

ПРОБЛЕМЫ И ТРЕБОВАНИЯ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИИ V2X

М. А. М. Аль-Свейти, А. Н. Волков, А. С. А. Мутханна*

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций
им. проф. М. А. Бонч-Бруевича,
Санкт-Петербург, 193232, Российская Федерация

*Адрес для переписки: ammagexpress@gmail.com

Аннотация—В статье проводится обзор технологий 5G и V2X, являющихся ключевыми в реализации концепции инфраструктуры беспилотных автомобилей, так как именно с помощью них будет производиться обмен и передача информации между объектами инфраструктуры, пешеходами, другими автомобилями и сетями. **Предмет исследования.** Требования для реализации технологии V2X. **Основные результаты.** В статье приводится обзор технологий для реализации V2X, а также подробно описано оснащение беспилотных автомобилей на примере различных крупных компаний и описана работа компонентов, отвечающих за распознавание, таких как камеры, лидары и радары. **Практическая значимость.** Полученные результаты могут использованы в рамках практических исследований и разработок в области интеграции технологий V2X в сети 5G/IMT-2020 и последующего поколения.

Ключевые слова—5G, V2X, AV, IEEE 802.11p.

Информация о статье

УДК 004.77

Язык статьи – русский.

Поступила в редакцию 16.08.20, принята к печати 23.09.20.

Ссылка для цитирования: Аль-Свейти М. А. М., Волков А. Н., Мутханна А. С. А. Проблемы и требования для реализации технологии V2X // Информационные технологии и телекоммуникации. 2020. Том 8. № 3. С. 20–26. DOI 10.31854/2307-1303-2020-8-3-20-26.

CHALLENGES AND REQUIREMENTS FOR IMPLEMENTING V2X TECHNOLOGY

M. A. M. Al-Sweity, A. Volkov, A. Muthanna*

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunications,
St. Petersburg, 193232, Russian Federation

*Corresponding author: ammarexpress@gmail.com

Abstract—Research subject. The article provides an overview of 5G and V2X technologies, which are key in the implementation of the concept of infrastructure for self-driving cars, since they will be used to exchange and transfer information between infrastructure facilities, pedestrians, other cars and networks. Requirements for the implementation of V2X technology. **Core results.** The article provides an overview of technologies for the implementation of V2X, and also describes in detail the equipment of unmanned vehicles using the example of various large companies and describes the operation of components responsible for recognition, such as cameras, lidars and radars. **Practical relevance.** The results obtained can be used in the framework of practical research and development in the field of integrating V2X technologies in the 5G / IMT-2020 network and beyond.

Keywords—5G, V2X, AV, IEEE 802.11p.

Article info

Article in Russian.

Received 16.08.20, accepted 23.09.20.

For citation: Al-Sweity M. A. M., Volkov A., Muthanna A.: Challenges and Requirements for Implementing V2X Technology // Telecom IT. 2020. Vol. 8. Iss. 3. pp. 20–26 (in Russian). DOI 10.31854/2307-1303-2020-8-3-20-26.

Введение

Автономные транспортные средства могут значительно повысить безопасность, пропускемость дорог, в будущем, когда автомобили с автономным управлением станут повсеместными. Стоит отметить, что для достижения этой цели требуются значительные инвестиции в разработку моделей машинного обучения для интерпретации трафика и инфраструктуры для беспроводных сетей с малой задержкой. Поскольку мобильные сети 5G все еще находятся на ранних стадиях развертывания, до подключения беспилотных автомобилей к 5G еще пройдет несколько лет. На данный момент, операторы инвестируют в сети 5G и таким образом, зависимые исследования в области автономного вождения ускоряются. Есть несколько подходов или потенциально, результатов - которые возможны с автономными транспортными средствами. Связь между транспортными средствами (V2V), как следует из названия, соединяет автомобили друг с другом для обмена данными о маршруте и скорости. Связь между транспортными средствами (V2X) обеспечивает более широкие возможности связи, позволяя автоматизировать связь с парковочными счетчиками, парковочными гаражами, или к примеру, потенциально позволяя выключать уличные фонари, если нет водителей. на задан-

ной дороге. Построение этих интеграций требует не только интеграции технологий в транспортные средства, но и существенного переосмыслиния того, как строится общественная инфраструктура [1].

Широкая доступность сетей 5G/IMT-2020 является необходимостью для развертывания автономного транспортного средства с поддержкой 5G. Электрический автопроизводитель Tesla в настоящее время предлагает полуавтономные возможности вождения, хотя при этом сети используются только в качестве вторичного средства связи [1]. Для правильной работы всех дорожных систем и понимания беспилотными автомобилями своего места в окружении, сети 5G должны быть повсеместно распространены.

Для того, чтобы начать использовать технологию автономных автомобилей, многие эксперты согласны с необходимостью широкомасштабного внедрения 5G – как беспроводной технологии следующего поколения. Текущая сеть 4G достаточно быстра для потоковой передачи контента в формате HD и воспроизведения онлайн-игр, но она не может поддерживать более безопасные и интеллектуальные автономные автомобили. Нынешняя сеть 4G недостаточно производительна, чтобы обеспечить мгновенную работу новых сервисов для обработки данных автономными транспортными средствами на уровне человеческих рефлексов [2].

Технология 5G

Это новый глобальный стандарт беспроводной связи после сетей 1G, 2G, 3G и 4G. 5G создает сеть нового типа, которая предназначена для соединения практически всех и всего вместе, включая машины, объекты и устройства.

Беспроводная технология 5G предназначена для обеспечения максимальной пиковой скорости передачи данных со скоростью нескольких Гбит/с, сверхнизкой задержки, большей надежности, огромной пропускной способности сети, повышенной доступности и более единообразного взаимодействия с пользователем для большего числа пользователей [9]. Более высокая производительность и повышенная эффективность расширяют возможности новых пользователей [10] и связывают новые отрасли.

Технология V2X

V2X является общим термином для системы связи автомобиля, где информация от датчиков и других источников передается по каналам с высокой пропускной способностью, низкой задержкой и высокой надежностью, прокладывая путь к полностью автономному вождению. Существует несколько компонентов V2X, включая связь «транспорт-транспорт» (V2V), связь «транспорт-инфраструктура» (V2I), связь «транспорт-пешеход» (V2P) и связь «транспорт-сеть» (V2N). В этой многоплановой экосистеме автомобили будут общаться с другими автомобилями, с инфраструктурой, такой как светофоры или парковочные места, с пешеходами, использующими смартфон, и с центрами обработки данных через сотовые сети. Различные варианты использования будут иметь различные наборы требований, которые система связи должна обрабатывать эффективно и с минимальными затратами. На рис. изображены различные виды связи V2X.

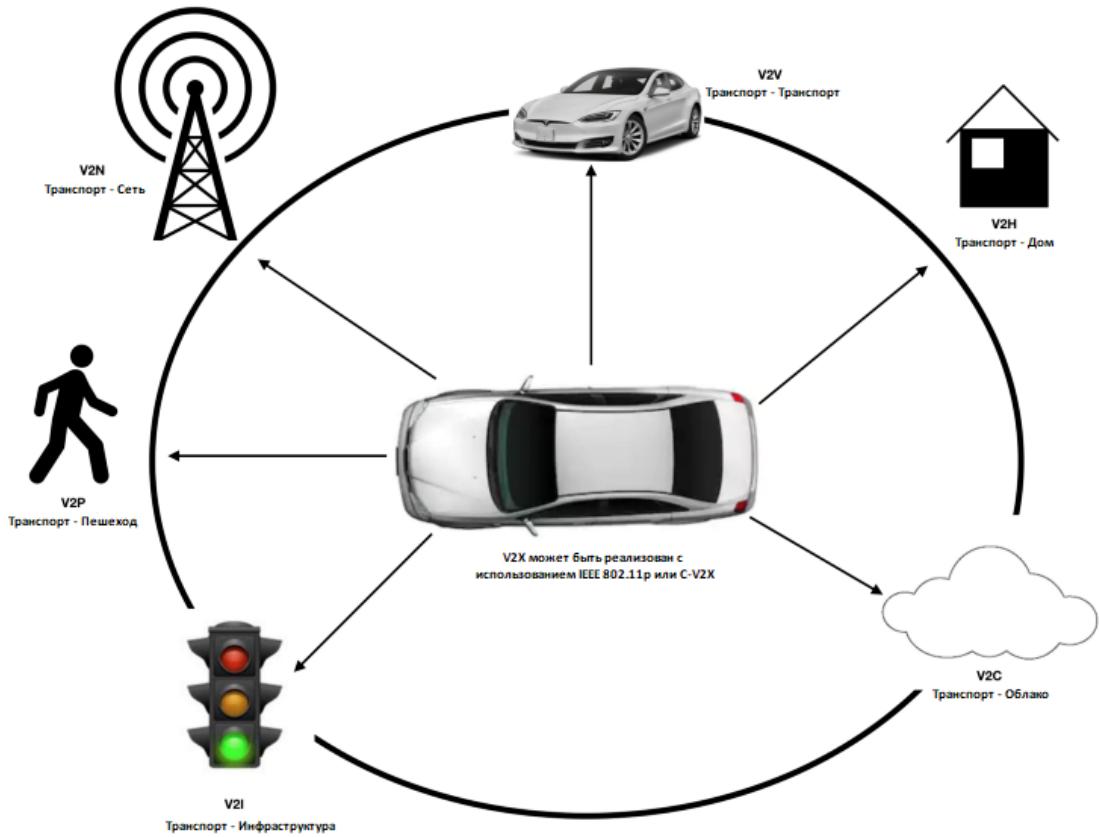


Рис. Виды связи V2X

Связанные транспортные средства и технологии автономных автомобилей часто рассматриваются как отдельные технологии, но на самом деле они ортогональны друг другу. Эффективная связь между этими двумя технологиями усиливает их взаимодействие в направлении лучшей реализации интеллектуальной транспортной системы. Связь между транспортными средствами (V2V) и между транспортными и инфраструктурой (V2I) позволяет автомобилям взаимодействовать друг с другом и с аппаратными устройствами инфраструктуры, такими как RSU, для поддержки множества приложений. Сотрудничество между транспортными средствами и инфраструктурой может быть распространено на приложения, к примеру, для организации совместной группы, где автомобили обмениваются данными о своей мобильности для поддержания целостности группы, или для системы совместного информирования о дорожном движении, где автомобили делятся своими запланированными маяками для построения проекций движения. Аналогичным образом, автономные автомобили могут также взаимодействовать друг с другом в других ситуациях. Например, обмен сенсорных данных с другими участниками движения не только поможет им в различных ситуациях, таких как маневры, но также сделает вождение более безопасным. Сотрудничество между автономными автомобилями может иметь и много других важных преимуществ. Например, совместная оценка состояния с обменом информацией о траектории между автономными автомобилями может сделать навигацию более эффективной и плавной, а также помочь автономным автомобилям в случае отказа одной из ее подсистем. Другие применения кооперативной связи между

автономными автомобилями включают кооперативную локализацию посредством оптимизированной конфигурации датчиков и координации движения [5].

Первоначальный стандарт V2X основан на ответвлении Wi-Fi, IEEE 802.11p (часть программы IEEE WAVE или Wireless Access for Automotive Environment), работающей в нелицензированном диапазоне частот 5,9 ГГц. Стандарт IEEE 802.11p, который был завершен в 2012 году, подкрепляет выделенную связь на коротких расстояниях (DSRC) в США и ITS-G5 в рамках инициативы европейских кооперативных интеллектуальных транспортных систем (C-ITS) [11]. Связь V2X через 802.11p выходит за рамки датчиков с ограничением прямой видимости, таких как камеры, радар и LIDAR, и охватывает случаи использования V2V и V2I, такие как предупреждения о столкновениях, оповещения об ограничении скорости, а также электронная парковка и плата за проезд. Функциональные характеристики стандарта 802.11p включают малую дальность (менее 1 км), низкую задержку (~2 мс) и высокую надежность – согласно данным Министерства транспорта США, он «работает в условиях высокой скорости передвижения транспортных средств и обеспечивает устойчивость к экстремальным погодным условиям (например, дождь, туман, снег и т. д.)». По сути, 802.11p расширяет возможности транспортного средства «видеть» окружающую его среду даже в неблагоприятную погоду. IEEE 802.11p не зависит от наличия покрытия сотовой сети и решений бортовых устройств (OBU) и придорожных блоков (RSU) [3].

Перспективной альтернативой IEEE 802.11p является C-V2X или Cellular V2X, основными сторонниками которого являются 5G Automotive Association и производитель микросхем Qualcomm. Основным преимуществом C-V2X является то, что он имеет два режима работы, которые между ними покрывают большинство возможных ситуаций. Первый – это прямая связь C-V2X с малой задержкой по интерфейсу PC5 в нелицензированном диапазоне 5,9 ГГц, предназначенная для активных сообщений о безопасности, таких как немедленные предупреждения об опасности на дорогах и другие ситуации ближнего V2V, V2I и V2P. Этот режим тесно связан с тем, что предлагает существующая технология IEEE 802.11p, которая также использует полосу 5,9 ГГц. Второй режим – это связь через интерфейс Uu в обычной сотовой сети с лицензированной полосой, и он может обрабатывать случаи использования V2N, такие как информационные развлечения и терпимые к задержке сообщения о безопасности, касающиеся опасностей на дорогах более дальнего радиуса действия или условий движения. Поскольку он не использует сотовую связь, IEEE 802.11p может соответствовать этому режиму только путем создания специальных соединений с придорожными базовыми станциями [3]. 5GAA, консорциум, поддерживающий C-V2X, имел восемь членов-учредителей, когда он начал свою работу в 2017 году. Сейчас в нем 120 членов. В число участников входят такие производители, как Audi, BMW, Daimler, Ford Motor, GM, Honda, Hyundai, Nissan, Volkswagen и Volvo. Как и такие технологические компании, как Intel, Samsung и Qualcomm; компании по производству автоэлектроники, такие как Alpine, Continental и Bosch; производители сетевого оборудования, включая Nokia и Ericsson; и операторы AT & T, T-Mobile, Verizon и Vodafone. C-V2X уже работает в современных сетях 4G. 3GPP, отраслевая группа, которая разрабатывает стандарты беспроводных сетей, внедрила технологию C-V2X, позволяющую автомобилям передавать основную информацию о вождении по сетям 4G [4].

Заключение

На сегодняшний день, сети нового поколения 5G находятся на этапе внедрения и доработки. Данные сети будут обладать сверхвысокой плотностью, ультрамалыми задержками и высокими скоростями передачи данных.

Основными характеристиками для 5G являются: агрегация частот, технология радиодоступа Multi-RAT, потребляемая мощность, задержки сигналов (*Latency*), надежность и безопасность, SD-RAN.

Категории услуг в 5G, которые считаются основными:

- Сверхширокополосная мобильная связь, обеспечивающая высокую пропускную способность и скорость передачи данных.
- Сверхнадежная межмашинная связь с низкими задержками – данный тип сервиса выделяется низкими задержками передачи данных (<1 мс в одну сторону) с очень высокой надежностью и доступностью соединения.
- Массивная межмашинная коммуникация находится в области применения услуг и приложений с возможностью подключения очень большого числа устройств Интернет вещей (IoT).

Были рассмотрены технологии V2X. Система автомобильной связи (V2X) включает в себя такие виды связи, как:

- «транспорт-транспорт» (V2V);
- «транспорт-инфраструктура» (V2I);
- «транспорт-пешеход» (V2P);
- «транспорт-сеть» (V2N).

Было рассмотрено два стандарта, на которых основана связь V2X. Стандарт 802.11p выходит за рамки датчиков с ограничением прямой видимости, таких как камеры, радар и LIDAR, и охватывает случаи использования V2V и V2I. Также были рассмотрены преимущества стандарта C-V2X или Cellular V2X над 802.11p, Основным преимуществом C-V2X является то, что он имеет два режима работы, которые между ними покрывают большинство возможных ситуаций. Благодаря использованию мобильной сотовой связи 4G или 5G, C-V2X имеет более широкий диапазон возможностей по сравнению с DSRC 802.11p. Также было проанализировано внедрение технологии C-V2X различными автомобильными производителями.

Литература

1. Tsubouchi, Takashi. (1999). Positioning Technologies for Autonomous Vehicles. A Review of Positioning Technologies for Autonomous Vehicles // Journal of the Japan Society for Precision Engineering. 1999. No. 65. pp. 1385–1388.
2. Raissi, Fatma; Ouedraogo, Clovis Anicet; Yangu, Sami; Camps, Frederic; Hadj-Alouane, Nejib Bel. Paving the Way for Autonomous Cars in the City of Tomorrow: A Prototype for Mobile Devices Support at the Edges of 5G Network // ICSOC 2018. International Conference on Service-Oriented Computing. 2019. pp. 481–485.
3. Grillias, Dimosthenis. (2020). Vehicle-to-Everything (V2X) communications Security and challenges of V2X communications // International Journal of Vehicle Safety. 3 p.
4. Eliot, Lance. (2018). 5G and AI Self-Driving Cars.
5. Hussain, Rasheed; Zeadally, Sheralli. Autonomous Cars: Research Results, Issues, and Future Challenges // IEEE Communications Surveys & Tutorials. Vol. 21, 10 September 2018. pp. 1275–1313.
6. Атея А. А., Мутханна А. С., Кучерявый А. Е. Интеллектуальное ядро для сетей связи 5G и тактильного интернета на базе программно-конфигурируемых сетей // Электросвязь. 2019. № 3. С. 34–40.

7. Мутханна А.С. Интеллектуальная распределенная архитектура сети связи для поддержки беспилотных автомобилей // Электросвязь. 2020. № 7. С. 29–34.
8. Vladko, A.; Khakimov, A.; A. Muthanna et al. Distributed Edge Computing to Assist Ultra-Low-Latency VANET Applications // Future Internet. 2019. Vol. 11, Issue 6. P. 128.
9. Программируемые сети SDN / А. Г. Владыко, А. С. Мутханна, Р. В. Киричек, А. Н. Волков, М. А. Маколкина, А. И. Парамонов. СПб.: Издательство «Лигр», 2019. 120 с. ISBN 978-5-907207-41-7.
10. Бородин А. С., Кучерявый А. Е. Сети связи пятого поколения как основа цифровой экономики // Электросвязь. 2017. № 5. С. 45–49.
11. Volkov, A., Ateya, A. A., Muthanna, A., & Koucheryavy, A. (2019). Novel AI-Based Scheme for Traffic Detection and Recognition in 5G Based Networks // In Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics) (Vol. 11660 LNCS, pp. 243–255). Springer Verlag. https://doi.org/10.1007/978-3-030-30859-9_21

References

1. Tsubouchi, Takashi. (1999). Positioning Technologies for Autonomous Vehicles. A Review of Positioning Technologies for Autonomous Vehicles // Journal of the Japan Society for Precision Engineering. 1999. No. 65. pp. 1385–1388.
2. Raissi, Fatma; Ouedraogo, Clovis Anicet; Yangui, Sami; Camps, Frederic; Hadj-Alouane, Nejib Bel. (2019). Paving the Way for Autonomous Cars in the City of Tomorrow: A Prototype for Mobile Devices Support at the Edges of 5G Network // ICSOC 2018. International Conference on Service-Oriented Computing. 2019. pp. 481–485.
3. Grillias, Dimosthenis. (2020). Vehicle-to-Everything (V2X) communications Security and challenges of V2X communications. International Journal of Vehicle Safety. 3 p.
4. Eliot, Lance. (2018). 5G and AI Self-Driving Cars.
5. Hussain, Rasheed; Zeadally, Sheralli. Autonomous Cars: Research Results, Issues, and Future Challenges // IEEE Communications Surveys & Tutorials. Vol. 21, 10 September 2018. pp. 1275–1313.
6. Ateya, A. A., Muthanna, A. S., Koucheryavy, A. E. Intelligent core network for 5G and tactile internet systems based on software defined networks // Electrosvyaz. 2019. No. 3. pp. 34–40 (in Russian).
7. Muthanna A. S. Distributed intelligent communication network architecture for unmanned vehicles // Electrosvyaz. 2020. No. 7. pp. 29–34 (in Russian).
8. Vladko, A.; Khakimov, A.; A. Muthanna et al. Distributed Edge Computing to Assist Ultra-Low-Latency VANET Applications // Future Internet. 2019. Vol. 11, Issue 6. P. 128.
9. Программируемые сети SDN / Vladko A. G., Muthanna A. S., Kirichek R. V., Volkov A. N., Makolkina M. A., Paramonov A. I. SPb.: Izdatel'stvo «Ligr», 2019. 120 s. ISBN 978-5-907207-41-7 (in Russian).
10. Borodin A. S., Koucheryavy A. E. Fifth generation networks as a base to the digital economy // Electrosvyaz. 2017. No. 5. pp. 45–49.
11. Volkov, A., Ateya, A. A., Muthanna, A., & Koucheryavy, A. (2019). Novel AI-Based Scheme for Traffic Detection and Recognition in 5G Based Networks. In Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics) (Vol. 11660 LNCS, pp. 243–255). Springer Verlag. https://doi.org/10.1007/978-3-030-30859-9_21

Аль-Свейти Малик А. М. – магистрант кафедры Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, ma_sweity@mail.ru

Al-Sweity Malik A. M. – Undergraduate, The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunications, ma_sweity@mail.ru

Волков Артем Николаевич – аспирант Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, artemany.work@gmail.com

Volkov Artem – Postgraduate student, The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunications, artemany.work@gmail.com

Мутханна Аммар Салех Али – кандидат технических наук, доцент кафедры Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, ammarexpress@gmail.com

Muthanna Ammar – Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunications, ammarexpress@gmail.com