

УДК 004:629:656:658

DOI 10.30837/bi.2023.1(99).11



Б. С. Карпішен¹, С. М. Неронов², Г. А. Плехова³, М. В. Костікова⁴,
С. О. Петренко⁵, О. О. Яценко⁶

¹ХНАДУ, м. Харків, Україна, karpishen.bogdan@gmail.com,
ORCID iD: 0009-0001-1790-9048

²ХНАДУ, м. Харків, Україна, sernikner@gmail.com, ORCID iD: 0000-0003-2381-1271

³ХНАДУ, м. Харків, Україна, plehovaanna11@gmail.com, ORCID iD: 0000-0002-6912-6520

⁴ХНАДУ, м. Харків, Україна, kmv_topaz@ukr.net, ORCID iD: 0000-0001-5197-7389
⁵rock11002@gmail.com

⁶iatsenkooleksii@icloud.com

МОДЕЛЬ ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ

У роботі запропоновано систему зв'язку в задачі попередження про можливе зіткнення. Для реалізації бездротової передачі та прийому інформації між автомобілями була використана технологія V2V. Результатом роботи є отримання інформації від підключених транспортних засобів в зоні дії системи та реакція інформаційної системи на оброблені дані у вигляді зовнішніх сигналів. Модель демонструє роботу системи за принципом «приймач-передавач» з використанням DSRC-зв'язку за допомогою програмного забезпечення MATLAB/Simulink. Отримана модель дозволяє проводити різноманітні системні аналізи для подальшого вдосконалення інформаційно-комунікаційних систем в автомобілях.

V2V, ADAS, МОДЕЛЬ, СИСТЕМА, DSRC, ДЕЦЕНТРАЛІЗОВАНІ СХОВИЩА ДАНИХ, СТИСНЕННЯ ЗОБРАЖЕНЬ

B. S. Karpishen, S. M. Neronov, G. A. Pliekhova, M. V. Kostikova, S. O. Petrenko, O. O. Iatsenko. Model of the information and communication system. The paper proposes a communication system in the task of warning about a possible collision. V2V technology was used to implement wireless transmission and reception of information between cars. The result of the work is receiving information from connected vehicles in the area of the system and the response of the information system to the processed data in the form of external signals. The model demonstrates the operation of the transceiver system using DSRC communication using MATLAB/Simulink software. The resulting model allows for various system analyzes for further improvement of information and communication systems in cars.

V2V, ADAS, MODEL, SYSTEM, DSRC DECENTRALIZED DATA STORAGE, IMAGE COMPRESSION

Вступ

Стрімкий розвиток транспортних систем приніс багато зручностей у наше повсякденне життя, дозволяючи безпечно і надійно перевозити людей і вантажі всередині країни та за її межами. За оцінками, у світі налічується понад мільярд автомобілів, якими володіють люди. Передбачається, що ця кількість подвоїться протягом одного-двох десятиліть. Однак ряд питань, пов'язаних з цим зростанням, викликають занепокоєння. З точки зору безпеки, у 2021 році в аваріях на дорогах США загинуло понад 42 915 осіб (USDOT, 2023).

Зв'язок між декількома підключеними транспортними засобами (V2V) підвищує безпеку та ефективність наших транспортних систем.

Це досягається завдяки використанню систем управління дорожнім рухом, які покладаються на бортові датчики та зв'язок між транспортними засобами (V2V). Зв'язок в основному надає інформацію про стан (наприклад, прискорення, швидкість, місцезнаходження) переднього транспортного засобу або транспортних засобів у реальному часі (Z. Wang та ін., 2020).

Оцінки щодо важливості цієї технології:

Підвищення безпеки на дорогах: V2V-зв'язок дозволяє автомобілям обмінюватися інформацією про

своє місцезнаходження, швидкість та інші параметри в режимі реального часу. Це допомагає уникнути аварій, зменшити кількість зіткнень та покращити реакцію на небезпеку. Наприклад, система може попереджати водіїв про можливі ризики, такі як аварійна ситуація на дорозі, перешкоди або небезпечний обгін.

Зменшення заторів та покращення транспортного потоку: Технологія V2V допомагає водіям обирати оптимальний маршрут і швидкість, щоб уникнути заторів. Це може покращити транспортний потік і скоротити час у дорозі.

Зменшення аварійності: Завдяки V2V-комунікації автомобілі можуть обмінюватися інформацією про небезпечні дорожні умови, такі як слизький асфальт, обмежена видимість або погана погода. Це допомагає водіям адаптувати свій стиль водіння до конкретних умов і знижує ризик аварій (H. Xie et al., 2022).

Попит на вдосконалені системи допомоги водієві (ADAS) (SAE, 2021) – ті, що допомагають виконувати завдання моніторингу, попередження, гальмування та керування – зростатиме протягом наступного десятиліття, що значною мірою зумовлено інтересом регуляторних органів та споживачів до програм безпеки, які захищають водіїв та зменшують кількість аварій.

В даний час системи ADAS розглядаються як галузь, що постійно розвивається, яка продовжує вдосконалюватися і розвиватися. Хоча на ринку вже існує багато різних систем ADAS, вони постійно вдосконалюються і доповнюються новими функціями. На етапі розробки системи виникають різні виклики і проблеми, такі як взаємодія між системами, безпека даних, відповідність нормативним вимогам, інтеграція з іншими системами і компонентами автомобіля, інтелектуальне управління даними та інші.

Розробка систем ADAS є складним і багатограним процесом, який вимагає детального вивчення різних аспектів, від технічних можливостей до соціально-економічних і правових аспектів.

У цьому дослідженні ми зосереджуємося на послугах, які створюють або пов'язані з одноразовими повідомленнями, особливо з використанням платформи V2V-комунікацій.

1. Огляд літератури

На основі літературних джерел ми представляємо різні застосування V2V-зв'язку, класифіковані за двома широкими цілями: цілі безпеки та цілі, що не пов'язані з безпекою. Основними цілями в цій категорії є мінімізація проблем безпеки шляхом надання водієві вказівок або іншої інформації для запобігання або прогнозування дорожньо-транспортних пригод, таких як перед- або післяаварійні ситуації, прогнозування сліпих зон, допомога при перетині перехрест'я і т. д.

Обмін повідомленнями між транспортними засобами має на меті мінімізувати потенційні аварії та підвищити безпеку водіння за допомогою функцій допомоги водієві як для автономних, так і для неавтономних транспортних засобів. Крім того, зв'язок V2V посилить підтримку безпеки в п'ятирівневій автономії в автономних транспортних засобах, де поєднання штучного інтелекту, технологій транспортних засобів, Інтернету речей та комунікаційних можливостей прискорить масове впровадження автономних транспортних засобів у майбутньому (Ketut, 2021).

Сьогодні завдяки зв'язку V2V за допомогою таких технологій, як DSRC на базі IEEE 802.11p і нових рішень 5G, стають можливими різні IFT, оскільки транспортний засіб може спілкуватися з транспортними засобами за межами свого безпосереднього оточення (SE Li et al., 2017).

Якщо брати характеристики самого каналу передачі, то існує можливість покращення зв'язку шляхом втручання в структуру протоколу 802.11p, яка охоплює поле, що має значення розміру інформаційного пакету. Робота (Yasser et al., 2021) зосереджена на розробці потужно адаптивної структури розміру пакетів, яка залежить від значення відношення сигнал/шум. Існують нейромережеві контролери, які навчаються за потенційними значеннями розміру

пакета, що виводяться з рівняння, отриманого шляхом практичного тестування множинної залежності між частотою помилок і розміром пакета (J. Ploeg et al., 2015). Регулювання розміру інформаційного пакета призводить до зменшення частоти помилок при передачі пакетів.

У статті (Li, Keqiang & Bian та ін., 2020) запропоновано метод предиктивного управління на основі розподіленої моделі (DMPC) для управління системами з декількома транспортними засобами в комутуваних топологіях зв'язку. Сформульовано оптимізаційну задачу з розімкненим циклом, до якої включено штрафи та обмеження на відхилення сусіда та самовідхилення для забезпечення стабільності. Алгоритм DMPC розроблено для систем з декількома транспортними засобами, що мають топологію зв'язку, яка комутується. В результаті створено контролер управління системою з декількома транспортними засобами в комутаційних топологіях зв'язку.

Наприклад, метою розробки адаптивного управління сигналами на основі людини (PB-ACA) було дослідження оптимальних планів сигналів на ізолюваному з'єднанні. У цьому дослідженні, як децентралізоване координоване управління, алгоритм координованого управління сигналами на основі людини (C-PBC) дозволяє локальному контролеру на кожному перехресті в регіоні дорожньої мережі самостійно керувати PB-ACA на основі даних підключеного транспортного засобу в межах бездротового діапазону. Для оптимізації планів сигналів на основі персоналу. Для кожного перехрестя діапазон зв'язку визначається як коло радіусом 250 м від центру перехрестя, і заплановане перехрестя може отримувати дані тільки в межах цього діапазону зв'язку (Zongyuan Wu, Ben Waterson & Bani Anvari, 2022).

Зі стрімким розвитком технологій бездротового зв'язку поведінка водія перед автомобілем може передаватися на наступний транспортний засіб для покращення роботи системи.

У цій статті пропонується система попередження зіткнення попереду (FCW), яка виявляє наміри водія попереднього транспортного засобу і передає інформацію наступному транспортному засобу за допомогою технологій зв'язку V2V. Запропонований метод розпізнавання намірів водія забезпечує кращу продуктивність системи FCW і дає наступному транспортному засобу додатковий час для плавного гальмування (W. Yang, B. Wan and X. Qu, 2020).

У всіх цих випадках моделювання є важливим етапом розробки та тестування систем. У статті (Mo, Chunmei & Li, Yinong & Ling, Zheng, 2018) описано математичну модель аналізу V2V, обгону та мінімальної дистанції обгону з використанням нечіткої логіки. Експерименти були розроблені за допомогою PreScan / MATLAB. Модель показує ефективність створеного алгоритму.

У цій роботі система попередження зіткнень була створена з використанням інформаційно-комунікаційної моделі передачі даних на основі технології бездротового зв'язку за допомогою MATLAB / Simulink (The MathWorks, Inc., 2023) [1].

2. Матеріали та методи

Технологія Wi-Fi, відома як Dedicated Short Range Communication (DSRC) між кожним транспортним засобом, і технологія GPS, яка забезпечує детальне позиціонування шляхом обміну даними з аналогічно обладнаними транспортними засобами. DSRC – це спеціальний засіб зв'язку, призначений для транспортного засобу, який забезпечує зв'язок на невеликій відстані з сусіднім транспортним засобом або з навколишнім середовищем для досягнення спільної ситуації під час руху. DSRC використовує спектр 75 МГц для автомобільного зв'язку і використовує радіотехнологію на основі IEEE 802.11р з пропускну здатністю від 3 до 27 Мбіт/с (J. V. Kenney, 2011). Для забезпечення зв'язку V2V потрібно кілька компонентів:

1. DSRC – це спеціальна радіостанція, яка працює як приймач і передавач даних.

2. GPS-приймач (Cheng et al., 2007), що відповідає за визначення положення автомобіля у просторі та часі; ці дані будуть вхідними даними для DSRC.

3. OBU (On-Board Unit), який збирає дані про стан автомобіля, такі як швидкість, кут повороту керма, прискорення, стан гальм тощо. Він також встановлює додаток і екран для відображення інформації інтерфейсу.

Ми моделюємо комунікацію (V2V) і будуємо модель за принципом «приймач-передавач». Модель є невід'ємною частиною проекту і має заздалегідь підготовлену «сцену» (модель дорожнього покриття з перешкодами для передавача), «сценарій» (маршрут руху) та «акторів» (транспорт з визначеними характеристиками). У моделі використовується базове повідомлення DSRC про безпеку радіопередачі (BSM) (SAE J2735, 2022).

Комунікація покладається на характеристики каналу для визначення ймовірності успішного

отримання повідомлення.

Підсистема Transmitter V2V генерує базове повідомлення безпеки (BSM) для кожного цільового транспортного засобу, використовуючи отриману інформацію про цього «актора». Передавач зчитує інформацію про «актора» і передає її через інерціальну навігаційну систему (INS) і глобальну навігаційну супутникову систему (GNSS) для накладення шуму на інформацію про «актора». Підсистема також трансформує інформацію про просторове розташування транспортних засобів-мішеней з декартових координат в географічні, використовуючи інформацію про «сцену». Потім підсистема генерує BSM для всіх транспортних засобів-мішеней. Блок SendMessage всередині передавача перетворює сигнал у Simulink-повідомлення і доставляє його до черги об'єктів. Черги організовані за принципом «перший прийшов – перший вийшов» (FIFO).

Підсистема приймача V2V реалізує поведінку приймача об'єкта транспортного засобу. Приймач отримує попередньо розраховані характеристики каналу як параметр маски та передану інформацію про BSM, сцену та автомобіль як вхідні дані. Коли передавач доставляє повідомлення до черги об'єктів, він запускає підсистему приймача V2V. Для кожного автомобіля-мішені приймач обчислює відстань від нього до свого автомобіля, а потім знаходить відповідну смугу пропускання, використовуючи попередньо розраховані характеристики каналу.

Коли пропускну здатність перевищує згенероване випадкове число, приймач отримує BSM і зберігає його на вихідній шині BSMOut. Черга FIFO моделює інтерфейс прийому повідомлень, який працює на основі доступності повідомлень.

Отримане повідомлення далі передається на блок обробки повідомлень, який перетворює вхідні дані BSM у фізичні величини і формує звіти про виявлення об'єктів для вхідних даних для відстеження декількох об'єктів (Карпішен Б. С., 2023).

Модель комунікації між транспортними засобами надана на рис. 1.

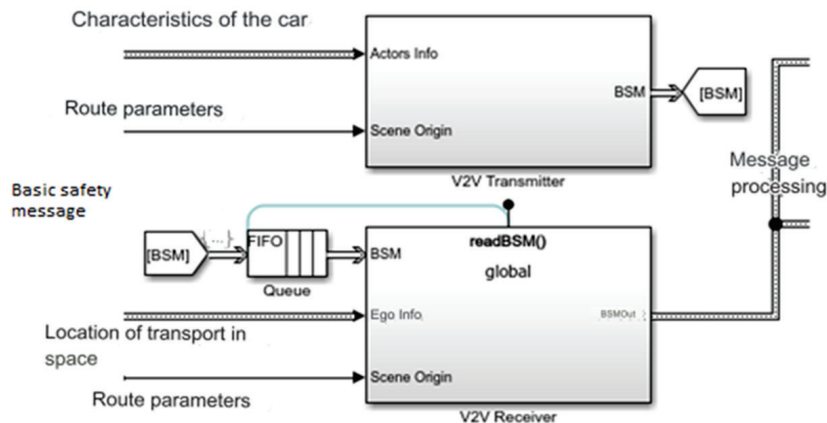


Рис. 1. Модель комунікації між транспортними засобами

3. Результати

Результати моделі показують залежність між відстанню від передавача до приймача та співвідношенням сигнал/шум (SNR) (Hasan Farahneh et al., 2020)

для різних діапазонів передачі. У цьому прикладі порівнюється різниця в 50 і 150 м.

Залежність відстані та відношення сигнал/шум представлена на рис. 2.

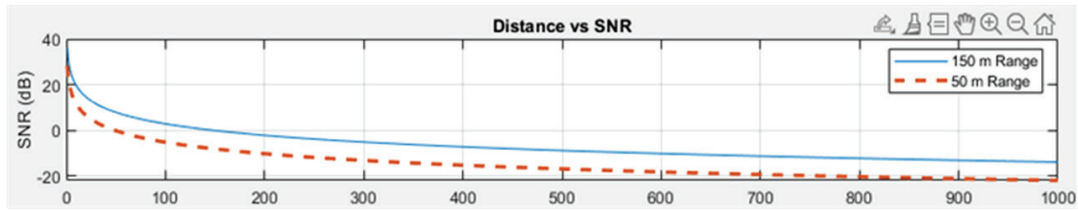


Рис. 2. Залежність відстані та відношення сигнал/шум

Ми також можемо побачити зв'язок між відстанню і пропускною здатністю для вказаного діапазону. Пропускна здатність означає очікувану ймовірність виявлення пакету. Коли дальність становить 150 м, графік показує, що ймовірність виявлення пакету майже 100 % до 150 м, а потім вона поступово

зменшується, поки не досягне 0 % приблизно на 400 м, ймовірність виявлення пакету зменшується швидше і на відстані 150 м наближається до 0 %.

Залежність від пропускної здатності представлена на рис. 3.

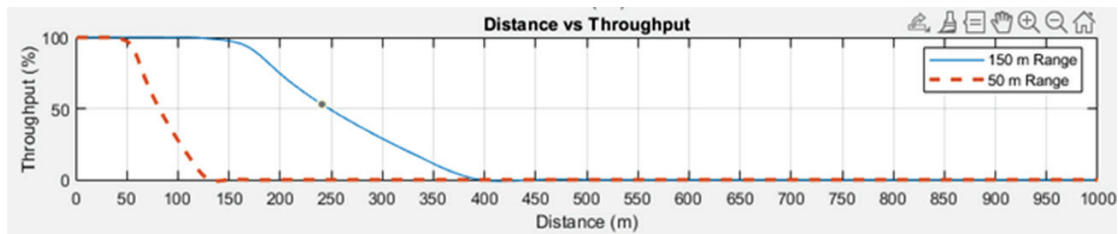


Рис. 3. Залежність від пропускної здатності

Під час роботи модель візуалізує важливі дані та видає наступну інформацію:

Співвідношення переданих та отриманих повідомлень, яке відображає кількість переданих та отриманих повідомлень на кожному часовому кроці.

Дані зв'язку V2V – відображає інформацію про передачу та прийом даних BSM та співвідношення

сигнал/шум для кожного отриманого повідомлення.

Отримане BSM-повідомлення - показує широту, довготу, швидкість, курс, довготу і широту для кожної цілі, від якої отримано BSM-повідомлення.

Візуальне відображення отриманих та переданих повідомлень від «акторів» представлено на рис. 4.

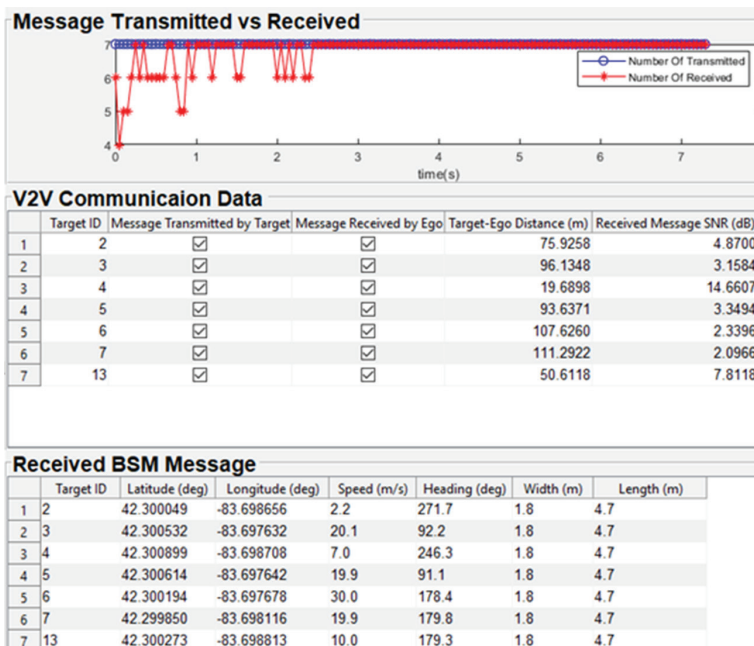


Рис. 4. Візуальне відображення отриманих та переданих повідомлень від «акторів»

Після отримання BSM для генерування попередження про можливе зіткнення розраховуються траєкторії руху цільового та сусідніх транспортних засобів з використанням їх поточного положення, швидкості та курсових кутів. Розрахункова траєкторія кожного транспортного засобу – це пряма лінія, що з’єднує початкове положення транспортного засобу та його прогнозоване положення через 20 секунд. Щоб оцінити ризик зіткнення, аналізатор перевіряє, чи перетинається передбачувана траєкторія сусіднього транспортного засобу з передбачуваною траєкторією цілі.

У разі перетину аналізатор попередження зіткнення обчислює час прибуття «актора» в точку перетину і визначає абсолютну різницю між часом прибуття обох транспортних засобів в точку перетину.

Далі час прибуття «актора» і значення часового інтервалу порівнюються з відповідними заздалегідь визначеними пороговими значеннями. За результатами порівняння встановлюється відповідний рівень попередження.

Рівень попередження відповідно до часових умов наведений у табл. 1.

Таблиця 1

Рівень попередження відповідно до часових умов

Час прибуття «актора». Умова	Умова розриву в часі	Рівень попередження
$ActArrivalTime < minArrivalTime$	$timeGap < minTimeGap$	Високий
$ActArrivalTime < minArrivalTime$	$timeGap \geq minTimeGap$	Помірний
$ActArrivalTime \geq minArrivalTime$	$timeGap < minTimeGap$	Низький
$ActArrivalTime \geq minArrivalTime$	$timeGap \geq minTimeGap$	Низький

Середній та високий рівні попередження вимагають від водія обізнаності та реагування.

Підсумки та висновки

У цій роботі запропоновано систему зв’язку в задачі попередження про можливе зіткнення. Параметри зв’язку залежать від характеристик каналу для визначення ймовірності успішного отримання повідомлення. Для реалізації бездротової передачі та прийому інформації між автомобілями була використана технологія V2V. Результатом роботи є отримання інформації від підключених транспортних засобів в зоні дії системи та реакція інформаційної системи на оброблені дані у вигляді зовнішніх сигналів. Разом з тим, дослідження в даній роботі також прискорює використання технології V2V в області інтелектуальних транспортних засобів та покращує здатність інтелектуального транспортного засобу сприймати навколишнє середовище.

Що стосується підвищення ефективності систем допомоги водієві, то деякі рішення вже існують. У випадку з вирішенням задачі забезпечення передачі повідомлень для системи попередження фронтальних зіткнень були використані технології DSRC. Результати експериментів FCW показали, що система забезпечила більш раннє попередження, ніж попередній результат. Запропонована система не тільки надавала ранні попередження для запобігання зіткненням ззаду, але й сприяла більш ефективному гальмуванню (W. Yang, B. Wan and X. Qu, 2020).

Завдяки нещодавнім проривам у бездротових мережах управління, якість бездротового зв’язку можна контролювати передбачуваним чином (Zhang et al.,

2014), що відкриває двері для спільного проектування бездротової автомобільної мережі (SE Li et al., 2017).

Завдяки спільному управлінню рухом декількох транспортних засобів, з’єднаних бездротовим зв’язком, можливі деякі або всі наступні переваги транспортної системи:

- Пропускна здатність дороги може бути збільшена за рахунок зменшення проміжків між транспортними засобами.
- Споживання енергії та викиди забруднюючих речовин можна зменшити за рахунок зменшення непотрібних змін швидкості та аеродинамічного опору транспортних засобів, що рухаються слідом.
- Потенційно підвищується безпека водіння, оскільки час виявлення та реагування скорочується порівняно з автомобілями з ручним керуванням.
- Комфорт споживачів можна покращити, оскільки поведінка системи краще реагує на зміни в дорожньому русі, а коротші інтервали руху можуть стримувати включення інших транспортних засобів (Z. Wang et al., 2020).

Модель демонструє роботу системи за принципом «приймач-передавач» з використанням DSRC-зв’язку за допомогою програмного забезпечення MATLAB/Simulink. Отримана модель дозволяє проводити різноманітні системні аналізи для подальшого вдосконалення інформаційно-комунікаційних систем в автомобілях.

Список літератури:

[1] Гоблик Н. М., Гоблик В. В. MATLAB в інженерних розрахунках. Комп’ютерний практикум. – Львів: Львівська політехніка, 2020. – 192 с.

Надійшла до редколегії 18.09.2023