

УДК 629.331+004.6

DOI: 10.46960/1816-210X\_2022\_2\_105

## КОНСОЛИДАЦИЯ ДАННЫХ В КОММУНИКАЦИОННОЙ ПЛАТФОРМЕ ДЛЯ ВЫСОКОАВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

**В.В. Савченко**

ORCID: 0000-0002-2645-7645 e-mail: uus@tut.by

Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси

*Минск, Республика Беларусь***В.В. Литарович**

ORCID: 0000-0002-1732-0778 e-mail: veronika.litarovich@gmail.com

Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси

*Минск, Республика Беларусь*

Анализируется проблема передачи управления водителю при переходе высокоавтоматизированных транспортных средств к ручному режиму управления, находящаяся сегодня на стадии поисковых исследований. Информационная система C-V2X позволяет ставить и решать задачи по прототипированию и апробации передачи управления водителю на определенном высокоавтоматизированном транспортном средстве с использованием ранее разработанных подходов, концепций и методов. Рассмотрены архитектуры развертывания и общие требования к протоколам обмена информацией C-V2X, позволяющие обосновывать технические требования к коммуникационной платформе в зависимости от ее функционала. C-V2X является основной информационной системой, обеспечивающей передачу разнородных данных как уже консолидированных в бортовых системах высокоавтоматизированных транспортных средств, так и «сырых» данных для их последующей консолидации облачными сервисами, с целью последующей реализации различных функционалов в бортовых системах, например, поддержка движения как в автономном режиме, так и в режиме ручного управления.

**Ключевые слова:** безопасность, высокоавтоматизированное транспортное средство, C-V2X, домен штатной эксплуатации, информационные потоки, консолидация данных, переход от автоматизированного режима управления транспортным средством к ручному.

**ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:** Савченко, В.В. Консолидация данных в коммуникационной платформе для высокоавтоматизированных транспортных средств / В.В. Савченко, В.В. Литарович // Труды НГТУ им. П.Е. Алексеева. 2022. №2. С. 105-114. DOI: 10.46960/1816-210X\_2022\_2\_105

## CONSOLIDATION OF DATA IN COMMUNICATION PLATFORM FOR HIGHLY AUTOMATED VEHICLES

**V.V. Savchenko**

ORCID: 0000-0002-2645-7645 e-mail: uus@tut.by

The Joint Institute of Mechanical Engineering of the National Academy of Sciences of Belarus

*Minsk, Republic of Belarus***V.V. Litarovich**

ORCID: 0000-0002-1732-0778 e-mail: veronika.litarovich@gmail.com

The Joint Institute of Mechanical Engineering of the National Academy of Sciences of Belarus

*Minsk, Republic of Belarus*

**Abstract.** Problem of transferring of control to the driver during transition of highly automated vehicles to manual control mode, which is currently at the stage of exploratory research, is analyzed. S-V2X information system allows to set and solve problems of prototyping and testing of transfer of control to the driver on a certain highly automated vehicle using previously developed approaches, concepts and methods. Architectures of deployment and general requirements for C-V2X information exchange protocols are considered, which allow to justify technical requirements

for a communication platform depending on its functionality. C-V2X is the main information system that provides the transfer of heterogeneous data, both already consolidated in on-board systems of highly automated vehicles, and «raw» data for their subsequent consolidation by cloud services, with the aim of subsequent implementation of various functionals in on-board systems, for example, support for movement both in autonomous mode and in manual control mode.

**Key words:** safety, highly automated vehicle, C-V2X, domain of regular operation, information flows, data consolidation, transition from automated vehicle control mode to manual.

**FOR CITATION:** V.V. Savchenko, V.V. Litarovich. Consolidation of data in communication platform for highly automated vehicles. Transactions of NNSTU n.a. R.E. Alekseev. 2022. №2. Pp. 105-114.  
DOI: 10.46960/1816-210X\_2022\_2\_105

## Введение

Реализация междисциплинарной проблемы перехода от автоматизированного режима управления высокоавтоматизированным транспортным средством (ТС) к ручному во время выхода из зоны домена штатной эксплуатации [1-6] предполагает решение ряда взаимосвязанных задач: разработка соответствующих моделей [7], автоматический анализ информационных потоков в интеллектуальных транспортных системах, взаимодействие бортовых информационно-аналитических комплексов с внешними системами [8-10], классификация признаков выполнения водителем алгоритмов деятельности или их фрагментов и классификация релевантной информации для водителей в высокоавтоматизированных транспортных средствах, включая кросс-модальные информационные потоки [11-14], мониторинг профессионально важных качеств и функционального состояния водителей непосредственно во время ручного управления высокоавтоматизированным транспортным средством, выявление их динамики по сравнению с результатами, полученными в лабораторных условиях. Заключительная обработка информации осуществляется облачными сервисами [10, 15].

Коммуникационная платформа *Cellular Vehicle-to-Everything* (C-V2X) позволяет выполнять интеграцию и консолидацию данных из различных источников для использования различными типами бортовых систем высокоавтоматизированных транспортных средств, включая поддержку автономного вождения в домене штатной эксплуатации, информировать водителя при ручном режиме управления, информировать и актуализировать специализированные базы данных для их анализа, в том числе, в реальном масштабе времени, для определения момента времени перехода высокоавтоматизированных транспортных средств от автоматизированного режима управления к ручному.

## Архитектуры развертывания C-V2X

Стандартизацией архитектур развертывания и протоколов обмена информацией C-V2X занимаются консорциум 3GPP (3<sup>rd</sup> Generation Partnership Project) и ассоциация 5GAA (5G Automotive Association). Выделяются следующие архитектуры развертывания C-V2X.

- Гибридная с применением интерфейса PC5 и LTE-Uu. PC5 – интерфейс, определенный в Release 14 of 3GPP, отвечает за подключение V2V, V2P, V2I для предоставления транспортных услуг с низкой задержкой и высокой надежностью. LTE-Uu – отвечает за подключение конечных пользователей и транспортных средств к базовым станциям мобильной сети, а также за поддержку услуг Интернет и V2N.
- Основанная на мобильной связи пятого поколения 5G, включающая в себя два подвида NSA (Non-Stand Alone) и SA (Stand Alone).

## Гибридная архитектура

Иерархическая гибридная сетевая архитектура интеллектуальной транспортной системы (ИТС) основана на концепции распределения сетевых устройств по разным уровням. В

сетевой архитектуре C-V2X используется для связи между общественным транспортом и коммунальными службами, а также для доступа в интернет. Сети на основе DSRC используются для связи между транспортными средствами и между личным и общественным транспортом. Такая сетевая архитектура называется статической: каждому устройству назначен определенный неизменный уровень.

В динамической архитектуре уровни, назначенные устройствам, могут быть изменены в соответствии с динамикой сетевых условий. Устройства назначаются группам в зависимости от их положения на дороге, при этом в каждой группе назначается основное устройство – обычно то, которое имеет высокие сетевые и вычислительные ресурсы, или промежуточный узел [16]. Целью основного устройства является управление соединениями и регулирование сетевой нагрузки. Обычные устройства (не являющиеся основными) могут быть подключены к нескольким основным устройствам, что позволяет повторно передавать данные между соседними группами. C-V2X сеть используется для связи между основным устройством и базовой станцией, связи между основными устройствами, связи между основным устройством и обычными устройствами в его группе. Сеть DSRC используется для соединения между обычными устройствами в одной группе. Основное преимущество этой архитектуры заключается в том, что основное устройство может собирать информацию с обычных устройств и периодически передавать ее на базовую станцию или другое устройство обработки данных, что снижает нагрузку на сеть. Главный недостаток заключается в том, что процесс группирования является длительным, что ограничивает возможности развертывания в густонаселенных районах, таких как центры городов.

Плоская сетевая архитектура ИТС не ограничивает тип соединения для взаимосвязи устройств. Тип соединения между устройствами выбирается в зависимости от загруженности сети, качества и расстояния. Если устройство использует C-V2X по умолчанию, предусматривается возможность переключиться на DSRC при изменении сетевых условий. Параметры DSRC и C-V2X постоянно обновляются, и на основе заранее определенного алгоритма выбирается наилучший из возможных методов подключения. В табл. 1 представлено сравнение архитектур [16].

Таблица 1.

## Архитектуры C-V2X

Table 1.

## C-V2X architectures

Топология	Местность	Связь	Применение
Иерархическая	Пригород	V2X	Видео сообщения
Иерархическая	Город	V2I	Интернет
Иерархическая	Город	V2X	Сообщения о безопасности
Плоская	Город	V2V	Планирование путешествий
Плоская	Пригород	V2I	Интернет

На рис. 1 представлен стек протоколов гибридной C-V2X; операции V2X выполняются на нескольких несущих. В одном сценарии UE (User Equipment – пользовательское оборудование) может использовать V2X на основе LTE-Uu V2X в одной несущей, в то время как в другой несущей работает на основе PC5. В другом сценарии UE может управлять V2X на основе PC5 одновременно на двух несущих. В табл. 2-3 перечислены комбинации операторов связи V2X, поддерживаемых для V2X услуг.

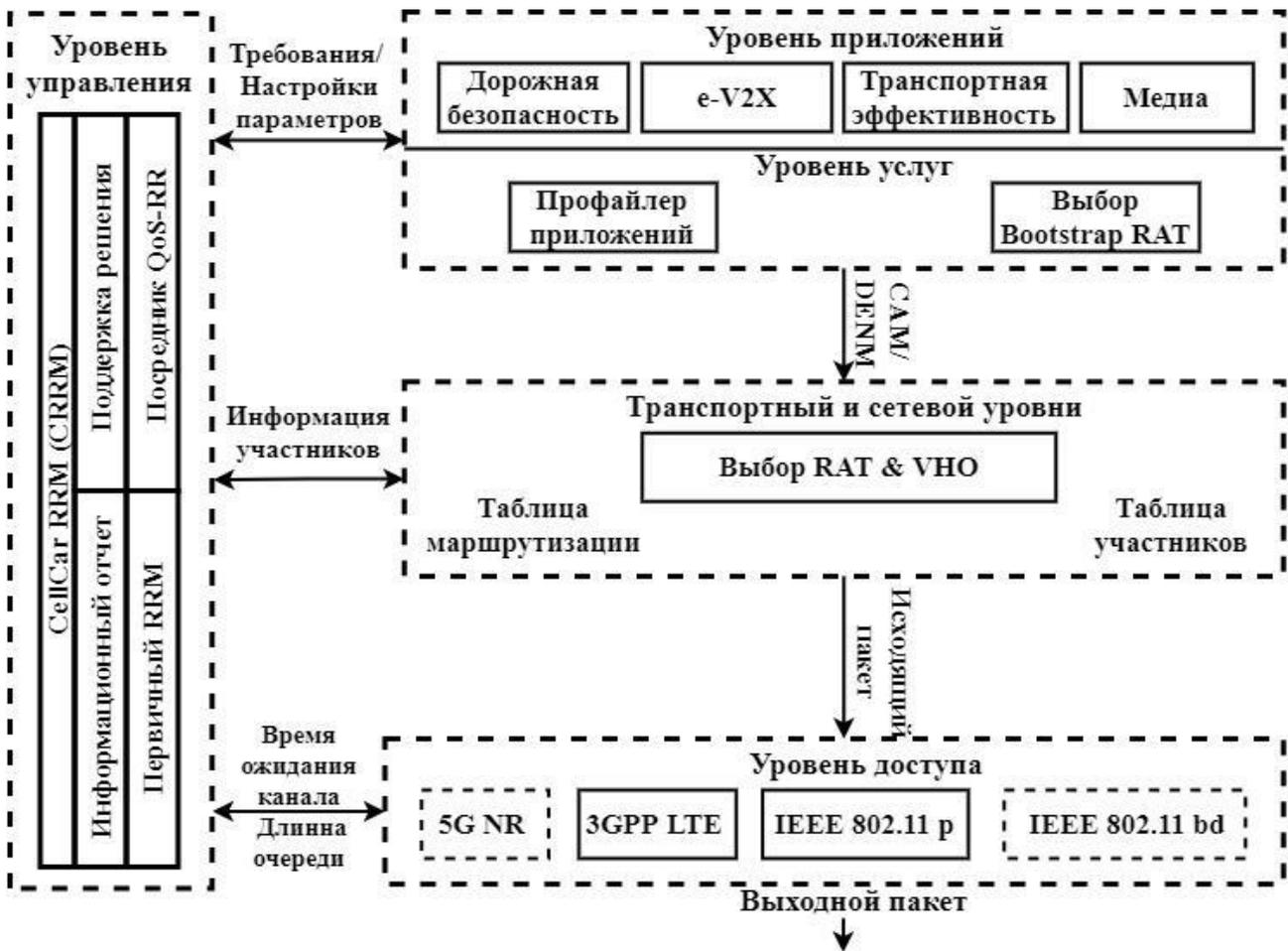


Рис. 1. Стек протоколов гибридной C-V2X [17]

Fig. 1. Hybrid C-V2X protocol stack [17]

Таблица 2.

Межполосные конфигурации V2X [18]

Table 2.

V2X configurations between bands [18]

Конфигурация V2X	Полосы E-UTRA	Интер	1.4	3	5	10	15	20	Мах полоса пропускания МГц
			МГц						
V2X_3A-47A	B3 (1.8 ГГц)	Uu	Да	Да	Да	Да	Да	Да	40
	B47 (5.9 ГГц)	PC5				Да		Да	
V2X_7A-47A	B7 (2.6 ГГц)	Uu			Да	Да	Да	Да	40
	B47 (5.9 ГГц)	PC5				Да		Да	
V2X_8A-47A	B8 (900 МГц)	Uu	Да	Да	Да	Да			30
	B47 (5.9 ГГц)	PC5				Да		Да	
V2X_39A-47A	B39 (1.9 ГГц)	Uu			Да	Да	Да	Да	40
	47 (5.9 ГГц)	PC5				Да		Да	
V2X_41A-47A	B41 (2.5 ГГц)	Uu			Да	Да	Да	Да	40
	47 (5.9 ГГц)	PC5				Да		Да	

Таблица 3.

## Межполосные конфигурации V2X [18]

Table 3.

## V2X configurations between bands [18]

Конфигурация V2X	Полоса пропускания канала несущей 1	Полоса пропускания канала несущей 1	Макс полоса пропуск МГц
V2X_47A_47A (5.9 ГГц)	10	10	20

## Архитектура, основанная на мобильной связи 5G

Полосы частот для C-V2X на основе LTE представлены в табл. 4.

Таблица 4.

## Полосы частот [16]

Table 4.

## Bands of frequencies [16]

Рабочий диапазон	Восходящая линия связи МГц	Нисходящая линия связи МГц	Интерфейс	Максимальная полоса пропускания МГц
47	5855-5925		PC5	30 (Использование формата агрегирования несущих 10 + 20 МГц или 10 + 10 + 10 МГц)
3	1710-1785	1805-1880	Uu	20
5	824-849	869-894	Uu	20
7	2500-2570	2620-2690	Uu	20
8	880-915	925-960	Uu	10
20	832-862	791-821	Uu	20
28	703-748	758-803	Uu	20
34	2010-2025		Uu	15
39	1880-1920		Uu	20
41	2496-2690		Uu	20
71	663-689	617-652	Uu	20

На рис. 2 представлен стек протоколов C-V2X.

## Физический уровень

C-V2X использует множественный доступ с одной несущей и частотным разделением каналов (SC-FDMA) и поддерживает каналы 10 МГц и 20 МГц с максимальной мощностью передачи и чувствительностью приемника 23 дБм и -90,4 дБм соответственно. Каждый канал делится на подкадры длиной 1 мс, так же, как и время интервала передачи (TTI – Transmission Interval Time). eNodeB выделяет блоки ресурсов (RB – Resource Blocks) пользовательскому оборудованию через каждый TTI = 1 мс. RB является наименьшей единицей частотных ресурсов, которая может быть выделена пользователю. 12 поднесущих по 15 кГц (всего 180 кГц) составляют RB. Группа RB в одном и том же подкадре в 1 мс называется подканалом в C-V2X [19]. Транспортные блоки (TB – Transport Blocks) переносят данные по PSSCH (Physical Sidelink Shared Channels), а по PSCCH (Physical Sidelink Control Channels) передают сообщения с управляющей информацией (SCI – Sidelink Control Information). PSSCH и PSCCH передаются в одном подкадре, но для PSCCH применяется повышение

спектральной плотности мощности до 3 dB. Можно выделить две субканализационные схемы:

- смежные PSCCH + PSSCH: SCI и TB передаются в смежных RB;
- несмежные PSCCH + PSSCH: RB разделены на два пула, где один пул несет только SCI, а второй пул передает только RB (TB используют QPSK или 16QAM схемы модуляции, однако SCI всегда посылаются с использованием QPSK).

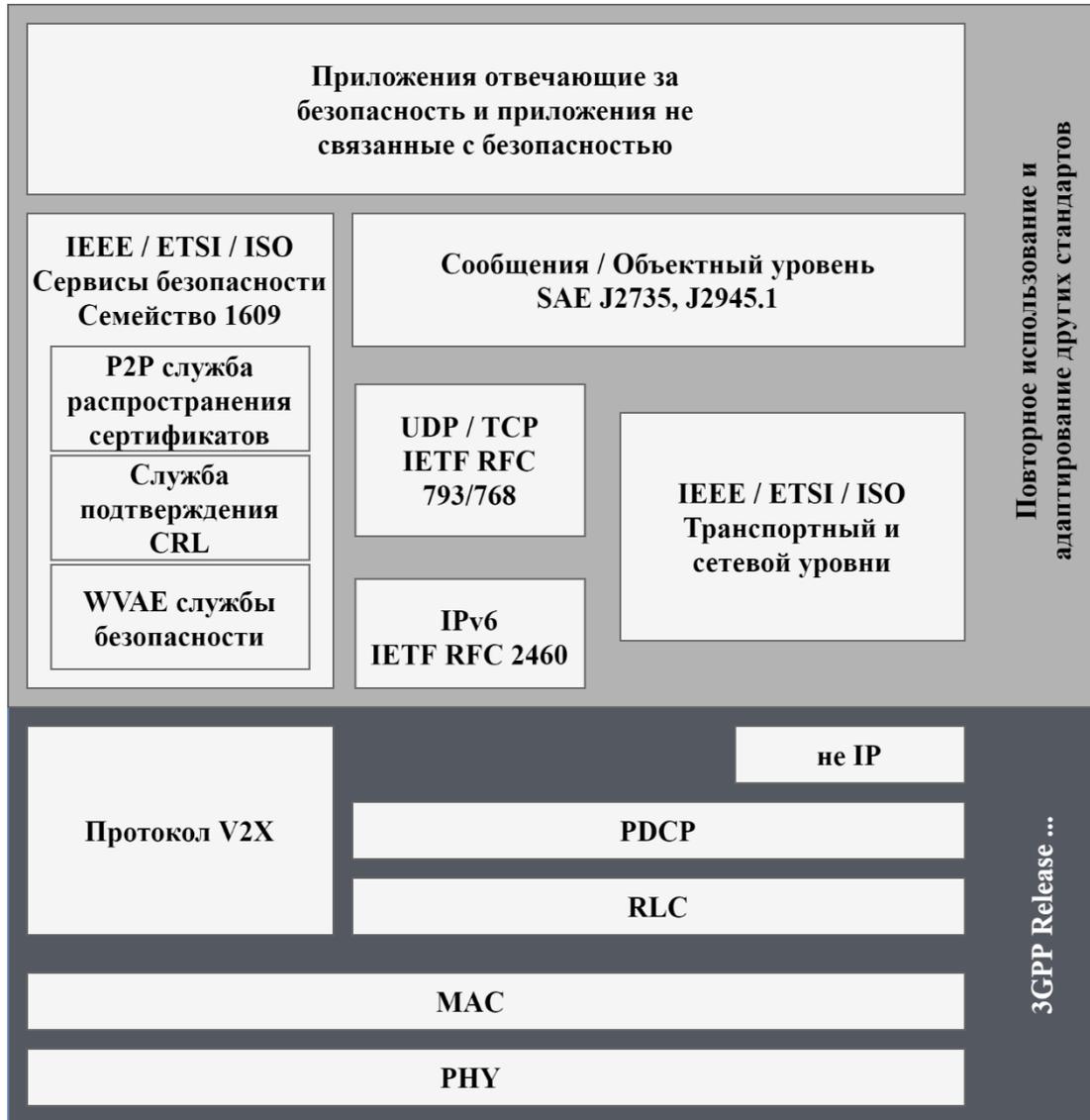


Рис. 2. Стек протоколов C-V2X

Fig. 2. C-V2X protocol stack

**MAC уровень**

Media Access Control или Medium Access Control (MAC) – управление доступом к среде – отвечает за обеспечение адресации и механизмы управления доступом к каналам. Когда транспортное средство находится в зоне действия сотовой сети, сеть решает, как сконфигурировать V2X канал, и информирует транспортное средство о V2X конфигурируемых параметрах, таких как несущая частота V2X канала, пул ресурсов V2X, ссылки синхронизации, схема подканалов, количество подканалов на подкадр и количество RB на подканал. Транспортные средства, использующие связь в режиме 4, выбирают свои радиоресурсы, используя

зондирование с полупостоянной передачей, что аналогично «прослушиванию в частотной области перед разговором». ТС резервирует подканалы для нескольких последовательных передач на основе схемы SPS. Счетчик пакетов повторного выбора назначается случайным образом от пяти до пятнадцати и уменьшается с каждой передачей. Как только счетчик пакетов повторного выбора достигает нуля, транспортное средство должно запросить дополнительные ресурсы, после чего счетчик повторного выбора назначается случайным образом снова [19].

Пакеты могут передаваться каждые 100 подкадров, т.е. десять пакетов в секунду. Процесс резервирования подканалов может быть разбит на три этапа:

- 1) измерение полученной энергии (RSSI) на ресурсах, удовлетворяющих требованиям к задержке;
- 2) ранжирование ресурсов на основе полученной энергии и составление списка 20 % наименьших относительных энергетических RB;
- 3) выбор одного из самых низких относительных энергетических ресурсов для передачи.

В 3GPP релиз 14 CBR (Channel Busy Rate) и COR (Channel Occupancy Rate) определяются как два важных показателя для уменьшения перегрузки канала и непрерывно вычисляются ТС каждый раз, когда происходит передача или повторная передача пакета. CBR обеспечивает индикацию уровня перегрузки канала и определяется как количество подканалов в предыдущих 100 подкадрах, которые имеют средний RSSI выше предварительно сконфигурированного порога. COR количественно определяет занятость канала, генерируемого передающим транспортным средством, и определяется как количество подканалов, которыми пользуется передающее транспортное средство в течение периода в 1 000 подкадров.

### **Информационные потоки, циркулирующие в коммуникационной платформе C-V2X**

В состав коммуникационной платформы C-V2X входят следующие узконаправленные связи: V2V, V2I, V2N (Vehicle-to-Network), V2P (Vehicle-to-Pedestrian).

V2V связь используется для коммуникации между транспортными средствами. Варианты использования, показывающие основные информационные потоки, передающиеся через V2V, следующие [20].

1. *FCW (Forward Collision Warning)* – предупреждение о прямом столкновении. Уровень услуг V2V транспортного средства периодически передает сообщение с указанием текущего местоположения, скорости, ускорения и предполагаемой траектории движения. ТС определяет полосу движения и время до столкновения и передает это в широковещательном сообщении. Сеть LTE осуществляет трансляцию сообщения по запросу прикладного уровня, после чего ТС получает сообщение и определяет необходимость принятия какого-либо действия.

2. *CLW (Control Loss Warning)* – предупреждение о потере контроля. ТС периодически передает сообщение с указанием текущего местоположения, скорости, ускорения и предполагаемой траектории движения. Когда ТС идентифицирует потерю управления, осуществляется передача информации через широковещательную рассылку с использованием службы V2V. ТС, находящееся в зоне действия рассылки, получает сообщение и определяет необходимость принятия какого-либо действия.

3. *EVW (Emergency Vehicle Warning)* – предупреждение о ТС экстренного назначения. Позволяет каждому транспортному средству получать информацию о местоположении, скорости и направлении движения транспортного средства экстренного назначения (например, машины скорой помощи) для обеспечения безопасности движения. Передающее ТС проверяет информацию, поступающую от впереди идущих ТС, которая включает в себя местоположение, скорость и направление движения, если какой-либо из параметров удовлетворяет критериям проверки начинается передача сообщения CAM. CAM содержит основную информацию о транспортном средстве, включая информацию о динамическом состоянии

транспортного средства (направление и скорость), статические данные транспортного средства (размеры, состояние внешних огней, историю пути). Размер сообщения CAM составляет от 50 до 300 байт. CAM сообщение передаётся с частотой 10 сообщений в секунду в широкополосном режиме, с задержкой менее 100 мс.

4. *Emergency Stop* – аварийная остановка. Сервис безопасности машины получает информацию об аварийной остановке и генерирует DENM сообщение «Предупреждение о стационарном (неподвижном) автомобиле». Размер DENM сообщения не превышает 3000 байт и доступно всем ТС находящимся в диапазоне передачи.

5. *Cooperative Adaptive Cruise Control* – кооперативный круиз контроль. ТС находящиеся в группе периодически передают сообщения, в которых содержится информация о размере группы, скорости, расстоянии разрыва, позиции в группе и т.д. ТС, которое желает присоединиться к группе получает данное сообщение и проводит его анализ на удовлетворение критериям. Если критерии соответствуют, ТС посылает запрос на присоединение к группе и получает разрешение (запрет). После присоединения нового ТС происходит обновление информации о группе, хранящейся локально. Аналогичным образом осуществляется отсоединение транспортного средства от группы.

6. *Передача под управлением MNO (Mobile Network Operator)*. ТС находится в зоне действия E-UTRAN, где UE инициирует широкополосную передачу сообщений. UE запрашивает ресурсы в eNB и получает выделенный ресурс для передачи широкополосных сообщений. Когда другое ТС находится в зоне действия передающего ТС, оно получает сообщение.

V2I связь используется для коммуникации между ТС и инфраструктурой. Варианты использования, показывающие основные информационные потоки, передающиеся через V2I, следующие [20].

1. *Emergency Stop* – аварийная остановка. Сервис безопасности машины получает информацию об аварийной остановке и генерирует DENM сообщение «Предупреждение о стационарном (неподвижном) автомобиле». Служебный RSU (Roadside Unit – придорожный блок), находящийся поблизости, принимает данное сообщение и передает его всем ТС, находящимся в диапазоне передачи RSU.

2. *Queue Warning* – предупреждение о заторе. Данное сообщение относится как к V2V, так и к V2I. ТС периодически передает сообщение, в котором содержится информация о местоположении, размере транспортного средства, направлении и скорости движения, состоянии тормозов, номере передачи и информации об окружающей среде (использование V2V). ТС, которое находится в конце затора, получает широкополосные сообщения, по ним определяет, что оно является замыкающим, и периодически отправляет сообщения в RSU, в которых содержится информация о размере, состоянии затора, положении в заторе и расположение затора по полосам. RSU передает полученные данные всем ТС, находящимся в зоне действия (использование V2I).

3. *Сервисы дорожной безопасности*. UE. ТС определяет eNB и инициирует передачу сообщения периодически или на основе какого-либо события. eNB получает сообщение и начинает его передачу ТС, находящимся в зоне действия.

4. *Система автоматической парковки*. ТС посылает запрос на резервирование парковки серверу, указывая предполагаемое место назначения и получает ответ о резервировании. После этого происходит приближение к месту резервирования и соединение с RSU, осуществляется взаимная аутентификация идентификационных данных, в которой проверяется правильность выбранного RSU и ссылка бронирования.

V2N связь используется для коммуникации между транспортным средством и сетью. Варианты использования, показывающие основные информационные потоки, передающиеся через V2N [20], следующие.

1. *Оптимизация потока трафика при приближении к светофору*. ТС передают информацию о местоположении, скорости и направлении движения по сети определенному серверу.

ру, который отвечает за управление светофорами. В ответ на получение данных отправляется сообщение, в котором содержится информация о рекомендуемой скорости движения.

2. *Служба безопасности дорожного движения.* UE транспортного средства осуществляет регистрацию в MNO для получения доступа к услугам навигации и получения информации о безопасности дорожного движения. Передача сообщений между UE и сервером безопасности осуществляется по запросу прикладного уровня. RSU, которое обнаружило аварию, отправляет сообщение на сервер, в котором содержатся данные о местоположении аварии. После этого сервер безопасности дорожного движения отправляет полученную информацию на близлежащие RSU и в ТС с альтернативным маршрутом следования.

V2P связь используется для коммуникации между транспортным средством и пешеходом. Смартфон пешехода периодически осуществляет мониторинг поступающих V2P сообщений. ТС с определенной периодичностью и задержкой отправляет сообщение, в котором содержится информация о приближении ТС, его скорости и траектории движения [20]. После получения смартфоном сообщения от приближающегося ТС осуществляется отправка ответного сообщения о наличии неподалеку пешехода и выдача предупреждения на смартфоне и ТС.

### Заключение

Коммуникационная платформа C-V2X является основной информационной системой, обеспечивающей передачу разнородных данных, как уже консолидированных в бортовых системах высокоавтоматизированных транспортных средств, так и «сырых», для их последующей консолидации облачными сервисами с целью последующей обработки и анализа для реализации различных функционалов. Появляется возможность использовать сложные сценарии в бортовых комплексах высокоавтоматизированных транспортных средств, например, поддержку движения как в автономном режиме в домене штатной эксплуатации, так и в режиме ручного управления. C-V2X позволяет ставить и решать задачи по прототипированию и апробации системы передачи управления водителю на определенном высокоавтоматизированном транспортном средстве с использованием ранее разработанных подходов, концепции, моделей, методов и способов. Рассмотренные архитектуры развертывания C-V2X позволяют обосновывать технические требования к коммуникационной платформе в зависимости от ее функционала для реализации современных автомобильных коммуникационных технологий.

### Библиографический список

1. **Savchenko V.V., Poddubko S.N.** Development approach to a method for monitoring of driver's ability of resumption of control over the vehicle by on-board systems in automatic mode // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. 386 (2018). 012007. Pp. 1-7.
2. **Савченко, В.В.** Проблема передачи управления водителю в высокоавтоматизированных транспортных средствах: метод мониторинга восприятия семантически бинарной релевантной информации водителем // Механика машин, механизмов и материалов. 2019. №2(47). С. 14-19.
3. **Савченко, В.В.** Концепция передачи управления водителю в высокоавтоматизированных транспортных средствах / В.В. Савченко, С.Н. Поддубко // Докл. Нац. акад. наук Беларуси. 2020. Т.64, №5. С. 624-631.
4. Евразийский патент № 037164, МПК G05D 1/00 (2006.01), B60W 50/08 (2006.01), B60W 30/00 (2006.01). Способ управления транспортным средством и система для его осуществления: № 201900100 : заявл. 2019.02.04 : опубл. 2021.02.12 / В.А. Дубовский, В.В. Савченко. – 6 с.
5. **Дубовский, В.А.** Метод передачи управления транспортным средством от автоматизированной системы вождения человеку / В.А. Дубовский, В.В. Савченко // Доклады БГУИР. 2020. № 18(7). С. 40-46.
6. **Dubovsky V.A., Savchenko V.V.** A general approach to describing the driver-vehicle interaction // «BIG DATE and Advanced Analytics. BIG DATA и анализ высокого уровня», материалы 7-ой Международной научно-практической конференции 19-20 мая 2021 г. – Минск, 2021. С. 67-73.

7. **Дубовский, В.А.** Концептуальная модель системы «водитель-автомобиль-дорога-среда» / В.А. Дубовский, В.В. Савченко // Доклады Национальной академии наук Беларуси. 2019. Том 63, №1. С. 112-120.
8. **Савченко, В.В.** Информационные потоки в ИТС: определение динамических характеристик системы «человек-машина» для автоматического расчета тяжести последствий ДТП для водителя // Перспективы развития транспортного комплекса, материалы Международной научно-технической конференции 04-06 октября 2016 г. (БелНИИТ «Транстехника»). – Минск, 2016. С. 272–279.
9. **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. – Минск, 2017. Вып. 6. С. 169-172.
10. **Савченко, В.В.** Информационные потоки в высокоавтоматизированных транспортных средствах // «BIG DATE and Advanced Analytics. BIG DATA и анализ высокого уровня», материалы 6-ой Международной научно-практической конференции 20–21 мая 2020 г., Часть 2 // г. Минск, Республика Беларусь. – С. 122–128.
11. **Литарович, В.В.** Анализ информационных потоков в коммуникационной платформе C-V2X / В.В. Литарович, Е.В. Мыльников, В.В. Савченко, М.А. Чернин // Актуальные вопросы машиноведения: сб. науч. тр. / Объедин. ин-т машиностроения НАН Беларуси. – Минск, 2019. Вып. 8. С. 145-147.
12. **Холод, Е.А.** Классификация признаков выполнения водителем транспортного средства алгоритмов деятельности или их фрагментов / Е.А. Холод, В.В. Савченко, В.А. Дубовский, М.А. Чернин // Актуальные вопросы машиноведения: сб. науч. тр. 2020. Вып. 9. С. 136-140.
13. **Savchenko V.V., Poddubko S.N.** Cross-modal information flows in highly automated vehicles // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. – 534 (2019). – 012003.
14. **Savchenko V.V., Litarovich V.V.** Classification of semantically binary relevant information for drivers in highly automated vehicles // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. – 819 (2020). – 012042.
15. **Дубовский, В.А.** Метод контроля профессионально важных качеств водителей транспортных средств / В.А. Дубовский, В.В. Савченко // Актуальные вопросы машиноведения: сб. науч. тр. Объедин. ин-т машиностроения НАН Беларуси. – Минск, 2019. Вып. 8. С. 159-161.
16. **Karolis Kiela.** Review of V2X–IoT Standards and Frameworks for ITS Applications // Karolis Kiela 1, Vaidotas Barzdenas, Marijan Jurgo and etc. // MDPI / Switzerland. – 2020. – 23 p.
17. **Zeeshan Hameed Mir, Jamal Toutouh, Fethi Filali, Young-Bae Ko.** Enabling DSRC and C-V2X Integrated Hybrid Vehicular Networks: Architecture and Protocol // IEEE Access. 2020.
18. 3GPP TR 21.914 version 14.0.0 Release 14 [Electronic resource]. – Mode of access: // [https://www.etsi.org/deliver/etsi\\_tr/121900\\_121999/121914/14.00.00\\_60/tr\\_121914v140000p.pdf](https://www.etsi.org/deliver/etsi_tr/121900_121999/121914/14.00.00_60/tr_121914v140000p.pdf) (Date of accesses: .15.10.2021).
19. **Aman Kumar Gulia.** A Simulation Study on the Performance Comparison of the V2X Communication Systems: ITS-G5 and C-V2X // KTH royal institute of technology school of electrical engineering and computer science // Sweden – 2020. – 69 С.
20. 3GPP TR 22.885 V1.0.0 (2015-09) [Electronic resource]. – Mode of access: // <https://portal.3gpp.org/desktopmodules/Specifications/SpecificationDetails.aspx?specificationId=2898> (date of access: 25.10.2021).

*Дата поступления  
в редакцию: 22.02.2022*