

УДК 612.76

Е.А. ХОЛОД

младший научный сотрудник отдела систем активной безопасности и управления<sup>1</sup>  
E-mail: egor930301@gmail.com

Н.В. КАРПУК

заместитель начальника отдела систем активной безопасности и управления<sup>1</sup>  
E-mail: hbkarpuke@tut.by

В.А. ДУБОВСКИЙ, канд. техн. наук

старший научный сотрудник отдела систем активной безопасности и управления<sup>1</sup>  
E-mail: vdubovsky.email@gmail.com

М.В. ИСАЕВИЧ

заместитель начальника НТЦ — начальник СКБ<sup>2</sup>  
E-mail: skb@ekranbel.com

<sup>1</sup>Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси, г. Минск, Республика Беларусь

<sup>2</sup>ОАО «Экран», г. Борисов, Республика Беларусь

Поступила в редакцию 05.10.2022.

## ОБОБЩЕННАЯ СТРУКТУРА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ КОММУНИКАЦИОННОЙ ПЛАТФОРМЫ V2X В СОСТАВЕ БОРТОВОЙ ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

*В настоящее время крупнейшие мировые автопроизводители уделяют особое внимание развитию технологий автоматизированного вождения. Повышение уровня автоматизации транспортных средств (ТС) позволяет повысить безопасность и эффективность дорожного движения. В этих целях применяется набор алгоритмов на основе искусственного интеллекта, специализированные приборы и датчики для навигации и оценки дорожной обстановки. Еще одним путем повышения уровня автоматизации является применение технологий V2X, которые позволяют ТС обеспечить беспроводной обмен сообщениями со всеми участниками дорожного движения. Для реализации этих функций требуется наличие специальных сервисов и услуг, высокое качество транспортной инфраструктуры, специализированное придорожное оборудование, а также бортовые коммуникационные платформы, в состав которых входят модули V2X. В работе представлен обзор известных бортовых модулей V2X, указаны основные функции разрабатываемой коммуникационной платформы V2X. Отмечены международные регламентирующие стандарты для технологий DSRC и C-V2X, в том числе рекомендации и требования к аппаратной части бортового оборудования. Определен дополнительный состав программного обеспечения (ПО) бортовой информационно-аналитической системы (БИАС) для взаимодействия с коммуникационной платформой V2X. Описана структурная схема и рассмотрен предварительный пакет ПО макетного образца коммуникационной платформы V2X. Уточнены требования к аппаратным и программным ресурсам.*

**Ключевые слова:** технология DSRC, технология C-V2X, платформа V2X, бортовая информационно-аналитическая система, интерфейс CAN

DOI: <https://doi.org/10.46864/1995-0470-2022-4-61-80-85>

**Введение.** С целью повышения уровня автоматизации ТС [1] мировые автопроизводители применяют широкий ряд бортовых устройств и систем, в том числе системы с поддержкой V2X-связи.

Связь V2X (Vehicle-to-Everything) подразумевает один из двух видов технологии, а именно C-V2X (Cellular-V2X) и DSRC (Dedicated Short-Range Communications). Включает в себя следующие виды коммуникации: «транспорт — транс-

порт V2V», «транспорт — инфраструктура V2I», «транспорт — пешеход V2P», «транспорт — сеть V2N». Существуют технологии ближнего радиуса действия, которые имеют эффективную дальность связи до 500 м и не требуют наличия SIM-карт, и технологии дальнего радиуса действия, работоспособность которых зависит от сети мобильной связи. На сегодняшний день основными производителями чипсетов и модулей V2X являются

Qualcomm Technologies, Continental AG, Robert Bosch GmbH, Autotalks LTD., Delphi Technologies, NXP Semiconductors, Infineon Technologies AG, Denso Corporation [2]. Предлагаемые пользователю устройства соответствуют международным стандартам [3, 4] для DSRC и [5, 6] для C-V2X, а также требованиям по аппаратной части [7]. По типу устройств выделяют: RSU (Road Side Unit) — устройства придорожной инфраструктуры; OBU (On-board Unit) — устройства, которые применяются в бортовых системах как пассажирского, так и коммерческого транспорта.

Также известны решения Global V2X, совмещающие обе конкурирующие технологии DSRC и C-V2X [8]. Ряд производителей в состав V2X-модулей опционально включают навигационный модуль и модуль мобильной связи.

Для разрабатываемой коммуникационной платформы V2X в качестве основы предлагается использовать БИАС [9]. Данное решение является прямым продолжением развития системы, позволяет добавить новые опции и расширить функционал.

Как таковая БИАС построена по модульному принципу, является «открытой» системой (в смысле функциональной возможности взаимодействия с другими бортовыми системами через модуль расширения, например, с системами активной безопасности, системами-ассистентами водителя ADAS) и ориентирована, помимо прочих возможностей, на предотвращение дорожно-транспортных происшествий (ДТП) или минимизации их негативных последствий [10].

К основным компонентам БИАС следует отнести навигационный модуль компании «НТЛаб-системы» [11], который обеспечивает высокоточное определение текущих навигационных координат ТС; модуль связи, который обеспечивает работоспособность в сетях GSM/GPRS/EDGE, а также и в сетях 3-го поколения UMTS и HSPA+ с последующим переходом на сети 4-го и 5-го поколения (4G и 5G); датчик автоматической идентификации ДТП и датчики, предназначенные для записи профиля ускорения при ДТП и оценки его тяжести [12].

ПО БИАС имеет многоуровневую модульную иерархическую структуру. Отдельные модули выполняются асинхронно относительно друг друга, что обеспечивает многозадачный режим работы в реальном времени. Присутствуют программные разделы, связанные с информационным обменом с каждой из внешних систем. Архитектура ПО коммуникационных платформ также состоит из нескольких уровней, имеются подразделы для связи с внешними системами [13–14].

Для интеграции коммуникационной платформы и реализации дополнительных функций под предложенные задачи необходимо провести корректировку существующей структуры и программной реализации ПО БИАС, а также разработать дополнительный пакет ПО для функций V2X. В связи

с этим появилась необходимость определить предварительный состав ПО разрабатываемого макетного образца коммуникационной платформы V2X.

**Состав и основные выполняемые функции разрабатываемой коммуникационной платформы V2X.** В состав разрабатываемой коммуникационной платформы входит:

- модуль V2X, который имеет в составе чипсет C-V2X и/или DSRC;
- модуль Wi-Fi (опционально);
- модуль Bluetooth (опционально);
- управляющий процессор;
- интерфейсный блок;
- модуль мобильной связи (опционально в соответствии с конфигурацией аппаратной части модуля V2X) с возможностью использования SIM-карты формата 4FF и/или eSIM;
- навигационный модуль (опционально в соответствии с конфигурацией аппаратной части модуля V2X).

Разрабатываемая коммуникационная платформа обеспечивает:

- тип технологии DSRC в соответствии с международным стандартом [3];
- тип технологии C-V2X в соответствии с международными стандартами [5, 6];
- поддержку видов коммуникации V2V, V2I и V2P;
- поддержку IEEE 802.11a/b/g/n/ac, что позволяет использовать Wi-Fi для подключения дополнительных услуг, в том числе интернет вещей IoT (Internet of Things);
- поддержку версии Bluetooth 5.0, что позволяет использовать дополнительные устройства и приложения;
- поддержку стандартов GSM, GPRS, EDGE, 3G, 4G, 5G;
- поддержку интерфейсов USB, UART и CAN.

Центральной частью коммуникационной платформы является чипсет V2X, выступающий в качестве связующего звена между бортовыми системами ТС и внешней средой V2X. Внешняя среда V2X включает в себя сервисы, услуги и пользователей. Некоторые виды сервисов и услуг в настоящий момент все еще находятся на стадии разработки, выполняются мероприятия по стандартизации и сертификации. Основными функциями являются: предоставление пользователям в режиме реального времени информации о дорожной обстановке, например, определение наличия препятствия, животного, пешехода или другого ТС на пути следования; уведомления об опасных дорожных ситуациях, таких как наличие аварии или пробки, факта движения по встречной полосе; уведомления о дорожных работах, в том числе закрытие полосы, дороги и прочие ремонтные работы; уведомления о сигналах светофора, установленных ограничениях скорости; дополнительная информация о других ТС (внутренние данные, наличие неисправностей). Следует отметить и дополнительные функции: переконфи-

гурирование сети, обновление ПО, обнаружение неисправностей и ошибок в работе оборудования [15].

Помимо водителей ТС, к пользователям относятся: дорожные операторы и транспортные службы, службы экстренного реагирования, поставщики транспортных систем и интеллектуальные транспортные системы оборудования, поставщики услуг и технологий V2X (RSU и OBU), операторы мобильной связи.

**Обобщенная структура ПО макетного образца коммуникационной платформы V2X.** Для интеграции коммуникационной платформы V2X и БИАС необходимо дополнительно разработать два пакета ПО. Первый пакет должен включать дополнительные настройки конфигурации интерфейсного блока, ПО для маршрутизации навигационных данных, а также специализированное ПО взаимодействия с модулем мобильной связи. Второй пакет должен содержать внутреннее ПО маршрутизации данных от управляющего процессора к интерфейсному блоку, внутреннее ПО чтения и записи данных, внутреннее ПО маршрутизации данных от управляющего процессора к модулю V2X. Состав пакетов ПО представлен на рисунке 1.

Для последующего тестирования и испытания образцов коммуникационной платформы необходимо разработать ПО для тестирования и отладки

системы, а также специализированный Терминал (Браузер) для ПК на базе ОС Windows. В дополнение к Браузеру для проверки работоспособности дополнительных решений, услуг, устройств и приложений требуется ПО для мобильных платформ на базе IOS и/или Android.

На рисунке 2 представлена обобщенная структура ПО макетного образца коммуникационной платформы V2X, где: 1 — ПО маршрутизации навигационных данных (принятие пакетов от навигационного модуля NT-Lab, драйвер навигационного модуля); 2 — специализированное ПО взаимодействия с модулем сотовой связи (проверка интерфейсов, конфигурация модуля, принятие и передача сообщений в сети мобильной связи, драйвер модуля связи); 3 — специализированное ПО обмена данными по CAN-шине, в том числе CAN-шасси и CAN-кабины (взаимодействие с системами активной безопасности и системами ADAS, а также взаимодействие с Центральным коммутационным блоком [16–17]), драйвер шины CAN; 4 — внутреннее ПО маршрутизации данных от управляющего процессора к интерфейсному блоку (конфигурация интерфейсов UART, USB, GPIO, драйвера шин); 5 — внутреннее ПО чтения и записи данных (операции с оперативной и постоянной памятью, протоколирование данных); 6 — внутреннее ПО маршрутизации данных от управляющего процессора к чипсету V2X

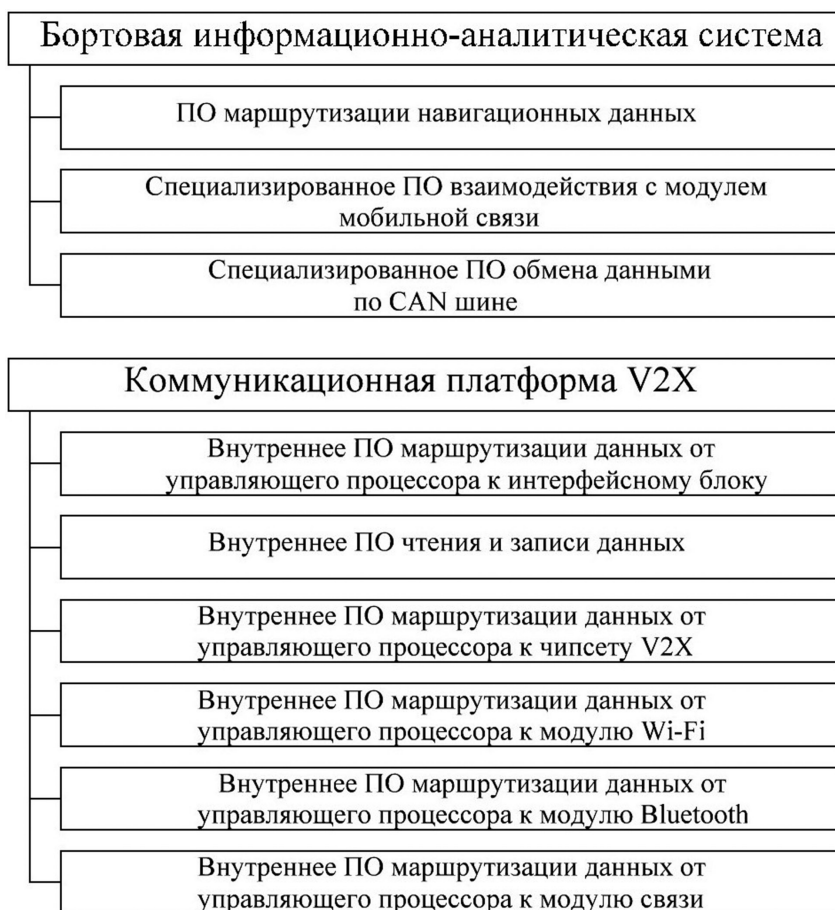


Рисунок 1 — Состав пакетов ПО  
Figure 1 — Composition of software packages

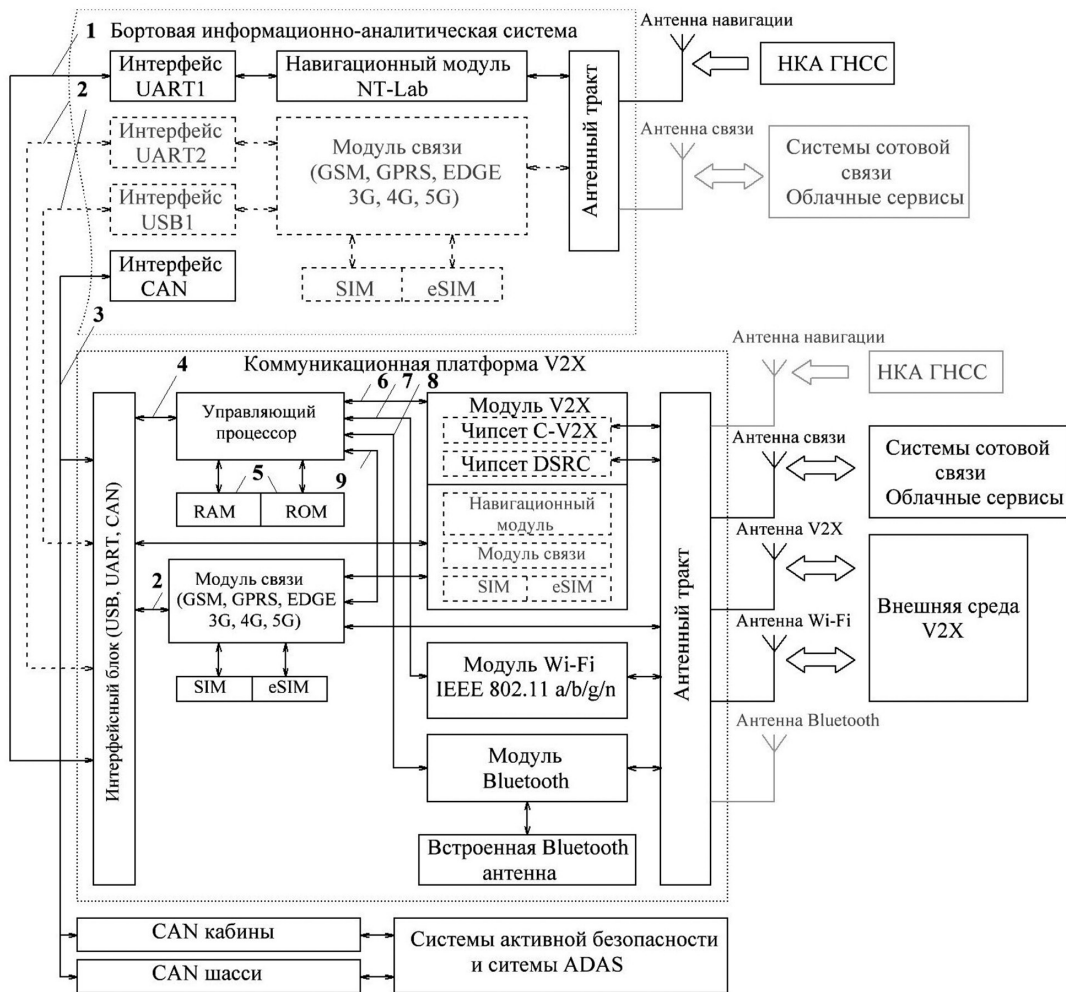


Рисунок 2 — Обобщенная структура ПО макетного образца коммуникационной платформы V2X  
 Figure 2 — Generalized software structure of the V2X communication platform prototype model

(конфигурация и проверка интерфейсов в зависимости от элементной базы, например, UART, GPIO, SPI, I2C, драйвера шин и интерфейсов); 7 — внутреннее ПО маршрутизации данных от управляющего процессора к модулю Wi-Fi (конфигурация и проверка интерфейсов в зависимости от элементной базы, например, UART, GPIO, SPI, I2C, драйвера шин и интерфейсов); 8 — внутреннее ПО маршрутизации данных от управляющего процессора к модулю Bluetooth (конфигурация и проверка интерфейсов в зависимости от элементной базы, например, UART, GPIO, SPI, I2C, драйвера шин и интерфейсов); 9 — внутреннее ПО маршрутизации данных от управляющего процессора к модулю связи (конфигурация и проверка интерфейсов в зависимости от элементной базы, например, UART, GPIO, SPI, I2C, драйвера шин и интерфейсов); дополнительно ПО для тестирования и отладки системы, а также Терминал (Браузер) для ПК на базе ОС Windows.

Основной выбор опций осуществляется на уровне технологического ПО и в соответствии с ним задается базовая структура. В зависимости от конфигурации аппаратной части чипсета V2X возможен вариант изменения топологии оборудования с пе-

реносом модуля мобильной связи на коммуникационную платформу V2X.

**Заключение.** Из приведенного выше обзора можно сделать вывод, что V2X и DSRC являются двумя конкурирующими технологиями. Тем не менее существуют и гибридные решения Global V2X, совмещающие в себе одновременную поддержку стандартов двух технологий. Выделяют связь ближнего радиуса действия, которая не требует наличия SIM-карт, и связь дальнего радиуса действия, работоспособность которой зависит от наличия базовых станций и требует как минимум 4-го поколения мобильной связи. У представленных на мировом рынке V2X-OBU основными интерфейсами являются CAN, Ethernet и USB. Такие возможности позволяют провести интеграцию с БИАС и Центральным коммутационным блоком, осуществить маршрутизацию сообщений от бортовых систем, в том числе систем активной безопасности и систем ADAS, установленных в кабине и шасси коммерческих ТС. В ряде случаев в составе V2X-OBU имеются встроенные модули глобальной навигационной спутниковой системы (ГНСС) и модули мобильной связи, а также модули Bluetooth. В связи с этим в зависимости от конфигурации аппаратной части чипсета V2X просматри-

вается дальнейшее изменение топологии оборудования БИАС с переносом модуля мобильной связи на коммуникационную платформу V2X в пользу оптимизации и упрощения архитектуры системы.

Представленная структура ПО является наиболее обобщенной и универсальной и может быть применена для различных решений V2X-OBU, в том числе Global V2X. Она учитывает все основные задачи по тестированию, настройке, отладке, конфигурации внутренних систем и узлов, а также позволяет уточнить требования к аппаратной части БИАС и к используемым аппаратным и программным ресурсам, осуществить выбор управляющего процессора для вспомогательных модулей (V2X, Bluetooth, Wi-Fi).

Таким образом, определен предварительный состав ПО разрабатываемой коммуникационной платформы V2X, который позволит провести полнофункциональную интеграцию с БИАС и дополнит существующие функции и алгоритмы.

В дальнейшем в предложенный состав ПО будет внесен ряд изменений, поскольку группа V2X сервисов и услуг в настоящий момент все еще находится на стадии разработки, а масштабное и активное развертывание инфраструктуры V2X на территории СНГ еще в перспективе.

### Список литературы

- SAE J3016 Levels of driving automation [Electronic resource] // SAE International. — Mode of access: <https://www.sae.org/news/2019/01/sae-updates-j3016-automated-driving-graphic>. — Date of access: 04.10.2022.
- List of C-V2X devices [Electronic resource] // 5GAA Automotive Association. — Mode of access: [https://5gaa.org/wp-content/uploads/2021/11/5GAA\\_List\\_of\\_C\\_V2X\\_devices.pdf](https://5gaa.org/wp-content/uploads/2021/11/5GAA_List_of_C_V2X_devices.pdf). — Date of access: 04.10.2022.
- Jiang, D. IEEE 802.11p: Towards an International Standard for Wireless Access in Vehicular Environments / D. Jiang, L. Delgrossi // IEEE vehicular technology conference, Marina Bay. — 2008. — Pp. 2036–2040. — DOI: <https://doi.org/10.1109/VET-ECS.2008.458>.
- 1609.4-2010/Cor 1-2014 - IEEE Standard for Wireless Access in Vehicular Environments (WAVE) — Multi-channel Operation Corrigendum 1: Miscellaneous Corrections [Electronic resource] // IEEE Xplore. — Mode of access: <https://ieeexplore.ieee.org/document/6998918>. — Date of access: 08.09.2022.
- Draft ETSI EN 302 663 V1.2.0 (2012-11) [Electronic resource]. — Mode of access: [https://www.etsi.org/deliver/etsi\\_en/302600\\_302699/302663/01.02.00\\_20/en\\_302663v010200a.pdf](https://www.etsi.org/deliver/etsi_en/302600_302699/302663/01.02.00_20/en_302663v010200a.pdf). — Date of access: 06.07.2022.
- Specifications & Technologies [Electronic resource] // 3GPP a Global Initiative. — Mode of access: <https://www.3gpp.org/specifications/67-releases>. — Date of access: 08.09.2022.
- On-Board System Requirements for LTE-V2X V2V Safety Communications J3161/1\_202203 [Electronic resource] // SAE International. — Mode of access: [https://www.sae.org/standards/content/j3161/1\\_202203/](https://www.sae.org/standards/content/j3161/1_202203/). — Date of access: 04.10.2022.
- V2X Products [Electronic resource] // Autotalks. — Mode of access: <https://auto-talks.com/products/>. — Date of access: 04.10.2022.
- Савченко, В.В. Подход к созданию информационно-аналитического комплекса перспективных магистральных автопоездов / В.В. Савченко // Актуальные вопросы машиноведения: сб. науч. тр. / Объедин. ин-т машиностроения НАН Беларуси; редкол.: А.А. Дюжев [и др.]. — 2013. — Вып. 2. — С. 126–129.
- Анализ информационных потоков в коммуникационной платформе C-V2X / В.В. Литарович [и др.] // Актуальные вопросы машиноведения: сб. науч. тр. / Объедин. ин-т машиностроения НАН Беларуси; редкол.: С.Н. Поддубко [и др.]. — 2019. — Вып. 8. — С. 145–147.
- NTLab [Electronic resource]. — Mode of access: <http://ntlab.com/index.htm>. — Date of access: 28.08.2022.
- Холод, Е.А. Взаимодействие бортовых информационно-аналитических комплексов с внешними системами / Е.А. Холод, В.В. Савченко // Актуальные вопросы машиноведения: сб. науч. тр. / Объедин. ин-т машиностроения НАН Беларуси; редкол.: С.Н. Поддубко [и др.]. — 2017. — Вып. 6. — С. 169–172.
- V2X software [Electronic resource] // IT-telecom. — Mode of access: [http://www.it-telecom.co.kr/?page\\_id=282](http://www.it-telecom.co.kr/?page_id=282). — Date of access: 05.10.2022.
- V2X Software Stack [Electronic resource] // Commsignia. — Mode of access: <https://www.commsignia.com/products/v2x-software-stack/>. — Date of access: 05.10.2022.
- V2X Architecture [Electronic resource] // Zenzic. — Mode of access: <https://zenzic.io/content/uploads/2022/04/V2X-Architecture-Report.pdf>. — Date of access: 24.08.2022.
- Холод, Е.А. Структура блока коммутации для коммерческого транспорта нового поколения / Е.А. Холод, Н.В. Карпук, В.А. Кузьмичев // Актуальные вопросы машиноведения: сб. науч. тр. / Объедин. ин-т машиностроения НАН Беларуси; редкол.: С.Н. Поддубко [и др.]. — 2018. — Вып. 7. — С. 124–127.
- Холод, Е.А. Информационное взаимодействие центрального коммутационного блока высокоавтоматизированного транспортного средства с коммуникационной платформой V2X / Е.А. Холод, А.Д. Крупок, М.В. Исаевич // Актуальные вопросы машиноведения: сб. науч. тр. / Объедин. ин-т машиностроения НАН Беларуси; редкол.: С.Н. Поддубко [и др.]. — 2021. — Вып. 10. — С. 41–44.

### HOLOD Egor A.

Junior Researcher of the Department of Active Safety and Control Systems<sup>1</sup>

E-mail: [egor930301@gmail.com](mailto:egor930301@gmail.com)

### KARPUK Nikolay V.

Deputy Head of the Department of Active Safety and Control Systems<sup>1</sup>

E-mail: [hbkarpu@tut.by](mailto:hbkarpu@tut.by)

### DUBOVSKY Vladimir A., Ph. D. in Eng.

Senior Researcher of the Department of Active Safety and Control Systems<sup>1</sup>

E-mail: [vdubovsky.email@gmail.com](mailto:vdubovsky.email@gmail.com)

### ISAEVICH Michael V.

Deputy Head of the Scientific and Technical Center — Head of the Special Design Bureau<sup>2</sup>

E-mail: [skb@ekranbel.com](mailto:skb@ekranbel.com)

<sup>1</sup>Joint Institute of Mechanical Engineering of the NAS of Belarus, Minsk, Republic of Belarus

<sup>2</sup>OJSC “Ekran”, Borisov, Republic of Belarus

# GENERALIZED SOFTWARE STRUCTURE OF THE V2X COMMUNICATION PLATFORM AS PART OF THE ONBOARD INFORMATION AND ANALYTICAL SYSTEM

Currently, the world's largest automakers are paying special attention to the development of automated driving technologies. Increasing the level of vehicle automation improves traffic safety and efficiency. For this purpose, a set of algorithms based on artificial intelligence, specialized devices and sensors for navigation and assessment of the road situation are used. Another way to increase the level of automation is the use of V2X technologies, which allow vehicles to communicate wirelessly with all road users. The implementation of these functions requires the availability of special services, high quality transport infrastructure, specialized roadside equipment, as well as on-board communication platforms, which include V2X modules. The article provides an overview of the known V2X on-board modules, indicates the main functions of the developed V2X communication platform. International regulatory standards for DSRC and C-V2X technologies are noted, including recommendations and requirements for the hardware of on-board equipment. An additional composition of the software for the onboard information and analytical system for interaction with the V2X communication platform is determined. A block diagram is described and a preliminary software package for a breadboard model of the V2X communication platform is considered. The requirements are clarified for hardware and software resources.

**Keywords:** DSRC technology, C-V2X technology, V2X platform, onboard information and analytical system, CAN interface

DOI: <https://doi.org/10.46864/1995-0470-2022-4-61-80-85>

## References

1. SAE J3016 Levels of driving automation. Available at: <https://www.sae.org/news/2019/01/sae-updates-j3016-automated-driving-graphic> (accessed 04 October 2022).
2. List of C-V2X devices. Available at: [https://5gaa.org/wp-content/uploads/2021/11/5GAA\\_List\\_of\\_C\\_V2X\\_devices.pdf](https://5gaa.org/wp-content/uploads/2021/11/5GAA_List_of_C_V2X_devices.pdf) (accessed 04 October 2022).
3. Jiang D., Delgrossi L. IEEE 802.11p: Towards an international standard for wireless access in vehicular environments. *Proc. VTC spring 2008 - IEEE vehicular technology conference*. Marina Bay, 2008, pp. 2036–2040. DOI: <https://doi.org/10.1109/VETECS.2008.458>.
4. 1609.4-2010/Cor 1-2014 - IEEE standard for wireless access in vehicular environments (WAVE) - multichannel operation corrigendum 1: miscellaneous corrections. Available at: <https://ieeexplore.ieee.org/document/6998918> (accessed 04 October 2022).
5. Draft ETSI EN 302 663 V1.2.0 (2012-11). Available at: [https://www.etsi.org/deliver/etsi\\_en/302600\\_302699/302663/01.02.00\\_20/en\\_302663v010200a.pdf](https://www.etsi.org/deliver/etsi_en/302600_302699/302663/01.02.00_20/en_302663v010200a.pdf) (accessed 04 October 2022).
6. Specifications & technologies. Available at: <https://www.3gpp.org/specifications/67-releases> (accessed 04 October 2022).
7. SAE J3161/1\_202203. On-board system requirements for LTE-V2X V2V safety communications. SAE International, 2022. Available at: [https://www.sae.org/standards/content/j3161/1\\_202203/](https://www.sae.org/standards/content/j3161/1_202203/) (accessed 04 October 2022).
8. V2X products. Available at: <https://auto-talks.com/products/> (accessed 04 October 2022).
9. Savchenko V.V. Podkhod k sozdaniyu informatsionno-analiticheskogo kompleksa perspektivnykh magistralnykh avtopoezdov [The approach to the development of information-analytical complex perspective of the main road trains]. *Aktualnye voprosy mashinovedeniya*, 2013, iss. 2, pp. 126–129 (in Russ.).
10. Litarovich V.V., Mylnikov E.V., Savchenko V.V., Chernin M.A. Analiz informatsionnykh potokov v kommunikatsionnoy platforme C-V2X [Analysis of information flows in the C-V2X communication platform]. *Aktualnye voprosy mashinovedeniya*, 2019, iss. 8, pp. 145–147 (in Russ.).
11. NTLab. Available at: <http://ntlab.com/index.htm> (accessed 28 August 2022).
12. Kholod E.A., Savchenko V.V. Vzaimodeystvie bortovykh informatsionno-analiticheskikh kompleksov s vneshnimi sistemami [Interaction of onboard information and analytical complexes with external systems]. *Aktualnye voprosy mashinovedeniya*, 2017, iss. 6, pp. 169–172 (in Russ.).
13. Software. Available at: [http://www.it-telecom.co.kr/?page\\_id=282](http://www.it-telecom.co.kr/?page_id=282) (accessed 04 October 2022).
14. V2X software stack. Available at: <https://www.commsignia.com/products/v2x-software-stack/> (accessed 04 October 2022).
15. V2X architecture. Available at: <https://zenic.io/content/uploads/2022/04/V2X-Architecture-Report.pdf> (accessed 04 October 2022).
16. Kholod E.A., Karpuk N.V., Kuzmichev V.A. Struktura bloka kommutatsii dlya kommercheskogo transporta novogo pokoleniya [Structure of commutation block for commercial transport of new generation]. *Aktualnye voprosy mashinovedeniya*, 2018, iss. 7, pp. 124–127 (in Russ.).
17. Holod E.A., Krupok A.D., Isaevich M.V. Informatsionnoe vzaimodeystvie tsentralnogo kommutatsionnogo bloka vysokoavtomatizirovannogo transportnogo sredstva s kommunikatsionnoy platformoy V2X [Information interaction of the central switching unit of the highly automated vehicle with the V2X communication platform]. *Aktualnye voprosy mashinovedeniya*, 2021, iss. 10, pp. 41–44 (in Russ.).