

УДК 004:656.13

DOI: 10.31673/2412-9070.2021.055459

Ю. Ю. ВОЇНОВ, студент;

А. П. БОНДАРЧУК, доктор техн. наук, професор;

К. П. СТОРЧАК, доктор техн. наук, професор,

Державний університет телекомунікацій, Київ

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ АВТОНОМНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ ВИКОРИСТАННЯ В МЕРЕЖАХ SMART CITY

Наведено передумови використання автономних автомобілів. Також визначено цілі, яких намагаються досягти їх застосуванням, і проблеми, котрі заважають даній концепції. Здійснено аналіз потенційно використовуваних комунікаційних технологій у автономних транспортних засобах. В аналізі досліджувались такі технології: 5G, LTE, eSIM, Wi-Fi, DSRC, Bluetooth та ZigBee.

Ключові слова: автономні транспортні засоби; транспортні мережі; самокеровані автомобілі; інтелектуальні транспортні системи; інтернет транспортних засобів.

Вступ

Нині понад половини населення світу мешкає в містах. За даними ООН, до 2050 року до них приєднається ще 2,5 млрд людей. І більшість із цих громадян матиме автівку. За оцінками Світового банку, до 2030 року на дорогах буде більш як 1,2 млрд автомобілів. Вочевидь, що ефективно пересування людей центрами міста із мінімальним впливом на навколишнє середовище є зростаючою проблемою для міських планувальників. Їхня найкраща надія в розв'язанні цього питання — розумне місто. Давачі встановлюються всередині інфраструктури, як вуличні ліхтарі, в будівлі і навіть у дорожній покриття. Але в центрі цієї мережі буде підімкнено транспорт.

До списку невід'ємних компонентів, без яких автомобіль не є автономним автомобілем, належать ультразвукові давачі, камери, радары, інфрачервоний порт, лідари, локальні процесори даних та пристрої глобальної системи позиціонування (GPS). Ультразвуковий давач допомагає виявляти об'єкти і визначати розміщення. Бортові камери забезпечують безпечний рух автомобіля. Радар використовує технологію радіохвиль для визначення розставлення, кута та швидкості навколишніх об'єктів. Інфрачервоний порт забезпечує нічне бачення для безпілотних автомобілів. Лідар допомагає у вимірюванні діапазонів і виявленні стоп-сигналів. Локальні процесори даних дають змогу виконувати автоматичне вирахування в реальному часі, що уможлиблює швидке прийняття рішення під час подорожі. Також незамінною складовою автономного автомобіля є штучний інтелект.

Метою статті є аналіз та дослідження технологій автономних транспортних засобів для використання в мережах smart city.

Основна частина

Автономні автомобілі полегшують навантаження водіїв-людей, виконуючи інтелектуальні операції, зокрема запобігання зіткненням, попередження про виїзд зі смуги руху та виявлення дорожніх знаків. Окрім того, технології автономного керування можуть ефективно керувати транспортним потоком і зменшувати затори, а також підвищувати економію палива, знижуючи викиди [1].

Нині концепція автономних автомобілів стає реальністю завдяки стандарту 5-го покоління (5G), що забезпечує низьку затримку та високу швидкість передавання даних. Автономні автомобілі надсилають і отримують дані з кількох джерел, таких як світлофори та паркувальні місця, автономні транспортні засоби та хмара, для яких потрібні високонадійні комунікаційні технології. Ключовими технологіями, задіяними в 5G, є міліметрові хвилі, формування променя, зв'язок між пристроями та технологія малих сот. Автономні автомобілі нещодавно було досліджено в контексті виділеного зв'язку на короткі відстані (DSRC) та стандарту стільникового зв'язку між транспортними засобами. Кілька незамінних характеристик, зокрема низька затримка, висока пропускна здатність, сегментування мережі, гнучкість, високоспрямованість, більш короткі довжини хвиль і доступність цих технологій роблять їх надзвичайно зручними для автономних автомобілів [2]. Крім того, поєднання мереж 5G з віртуалізацією мережних функцій (NFV) і програмно-конфігурованою мережею (SDN) перетворює його на дуже потужне для автономних автомобілів. Також розроблення надійних модулів eSIM, які можна припаяти, надасть виробникам практичний спосіб підімкнути свої автопарки до мережі 5G.

Довгострокова еволюція для транспортних засобів (LTE-V) — це технологія, керована базовими станціями. Нині LTE-V ґрунтується на технології 4G, однак у майбутньому її може бути розширено до 5G. Технологія LTE-V забезпечує широке охоплення та підтримання сценаріїв високошвидкісного автономного водіння порівняно з DSRC. Безпроводовий зв'язок Wi-Fi та DSRC належить до сімейства IEEE 802.11. В автономних автомобілях Wi-Fi можна використовувати для поширення інформації та доступу в інтернет [2]. DSRC — це вдосконалена технологія Wi-Fi, яка є високоефективною та спеціально розробленою для автомобільних програм. Bluetooth — це малопотужна технологія зв'язку малого радіуса дії та недорогий зв'язок. Однак ця технологія не може бути використана для автономних транспортних засобів у реальному часі.

Відмітні риси ZigBee, зокрема низька вартість розгортання, простота обслуговування та тривалий час автономної роботи, роблять його придатним для зв'язку між транспортними засобами та інфраструктурою. Надширокосмуговий (UWB) переважно використовується для безпроводового зв'язку всередині транспортного засобу [2]. Спільна ретрансляція та гнучка маршрутизація між автомобілями можуть допомогти в подоланні переривчастої інфраструктури зв'язку [3].

До нових технологій для автономних автомобілів належать: периферійні обчислення, хмарні обчислення для транспортних засобів (VCC), SDN, NFV та іменовані мережі передавання даних (NDN). Розвиток периферійних обчислень дав змогу автономним автомобілям ефективно обробляти дані та визначати закономірності в режимі реального часу, переміщуючи дані давачів близько до автомобільної мережі, що зумовлює швидке прийняття рішень [4]. Підходи на основі SDN здатні забезпечити взаємодію між різнорідними даними, що генеруються електронними модулями керування автономних автомобілів. Взаємодія між цими джерелами даних може принести інновації та нові інтелектуальні функції, значно покращивши безпеку та зручність для пасажирів. VCC має помітний вплив на автономні автомобілі з погляду керування дорожнім рухом та безпеки дорожнього руху завдяки використанню ресурсів автомобіля, а саме комп'ютерів, сховища та інтернету для прийняття рішень. Щодо автономних автомобілів, NFV дає змогу зосередити транспортні

засоби з підтриманням 5G на тих послугах та місцях, які переважно необхідні. До того ж NFV допомагає в забезпеченні можливості поділу мережі, спричинюючи формування кількох логічних мереж поверх інфраструктури автомобільної мережі на базі 5G, де кожен сегмент виокремлено та захищено для певної функції. Однією з основних переваг поділу мережі є його здатність гарантувати, що автономні автомобілі матимуть доступ до критично важливих даних, які потрібно безпечно використовувати. NDN усуває проблеми, пов'язані з адресами, та забезпечує кешування в мережі та безпечний обмін даними між автономними автомобілями [5].

Висновки

Успішне розгортання автономного автомобіля, ймовірно, зумовить 90% запобігання дорожньо-транспортним пригодам. Однак хоча автономні автомобілі зазвичай оснащено потужними обчислювальними та сенсорними технологіями, існує багато невід'ємних проблем, пов'язаних із комунікаційними та мережними технологіями, конфіденційністю та безпекою, аналітикою даних у реальному часі, передаванням даних та обмеженою пропускну здатністю, що заважають розвитку автономним транспортним засобам.

Список використаної літератури

1. Hussain R., Zeadally S. *Autonomous cars: Research results, issues, and future challenges* // *IEEE Communications Surveys & Tutorials*. 2018. Vol. 21, no. 2. P. 1275–1313.
2. Wang J., Liu J., Kato N. *Networking and communications in autonomous driving: A survey* // *IEEE Communications Surveys & Tutorials*. 2018. Vol. 21, no. 2. P. 1243–1274.
3. Wang Z., Chen Y., Li C. *Corman: A novel cooperative opportunistic routing scheme in mobile ad hoc networks* // *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*. 2012. Vol. 30, no. 2. P. 289–296.
4. Altun M., Celenk M. *Road scene content analysis for driver assistance and autonomous driving* // *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*. 2017. Vol. 18, no. 12. P. 3398–3407.
5. *Named data networking in vehicular ad hoc networks: State-of-the-art and challenges* / H. Khelifi, S. Luo, B. Nour [et al.] // *IEEE Communications Surveys & Tutorials*. In Press, 2019.

Ю. Ю. Воинов, А. П. Бондарчук, К. П. Старчак

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ АВТОНОМНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В СЕТЯХ SMART CITY

Приведены предпосылки использования автономных автомобилей. Также определены цели, которых пытаются достичь их применением, и проблемы, мешающие данной концепции. Проведен анализ потенциально используемых коммуникационных технологий в автономных транспортных средствах. В анализе исследовались следующие технологии: 5G, LTE, eSIM, Wi-Fi, DSRC, Bluetooth и ZigBee.

Ключевые слова: автономные транспортные средства; транспортные сети; самоуправляемые автомобили; интеллектуальные транспортные системы; интернет транспортных средств.

Yu. Yu. Vainov, A. P. Bondarchuk, K. P. Storchak

RESEARCH OF TECHNOLOGIES OF AUTONOMOUS VEHICLES FOR USE IN SMART CITY NETWORKS

The article presents the prerequisites for the use of autonomous cars. The goals that try to achieve their use and the problems that hinder this concept are also identified. The analysis of potentially used communication technologies in autonomous vehicles is carried out. The following technologies were investigated in the analysis: 5G, LTE, eSIM, WiFi, DSRC, Bluetooth and ZigBee. The very concept of autonomous transport has become a reality thanks to the fifth generation (5G) standard, which provides low latency and high data rates. Specialized equipment used by an autonomous vehicle moving on highways is indicated: artificial intelligence, cameras, radar, leader.

The analysis of new technologies was also carried out, which included: peripheral computing, cloud computing for vehicles (VCC), SDN, NFV and named data networks (NDN). With the advancement of edge computing, autonomous vehicles have been able to efficiently process data and find patterns over time, moving sensor data closer to the automotive network, leading to faster decision making. With interoperability, autonomous vehicles can mitigate risks using SDN. VCC has a big impact on autonomous vehicles through traffic management and road safety by leveraging vehicle resources such as computers, storage and the Internet to generate solutions. NFV provides the ability to distribute network functions with an emphasis on processing power so that they can be used efficiently. NFV enables 5G-enabled autonomous vehicles to focus on the services and locations that matter most.

Autonomous vehicles make it easier for human drivers to perform intelligent operations such as collision avoidance, lane departure warning and traffic sign detection. At the same time, autonomous vehicles strive to reduce fuel consumption and the number of accidents, as well as improve the mobility of people with reduced mobility and the elderly. Autonomous transport can reduce the large number of accidents that occur due to unsteady driving, bad weather or pedestrian disruptions, as well as speeding and human error. By successfully completing the development of an autonomous vehicle, accidents can be prevented by 90%.

Keywords: autonomous vehicles; vehicular networks; self-driving cars; intelligent transportation systems; Internet of vehicles.

ЗВ'ЯЗОК

Наукове фахове видання

Редакційна обробка та коректура

Т. В. Ількевич

Комп'ютерна верстка та дизайн

Г. С. Тимченко

Відповідальний за випуск

І. І. Тищенко

Формат 60×84/8. Папір друкарський.
Гарнітура SchoolBookC, EuropeCond. Зам. 232
Наклад 300 прим.

Державний університет телекомунікацій
03110, м. Київ, вул. Солом'янська, 7
Тел. (044) 249-25-75
E-mail: zviaz-ok@ukr.net