V , отже $t_v > t_v \geq at_v$, що й треба було довести.

Алгоритм ВАТСН наводиться нижче. Відзначимо той факт, що потік створюється для кожного транспортного засобу. У разі, коли немає затримки ($t_1 = at_v$ в кодї), він містить тільки транспортний засіб V .

1. Нехай V_0 буде перший автомобіль.
2. Задаємо час доступу і напрямок останнього автомобіля: $t_1 = at_{v_0}, d_1 = X_{v_0}$
3. Задаємо кількість оброблених автомобілів до 1: $n_p = 1$
4. Коли $n_p < |C|$
5. Нехай V буде $(n_p + 1)$ транспортного засобу в C
6. Задаємо $T_{sep} = T_1$ якщо $X_v = d_1$, в іншому випадку T_2
7. Ставимо $t_1 = \max(t_1 + t_{sep}, at_v)$
8. Створюємо партію $B\{V \in C, at_v \leq at_v \leq t_1 = at_v + \Delta\}, c | B | \leq N$
9. Періодичний процес B з використанням пакетної обробки $t_f = t_1$
10. Нехай V_1 буде останнім транспортним засібом обробленим в B
11. Безліч $t_1 = t_{v_1}, d_1 = X_{v_1}, n_p = n_p + |B|$

Псевдокод алгоритму ВАТСН обробки даних наводиться нижче.

Задаємо час доступу для наступного транспортного засобу $t_f = t_1$

Нехай X потік першого транспортного засобу в B

Для всіх транспортних засобів V в пакетному B з потоком X задаємо $t_v = t_f$

Якщо V є останньою машиною з потоку X

Якщо є транспортний засіб з потоку $Y \neq X$ $t_f = t_f + T_2$

Інакше для всіх транспортних засобів V в пакеті B з напрямком потоку $Y \neq X$ задаємо $t_v = t_f$

Якщо V не є останньою машиною з потоку Y , $t_f = t_f + T_1$.

4.5.2 ВАТСН для загального перехрестя

Розглянемо тепер загальний тип перехрестя, описаний в своїй мережі сумісності. Мережа сумісності є мережею $CN = (T, E)$ де T є безліч всіх можливих потоків, що наближаються до перехрестя, і $(T_x, T_y) \in E$ тоді і тільки тоді, коли транспортні засоби йдуть по траєкторії, що належить траєкторії T_x і T_y не перетинаються один з одним на перетині, і, таким чином, є сумісними. Ми маємо мережі спільності чотирьох доріг, вісім ліній перетину з дванадцятьма можливими вхідними потоками: для кожного з чотирьох напрямків

$\{N, E, S, W\}$ у нас є три можливих потоку, відповідних транспортних засобів, що прямують прямо (S), ліворуч (L) або вправо (T) відповідно до заданої траєкторії в точці перетину.

Безліч траєкторій T і смуг L , визначене. Для кожного $X \in T, T_x$ позначає безліч напрямків, сумісних з X , як, безумовно вище, і L_x доріжці, відповідній траєкторної X . Список запитів як і раніше представлений у вигляді $(\{V, at_v, X_v\}) v \in c$. Однак, на цей раз, X_v перебуває в T . Алгоритм складається з двох кроків: від політики для мереж сумісності і перетасовки транспортних засобів в межах партії.

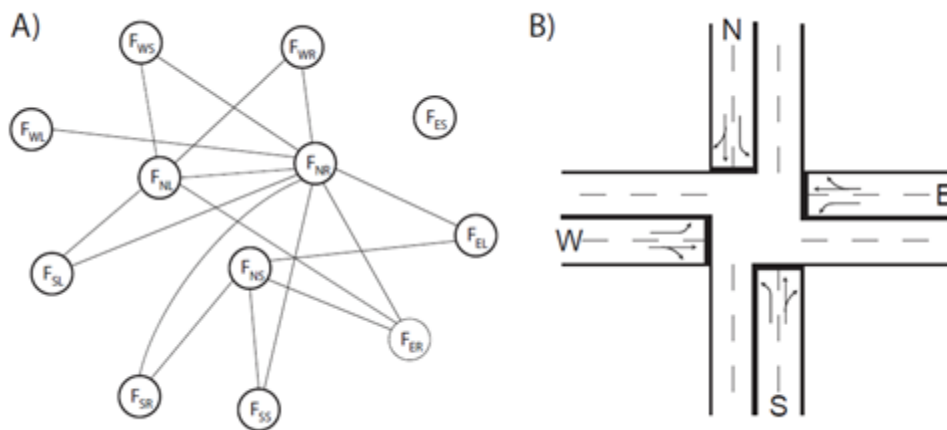


Рисунок 4.6 – 12 траєкторій, 8 ліній перетину: (A) - Сумісність мережі для траєкторій, що йдуть з північного напрямку; (B) - точка перетину

Розглянемо набір запитів, і опрацюємо їх. Для даного транспортного засобу V , найраніше запит на вступ t_a максимальна між своїм власним раннім часом прибуття at_v , а час доступу транспортного засобу, що передував його в своїй смузі (ці часи зберігаються в списку позначеному в псевдокоді), збільшилася на T_1 . Тоді, нехай P_i позначимо безліч транспортних засобів, вже оброблених і з траєкторією, яка несумісна з V . Виходить проблема просто зводиться до знаходження часу $t \geq t_a$, яка відокремлена від всіх часів доступу в P_i , принаймні T_2 . Формально цей алгоритм (FAIR) можна записати в такий спосіб:

- 1) Створити "останній час доступу на одній смузі руху" $A = [-T_1, \dots, -T_1]$
- 2) Ініціалізувати список оброблених автомобілів $P = \emptyset$
- 3) Для транспортного засобу V в C (відсортованих за рахунок збільшення at_v)
- 4) Нехай $L = L_{X_v}$ смуга належить V
- 5) Встановимо $\max(at_v, A | L | + T_1)$
- 6) Нехай $P_i = \{V \in P, X_v \notin T_x\}$ будуть транспортні засоби не сумісні з V
- 7) Задамо $T_i = \{t_v \geq t_a, V \in P_i\}$

$$t_v = \min \{t \geq t_a : V_u \in T_i | t - u | \geq T_2\}$$

- 8) Додати V до P
- 9) Задаємо $A[L] = t_v$
- 10) Довжина (A) - кількість смуг

Тепер, коли алгоритм FAIR був визначений, ми будемо використовувати його в нашій загальній структурі. Запит обробляється на основі списку. Точно так, як в конфігурації двох провулків, як тільки з'являється затримка транспортного засобу. Транспортні засоби, які прибувають протягом цього інтервалу часу групуються в партії B . Потім в B повторно формуються в колону транспортних засобів, що належать до тієї ж смуги, дотримуючись порядку, в якому з'явилися смуги в вихідній партії. Наприклад, якщо $B = \{X, Y, X, Z, Y, X, Z\}$, це стало б після того, як перетасувати: $B = \{ \}$. Транспортні засоби, що належать B обробляються з використанням FAIR алгоритму, описаного вище. Наступний автомобіль потім розглядається на основі FCFS. Якщо затримується, він також створює нову партію і перегрупіровується. Псевдокод алгоритму ВАТСН призводить до наступного.

- 1) Створити 'останній час доступу на одній смузі руху' $A = [-T_1, T_1]$
- 2) Ініціалізувати список оброблених автомобілів $P = \emptyset$, коли $P \subseteq C$
- 3) Нехай V є найбільш раннім транспортним засобом в $C \setminus P$
- 4) Обчислити t_v
- 5) Створити пакетний запит $B = \{ \{V, at_v, X_v\}, at_v \leq at_v \leq t_v \}$, з $|B| \leq N$
- 6) Сортувати B по відношенню до L_{XV} , в порядку появи обробляти всі транспортні засоби в B разом з A і P
- 7) Задаємо $P = P \cup B$

4.6 Методи моделювання і результати

Ємність вимірюється як максимальна швидкість прибуття автомобілів, які запитують доступ в заданому часовому інтервалі $[t_1, t_2]$ обробляються протягом не більше ніж $t_2 - t_1$ секунди. На практиці це зводиться до наступного:

- згенерувати випадковий список запитів $\{at_1, at_2, \dots, at_n\}$ зі швидкістю прибуття;
- обчислити час доступу для цих транспортних засобів $\{t_1, t_2, \dots, t_n\}$
- вибрати проміжок часу $[t_1, t_2]$;
- знайти автомобілі, які приходять протягом цього проміжку часу: $at_i = \min \{at_k \geq t_1\}$ і $at_j = \min \{at_k \leq t_2\}$;
- знайти максимум можна таким чином $t_j - t_i \leq t_2 - t_1$.

До тих пір, як було використано певну кількість симуляцій, близько 1000, потужність вимірювалася за допомогою цього методу і була стабільна по відношенню до t_1 (більше 100 секунд, щоб переконатися, що був досягнутий постійний режим) і t_2 .

4.6.1 Перехрестя в реальному житті

Для порівняння продуктивності FAIR і WATCH з цією адаптивною системою світлофора в разі сумісності з непорожньою мережею, ми змоделювали управління одного перетину з чотирма вхідними дорогами з N , E , S і W напрямками. Кожна дорога має дві смуги у напрямку, де ліва смуга руху в кожному напрямку зарезервована для автомобілів для того, щоб повернути вліво. Ширина перетину встановлюється в $s = 10$ м, а довжина транспортного засобу до 5 м. Протяжність дороги, яка веде до перехрестя встановлена на 300 м у всіх напрямках.

Методологія моделювання полягає в наступному. Автомобіль час між надходженнями по експоненті розподілені із середньою швидкістю прибуття? транспортних засобів на годину, де? це параметр, який настраюється. При надходженні нового транспортного засобу, йому присвоюється вхідний напрямок і траєкторія відповідно до траєкторії, обчисленої суміші з зразка реального автотранспортного трафіку C в місті Сінгапур (див нижче). Після того, як введення дороги, запиту автомобілів для до перехрестя і регулювати його швидкість (32), для того, щоб досягти перетину в той час доступу, обчисленої за допомогою системи обміну миттєвими повідомленнями. У разі системи TL , транспортний засіб управляється автомобілем наступним за моделлю, у вільному потоці він керує на крейсерській швидкості $v_{free} = 70$ км / год наближаючись до перехрестя; при наближенні до перехрестя, транспортний засіб підтримує крейсерську швидкість в разі, коли зелене світло і не повільно рухаючогося попереду транспортного засобу; в іншому випадку, він зменшує свою швидкість, щоб повністю зупинитися (в разі червоного / жовтого світла), або відповідно до швидкості транспортних засобів попереду.

Система TL використовується при моделюванні має цикл, що складається з чотирьох етапів: два етапи для "прямо" і "право" траєкторії, і дві фази для "лівої" траєкторії більш конкретно чотири фази полягають в наступному: фаза 1: північний прямо, північний право, південний прямо, південний право; фаза 2: північний вліво, південний вліво; Фаза 3: західний прямо, західний вправо, східний прямо, східний вправо; Фаза 4: західний вліво, східний вліво.

Відносна тривалість різних фаз визначається на основі міксування траєкторії, в такий спосіб. Нехай P_{XY} буде ймовірність виявлення траєкторії XY , і нехай P_{PhaseX} буде сума всіх ймовірностей траєкторій в фазі X , з цього випливає

$$p_{PhaseX} = \sum_{XY \in PhaseX} p_{XY}.$$

Origin	North			East			South			West		
Destination	W	S	E	N	W	S	E	N	W	S	E	N
Probability (%)	2.2	11.5	9.5	1.8	4.4	20.5	2.0	2.4	1.5	12.9	25.2	6.1

Рисунок 4.7 – Траєкторія змішаної вибірки перехрестя між Commonwealth Ave. і North Buona Vista, Rd в Сінгапурі

Тривалість фаз в циклі задається, щоб було пропорційно ймовірності P_{PhaseX} (з повної тривалості циклу 100 секунд). Крім того, щоб імітувати останні досягнення в області TL технології, зелена фаза автоматично зменшується, якщо більше немає транспортних засобів і вони не очікують на перехресті загоряння зеленого світла (таким чином, перехрестя стає дуже адаптивним для трафіку. Ми не розглядаємо тут зв'язок "car-to-car", ні оптимізацію швидкості при наблизенні під час червоного світла, це те, що ми частково розглядаємо в нашій моделі.

Один експеримент моделювання полягає в створенні транспортних засобів, що прибувають з фіксованою швидкістю з інтервалом 20 хв, що дозволяє ефективного досягнення стаціонарних умов. Змішування траєкторій використовується при моделюванні на основі руху і спостерігається в реальному перехресті в місті Сінгапурі.

Оцінюючи змішану траєкторію на реальному перехресті. Ми розглянули перетин між Commonwealth Av. і North Buona Vista Rd, який, як відомо, сильно завантажений на перехресті. Він також має гарне місце розташування в далечині від прилеглих до неї перетинів, отже, з'явився хороший піддослідний для наших алгоритмів і досліджень.

Для того, щоб оцінити поєднання траєкторії, ми розглянули набір даних, що складається з приблизно 400000 проїздів близько 13 000 з них були таксі, прораховувалося все в перебігу лютого дня 2011 року в Сінгапурі. Він містить GPS місце розташування кожного відібраного таксі з різною частотою, зазвичай з однієї проби кожні 20 - 30 сек. Набір даних був попередньо оброблений, щоб розглянути ми зібрали тільки цікавий рух на перехресті, який склало близько 2000 поїздок. Потім, для кожної відповідної поїздки, ми зберегли їх траєкторії, пророблені таксі на перехресті. Зареєстрована кількість таксі в поїздки

для кожного можливого варіанту було 12 траєкторій, потім використовували обчислення зі змішаними траєкторіями, які повідомляються в таблиці.

4.6.2 Результати моделювання

Продуктивність з точки зору затримок середніх і дисперсії, а також швидкість обслуговування представлені на малюнку. Алгоритми *IM* дають вражаючі поліпшення спільно зі світлофором: потужність подвоюється для *VATCH* в порівнянні з адаптивною системою світлофорів (*aTL*), де тривалість фази зеленого дорівнює часу, необхідному для всіх транспортних засобів, які очікують перетину перехрестя. Коли швидкість прибуття автомобіля наближається до продуктивності світлофора, то середня затримка очікування транспортних засобів в обох алгоритмах обміну миттєвими повідомленнями стає менше 6 секунд. Варто також відзначити на малюнку, що при рівній навантаженні *FAIR* забезпечує менше стандартних помилок, ніж затримка *aTL* і, в меншому масштабі, ніж *VATCH*.

4.6.2.1 FAIR

Як позначалося раніше, *FAIR* може бути описаний як $M / G / 1$ системи в теорії масового обслуговування. Це дозволяє легко визначити потенціал, а також моменти затримки першого і другого порядку (або час очікування в описі масового обслуговування). Пропускна здатність перетину, яка досягається *FAIR* стратегією дорівнює інверсії середнього часу обслуговування (рис. 4.7).

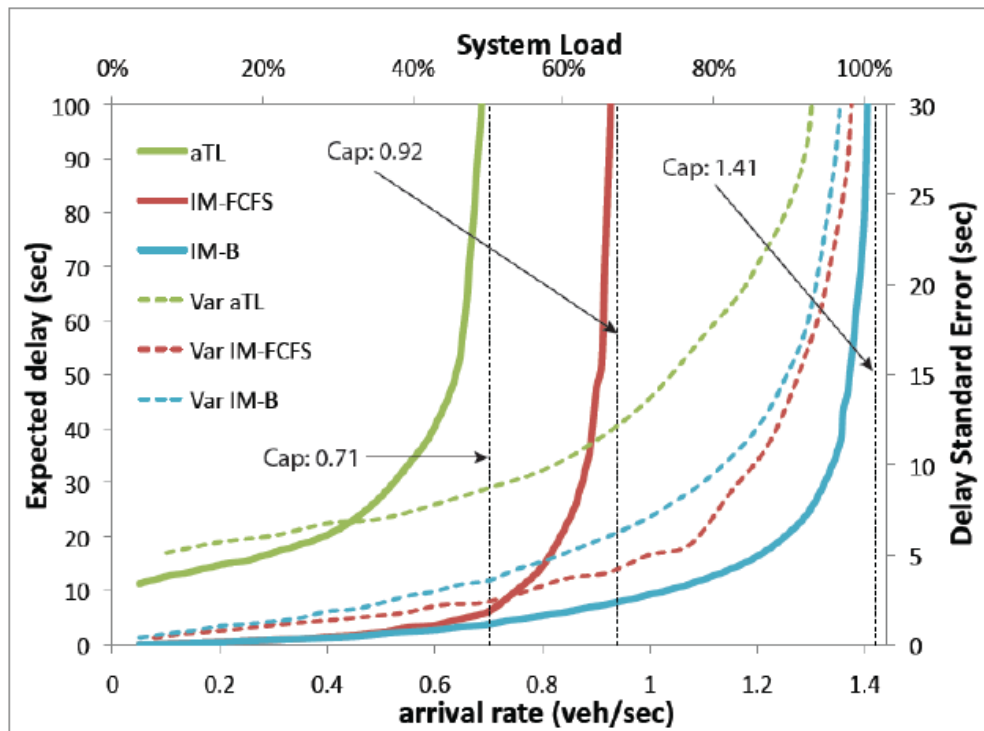


Рисунок 4.8 – Виконання різних стратегій управління перехрестям з 4-ма дорогами і 2-смуговим сценарієм

Первинна вісь: Пропускна здатність затримки для *aTL* (adaptive Traffic Control) алгоритмів FAIR і WATCH для реальної змішаної траєкторії, яка вимірюється в Сінгапурі. Вторинна вісь, пунктирні лінії: стандартна помилка затримки в залежності від навантаження на одні і ті ж три стратегії управління перехрестям.

$$C_{FCFS} = \frac{1}{E[T]} = \frac{1}{p \cdot T_1 + (1 - p) \cdot T_2'}$$

в той час як перший і другий моменти затримки є

$$E[D_{FCFS}] = \frac{E[T^2]}{2(1 - p)}$$

і

$$E[D_{FCFS}^2] = 2E[D_{FCFS}]^2 + \frac{E[T^3]}{3(1 - p)}$$

де $\rho = \frac{2E}{C_{FCFS}}$ навантаження системи.

4.6.2.2 BATCH

Давайте детально опишемо процес обслуговування BATCH запитів з точки зору теорії масового обслуговування. Ігнорування не має значення в даному розділі. Факт, що запити виконуються заздалегідь (коли автомобілі виїхали на дорогу), система звертається до сервера, який обробляє клієнтів, що прибувають індивідуально в пакетному режимі. Пропускна здатність служби кожної партії є сталою і дорівнює N . BATCH обслуговується як тільки сервер знаходиться в режимі очікування, а це означає, що якщо жоден клієнт не доступний в кінці n -ї партії, то $(n + 1)$ партія містить тільки один автомобіль до прибуття наступного.

З точки зору BATCH алгоритму, такий автомобіль має нульову затримку. Час обслуговування T партії залежить від її розміру n , отже, позначається $T(n)$. Розподіл $B_n(m) T(n)$ залежить від обраної стратегії, щоб надати доступ до перехрестя. З технічної точки зору, ця система являє собою чергу об'ємної служби з пакетною розмірно-залежною служби: $M / G r Y / 1$, тип черги продуктивність яко] до цих пір не була охарактеризована. Надалі, ми закриваємо цю прогалину в теорії масового обслуговування і представляємо формальний доказ формули пропускної здатності, отриманої для алгоритму BATCH з двома смугами руху.

Продуктивність. Нехай $(D_t)_{t \geq 0}$ є число транспортних засобів, що знаходяться в системі в момент T , і нехай $(t_i)_{i \in N}$ буде момент часу i періодичного догляду з системи. Тоді $m_i = D_{t_i}$ при $i = 1, 2, \dots$ є вкладено. Марківською метою (19; 20; 37) процесу $(D_t)_{t \geq 0}$. Давайте так само визначимо $(a_i)_{i \in N}$ як число клієнтів, що прибувають під час служби i -ї партії. Оскільки під час прибуття підходить черга процесу з частотою Пуассона, ми маємо

$$\mu_{j,n} \equiv P(a_i = j | \{n \text{ cars in batch } i\}) = \int_0^\infty e^{-t} \frac{(t)^j}{j!} dB_n(t)$$

звідси впливає шлях партії, який обробляється

$$m_i + 1 \begin{cases} [m_i - N]^+ & \text{если } m_i > 0 \\ a_0 & \text{если } m_i = 0 \end{cases}$$

де a_0 випадкова величина після розподілу заданої $\mu_{j,1}$. Стационарна матриця переходу для m_i є наступною

Ємність для цієї періодичної дії залежить від розміру черги і є $\frac{N}{(E[T(N)])} = \frac{N}{\int_0^{\infty} t dB_N(t)}$.

Доводячи $\rho = \frac{2E}{C_{FCFS}}$ ми можемо довести

Випадок 1. Ланцюг $(m_i)_{i \in N}$ робоча якщо $p < 1$, повторюється, якщо $p = 1$, і якщо не встановлена $p > 1$.

Доведення. Ми застосовуємо критерій де $\rho = \frac{E[T(N)]}{N} = \frac{\int_0^{\infty} t dB_N(t)}{N}$.

$$x_i = \begin{cases} 0 & \text{якщо } i < N \\ i + N & \text{інакше} \end{cases}$$

Для $1 \leq N$, очевидно маємо $\sum_{j=0}^{+\infty} Q_{ij, x_j} < \infty$. Тепер $i \geq N$.

$$\begin{aligned} \sum_{j=0}^{+\infty} Q_{ij} X_j &= \sum_{j=0}^{+\infty} \mu_{j, N} x_{j+1-N} \\ &= \int_0^{\infty} \sum_{j=0}^{+\infty} (j+i) e^{-t} \frac{(t)^j}{j!} dB_N(t) = \int_0^{\infty} t dB_N(t) + i = x_i - \varepsilon \end{aligned}$$

Якщо $p < 1$, то $\varepsilon > 0$. Для цього нерівності досить зробити такий висновок, що ланцюг ергодичний, і що він зворотній, якщо $p = 1$. Що стосується останньої частини теорії, то ми повинні продовжити один з критеріїв Фостера:

Випадок 2. Якщо існує обмеження непостійне рішення рівнянь для $i \geq N$, то ланцюг переходить. Побудуємо таке рішення в разі $p > 1$.

Для $|p| < 1$ і $i \geq N$, ми маємо

$$\sum_{j=0}^{+\infty} Q_{ij} p^{j+1-N} = p^{i-N} \int_0^{\infty} -e^{-t(1-p)} dB_N(t)$$

де ми визнаємо, перетворення Лапласа-Стілтєса B_N .

Отже, якщо $0 < p_0 < 1$ рішення $p^N = p^N \int_0^{\infty} -e^{-t(1-p)} dB_N(t)$ вектор $y_i = Ap_0^i$ перевірятиме рівняння критерію Фостера, і наша ланцюг буде часовим. Давайте визначимо

$$f(p) = p^N \int_0^{\infty} -e^{-t(1-p)} dB_N(t)$$

Відомо що $f(0) < 0, f(1) = 0$ і $f'(1) = N - \lambda \int_0^\infty t dB_n(t) = N(1 - p)$. Якщо $p > 1$ похідна строго негативна. Це гарантує існування нуля f в інтервалі $[0; 1]$ і завершує доказ. У разі с ВАТСН $CN = (\{T_N, T_E\}, \theta)$, ми бачимо, що $B_n(t)$ є сумою трьох функцій Дірака.

$$T_{(n)} \begin{cases} nT_1 & \text{з ймовірністю } d^{n+1} + (1-d)^{n+1} \\ (n-1)T_1 + T_2 & \text{з ймовірністю } 1-p \\ (n-2)T_2 & \text{з ймовірністю } p - d^{n+1} - (1-d)^{n+1} \end{cases}$$

де $p = d^2 + (1-d)^2$ являє собою ймовірність того, що перший транспортний засіб двох послідовних партій мають однакову траєкторію.

Так як по першому випадку в процесі масового обслуговування ергодичності тоді і тільки тоді, ємність навішування може бути обчислена шляхом виведення $[T(N)]$, що дає

$$\lim_{N \rightarrow \infty} C_B(N) = \frac{1}{T_1},$$

$$C_B(N) = \frac{N}{(N-1-p)T_1 + (1+p)T_2 + 2(T_1 - T_2)(d^{N+1} + (1-d)^{N+1})}.$$

Це легко перевірити, маючи на увазі асимптотичну оптимальну потужність алгоритму ВАТСН.

Затримка. Статистика затримки може бути обчислена шляхом отримання стаціонарного розподілу довжини черги. Якщо передбачається, що система може містити тільки до певної кількості транспортних засобів (допущення, яке є розумним в практичних випадках). При такому припущенні матриця переходу Q стає кінцевим, а розподіл довжини черги може бути знайдено чисельне рішення рівняння вище. В результаті перший і другий моменти порядків затримки для стратегії ВАТСН.

У той час як у випадку простих двох траєкторій (і, більш загальному, для будь-якого перехрестя з $CN = (T, \theta)$) ємність оптимальним способом обробляє партію транспортних засобів n , загальна установка на непустому набором посилай E в мережі вимагає більше уваги. Зокрема, це вже не безпосереднє до визначення оптимального способу обробки партії n транспортних засобів, так, щоб характеризувати оптимальний розподіл часу обслуговування $B_n(t)$. Так як число транспортних засобів, що містяться в кожній партії n не велике, то можливо використовувати грубий підхід для найкращого способу обробки запитів. У більш загальному плані, для будь-якого вибору алгоритму обробки запиту, якщо

розподіл $B_n(t)$ з $T(n)$ може бути частково відомо ($n \in N$), описані вище методи застосовні до способу отримання оцінки на потужності і затримки.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ. ЕКОЛОГІЯ

5.1 Аналіз потенційних небезпечних і шкідливих виробничих чинників проєктованого об'єкту, що мають вплив на персонал

У даному дипломному проєкті розробляється програмне забезпечення. Розроблене програмне забезпечення орієнтоване на роботу з персональним комп'ютером. Експлуатовані для вирішення внутрішньовиробничих завдань ПЕОМ типу IBM PC мають наступні характеристики:

споживана потужність	220 Вт;
робоча напруга	220 В;
напруга джерел живлення	+12 В; - 12 В; +5 В;
робоча частота	50 Гц.

Виходячи з приведених характеристик, вочевидь, що для людини існує небезпека поразки електричним струмом, унаслідок недбалого поводження з комп'ютером і порушення правил експлуатації, залишення частин ПЕОМ, що знаходяться під напругою, відкритими або знятих для ремонту вузлів.

Відповідно до [20] до легкої фізичної роботи відносяться всі види діяльності, виконувані сидячи і ті, що не потребують фізичної напруги. Робота користувача ПК відноситься до категорії 1а.

При роботі на ПЕОМ користувач піддається ряду потенційних небезпек. Унаслідок недотримання правил техніки безпеки при роботі з машиною (невиконання огляду відкритих частин ПЕОМ, що знаходяться під напругою або знятих для ремонту вузлів) для користувача існує небезпека поразки електричним струмом.

Джерелами підвищеної небезпеки можуть служити наступні елементи:

- розподільний щит;
- джерела живлення;
- блоки ПЕОМ і друку, що знаходяться в ремонті.

Ще одна проблема полягає у тому, що спектр випромінювання комп'ютерного монітора включає рентгенівську, ультрафіолетову і інфрачервону області, а також широкий діапазон хвиль інших частот. Небезпека рентгенівського проміння мала, оскільки цей вид випромінювання поглинається речовиною екрану. Проте велику увагу слід приділяти біологічним ефектам низькочастотних електромагнітних полів (аж до порушення ДНК).

Відповідно до [21], при обслуговуванні ПЕОМ мають місце фізичні і психофізичні небезпечні, а також шкідливі виробничі чинники:

- підвищене значення напруги в електричному ланцюзі, замикання якої може відбутися через тіло людини;
- підвищений рівень статичної електрики;
- підвищений рівень електромагнітних випромінювань;
- підвищена або знижена температура повітря робочої зони;
- підвищений або знижений рух повітря;
- підвищена або знижена вологість повітря;
- відсутність або недостатність природного світла;
- підвищена пульсація світлового потоку;
- недостатня освітленість робочого місця;
- підвищений рівень шуму на робочому місці;
- розумове перенапруження;
- емоційні навантаження;
- монотонність праці.

5.2 Заходи щодо техніки безпеки

Основним небезпечним чинником при роботі з ЕОМ є небезпека поразки людини електричним струмом, яка посилюється тим, що органи чуття людини не можуть на відстані знайти наявності електричної напруги на устаткуванні.

Проходячи через тіло людини, електричний струм чинить на нього складну дію, що є сукупністю термічної (нагрів тканин і біологічних середовищ), електролітичної (розкладання крові і плазми) і біологічної (роздратування і збудження нервових волокон і інших органів тканин організму) дій.

Тяжкість поразки людини електричним струмом залежить від цілого ряду чинників:

- значення сили струму;
- електричного опору тіла людини і тривалості протікання через нього струму;
- роду і частоти струму;
- індивідуальних властивостей людини і навколишнього середовища.

Розроблений дипломний проект передбачає наступні технічні способи і засоби, що застерігають людину від ураження електричним струмом:

- заземлення електроустановок;

- занулення;
- захисне відключення;
- електричне розділення мережі;
- використання малої напруги;
- ізоляція частин, що проводять струм;
- огорожа електроустановок.

Занулення зменшує напругу дотику і обмежує години, протягом яких людина, ткнувшись до корпусу, може потрапити під дію напруги.

Струм однофазного короткого замикання визначається по наближеній формулі:

$$I_k = \frac{U_\phi}{Z_\Pi + \frac{Z_T}{3}}, \quad (5.1)$$

де U_ϕ - номінальна фазна напруга мережі, В;

Z_Π - повний опір петлі, створене фазними і нульовими дротами, Ом;

Z_T - повний опір струму короткого замикання на корпус, Ом.

Згідно таблиці 4 [22]: $Z_T / 3 = 0,1$ Ом.

Для провідників і жил кабелю для розрахунку повного опору петлі використовуємо формулу(5.2.) :

$$Z_\Pi = \sqrt{R_\Pi^2 + X_\Pi^2}, \quad (5.2)$$

де $R_\Pi = R_\phi + R_o$ - сумарний активний опір фазного R_ϕ і нульового R_o дротів, Ом;

X_Π - індуктивний опір паяння дротів, Ом.

Перетин 1 км мідного дроту $S = 2.5$ мм, тоді згідно таблицям 5 і 6 [22], має такий опір:

$X_\Pi = 0,11$ Ом;

$R_\phi = 7,55$ Ом;

$R_o = 7,55$ Ом.

Отже, $R_\Pi = 7,55 + 7,55 = 15,1$ Ом.

Тоді по формулі (5.2) знаходимо повний опір петлі :

$$Z_\Pi = \sqrt{15,1^2 + 0,11^2} \approx 15,1 \text{ (Ом)}.$$

Струм однофазного короткого замикання рівний:

$$I_k = \frac{220}{15,1 + 0,1} = 14,47 \quad (\text{А}).$$

Дія плавкої вставки на ПЕОМ забезпечується, якщо виконується співвідношення:

$$I_k \geq k * I_n, \quad (5.3)$$

де I_n - номінальний струм спрацьовування плавкої вставки, А;

k - коефіцієнт кратності нелінійного струму I_n , А.

Коефіцієнт кратності нелінійного струму I_n розраховується по формулі (5.4.) :

$$I_n = P / U, \quad (5.4)$$

де $P = 220$ Вт - споживана потужність;

$U = 220$ В - робоча напруга;

$k = 3$ А - для плавких вставок.

Отже, $I_n = 220 / 220 = 1$ А.

Підставивши значення у вираз (5.3), одержимо:

$$14,47 > 3 * 1.$$

Таким чином, доведено, що апарат забезпечить спрацьовування(і захист) при підвищенні номінального струму.

5.3 Заходи, що забезпечують виробничу санітарію і гігієну праці

Вимоги до виробничих приміщень встановлюються [30], ДБН, відповідними ГОСТами і ОСТАмі з урахуванням небезпечних і шкідливих чинників, що утворюються в процесі експлуатації електроустаткування.

Підвищення працездатності людини і збереження її здоров'я забезпечується стабільними метеорологічними умовами.

Мікроклімат виробничих приміщень визначається діючими на організм людини поєднаннями температури, вологості і швидкості руху повітря, а також температури

навколишніх поверхонь. Значне коливання параметрів мікроклімату приводить до порушення систем кровообігу, нервової і потовидільної, що може викликати підвищення або пониження температури тіла, слабкість, запаморочення і навіть непритомність.

Відповідно до [20] встановлюють оптимальну і допустиму температуру, відносну вологість і швидкість руху повітря в робочій зоні. За відсутності надмірного тепла, вологи, шкідливих речовин в приміщенні досить природної вентиляції.

У приміщенні для виконання робіт операторського типу(категорія 1а), пов'язаних з нервово-емоційною напругою, проектом передбачається дотримання наступних нормованих величин параметрів мікроклімату (табл.5.1).

Таблиця 5.1 - Санітарні норми мікроклімату робочої зони приміщень для робіт категорії 1а.

Пора року	Температура, С	Відносна вологість, %	Швидкість руху повітря, м/с
Холодна	22...24	40...60	0,1
Тепло	23...25	40...60	0,1

У приміщенні, де знаходиться ПЕОМ, повітрообмін реалізується за допомогою природної організованої вентиляції (з пристроєм вентиляційних каналів в перекриттях будівлі і вертикальних шахт) й устатовленого промислового кондиціонера фірми Mitsubishi, який дозволяє вирішити переважну більшість завдань по створінню та підтримці необхідних параметрів повітряного середовища. Цей метод забезпечує приток потрібної кількості свіжого повітря, визначеного в ДБН (30 м³ в годину на одного працівника).

Шум на виробництві має шкідливу дію на організм людини. Стомлення операторів через шум збільшує число помилок при роботі, призводить до виникнення травм. Для оператора ПЕОМ джерелом шуму є робота принтера. Щоб усунути це джерело шуму, використовують наступні методи. При покупці принтера слід вибирати найбільш шумозахисні матричні принтери або з великою швидкістю роботи(струменеві, лазерні). Рекомендується принтер поміщати в найбільш віддалене місце від персоналу, або застосувати звукоізоляцію та звукопоглинання(під принтер підкладають демпфуючі підкладки з пористих звукопоглинальних матеріалів з листів тонкої повсті, поролону, пеноплону).

При роботі на ПЕОМ, проектом передбачені наступні методи захисту від електромагнітного випромінювання : обмеження часом, відстанню, властивостями екрану.

Обмеження годині роботи на ПЕОМ складає 3,5-4,5 години. Захист відстанню передбачає розміщення монітора на відстані 0,4-0,5 м від оператора. Передбачений монітор 20" TFT, Samsung 2043BW відповідає вимогам стандарту ТСО'03.

ТСО'03 пред'являє жорсткі вимоги в таких областях: ергономіка (фізична, візуальна і зручність користування), енергія, випромінювання (електричних і магнітних полів), навколишнє середовище і екологія, а також пожежна та електрична безпека, які відповідають всім вимогам [23].

Для зниження стомлюваності та підвищення продуктивності праці обслуговуючого персоналу в колірній композиції інтер'єру приміщень для ПЕОМ дипломним проектом пропонується використовувати спокійні колірні поєднання і покриття, що не дають відблисків.

У проекті передбачається використання сумісного освітлення. У світлий час доби приміщення освітлюватиметься через віконні отвори, в решту часу використовуватиметься штучне освітлення.

Як штучне освітлення необхідно використовувати штучне робоче загальне освітлення. Для загального освітлення необхідно використовувати люмінесцентні лампи. Вони володіють наступними перевагами: високою світловою віддачею, тривалим терміном служби, хоча мають і недоліки: високу пульсацію світлового потоку.

При експлуатації ПЕОМ виробляється зорова робота. Відповідно до [27] ця робота відноситься до розряду 5а. При цьому нормоване освітлення на робочому місці(Ен) при загальному освітленні рівна 200 лк.

Приміщення завдовжки 12 м, шириною 10 м, заввишки 4 м обладнується світильниками типу ЛП02П, оснащеними лампами типу ЛБ зі світловим потоком 3120 лм кожна.

Виконаємо розрахунок кількості світильників в робочому приміщенні завдовжки а=12 м, шириною b=10 м, заввишки з=4 м, використовуючи формулу (5.5) розрахунку штучного освітлення при горизонтальній робочій поверхні методом світлового потоку:

$$n = (E \cdot S \cdot Z \cdot k) / (F \cdot U \cdot M), \quad (5.5)$$

де F - світловий потік = 3120 лм;

E - максимально допустима освітленість робочих поверхонь = 200 лк;

S - площа підлоги = 120 м²;

Z - поправочний коефіцієнт світильника = 1,2;

k - коефіцієнт запасу, що враховує зниження освітленості в процесі експлуатації світильників = 1,5;

n - кількість світильників;

U - коефіцієнт використання освітлювальної установки = 0,6;

M - кількість ламп у світильнику = 2.

З формули (5.5) виразимо n (5.6) і визначимо кількість світильників для даного приміщення:

$$n = (E \cdot S \cdot Z \cdot k) / (F \cdot U \cdot M), \quad (5.6)$$

Отже, $n = (200 \cdot 120 \cdot 1,2 \cdot 1,5) / (3120 \cdot 0,6 \cdot 2) = 12$.

Виходячи з цього, рекомендується використовувати 12 світильників. Світильники слід розміщувати рядами, бажано паралельно стіні з вікнами. Схема розташування світильників зображена на рис. 5.1.

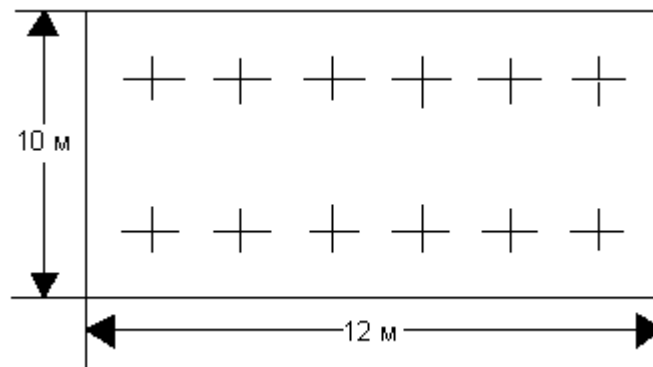


Рисунок 5.1 - Схема розташування світильників

5.4 Рекомендації по пожежній безпеці

Пожежі в приміщеннях, де встановлена обчислювальна техніка, представляють небезпеку для життя людини. Пожежі також пов'язані як з матеріальними втратами, так і з відмовою засобів обчислювальної техніки, що у свою чергу спричиняє за собою порушення ходу технологічного процесу.

Пожежа може виникнути при наявності горючої речовини та внесення джерела запалювання в горюче середовище. Пальними матеріалами в приміщеннях, де розташовані ПЕОМ, є:

- поліамід - матеріал корпусу мікросхеми, горюча речовина, температура самозаймання аерогелю 420 °С ;
- полівінілхлорид - ізоляційний матеріал, горюча речовина, температура запалювання 335 °С, температура самозаймання 530 °С, кількість енергії, що виділяється при згоранні - 18000 - 20700 кДж/кг;
- стеклотекстоліт ДЦ - матеріал друкарських плат, важкозаймистий матеріал, показник горючості 1.74, не схильний до температурного самозаймання;
- пластика кабельний №489 - матеріал ізоляції кабелю, горючий матеріал, показник горючості більш 2.1;
- деревина - будівельний і обробний матеріал, матеріал з якого виготовлені меблі, горючий матеріал, показник горючості більше 2.1, теплота згорання 18731 - 20853 кДж/кг, температура запалювання 399 °С, схильна до самозаймання.

Згідно [29] приміщення відносяться до категорії В (пожежовибухонебезпечним) і згідно правилам побудови електроустановок простір усередині приміщення відноситься до вогнебезпечної зони класу П - Па (зони, розташовані в приміщеннях, в яких зберігаються тверді горючі речовини).

Потенційними джерелами запалення при роботі ПЕОМ є:

- іскри при замиканні і розмиканні ланцюгів;
- іскри і дуги коротких замикань;
- перегріву від тривалого перевантаження і наявності перехідного опору.

Продуктами згорання, що виділяються при пожежі, є : оксид вуглецю, сірчистий газ, оксид азоту, синильна кислота, акролеїн, фосген, хлор та ін. При горінні пластмас, окрім звичайних продуктів згорання, виділяються різні продукти термічного розкладання: хлорангідридні кислоти, формальдегіди, хлористий водень, фосген, синильна кислота, аміак, фенол, ацетон, стирол та ін., що шкідливо впливають на організм людини.

Для захисту персоналу від дії небезпечних і шкідливих чинників пожежі проектом передбачається застосування промислового протигаза з коробкою марки В(жовта).

Пожежна безпека об'єктів народного господарства регламентується [24] і забезпечується системами запобігання пожежам і протипожежному захисту. Для успішного гасіння пожеж вирішальне значення має швидке виявлення пожежі і своєчасний виклик пожежних підрозділів до місця пожежі.

Зменшити горюче навантаження не представляється можливим, тому проектом передбачається застосувати наступні способи і їх комбінації для запобігання утворенню(внесення) джерел запалення :

- застосування устаткування, що задовольняє вимогам електростатичної безпеки;

- застосування в конструкції швидкодіючих засобів захисного відключення можливих джерел запалення;
- виключення можливості появи іскрового заряду статичної електрики в горючому середовищі з енергією, рівної і вище мінімальної енергії запалення;
- підтримка температури нагріву поверхні машин, механізмів, устаткування, пристроїв, речовин і матеріалів, які можуть увійти до контакту з палим середовищем, нижче гранично допустимої, становить 80% якнайменшої температури самозаймання пального.
- заміна небезпечних технологічних операцій більш безпечними;
- ізольоване розташування небезпечних технологічних установок і устаткування;
- зменшення кількості палих і вибухонебезпечних речовин, що знаходяться у виробничих приміщеннях;
- запобігання можливості утворення палих сумішей на лінії, вентиляційних системах і ін.;
- механізація, автоматизація та справність(потокова) виробництва;
- суворе дотримання стандартів і точне виконання встановленого технологічного режиму;
- запобігання можливості появи в небезпечних місцях джерел запалення;
- запобігання розповсюдженню пожеж і вибухів;
- використання устаткування і пристроїв, при роботі яких не виникає джерел запалення;
- виконання вимог сумісного зберігання речовин і матеріалів;
- наявність громовідводу;
- ліквідація можливості самозаймання речовин і матеріалів .

Для запобігання пожежі в обчислювальних центрах проектом пропонується виконання наступних вимог :

- електроживлення ЕОМ повинно мати автоматичне блокування відключення електроенергії на випадок зупинки системи охолодження і кондиціонування;
- система вентиляції обчислювальних центрів повинна бути обладнана блокуючими пристроями, що забезпечують її відключення на випадок пожежі;
- робочі місця повинні бути оснащені пожежними щитами, сигналізацією, засобами для сповіщення про пожежну небезпеку (телефонами), медичними аптечками для надання першої медичної допомоги, розробленим планом евакуації.

Для зниження пожежної небезпеки в приміщеннях використовуються первинні засоби гасіння пожеж, а також система автоматичної пожежної сигналізації, яка дозволяє знайти

початкову стадію загоряння, швидко і точно оповістити службу пожежної охорони про час і місце виникнення пожежі.

Відповідно до правил пожежної безпеки для промислових підприємств приміщення категорії В підлягають устаткуванню системами автоматичної пожежної сигналізації. Проектом передбачається застосування датчика типу ІДФ - 1 (димовий фотоелектричний датчик), оскільки специфікою пожеж обчислювальної техніки і радіоапаратури є, в першу чергу, виділення диму, а потім - підвищення температури.

При виникненні пожежі в робочому приміщенні обслуговуючий персонал зобов'язаний негайно вжити заходи по ліквідації пожежі. Для ліквідації пожежі використовують вогнегасники (хімічно-пінні, пінні для повітря ОП-5, ОП-6, ОП-9, вуглекислотні ОУ-5), пісок, пожежний інвентар (сокири, ломи, багри, шерстяну або азбестову ковдри). Як засіб індивідуального захисту проектом передбачається використання промислового протигаза з маскою, фільтруючої коробки В.

В якості організаційно-технічних заходів рекомендується проводити навчання робочого персоналу правилам пожежної безпеки.

4.5 Вплив на навколишнє середовище

В даний час зростає кількість комп'ютерної техніки в усіх галузях діяльності людини. Багато користувачів і виробників помиляються, вважаючи, що зі зменшенням і удосконаленням комп'ютерів, зменшиться їх негативний вплив на навколишнє середовище.

На даний момент найбільш суворим з існуючих світових стандартів екологічності для комп'ютерної техніки є стандарт ТСО-99. У порівнянні з попередніми він містить додаткові обмеження по частині екології, ергономіки, енергоспоживання і емісії пристроїв.

Організація по захисту навколишнього середовища Greenpeace з 2006 року оцінює виробників електроніки за кількістю важких металів і отруйних речовин, наприклад інгібіторів горіння, використовуваних ними при виробництві (інгібітор - речовина, присутність якого в невеликих кількостях призводить до запобігання або уповільнення процесів горіння або корозії; інгібітори знижують швидкість хімічних реакцій або пригнічують їх). Однак навіть оцінки такої організації, як Greenpeace, не можуть претендувати на об'єктивність. Адже в одних випадках вона використовує перевірену інформацію, що стосується, наприклад, заходів щодо утилізації відходів, а в інших спирається тільки на дані виробника. А якщо компанія не повідомляє ніяких відомостей, то автоматично опиняється на нижніх рядках рейтингу. Крім того, енергетичні витрати на

виробництво і перевезення продукції також необхідно враховувати при оцінці екологічної ефективності. Адже часи, коли техніка виготовлялася тільки на одному заводі, давно пройшли. Сьогодні окремі комплектуючі закупаються на різних підприємствах по всьому світу, після чого здійснюється складання пристроїв. Тому найчастіше навіть самі компанії не можуть знати, які шкідливі речовини потрапляють в атмосферу при виготовленні їх продукції і які саме метали або токсини в ній містяться.

ЖК-екрани - один з джерел парникових газів, які набагато шкідливіше діоксиду вуглецю. Рідкокристалічні монітори швидко знайшли популярність, прийшовши на зміну громіздким ЕПТ-моделям. І це не дивно, адже вони мають тонкі корпуса і споживають значно менше електроенергії. За іншим аспектам екологічної безпеки дисплеї на основі рідких кристалів також вважалися проривом, тому що в них не використовувався газ, що містить свинець. Досить довго ніхто не звертав уваги на застосовуваний для чищення РК-панелей тріфтористий азот (NF₃), і тільки в середині 2008 року вченими було доведено наявність даної хімічної речовини в атмосфері. Відкриття було вражаючим: порівняно з діоксидом вуглецю (CO₂) NF₃ має в 17 000 разів більше активного парникового газу, а його атмосферний час напіврозпаду може складати від 550 до 740 світлових років (у CO₂ - від 30 до 40 років). Закону, який обмежував би рівень викиду NF₃, поки не існує.

Виявлення енерговитрат є таким же проблематичним процесом, як і визначення кількості матеріалів, придатних для вторинної переробки, і важких металів, що містяться в пристроях. Таким чином, надійним показником екологічності залишається тільки рівень енергоспоживання.

Полівінілхлорид, що позначається зазвичай аббревіатурою ПВХ, - це різновид пластику, що застосовується в самих різних цілях. З нього зроблена зовнішня оболонка кабелів, якими з'єднуються пристрої, він оточує електричний провід портативного комп'ютера. Це дешевий, міцний і вельми поширений матеріал. Разом з тим, за словами ІТ-аналітика «Грінпіс» Кейсі Харрелл, «ПВХ - найгірший з пластиків». Він є причиною виникнення гормонального дисбалансу, проблем в репродуктивній сфері та різних форм раку. Полівінілхлорид практично неможливо правильно утилізувати. Внаслідок старий матеріал виявляється зазвичай на звалищі з відходами або, того гірше, спалюється з метою вилучення мідних жил і інших цінних компонентів. При його згорянні утворюється вкрай шкідливий канцерогенний діоксин. Звалища і хімічні поховання забруднюють джерела води. Єдиний спосіб правильно утилізувати ПВХ полягає в тому, щоб відправити його в центр небезпечних відходів.

Залишається лише сподіватися, що настане час, коли технології будуть допомагати людині, не завдаючи незворотної шкоди здоров'ю навколишнього середовища.

ВИСНОВКИ

З моменту своєї появи в кінці 19-го століття, світлофори були основним способом безперешкодного перетину перехресть. Сьогодні ця багатовікова технологія оскаржена досягнення в області інтелектуального транспорту, які відкривають шлях до нових рішень, побудованих на системах Slot, які зазвичай використовуються в повітряних перевезеннях то, що ми називаємо Slot-based Intersections. Тут ми підходимо до проблеми новим способом, шляхом узагальнення класичної теорії черги за допомогою різних датчиків, гаджетів, об'єднаних в одну загальну мережу за допомогою хмарних технологій. Визначивши умови безпеки, ми характеризуємо ємність і затримку SIs. У конфігурації перетину 2-х доріг, пропонується оптимальна система управління транспортом за допомогою хмарних технологій. Для довільних конфігурацій перетинів розробляються оптимальні рішення.

Дослідження магістерської роботи направлено на підвищення якості та безпеки дорожнього руху за рахунок створення інтелектуальної інфраструктури дорожнього руху, що включає моніторинг і управління в реальному масштабі часу.

В роботі виконано:

- створення та аналіз алгоритмів перетину транспортними засобами перехрестя і аналіз кібер-фізичної системи у вигляді інтелектуальної хмари управління дорожнім рухом в реальному масштабі часу на основі створення хмарної інфраструктури дорожнього руху;
- використання вже існуючих датчиків для поліпшення зв'язку між транспортними засобами;
- мінімізація часових і матеріальних витрат при виконанні заданих маршрутів;
- створення інноваційних рішень економічних і екологічних проблем.

Результати роботи підтверджують той факт, що перехід від системи світлофора до SIs має потенціал подвоєння продуктивності і значного скорочення затримки. Це передбачає скорочення нелінійної динаміки, індукованих перетинів в місцях з великим трафіком, з позитивним впливом на дорожні мережі. Такі результати можуть забезпечити безперешкодний транспортний рух.

У розділі «Охорона праці» виконано аналіз потенційних небезпек при роботі із засобами обчислювальної техніки і механізмами, розроблені заходи щодо техніки безпеки, заходи, які забезпечують виробничу санітарію і гігієну праці, розраховане штучне освітлення, виконані рекомендації по пожежній безпеці, розглянутий можливий вплив на навколишнє середовище.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

- 1) Paul A. Million spiking-neuron integrated circuit with a scalable communication network and interface // IEEE Int. Congress on Big Data. – 2014. – №34. – 668-673 p.
- 2) Marr B. Attractors in the Computer Market. 17 'Internet Of Things' Facts [електронний ресурс] // Forbes. – Режим доступа: <http://www.forbes.com/sites/bernardmarr/2015/10/27/17-mind-blowing-internet-of-things-facts-everyone-should-read/>.
- 3) Galer S. IDC Releases Top Ten 2016 IT Market Predictions [електронний ресурс] // Forbes. – Режим доступа: <http://www.forbes.com/sites/sap/2015/11/05/idc-releases-top-ten-2016-it-market-predictions/>. – Дата доступа: 15.12.16. – Загл. с экр.
- 4) Палагин А.В. Архитектурно-структурная организация компьютерных средств класса “Процессор-в-памяти”/ А.В. Палагин, Ю. С. Яковлев, Б. М. Тихонов, И. М. Першко // Математичні машини і системи. – 2005. – № 3. – 14 с.
- 5) Kelly K.F., Mody C.C.M. «The booms and busts of molecular electronics» // Spectrum, IEEE.– 2015. – №52, – 52-60 p.
- 6) Eichler D. Vortex-based zero-conflict design of urban road networks / D. Eichler, H. Bar-Gera, M. Blachman. // Networks and Spatial Economics. –2013. – № 13. – 229-254 p.
- 7) Lämmer S. Self-control of traffic lights and vehicle flows in urban road networks Mechanics // Theory and Experiment. – 2008, – №4, – 40-67 p.
- 8) Lee J. Development and evaluation of a cooperative vehicle intersection control algorithm under the connected vehicles environment // Networks and Spatial Economics. – 2013.– №13. – 81-90 p.
- 9) Dresner K. A multiagent approach to autonomous intersection management / P. Stone, K. Dresner // Artificial Intell. –2008. – №31. –591-653 p.
- 10) Hausknecht M. Autonomous intersection management: multi-intersection optimization / P. Stone H. Mausknecht // International Conference on Intelligent Robots and Systems. – 2011. – №6. –451-456 p.
- 11) Giridhar A. Scheduling automated traffic on a network of roads / A. Giridhar P. Kumar // IEEE Trans. Veh. Tech. – 2006. –55, – 1467–1474 p.
- 12) Kowshik H. Provable systemwide safety in intelligent intersections / D. Caveney, H. Kowshik, P. Kumar // IEEE Trans. Veh. Tech., – 2011. – №4. – 804-818p.
- 13) Heidemann D. A fluid-dynamic model for the movement of pedestrians // Complex Systems. –1992. – №6. – 391-415 p.

- 14) Heidemann D. A queueing theory model of nonstationary traffic flow // *Transportation Science*. –2011. – №35. – 405-412 p.
- 15) Woensel T. Modeling traffic flows with queueing models / T. Woensel N. Vandaele // *Asia-Pacific Journal of Operational Research*. – 2007. – №24, 435–461p.
- 16) Harris M. C. Queues with state-dependent stochastic service rates // *Operations Research*. –1967. – №15. –117-130 p.
- 17) Courtois P. J. On a single-server finite queueing model with state-dependent arrival and service processes // *Operations Research*. 1974. – 19. – 424–435 p.
- 18) Gupta U. C. On the analysis of a single server finite queue with state dependent arrival and service processes // *Operation Research Spektrum*. – 1998. – 20, 83–89 p.
- 19) Banerjee A. Analysis of finite-buffer discrete-time batch-service queue with batch-size-dependent service / A. Banerjee, U. Gupta, V. Goswami // *Computers and Industrial Engineering*. – 2014. – 75. – 121–128 p.
- 20) ГОСТ 12.1.005-88. Міждержавний стандарт. Система стандартів безпеки праці. Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони
- 21) ГОСТ 12.0.003-74 Небезпечні і шкідливі виробничі фактори. Класифікація
- 22) ДСТУ 7237:2011 Національний стандарт України. Система стандартів безпеки праці. Електробезпека. Загальні вимоги та номенклатура видів захисту
- 23) ДСанПіН 3.3.2.007-98. Державні санітарні правила і норми. Гігієнічні вимоги до організації роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин.
- 24) ГОСТ 12.1.004-91. Пожежна безпека. Загальні вимоги .
- 25) ДБН В.2.5-67. Опалення вентиляція та кондиціонування.
- 26) ГОСТ 12.1.006-84. Електромагнітні поля радіочастот. Допустимі рівні на робочих місцях і вимоги до проведення контролю
- 27) ДБН В.2.5-28-2006. Природне і штучне освітлення.
- 28) ГОСТ 12.4.009-83. Пожежна техніка для захисту об'єктів. Основні види. Розміщення і обслуговування.
- 29) ДСТУ Б В.1.1-36-2016. Визначення категорії приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною безпекою.
- 30) ДСП 173-96. Державні санітарні правила планування та забудови населених пунктів
- 31) Симметрон. Электронные компоненты. Каталог 2002, 2002г. – 192с.
- 32) Симметрон. Электронные компоненты. Каталог 2004, 2004г. – 192с.

ДОДАТОК А.
Електронні плакати

Східноукраїнський національний університет
ім.В.Даля

Магістерська робота

Інформаційні технології в системах управління
інтелектуальною транспортною інфраструктурою
міста

Магістрант ст.гр. ІПП-16дм: Рибалко В.І.

Керівник: Ларгін В.А.

Северодонецьк 2018

Постановка мети і завдань дослідження

- ➔ Підвищення якості та безпеки дорожнього руху за рахунок створення інтелектуальної інфраструктури дорожнього руху, що включає моніторинг і управління в реальному масштабі часу
- ➔ Створення та аналіз алгоритмів перетину транспортними засобами перехресть і аналіз кібер-фізичної системи у вигляді інтелектуальної хмари управління дорожнім рухом в реальному масштабі часу на основі створення хмарної інфраструктури дорожнього руху.
- ➔ Використання вже існуючих датчиків для поліпшення зв'язку між транспортними засобами
- ➔ Мінімізація часових і матеріальних витрат при виконанні заданих маршрутів
- ➔ Створення інноваційних рішень економічних і екологічних проблем

Актуальність

Дана модель розумних доріг і перехресть без світлофорів:

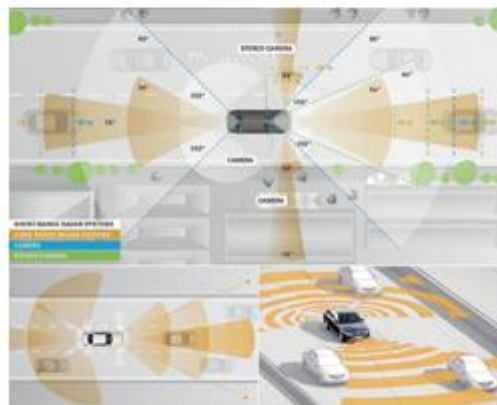
- ✓ вилучити втручання людей в процеси управління транспортним засобом, що, в свою чергу, значно зменшить кількість аварій і пробок на дорозі, так як автомобілі стануть автономними;
- ✓ збереже екологію за рахунок зменшення забруднення навколишнього середовища;
- ✓ економить паливно-енергетичні ресурси шляхом скорочення часу руху завдяки вибору оптимального маршруту і запобіганню пробок на дорогах.



geektimes.ru/company/mailru/blog/253662/

Інтелектуальні транспортні системи

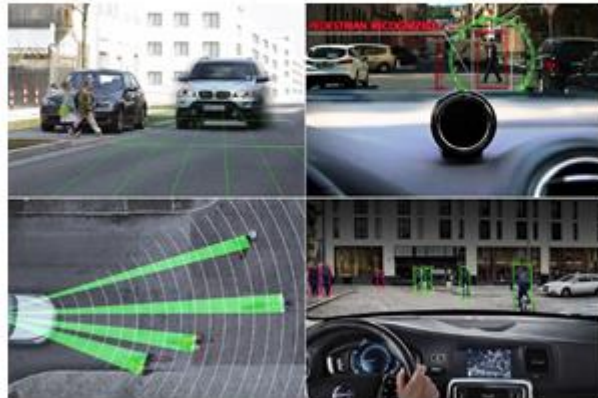
Ініціатива ITS стала можливою, тому що сучасний автомобіль активно роботизує зсередини і сьогодні оснащений цілою низкою систем автоматизації. Крім автоматичних коробок передач, що вже увійшли в ужиток, систем автоматичного блокування гальмування і систем управління іншими агрегатами плюс звичайного круїз-контролю, існують: система інформування про стан дорожнього покриття, особливо про заledenіння; система адаптивного круїз-контролю, яка сприймає дані від систем виявлення сусідніх автомобілів; система взаємного інформування автомобілів, оснащених системами GPS; засоби стеження за дорожньою розміткою; системи автоматизованого паркування; пристрої для перегляду мертвих зон; системи контролю швидкості на поворотах.



geektimes.ru/company/mailru/blog/253662/

Автоматичне пілотування

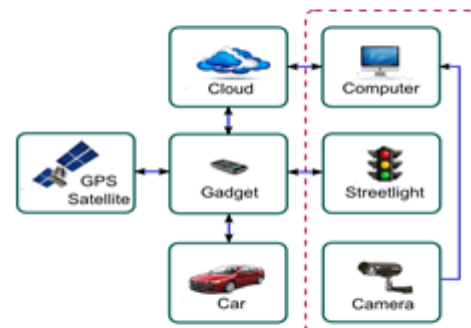
В авіації технології автоматичного пілотування просунулися набагато далі, однак скопіювати їх в лоб не вийде. Як це не дивно на перший погляд, але автоматичне керування автомобілем набагато складніше, ніж літаком. Кількість автомобілів незрівнянно більше, щільність руху - теж, централізовано координувати трафік неможливо. Всі ці умови призводять до того, що автомобіль не може покладатися на заздалегідь заданий маршрут і не може контролюватися віддалено. Тому він повинен діяти відповідно до сьогочасної обстановки на дорозі, постійно отримуючи інформацію про навколишній простір і інших учасників руху.



geektimes.ru/company/mailru/blog/253662/

Кіберфізична система

Cyber-Physical System – сукупність взаємопов'язаних реальних і віртуальних компонентів з вираженими функціями оптимального фізичного моніторингу та оптимального хмарного управління. Вона заснована на цифровому відображенні в кіберпросторі земної інфраструктури доріг та рухомих об'єктів для подальшого моделювання всіх процесів на хмарі з метою запропонувати кожному водієві якісні умови виконання маршруту з економією часу і коштів, де сенсорами і активаторами системи виступають мобільні гаджети та автомобільні датчики.



Кібер VTL система

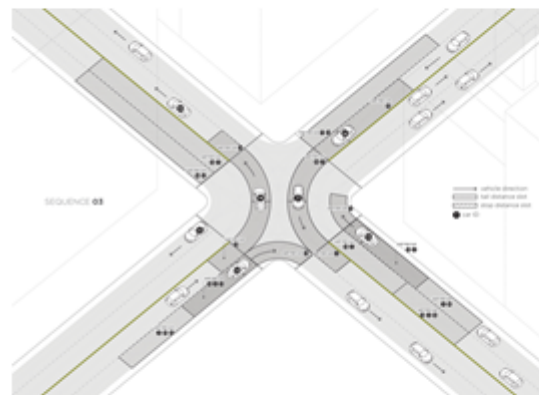
Процесами буде управляти кіберфізична система, яка зв'яже всі транспортні засоби в єдину систему, для комунікації між собою, щоб уникнути конфліктів на дорогах.

Кібер VTL-система призначена для організації «зеленої хвилі» при проїзді перехрестя автомобілем і містить два основних компоненти: віртуальний - Cyber Cloud і фізичний - Crossroad Infrastructure. Перший з них призначений для формування керуючих впливів, що формують сигнали світлофора, які залежать від передісторії, реального трафіку на перехресті. Другий компонент виконує моніторинг дорожньої обстановки за допомогою відеокамер, розумних датчиків і автомобільних гаджетів. Взаємний зв'язок хмарного світлофора з фізичною інфраструктурою перехрестя здійснюється за допомогою телекомунікаційних засобів (ТЗ): GPS Satellite, GSM.



Перехрестя

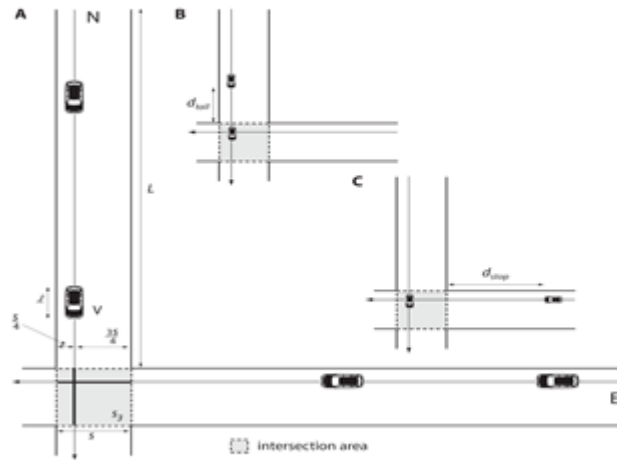
Перехрестя є фізичним місцем, де доступ до загального ресурсу (область перетину) повинні бути узгоджені між транспортними засобами. Таким чином, вони є природно утрудненими місцями і грають ключову роль в динаміці мережі. Координація транспортних засобів досягається за допомогою процесу перемикання, мета якого полягає у вирішенні конфліктів між несумісними потоками, при оптимізації продуктивності системи, деякої метрики. Втілення станів сучасних процесів перемикання (регулювання), є добре відомий світлофор, який знаходиться в експлуатації в його нинішньому вигляді протягом 150 років.



<https://www.dezeen.com/2016/03/21/light-traffic-junctions-mit-research-smart-intersections-design-driverless-vehicles>

Дорожня система

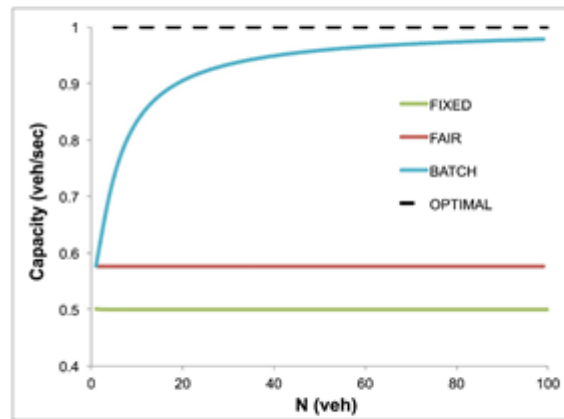
Дорожня система (А) складається з двох односмугових доріг довжиною L , перетинаючись на перехресті. Затінений квадрат - площа перетину з бічним. Транспортні засоби, довжина кожного l , надходять в систему на початку північного шляху, якщо вони відносяться до потоку N, або на початку дороги східної, якщо вони належать до потоку E.



Стратегії перетину перехрестя

Пропускна здатність трьох стратегій управління:

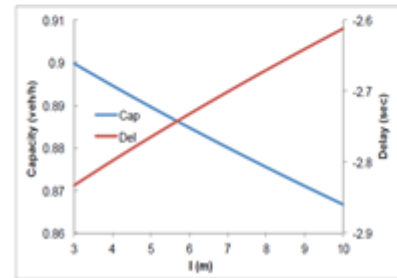
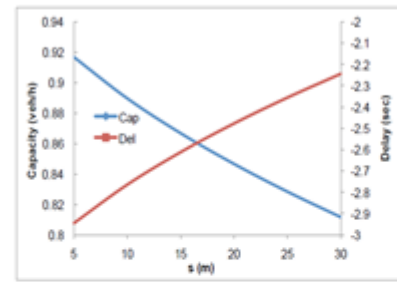
FAIR - Slot стратегія серверної політики першим прийшов першим обслужений;
 BATCH - стратегія Slot на основі черги з адаптацією транспортного засобу;
 FIXED - стратегія руху з тривалістю фіксованого циклу



Вплив на пропуску здатність

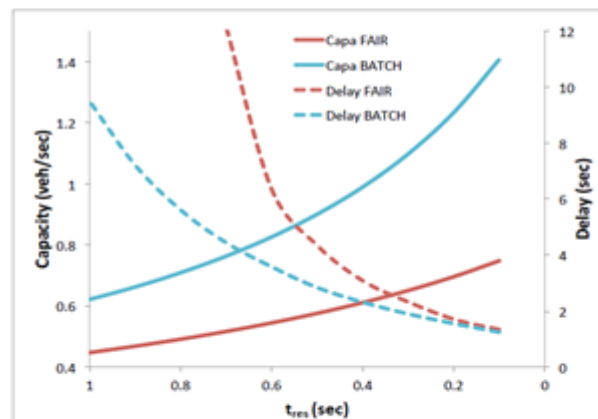
Вплив ширини перехрестя s і довжини l транспортного засобу на пропуску здатність BATCH: пропуску здатність (первинна вісь ліворуч) і середня затримка (вторинна вісь праворуч).

На рисунку повідомляється про потужність і очікувану затримку надану алгоритмом BATCH для збільшення значення x (ширина перетину) і l (довжина транспортного засобу). Як видно на рисунку, збільшення ширини перетину і довжини автомобіля чинять негативний вплив на пропуску здатність і середню затримку.



Пропускная здатність

Рисунок ілюструє технологію самостійного водіння, пропуску здатності і затримки: скорочення часу відгуку від 1 сек. (типовий водій) до 0.5 сек (консервативна оцінка часу відгуку з автоматичним водінням) призводить до 1,5 кратного збільшення потужності і до 2-х кратному зниженню затримки.



Середня затримка в залежності від стратегії управління

Математичне сподівання і дисперсія затримки для різних стратегій і для зміни швидкості прибуття транспортного засобу: FIXED, FAIR и BATCH.

Rate (veh/s)	Average delay (sec)			Delay variance (sec ²)		
	FIXED	FAIR	BATCH	FIXED	FAIR	BATCH
0.3	5.45	1.05	0.95	26.21	2.61	1.20
0.4	10.13	2.12	1.63	92.89	7.36	2.15
0.49	99.76	5.06	2.57	7504.41	28.66	3.34

ВИСНОВКИ

Дослідження магістерської роботи направлено на підвищення якості та безпеки дорожнього руху за рахунок створення інтелектуальної інфраструктури дорожнього руху, що включає моніторинг і управління в реальному масштабі часу.

В роботі виконано:

- створення та аналіз алгоритмів перетину транспортними засобами перехрестя і аналіз кібер-фізичної системи у вигляді інтелектуальної хмари управління дорожнім рухом в реальному масштабі часу на основі створення хмарної інфраструктури дорожнього руху;
- використання вже існуючих датчиків для поліпшення зв'язку між транспортними засобами;
- мінімізація часових і матеріальних витрат при виконанні заданих маршрутів;
- створення інноваційних рішень економічних і екологічних проблем.