ЛАБОРАТОРИЯ
инфокоммуникационных сетей

СИСТЕМА БЕСПРОВОДНОГО ШИРОКОПОЛОСНОГО ДОСТУПА

LBX-R

ОПИСАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО РЕШЕНИЯ

СИСТЕМА БЕСПРОВОДНОГО ШИРОКОПОЛОСНОГО ДОСТУПА

«LBX-R»

ОПИСАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО РЕШЕНИЯ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМАХ

1. Общие сведения

В мировой практике интеллектуальные транспортные системы (ИТС) признаны как общая транспортная идеология интеграции достижений телематики во все виды транспортной деятельности для решения проблем экономического и социального характера: сокращения аварийности, повышения эффективности общественного транспорта и грузоперевозок, обеспечения общей транспортной безопасности, улучшения экологических показателей.

Интеллектуальные транспортные системы - это гармонизированная система, интегрирующая современные информационные, коммуникационные и телематические технологии, технологии управления и предназначенная для автоматизированного поиска и принятия к реализации максимально эффективных сценариев управления транспортно-дорожным комплексом региона, конкретным транспортным средством или группой транспортных средств с целью обеспечения заданной мобильности населения, максимизации показателей использования дорожной сети, повышения безопасности и эффективности транспортного процесса, комфортности для водителей и пользователей транспорта.

Определение требований архитектуре интеллектуальных транспортных систем позволяет обеспечивать их построение в соответствии с реальными потребностями пользователей ИТС, снизить капитальные затраты и повысить эффективность системы в целом, определить оптимальный набор необходимых решений для первоначального внедрения и разработать план последующего развития или модернизации системы.

На сегодняшний день в рамках концепции ИТС сформировались целевые направления развития, принятые к исследованию и разработке:

− системы управления стационарными средствами информирования участников дорожного движения;

− системы управления средствами регулирования транспортных потоков;

− системы организации приоритетного проезда;

− системы автоматизированной диагностики ТС;

− системы автономного управления перевозками;

− интеллектуальные системы навигации;

− системы автоматизированных платежей;

− справочные системы для путешественников;

− системы мониторинга дорожных происшествий;

− системы мониторинга состояния дорожного покрытия;

− ряд систем для поддержки экологичных видов транспорта.

Сегодня направления развития ИТС охватывают также:

• работу транспортных сетей и деятельность по обслуживанию транспорта;

• мобильность коммерческого транспорта и интермодальная совместимость;

• беспилотный пассажирский и грузовой транспорт;

• внедрение в транспорт интернета вещей, формирование и использование больших данных, концепт MaaS (мобильность как услуга);

• концепт SAEVs (Shared Autonomous Electric Vehicles);

• мультимодальные перемещения в части, включающей в себя дотранспортную информацию, информацию на маршруте и планирование перевозок;

• варьирование стоимостных стратегий при персональных и коммерческих перевозках;

• координацию действий быстрого реагирования при аварийных и природных чрезвычайных ситуациях;

• требования национальной безопасности в приложении к транспортной инфраструктуре.

Системы радиосвязи в ИТС используют оборудование технологии DSRC (Dedicated Short Range Communication) на основе стандартов беспроводной связи IEEE 802.11p и IEEE 1609.x в диапазоне 5,9 ГГц.

Оборудование технологии DSRC позволяет решать задачи оперативной передачи данных между автомобилями и объектами транспортной инфраструктуры, минимизации расходов на центры обработки данных и не требуют создания дорогостоящей инфраструктуры.

Технология DSRC обеспечивает:

- быстрое (менее 0.2 с) соединение;
- передачу данных со скоростью до 27 Мбит/с на расстояние до 1.5 км;
- устойчивую работу при скорости движения транспортных средств до 250 км/ч;
- работу устройств в полудуплексном режиме.

Устройства технологии DSRC работают в режиме WAVE (Wireless Access in Vehicular Environments – Беспроводной доступ в транспортных средах), который описан в стандарте IEEE 1609. Стандарт содержит:

1. Стандарт беспроводного доступа в автомобильных средах. Менеджер ресурсов 1609.1-2006 (Trial-Use Standard for Wireless Access in Vehicular Environments (WAVE) - Resource Manager):

- описывает ключевые компоненты архитектуры системы;
- определяет потоки данных и ресурсы;
- определяет форматы командных сообщений и хранения данных;
- определяет форматы командных сообщений и хранения данных;
- определяет типы устройств, которые поддерживаются технологией DSRC.

2. Стандарт беспроводного доступа в автомобильных средах - Службы безопасности для приложений и сообщений управления 1609.2-2006 – (IEEE Trial-Use Standard for Wireless Access in Vehicular Environments - Security Services for Applications

and Management Messages):

- определение безопасных форматов обработки сообщений;
- условия использования безопасного обмена сообщениями.

3. Стандарт беспроводного доступа в автомобильных средах (WAVE) - Сетевая услуга 1609.3-2007 – (IEEE Trial-Use Standard for Wireless Access in Vehicular Environments (WAVE) - Networking Service):

- определяет сервисы сетевого и транспортного уровней, включая адресацию и маршрутизацию;
- поддержку защищенных данных;
- определяет короткие сообщения, обеспечивая эффективную альтернативу IP, которая непосредственно поддерживается приложениями;

4. Стандарт беспроводного доступа в транспортных средах (WAVE) - Многоканальная эксплуатация. 1609.4-2006 – (IEEE Trial-Use Standard for Wireless Access in Vehicular Environments (WAVE) - Multi-Channel Operation).

- специфицируются способы работы приложений WAVE в многоканальной среде, а также метод управления доступом к каналу, что предусматривает распределение пакетов по требуемым каналам в необходимые моменты времени:
- усовершенствования 802.11 MAC для поддержки WAVE.

5. Стандарт беспроводного доступа в автомобильных средах 1609.11-2010 – (IEEE Standard for Wireless Access in Vehicular Environments (WAVE) - Over-the-Air Electronic Payment Data Exchange Protocol for Intelligent Transportation Systems (ITS).

- определение сервисов и формата защищенных сообщений для систем электронных платежей;
- описывается модель взаимодействия прикладных сервисов и профилей для аутентификации платежей и процесс передачи платежных данных, таких как информация о счете, квитанции, чеки и подтверждение операций, посредством DSRC в соответствии со стандартами IEEE 1609.3 и IEEE 1609.4.

6. Стандарт беспроводного доступа в автомобильных средах 1609.12-2016 – (IEEE Standard for Wireless Access in Vehicular Environments (WAVE) - Identifier Allocations).

- описаны способы назначения идентификаторов, а также способы их использования.

Технология DSRC поддерживает существующие протоколы сетевого и транспортного уровней IPv6, пользовательский протокол дейтаграмм (UDP) и протокол управления передачей (TCP). Выбор между WSMP или IPv6+UDP/TCP зависит от требований конкретного приложения.

Система DSRC/WAVE включает две части. Часть системы, установленная на автомобиле (Onboard Unit – OBU), получает данные от датчиков и устройств автомобиля и передает их через драйвер HMI (Human Machine Interface) на дисплей водителя и по каналу беспроводной связи на приемопередатчик второй части системы – RSU (Roadside Unit), которая входит в систему контроля движения дорожной службы. Как OBU, так и RSU содержат приемники GPS для точного определения местоположения объектов, на которых они установлены.

RSU, установленное на перекрестке, может, например, информировать транспортное средство о режиме работы светофора и оптимальной скорости движения для проезда перекрестка без остановки. RSU, установленные вдоль дороги, способны сообщить OBU о рекомендуемой безопасной скорости проезда опасного участка.

Орган по стандартизации Society of Automotive Engineers (SAE) в документе **SAE J2735-Dedicated Short Range Communications (DSRC) Message Set Dictionary** определил стандартные наборы сообщений, фреймы данных и элементы данных для использования приложениями, предназначенными для использования выделенной связи ближнего радиуса действия 5,9 ГГц для беспроводного доступа в транспортных средах (DSRC/WAVE).

Основные стандарты в области DSRC разрабатываются в Европе (ETSI), США (IEEE), Японии (ARIB), Южной Корее (TTA), Сингапуре (IMDA) и Китае (CCSA).

ETSI после формирования соглашения о совместной работе с CEN в рамках мандата ЕС M/453 в 2014 году приступила к публикации общих для территории Европы стандартов для объединения различных ИТС (cooperative-ITS, C-ITS), с целью обеспечения взаимодействия модулей различных производителей ТС (OBU) и RSU. Комплект Европейских стандартов V2x разработан организацией ETSI и назван ITS-G5 (англ. — ITS Generation 5). Интерфейсы I2V (Infrastructure to Vehicle) и I2I (Infrastructure to Infrastructure) должны быть реализованы в соответствии с международными стандартами ITS-G5.

Стандарты радиоинтерфейсов для связи между транспортными средствами и между транспортными средствами и инфраструктурой (V2V - Vehicle to Vehicle и V2I - Vehicle to Infrastructure) для применений интеллектуальных транспортных систем представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Базовые стандарты для уровня доступа и среды

Заголовок стандарта	Номер стандарта
Интеллектуальные транспортные системы (ИТС) Оборудование радиосвязи, работающее в полосе частот 5855–5925 МГц Согласованный европейский стандарт EN, охватывающий основополагающие требования Статьи 3.2 Директивы по R&TTE	ETSI EN 302 571
Интеллектуальные транспортные системы (ИТС) Спецификация уровня доступа для интеллектуальных транспортных систем, работающих в диапазоне частот 5 ГГц	ETSI EN 302 663
Интеллектуальные транспортные системы (ИТС) Механизмы децентрализованного контроля перегрузки для интеллектуальных транспортных систем, работающих в диапазоне 5 ГГц Часть уровня доступа	ETSI TS 102 687
Интеллектуальные транспортные системы (ИТС) Методы ослабления влияния помех для исключения помех между европейским оборудованием выделенной связи на короткие расстояния CEN (DSRC CEN) и интеллектуальными транспортными системами (ИТС), работающими в диапазоне 5 ГГц	ETSI TS 102 792
Интеллектуальные транспортные системы (ИТС) Согласованные спецификации канала для интеллектуальных транспортных систем (ИТС), работающих в диапазоне частот 5 ГГц	ETSI TS 102 724

Также в 2014 году ETSI опубликовало две спецификации ИТС, касающиеся сервисов. Первая спецификация - спецификация совместных информационных сервисов (EN 302 637-2). Она регламентирует способы и технологии информационного взаимодействия V2V, V2I, I2V и I2I для реализации функционала БДД в ИТС. Помимо этого, данная спецификация описывает синтаксис и семантику сообщений, с помощью которых производится взаимодействие между объектами ИТС. Вторая спецификация - это спецификация сервисов децентрализованного информирования окружения (EN 302 637-3). Основным принципом данного сервиса является организация передачи предупреждений о возникших по близости опасностях или изменения режима движения. Предупреждение передается на ближайший RSU, а далее транслируется всем приближающимся ТС. Получив сообщение, приложение на OBU формирует предложения о возможных способах реакции для водителя.

2. Архитектура ИТС

Несмотря на огромную работу по стандартизации, проделанную во всем мире, сформировать детальную картину универсальной архитектуры системы не представляется возможным. Это связано с тем, что практическая реализация систем тесно связана с целями и задачами конкретной страны. Перечень выбираемых при этом технологий, так же обуславливается локальными факторами, такими как доступность устройств и датчиков, а также наличием компетенций в области внедрения.

Обобщенная модель взаимодействия объектов внутри транспортной системы, описанная в стандарте ETSI EN 302 665, приведена на Рисунке 2.1.

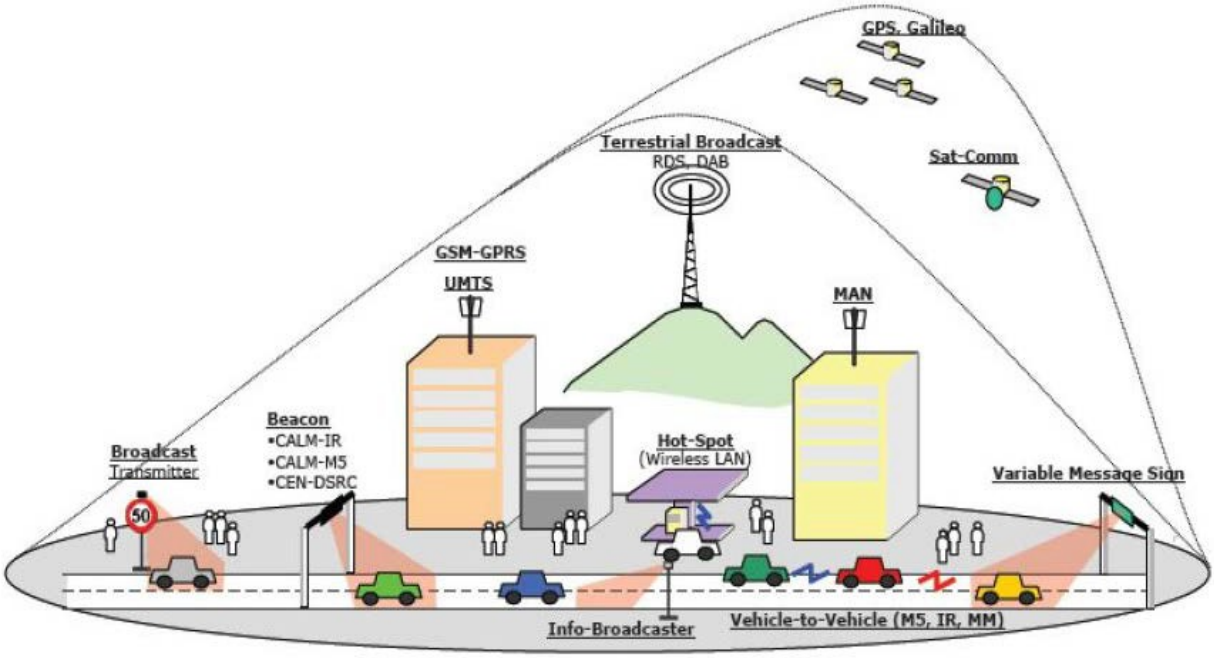


Рисунок 2.1 – Обобщенная модель взаимодействия для ИТС

При формирования архитектурных подходов построения коммуникационной подсистемы ИТС необходимо принимать во внимание следующие аспекты:

− мобильность узлов сети, приводящая к высокой динамике изменения топологии;

− потенциальная возможность поддержки любых типов технологий связи;

− потенциальная возможность поддержки любых видов приложений, включая:

• разработанные специально для ИТС;

• использующие инфраструктуру ИТС как прозрачный тоннель, с целью транзита собственных данных (видео, голосовые сообщения и звуковые сигналы, данные с датчиков ТС о пробеге, расходе топлива и прочее);

• использующие ИТС станции исключительно для организации внутреннего взаимодействия между подключенными устройствами.

− возможность быстрой и гибкой адаптации под нужды пользователей по полосе пропускания, доступности канала связи, надежности соединений, защищенности каналов связи и стоимости (в случае использования коммерческих сервисов);

− наличие эффективных механизмов приоритезации для различных классов приложений;

− поддержка профилирования услуг.

В настоящее время ГОСТ Р 56294—2014 «Интеллектуальные транспортные системы. Требования к функциональной и физической архитектурам интеллектуальных транспортных систем» устанавливает требования к архитектуре ИТС.

Стандарт распространяется на проекты ИТС, созданные на основе систем управления наземными транспортными средствами в городе и за его пределами. На рисунке 2.2 представлена, введенная в указанном ГОСТ обобщенная схема физической архитектуры ЛП ИТС, названная как интеграционная платформа ИТС

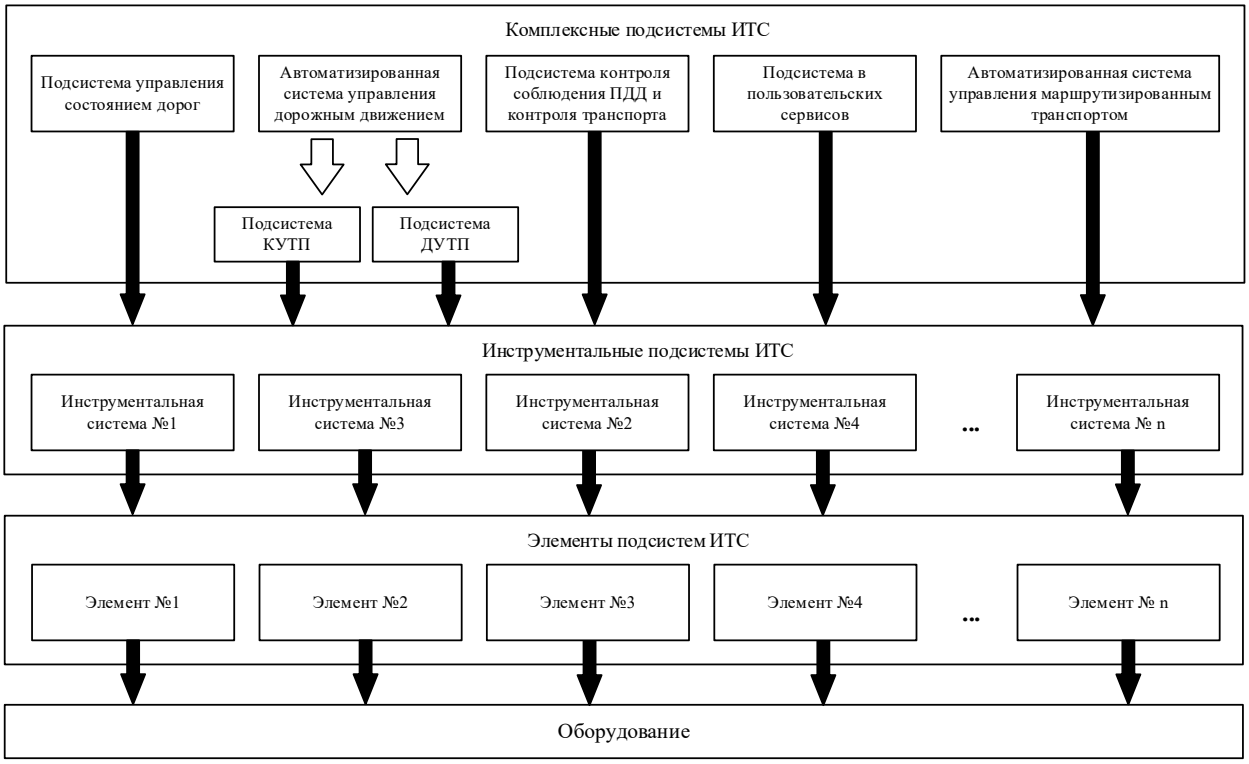


Рисунок 2.2 - Обобщенная схема физической архитектуры ЛП ИТС

Автоматизированная система управления дорожным движением (АСУДД) – информационная система, предназначенная для управления движением транспортных средств и пешеходных потоков на дорожной сети города или автомагистрали.

Функциональная архитектура локального проекта (ЛП) ИТС - Иерархически организованная совокупность функциональных описаний подсистем, субъектов и объектов ИТС, а также их взаимодействий. Функциональная и физическая архитектуры создаются в рамках уточненной модели ЛП ИТС.

Основными компонентами физической архитектуры ИТС (инструментальной подсистемой) являются коммуникационные станции (ИТС-С).

Они выполняют две задачи:

− являются узлами составной сети, работая как инициаторы или приемники соединений;

− являются транзитными узлами, поскольку сеть ИТС может работать в режиме ad-hoc.

С учетом сформировавшегося в ходе эволюции ИТС перечня аспектов реализации наиболее гибкой архитектуры, в стандарте ETSI EN 302 636-3 приводятся базовые принципы построения архитектуры на уровне подсистем. В нем приведена сетевая модель взаимодействия станций ИТС между собой, а также станций ИТС и внешних подсистем

Образуемые на основе различных ИТС-С сетевые структуры дифференцируются по функциональному признаку на внутренние и внешние сети. Внешние сети отвечают за взаимодействие станций между собой и за подключение к другим внешним сетям. Среди них выделяют следующие классы сетей:

− ИТС ad hoc сеть;

− сеть доступа;

− базовая сеть.

Задачей внутренних сетей является организация взаимодействия внутренних компонентов ИТС-С.

Каждая образуемая из ИТС-С сетевая структура несет под собой цель реализации поддержки приложений относящихся к решению базовых задач. К таким задачам относятся организация безопасности дорожного движения, эффективность управления автомобильным трафиком, предоставление информационно-развлекательного контента и поддержка работоспособности коммерческих приложений. Соответственно выделяют типы базовые приложений:

- приложения, связанные с обеспечением сохранения жизни (safety applications),
- приложения, связанные с обеспечением эффективности дорожного движения (traffic management applications),
- информационно-развлекательные приложения (infontainment applications).

Однако взаимодействие внутри единичной сети не может обеспечить полного спектра функциональности ИТС. В связи с этим отдельные сети комбинируются в комплексную сетевую архитектуру, как это приведено на Рисунке 2.3.

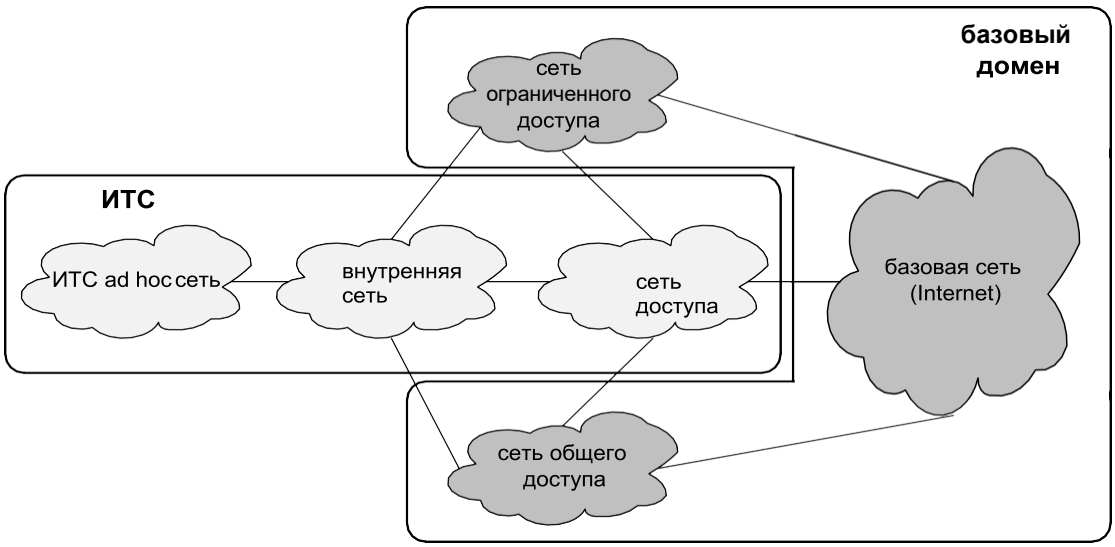


Рисунок 2.3 – Верхнеуровневая сетевая архитектура ИТС

ИТС ad hoc сеть позволяет взаимодействовать ТС между собой, а также с RSU и персональными мобильными устройствами. Данное взаимодействие осуществляется с использованием беспроводных технологий связи и позволяет узлам формировать собственную произвольную сетевую топологию без необходимости управления со стороны инфраструктуры. В качестве беспроводных технологий для образования таких сетей могут использоваться ITS-G5, описанная в стандарте EN 302 663 или WAVE (Wireless Access in Vehicular Environments) на базе серии стандартов IEEE 1609.x.

Сеть доступа ИТС представляет собой выделенную сеть, предоставляющую доступ к специфическим приложениям или сервисам, которые могут внедряться и управляться локальными операторами сети или дорожными службами. К задачам данной сети относится соединение отдельных RSU между собой в целях обеспечения взаимодействия между ними, а также между OBU, подключенными к данным RSU. Сеть доступа ИТС может быть так же использована для подключения RSU, распределенных вдоль дорожной сети, к центральной ИТС станции. Формирование подобной сетевой архитектуры позволяет организовать трансляцию данных между OBU через локальную инфраструктуру, а не напрямую в режиме ad hoc.

Сеть общего доступа предоставляет доступ к открытым сетям общего назначения. Через данную сеть может предоставляться доступ к Интернет для OBU и персональных мобильных устройств, подключенных к OBU.

Сеть ограниченного доступа, в отличие от сети общего доступа, предназначена для обслуживания ограниченных групп лиц с предоставления им услуг защищенных соединений, например, для организации доступа к закрытым корпоративным сегментам сети частных компаний.

3. Система беспроводного широкополосного доступа LBX-R-59

Система беспроводного широкополосного доступа (система LBX-R-59) является системой радиосвязи DSRC стандарта ETSI ITS-G5 в выделенных для использования полосах радиочастот в диапазоне 5,9 ГГц.

Области применения:

- выделенные и технологические сети связи;
- системы, входящие в состав Федеральной сети транспортной телематики;
- системы, обеспечивающие функционирование ИТС.

Оборудование LBX-R-59 предназначено для построения перспективных систем связи, отвечающих современным потребностям кооперативных ИТС:

- обеспечения безопасности пассажирских перевозок,
- повышения эффективности транспортной логистики и контроля транспортных средств (расход топлива, маршрут движения и т.п.),
- потребностям беспилотных транспортных средств - автономных и подключенных (Autonomous Car, Connected Car) - в надежной и гарантированной связи.

Приложения IoT (интернет вещей) на автомобильных дорогах различного назначения (федеральные трассы, региональные трассы и т.п.) включают:

- организация телеметрии (например, измерение температуры, влажности, давления воздуха на участках автомобильных дорог),
- организация удаленного управления устройствами (например, включение/выключение освещения, открытие/закрытие шлагбаумов).

Услуги связи пользователям автомобильных дорог включают:

- беспроводного доступа в сеть Интернет,
- доступа к информационно-развлекательным ресурсам локальной сети.

Ключевые особенности системы

Организация связи в сетях с быстроизменяющейся топологией за счет построения динамичной mesh-сети между оборудованием, размещаемым на транспортных средствах, на объектах придорожной инфраструктуры.

Применение особого варианта маршрутизации – маршрутизации, основанной на использовании информации с приемников глобальных навигационных систем Глонасс/GPS.

Реализация протоколов архитектруры DSRC/CALM/ITSC для обеспечения функционирования приложений интеллектуальных транспортных систем (приложений V2V и V2I).

Организация непрерывной зоны покрытия участка автомобильной дороги.

Обеспечение мобильности транспортных средств, движущихся со скоростями более 120 км/ч.

Передача мультисервисных данных (видео, голос, данные) с реализацией QoS (требуемого качества обслуживания).

Реализация автомобильной самоорганизующейся сети VANET (Vehicular Ad Hoc Network), узлы которой представлены самими транспортными средствами с установленными специализированными модулями связи.

Дальнейшее развитие системы реализуется на базе технологии DSRC IEEE 802.11ax.

Классы задач и сервисов системы LBX-R-59:

- Коммуникация между придорожными станциями.

- Подключение абонентов на основе базы данных.

- Система управления и настройки придорожных станций.

- Сбор статистики: информация об устройствах и их параметрах (скорости движения и т.д.)

- Сервер отражения местоположения абонентов. Трекинг сервер.

- Вещательный сервер: информация о пробках, погоде и т.д.

- Загрузка сервисных файлов, содержащих различную информацию о техническом состоянии автомобилей и о действиях водителя при возникновении неисправностей и поломок автомобиля. Файловый сервер.

3.1 Архитектура системы LBX-R-59

Система LBX-R-59 включает абонентское оборудование, сети радиодоступа и ядро сети.

Система предусматривает организацию опорной сети передачи данных (LAN) с применением соответствующих агрегирующих коммутаторов уровня L2+, L3 и коммутаторов доступа. Обобщенная структура системы LBX-R-59 показана на рис.3.1.

Сеть радиодоступа образуют придорожные устройства LBX-RSU-59 (базовая станция), которые подключаются к ядру сети через сеть доступа с использованием организованных проводных или радиоканалов требуемой пропускной способности.

В качестве абонентского устройства, используется мобильное устройство LBX-OBU-59 (бортовая станция), которое монтируется на транспортные средства.

Ядро сети образуют система коммутации и сопряжения (контроллеры придорожных устройств, коммутаторы, маршрутизаторы, сетевые шлюзы, устройства сопряжения с сетью IMS), система управления и мониторинга NMS (серверы SNMP, OMA), система обеспечения безопасности сети (серверы авторизации, аутентификации и учета, серверы управления политиками сети, устройства анализа и фильтрации трафика), система предоставления мультисервисных услуг связи (DHCP, DNS).

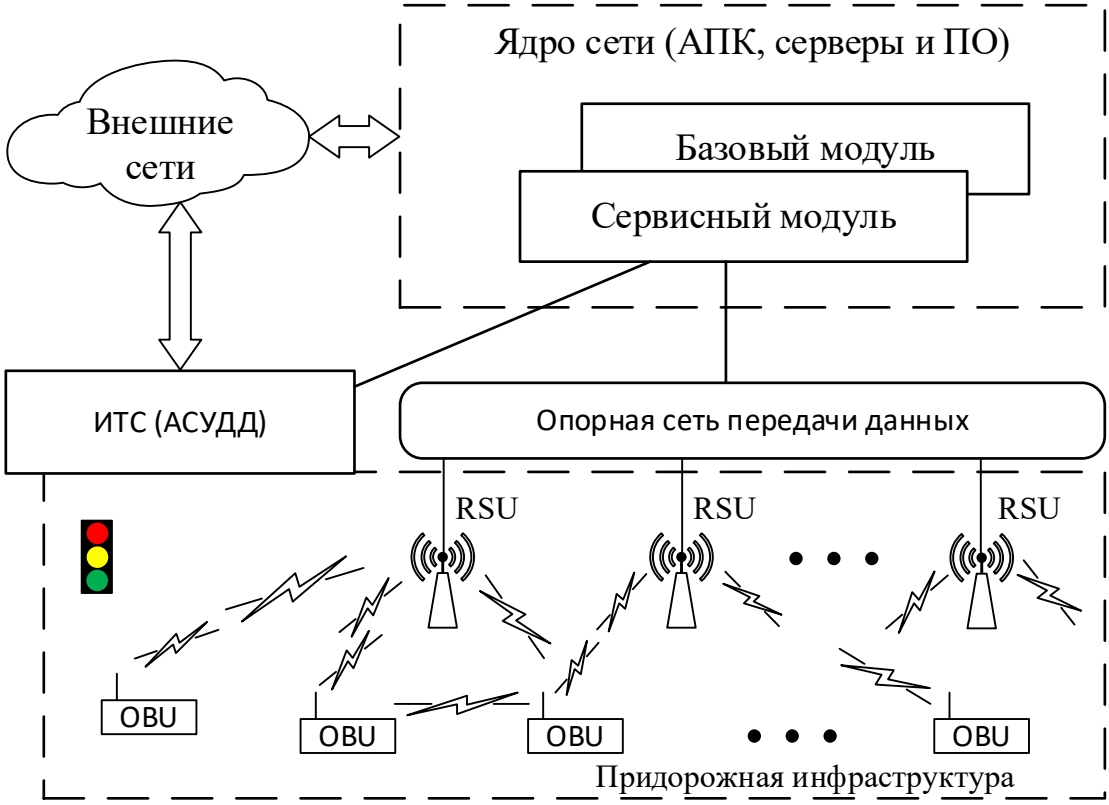


Рисунок 3.1 – Структура системы LBX-R-59

LBX-RSU/OBU-59 соответствуют функциональной структуре станций ИТС-С (ETSI EN 302 636-3) и состоят из функциональных элементов, взаимодействующих друг с другом через внутреннюю сеть, как это показано на рис. 3.2.

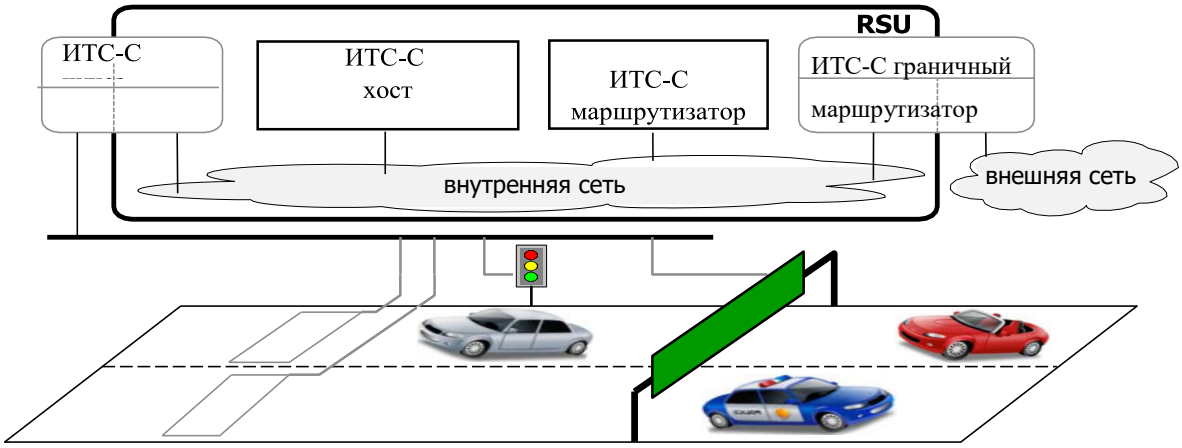


Рисунок 3.2 – Функциональный состав архитектуры ИТС-С

ИТС-С шлюз обеспечивает взаимодействия (решает задачу конвертации) протоколов различных протокольных стеков на уровнях модели OSI с 5-го по 7-ой.

ИТС-С хосты реализуют минимально необходимую функциональность для поддержки работоспособности базовых приложений.

ИТС-С маршрутизаторы обеспечивают функционал кросс-протокольного взаимодействия на третьем уровне модели OSI. Причем один из протоколов взаимодействия должен обязательно принадлежать стандартному стеку ИТС станции.

По аналогии с маршрутизаторами, *граничные маршрутизаторы* реализуют функции кросс-протокольного взаимодействия на третьем уровне модели OSI. Однако их ключевым отличием является обеспечение взаимодействия с внешними сетями, которые могут использовать, отличные от стандартных для ИТС-станций механизмы управляющих взаимодействий и безопасности.

Структура типовой ИТС-С в виде единой эталонной архитектурной модели, описанной в стандарте ETSI EN 302 665, приведена на рис.3.3.

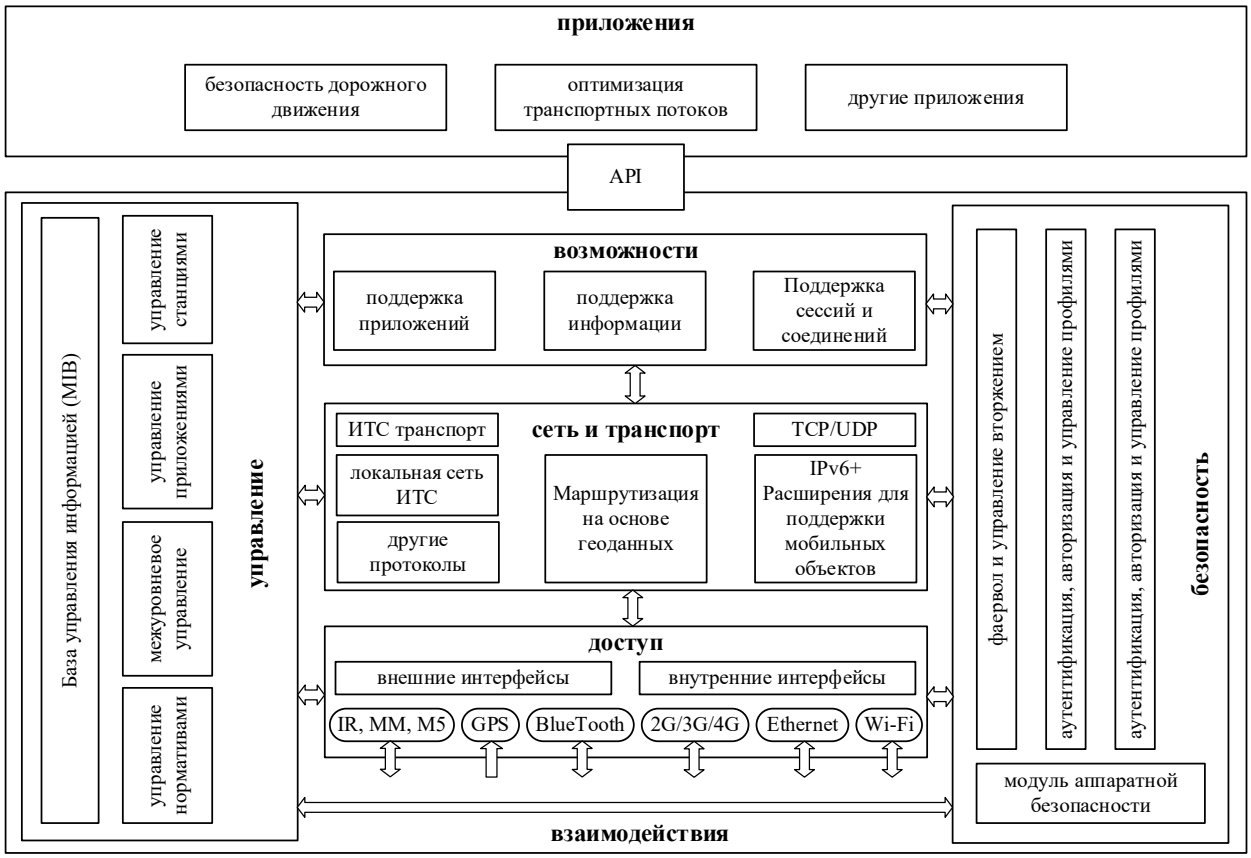


Рисунок 3.3 – Эталонная архитектура ИТС-С (стек протоколов ETSI ITS-G5)

В отличии от базовой модели ISO/OSI, в эталонной модели ИТС выделены три горизонтальных протокольных уровня и два вертикальных (рис. 3.3). Верхний уровень приложений взаимодействует со стеком протоколов ИТС через специализированные программные интерфейсы - API. Межуровневые интерфейсы взаимодействия описываются в семействе стандартов TS 102 723-x.

На уровне приложений описываются механизмы классификации, приоритезации и присвоения каналов, регистрации и безопасного обслуживания приложений. Данный уровень состоит из блоков, реализующих логику работы сервисов, связанных с БДД, эффективностью транспортных потоков, а также развлекательных и бизнес-приложений.

Объектный уровень содержит функциональные возможности прикладного уровня, сеансового уровня и уровня представления сетевой модели OSI. Подробно объектный уровень описывается в стандарте TS 102 894. Важной функциональностью данного уровня является механизм управления сервисами. В рамках данного механизма присутствует возможность обнаружения новых сервисов, а также расширение существующего перечня сервисов методом скачивания и установки специальных программных модулей (SDK).

Сетевой и транспортный уровни содержат функциональные возможности сетевого и транспортного уровней сетевой модели OSI с поправками, специфичными для ITS-G5: использование одного или нескольких сетевых протоколов, использование одного или нескольких транспортных протоколов, управление сетевым и транспортным уровнем. Протоколы, относящиеся к задаче формирования сетей, выполняют функции маршрутизации данных, обеспечивая эффективность их распределения в рамках определенной географической зоны. Группа транспортных протоколов организует доставку данных по принципу «из конца в конец», предоставляя при этом, в зависимости от требований приложений или сервисов ИТС, такие функции как гарантия надежности, управление потоками и защита от перегрузок. В частности, на данном уровне используется протокол IPv6, что позволяет использовать все его возможности при передаче пакетов через сеть ИТС.

Уровень доступа объединяет в себе функциональность физического и канального уровней сетевой модели OSI. Подробно уровень доступа описывается в стандарте EN 302 663. Включенные в его состав технологии, не ограничиваются какими-либо определенными типами среды распространения, однако с учетом специфики ИТС, предпочтение отдается беспроводным методам взаимодействия.

В OBU для организации внешнего взаимодействия могут использоваться самостоятельные, не специфичные для ИТС, системы связи, такие как GPRS, UMTS, LTE. В этом случае, с точки зрения ИТС, соединение устанавливается в виде прозрачного логического туннеля, используя сторонние системы в качестве среды для транзита собственных данных.

Уровень управления ITS-G5 задействует все уровни сетевой модели OSI и обеспечивает следующую функциональность: управление сетью, управление службами связи, управление приложениями, управление станцией, управление контролем перегрузок, управление системой защиты, обеспечение связи между блоками управления, наличие общей информационной базы управления (MIB).

Уровень безопасности ITS-G5 задействует все уровни сетевой модели OSI и обеспечивает следующую функциональность: межсетевой экран и управление вторжениями, проверку подлинности, авторизацию и управление профилем, идентификацию и управление сертификатами, наличие общей информационной базы безопасности (англ. — Security information Base, сокр. SiB), наличие аппаратных модулей безопасности (англ. — Hardware Security Module, сокр. HSM). Подробно уровень безопасности описывается в стандарте TS 102 940.

На рис. 3.4 приведен вариант применения LBX-R-59 в ЛП ИТС (Эксплуатация дороги). Информация о пользовательских сервисах ИТС передается на RSU с использованием подсистемы взаимодействия ядра сети с RSU и каналов связи (сеть передачи данных, LAN). На рисунке показаны основные функциональные уровни элементов системы LBX-R-59 и АСУДД.

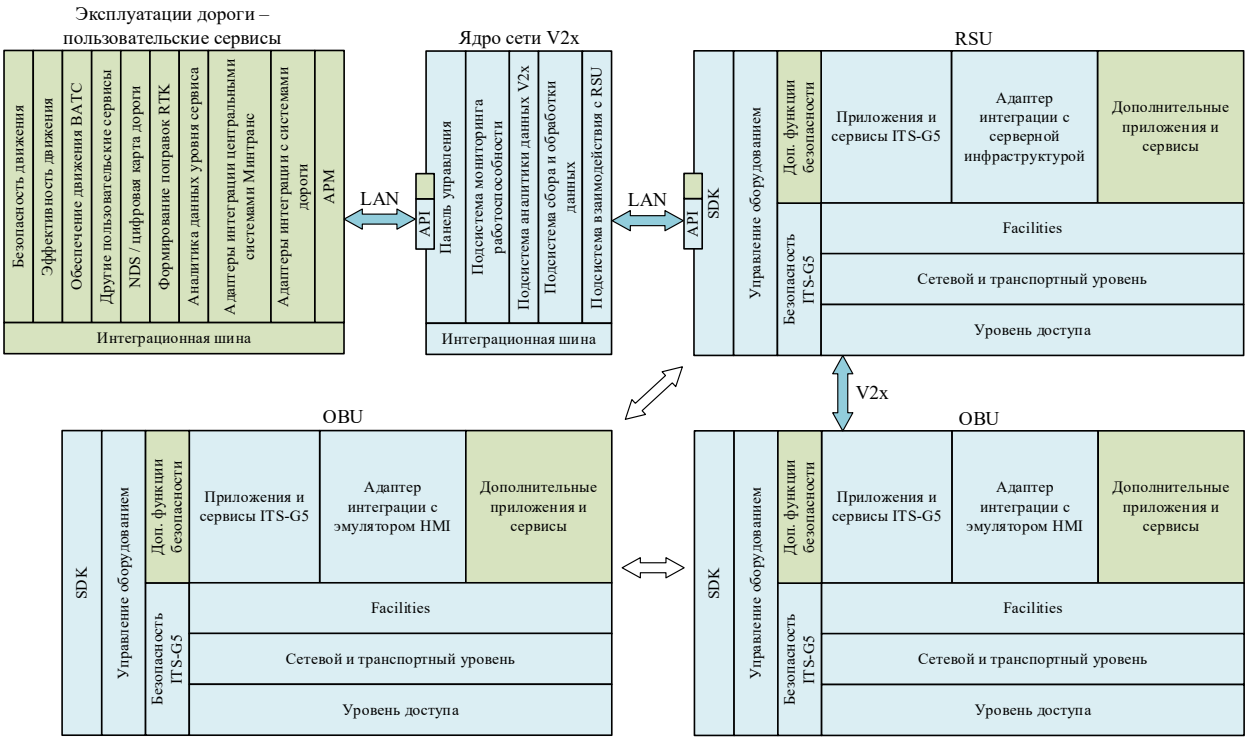


Рисунок 3.4 – Основные функциональные уровни элементов системы LBX-R-59

Оборудование LBX-RSU (OBU)-59 соответствует эталонной архитектуре ИТС-С в рамках стека протоколов ETSI ITS G5 (рис. 3.4).

Оборудование LBX-RSU-59 и LBX- OBU-59 обеспечивают базовые сервисы ITS G5.

Сервис TLM (Traffic Light Maneuver service) используется для управления генерацией, передачей и приемом сообщений SPATEM. Сервис передает информацию, связанную с безопасностью участников дорожного движения.

Сервис RLT (Road and Lane Topology service) - используется для управления генерацией, передачей и приемом цифровой топологической карты, которая определяет топологию области инфраструктуры.

Сервис IVI (Infrastructure to Vehicle Information service) используется для управления генерацией, передачей и приемом сообщений IVIM.

Сервис TLC (Traffic Light Control service) используется для генерации и передачи сообщений SREM и сообщений SSEM. Сервис TLC поддерживает приоритезацию общественного транспорта и транспортных средств общественной безопасности.

Сервис GPC (GPC – GNSS Position Correcting service) использует сообщение с корректирующей информацией о положении для GNSS. Он непрерывно передает в режиме реального времени информацию, необходимую для обеспечения точного позиционирования окружающих его станций. Цель состоит в том, чтобы поддержать всех участников дорожного движения для безопасного выполнения маневров на основе местоположения.

Сервис DEN – устройства ITS инфраструктуры должны быть способны передавать и принимать децентрализованное уведомление об окружающей среде DEN и предоставлять DEN, как определено в ETSI EN 302 637-3. В связи с ролью устройства инфраструктуры дополнительные приложения могут выполняться с использованием базового сервиса DEN.

Сервис CA – устройства ITS инфраструктуры должны быть способны передавать CAM и предоставлять CA (Common Awareness) сервис, как определено в ETSI EN 302 637-2. Из-за роли устройства инфраструктуры дополнительные приложения могут выполняться с использованием базового сервиса CA.

Ядро сети системы LBX-R-59 представляет собой АПК для создания информационно-телекоммуникационной инфраструктуры, обеспечивающей возможность реализации широкого диапазона мультисервисных услуг для операторов выделенных, технологических сетей связи. АПК - интегрированная система, включающая:

• подсистему коммутации и сопряжения (контроллеры придорожных устройств, коммутаторы, маршрутизаторы, сетевые шлюзы, устройства сопряжения с сетью IMS),

• подсистему управления и мониторинга (серверы SNMP, OMA);

• подсистему обеспечения безопасности сети (серверы авторизации, аутентификации и учета [серверы AAA], серверы управления политиками сети, устройства анализа и фильтрации трафика),

• систему предоставления мультисервисных услуг связи (DHCP, DNS, SIP).

Наличие устройств сопряжения с IMS, обеспечивает простоту интеграции с элементами ССОП, существующими сетями технологической связи, возможность реализовывать широкий набор приложений, отвечающих потребностям пользователя.

АПК ядра сети управляет всеми компонентами системы LBX-R-59, включая придорожные устройства LBX-RSU-59 и бортовые устройства LBX-OBU-59, с которыми они взаимодействуют.

АПК ядра сети может обеспечивать предоставление голосовой связи и передачи данных между абонентами, находящихся в зонах покрытия сетей доступа, и внешними пользователями (абоненты ТФОП, пользователи Интернет, сотрудники компании грузо- или пассажироперевозок и т.п.).

Структурно-логически ядро сети включает две аппаратно-программные части: базовый модуль и сервисный модуль.

В базовый модуль входит серверное оборудование и специальное программное обеспечение, выполняющее функции мониторинга, управления сетью и обеспечения безопасности.

В сервисный модуль входит оборудование и специальное программное обеспечение, выполняющие функции прикладных задач и сервисов.

Аппаратная часть ядра состоит из нескольких серверных блоков.

Количество серверных блоков и их соединение зависит от функциональности ядра сети, ёмкости абонентских устройств и принятых решений по резервированию.

При этом аппаратный комплекс обеспечивает следующие характеристики:

- мультимедийные сервисы в реальном времени с улучшенным качеством обслуживания, обеспечивает взаимодействие с сетями МШБД360, LPWAN XNB.

- сервер AAA – до 10 тыс. абонентов;

- сервер управления политиками сети – до 10 тыс. абонентов;

- сетевые шлюзы – до 10 Гбит/с.;

- серверы для предоставления информационных приложений – до 10 Гбит/с, 10 тыс. одновременно подключенных абонентов;

Для повышения надёжности сети беспроводного доступа ядро обеспечивает поддержку двойного резервирования придорожных устройств и коммутационного оборудования.

3.2 Оборудование RSU и OBU

Придорожные устройства LBX-RSU-59

Придорожное устройство LBX-RSU-59 обеспечивает связь между транспортной инфраструктурой и транспортными средствами, другими мобильными устройствами путем обмена данными через DSRC в соответствии с стандартами, включая, но не ограничиваясь ими (IEEE 802.11/802.11p, IEEE 1609.x, ETSI ITS-G5). Кроме того, LBX-RSU-59 может быть интегрировано в сеть Интернет для обеспечения удаленного управления и предоставления мобильным пользователям услуг информационных приложений (мультимедиа), предоставляемых поставщиками услуг. LBX-RSU-59 также могут быть объединены с местными системами управления дорожным движением для предоставления услуг по управлению дорожным движением транспортным средствам (общественный транспорт, спецтехника) и другим мобильным устройствам.

Придорожное устройство LBX-RSU-59 поддерживает функции маршрутизации, передачи, приёма и обработки потоков данных, идущих от телекоммуникационного центра (серверное оборудования ядра сети) к БО, а также выполняет функции шлюза для подключения периферийного БО к серверному оборудованию ядра сети для обеспечения радиосвязи DSRC.

RSU выполняет две основные коммуникационные функции в системе:

• обеспечение IPv4/IPv6-доступа к удаленным сетевым хостам;

• трансляцию сообщений (хранение и повтор или немедленная передача), как определено в SAE J2735, ETSI ITS-G5.

Структурная схема аппаратной части LBX-RSU-59 приведена на рис.3.5.

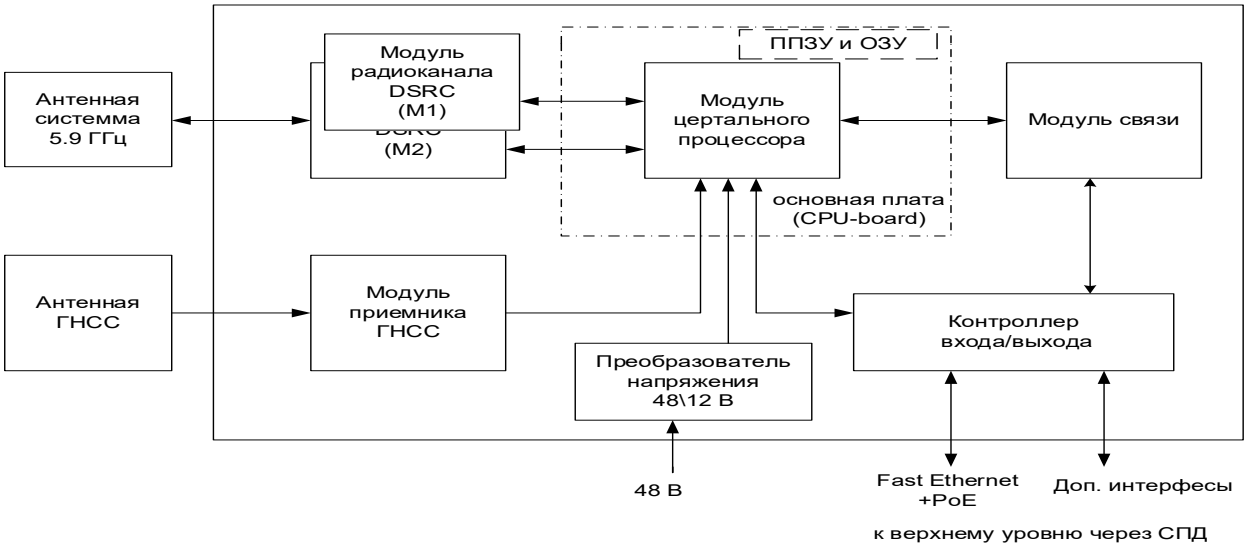


Рисунок 3.5 – Структурная схема LBX-RSU-59

RSU состоит из основной платы (CPU-board), радиомодуля (M1 и M2), приемника ГНСС, контроллера входа/выхода и преобразователя постоянного напряжения 48\12 В.

Модуль (M1, M2) – электронное устройство, которое обеспечивает реализацию стандарта DSRC и выступает в качестве связующего звена между БО и ядром сети.

Контроллер входа/выхода – электронное устройство, предназначенное для организации связи с объектами придорожной инфраструктуры, через интерфейс Power-over-Ethernet (PoE), поддерживающий как IPv4, так и IPv6-соединение, совместимое с IEEE 802.3 at.

Маршрутизатор (CPU-board) – электронное устройство, предназначенное для организации транспортной сети связи с другим придорожным оборудованием и ядром сети.

Приемник сигналов ГНСС – радиоприемное устройство для определения географических координат текущего местоположения антенны приёмника

Антенны DSRC, ГНСС – устройство, предназначенное для излучения или приема сигналов связи от другого оборудования DSRC, приема сигналов ГНСС.

Приемник сигналов ГНСС и антенна размещены внутри центрального блока изделия.

Основные особенности:

Возможность работы от централизованной системы электропитания, от автономных источников электропитания (солнечных батарей, ветрогенераторов и др.). Поддержка PoE.

Возможность работы под управлением как распределенного контроллера, так централизованного контроллера.

Поддержка стандартизованных IEEE протоколов управления мобильностью: 802.11f (Протокол обмена данными между точками доступа), 802.11k (Управление радиоресурсами), 802.11r (Быстрый роуминг), 802.11v (Организация управления беспроводной сетью), 802.11u (Взаимодействие с сетями мобильной связи).

Возможность подключения к транспортным сетям различных видов – проводным (ВОК), беспроводным (mesh).

Поддержка режима ретрансляции сигнала для сокращения количества точек подключений к транспортной сети.

Возможность программной реализации дополнительных функций для обеспечения специальных и нестандартных режимов работы.

Работа в автономном режиме без подключения к ядру сети (реализация базового функционала контроллера радиосети, сетевого шлюза, сервера AAA, сервера приложений IoT, сервер приложений ИТС).

Наличие встроенной системы измерения параметров приемопередатчика.

Поддержка протоколов маршрутизации ad-hoc сетей.

Внешний вид придорожного устройства LBX-RSU-59 показан на рис. 3.6 и 3.7.

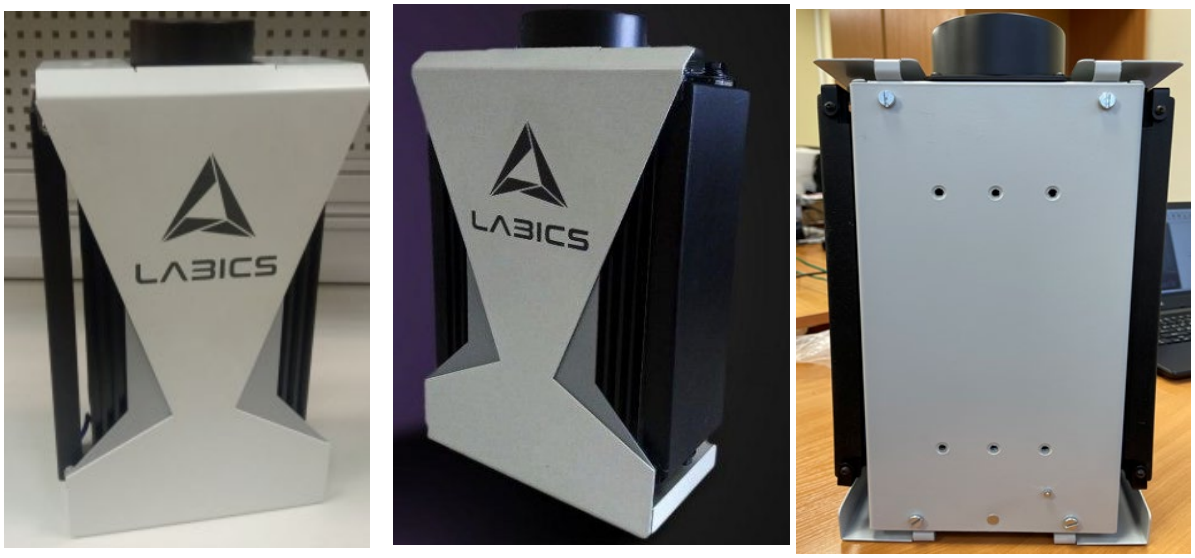


Рисунок 3.6 – внешний вид LBX-RSU-59

Рисунок 3.7 – внешний вид LBX-RSU-59 (настройка антенн)

Технические характеристики LBX-RSU-59 соответствуют требованиям, изложенным в приложении к решению ГКРЧ от 10 марта 2011 г. N 11-11-01-2 и «Общим техническим требованиям к сетям мобильного беспроводного широкополосного доступа Федеральной системы транспортной телематики», утвержденном распоряжением Минтранса России 30 октября 2019 года.

Технические характеристики LBX-RSU-59

Наименование характеристик	Значения характеристик (Параметров)
Поддерживаемые протоколы ITS	- IEEE 802.11p™/IEEE 802.11™ - SAE J2735 2016 - ETSI ITS-G5 стандартная комплектация

Внешние интерфейсы (включая опции)	- 2 x 5,9 ГГц Antenna 50 Ом, N female - 1 x PoE feed-in) - 1 x GPS - 2 x LED, 3-col.(power, status) +2 x* * Опция
Радиоинтерфейс	*DSRC характеристики:* - IEEE 802.11p™ radio - диапазон частот: 5,850 – 5,925 ГГц - ширина канала:10/20 МГц - шаг сетки частот: 10 МГц - максимальная мощность передатчика: 23 дБм - относительный уровень побочных излучений: - 60 дБ - методы модуляции: BPSK, QPSK, 16QAM, 64QAM - чувствительность: -74 дБм (64QAM) - антенны: 2 x 10 дБи
Сетевые интерфейсы	- WAN Ethernet (PoE), Fast Ethernet 100BASE-TX - WAN Cellular Network* - Traffic Management Center / - Central ITS Station - Traffic Light Controller * Опция
Компьютерная платформа	-Тип ядра процессора: MIPS -Тактовая частота процессора: 680 МГц - Объем внутренней памяти: 64 МБ - Операционная система: Linux
Временные характеристики	- Максимальное время включения, с: не более 90 - Максимальное время установления нормального режима работы, с: не более 120 - Максимальное время установления соединения с приемо-передающим мобильным модулем, с: не более 2
Скорость передачи информации	- Полоса пропускания/скорость передачи (в канале) • 2 Мбит/с на линии «вниз»; • 1 Мбит/с на линии «вверх». - Временные задержки передачи пакетов информации ≤ 0,1 с.
Варианты конфигурации (включая опции) * опция	- WiFi module - Cellular modem module (3G/LTE) * - 24 В / 48 В DC*
Параметры электропитания	802.3at-2009/ PoE+ (42,5 – 57 В DC) Потребляемая мощность < 20 Вт
Габаритные размеры (Г×В×Ш)	117×385×220 мм
Масса изделия	не более 6 кг
Условия эксплуатации (ГОСТ 16019-2001)	предельная температура воздуха окружающей среды: от минус 25°С до плюс 45°С (± 5°С), рабочие значения относительной влажности воздуха 20-99 при температуре воздуха окружающей среды 40 ± 3°С
Сертификация	Декларация ЕАЭС N RU Д-RU.HA81. B.18601/20 Сертификат соответствия ОС-2- РД -1428 до 22 января 2024

Сертификат соответствия ОС-2- РД -1428 до 22 января 2024. Условия применения средств связи - на ССОП в качестве БС (точек доступа) сетей радиодоступа технологии закрытых систем.

Основные функциональные части специального ПО:

1) приложения:
- предупреждение столкновений (CRW);
- безопасности движения (RHW);
- эффективности дорожного движения.

2) сервис HMI;
3) основные сервисы обеспечения (англ. - Facilities services);
4) сервис позиционирования и времени (англ. - Positioning and timing service);
5) сервис состояния и статуса станции (англ. - Station Status Service);
6) картографический сервис (англ. - Map Service);
7) локальная динамическая карта (англ. - Local Dynamic Map);
8) сервисы сетевого и транспортного уровней (англ. - Networking and Transport);
9) сервис управления (англ. - Managing entity);
10) сервис взаимодействия с backend (англ. - Backend gateway).

В основе функционирования ПО лежит генерация и обработка V2X сообщений различных сервисов и приложений. За географически ориентированный обмен сообщениями между станциями отвечают сервисы сетевого и транспортного уровней, в частности Geo Networking сервис. Сервисы также обеспечивают выделение отдельного порта и приоритета передачи для каждого типа сообщений.

За генерацию V2X сообщений, их кодирование в соответствии со спецификациями (ETSI TS 103 301, ETSI EN 302 637-2, ETSI EN 302 637-3) отвечают основные сервисы обеспечения. Сервисы передают закодированные сообщения на сетевой и транспортный уровни. Сервисы обрабатывают входящие сообщения, проверяют их актуальность для станции, для чего они могут запрашивать текущее состояние станции у Station Status Service. В результате обработки входящих сообщений, полученная из них информация (положение и состояние окружающих станций, информация о фазах светофоров, данные о дорожных событиях и т. д.) передается в Local Dynamic Map для хранения, а также в картографический сервис.

Map service обеспечивает наличие актуальных данных о топологии окружающей дорожной среды, в том числе информацию о фазах работы светофоров, если она доступна. Карта постоянно обновляется с проверкой актуальности сегментов, для чего запрашивается положение станции у Station Status Service. Данные сервиса используются для определения положения станции и других объектов на топологии дорог.

Local Dynamic Map обеспечивает хранение валидных данных, поступающих от сервисов, а также доступ к этой информации по подписке или по запросу. В частности, приложения в Local Dynamic Map на конкретные типы данных. Эти данные периодически передаются приложениям.

Приложения получают информацию из Local Dynamic Map, а также от приборов GNSS и других датчиков, через Station Status Service. Полученная информация используется для выполнения сценариев предупреждения продольных столкновений, столкновений на перекрестке, предупреждения об опасности, дорожных событиях и т. д. Приложения могут генерировать запросы к сервисам на формирование V2X сообщений.

Management entity обеспечивает контроль за работой всех сервисов, позволяет запускать, останавливать и менять конфигурацию отдельных сервисов и приложений по команде от backend или HMI.

На RSU также присутствует backend gateway – сервис, обеспечивающий соединение с сервисной платформой и обработку всех запросов со стороны backend. Backend gateway отвечает за логирование V2X сообщений на сервисную платформу (АРК ядра сети).

За определение координат станции и спутникового времени отвечает Positioning and timing service.

Бортовое оборудование LBX-OBU-59

Бортовое оборудование LBX-OBU-59 относится к радиоэлектронным средствам (РЭС) ИТС, устанавливается внутри транспортного средства и осуществляет обмен (передачу, прием, ретрансляцию) сообщениями с другим бортовым или придорожным оборудованием посредством радиосвязи DSRC или других средств связи LTE, 5G, Wi-Fi.

Типовая схема размещения OBU в легковом автомобиле представлены на Рис. 3.7.

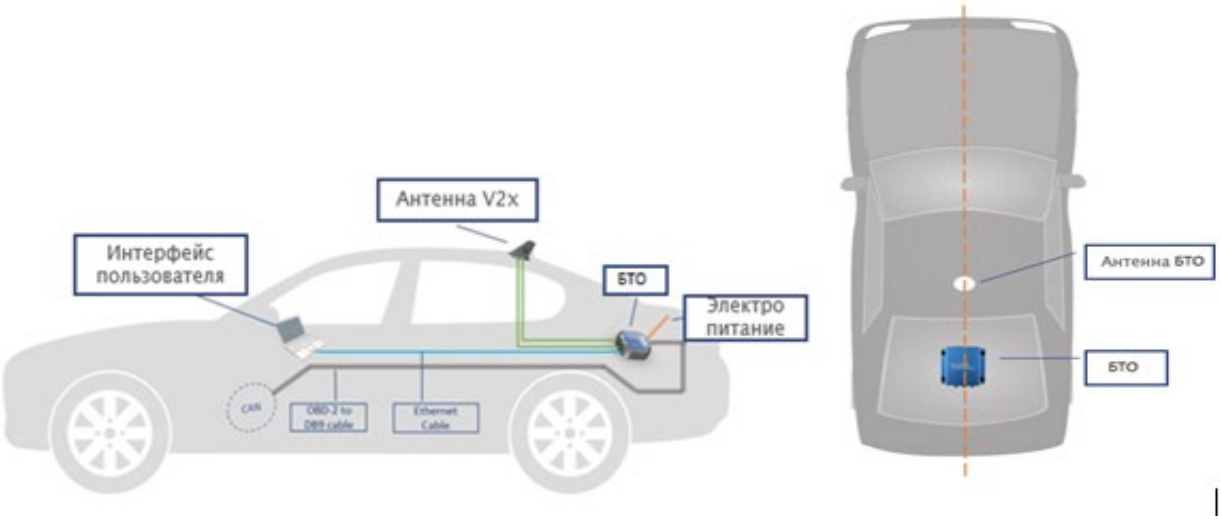


Рисунок 3.8 — Типовая схема размещения бортового оборудования V2x-DSRC (БТО) в легковом автомобиле

Ожидаемый набор сервисов, решений и приложений в автомобиле показан на Рисунке 3.8. Бортовое оборудование V2x-DSRC обеспечивает отображение предупреждений для водителя в соответствии с приложениями «сервис HMI».

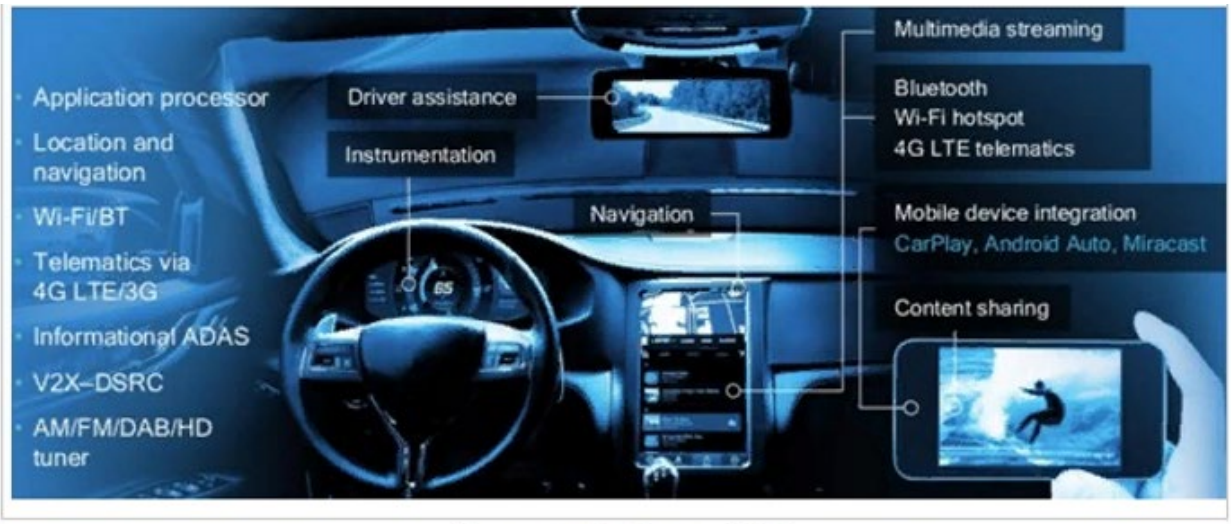


Рисунок 3.9 —V2x-DSRC (БТО) в легковом автомобиле

LBX-OBU-59 поддерживает функции маршрутизации, передачи, приёма и обработки потоков данных, идущих от телекоммуникационного центра (серверное оборудования ядра сети) к БТО, а также выполняет функции шлюза для подключения периферийного БТО к серверному оборудованию ядра сети для обеспечения радиосвязи DSRC.

Структурная схема аппаратной части LBX-OBU-59 приведена на рис.3.9.

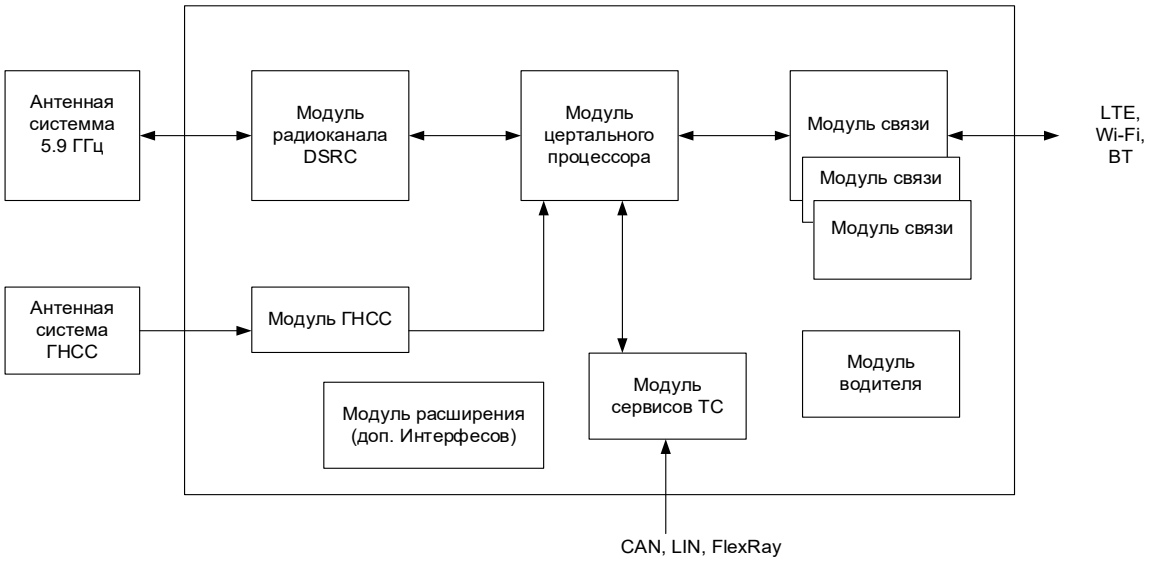


Рисунок 3.10 – Структурная схема LBX-OBU-59

Модуль радиоканала DSRC – радиоэлектронное устройство с установленным специальным программным обеспечением, которое обеспечивает реализацию стандарта DSRC (IEEE 802.11p) и выступает в качестве связующего звена между оборудованием DSRC.

Модуль сервисов транспортного средства (МС ТС) – электронное устройство, предназначенное для взаимодействия с электронными системами транспортного средства с помощью интерфейсов LIN, CAN, FlexRay, MOST/Ethernet.

Модуль приемника сигналов ГНСС – радиоприемное устройство для определения географических координат текущего местоположения антенны приёмника.

Модули связи – электронное устройство, предназначенное для организации связи с оборудованием сетей LTE, 5G, Wi-Fi для осуществления обмена информацией с другими элементами системы.

Модуль водителя – электронное устройство с установленным специальным программным обеспечением, предназначенное для обработки информации от других элементов системы и отображения ее водителю транспортного средства. В качестве модуля водителя может использоваться планшет с ПО «Эмулятор интерфейса водителя «HMI». Эмулятор представляет из себя мобильное приложение для ОС Android.

Антенны DSRC, ГНСС, LTE, 5G, Wi-Fi – устройство, предназначенное для излучения или приема сигналов связи от другого оборудования DSRC, приема сигналов ГНСС, излучения или приема сигналов связи с оборудования сетей LTE, 5G, Wi-Fi.

Модуль расширения (дополнительная опция) для подключения датчиков температуры, влажности, давления и др.

Внешний вид бортового устройства LBX-OBU-59 показан на рис.3.11

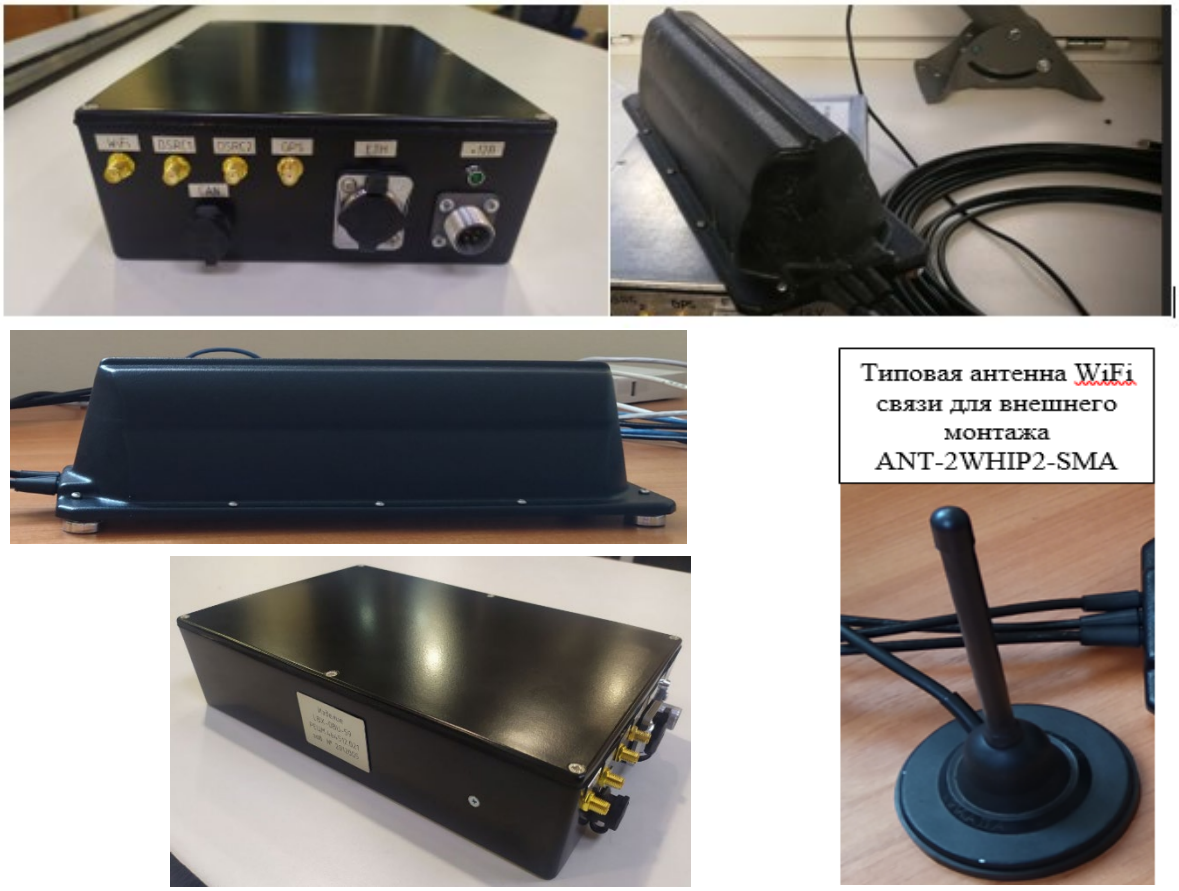


Рисунок 3.11 – Внешний вид LBX-OBU-59

Особенности абонентских устройств LBX-OBU-59

Поддержка операционной системы специального назначения Linux Special Edition позволяет обеспечить защиту конфиденциальной информации.

- Радиоинтерфейс основанный на семействе радиотехнологий DSRC, CALM M5, ITSC G5.

- Поддержка дополнительных радиокарт, позволяющих повысить устойчивость связи.

- Высокая степень защищенности IP65 позволяет гарантировать работу в экстремальных температурных условиях, при сильных механических воздействиях, во время дождя или снегопада.

- Предусмотрено расширение стандартных функциональных возможностей за счет применения дополнительных модулей расширения – датчики температуры, влажности, давления и др.

- Возможность подключения внешней аккумуляторной батареи высокой емкости, позволяющей оставаться на связи в случае проблем с системой бортового электропитания.

- Возможность программной реализации дополнительных функций для обеспечения специальных и нестандартных режимов работы.

- Поддержка протоколов маршрутизации ad-hoc сетей.

Технические характеристики LBX-OBU-59

ОС	Linux Special Edition
Диапазон рабочих частот, МГц	ПРД/ПРМ 5785-6200
Ширина канала, МГц	5/10
Мощность передатчика	До 30 дБм
Тип дуплекса	Полудуплекс, временной
Метод радиодоступа	CSMA/CA, TDMA
Количество поддерживаемых дополнительных радиокарт	2
Навигация	Внешний дополнительный навигационный модуль GPS/ГЛОНАСС с точностью 2м
Напряжение питания	DC 12 В
Защищенность	IP65
Дополнительные модули	Подключаемые через порты расширений – монитор, камера, датчики

Функционал специального ПО (V2x-DSRC) аналогичен **LBX-RSU-59**

3.3 Оборудование ядра сети (АПК ИКТ)

Аппаратная часть ядра состоит из нескольких серверных блоков и агрегирующих коммутаторов уровня L2+, L3 для подключения серверов и внешних сетей, а также коммутаторов сети доступа придорожной инфраструктуры (LBX-RSU-59).

Типовая конфигурация серверного блока:

- - стоечное исполнение 2U;
- - Процессор Intel® Xeon® Silver 4114 [10 ядер, 20 потоков, 2.2 ГГц, 13.75 МБ кэш, 85 Вт];
- - Оперативная память 64 ГБ: 4 x 16 ГБ DDR4 ECC REG;
- - 6 SATA-дисков типоразмера 3,5” или 8 типоразмера 2,5” с горячей заменой;
- - Системный дисковый массив (onboard SATA) 2 x 240 ГБ SSD SATA;
- - Дисковый массив 6 x 8000 ГБ SATA-накопитель (7200 об/мин).

Внешний вид одного серверного блока АПК ядра сети

Количество серверных блоков и их соединение зависит от функциональности ядра сети, ёмкости абонентских устройств и принятых решений по резервированию.

При этом аппаратный комплекс обеспечивает следующие характеристики:

- мультимедийные сервисы в реальном времени с улучшенным качеством обслуживания, обеспечивает взаимодействие с сетями МШБД360, LPWAN XNB.
- сервер AAA – до 10 тыс. абонентов;
- сервер управления политиками сети – до 10 тыс. абонентов;
- сетевые шлюзы – до 10 Гбит/с;
- серверы для предоставления информационных приложений – до 10 Гбит/с, 10 тыс. одновременно подключенных абонентов

Для повышения надёжности сети беспроводного доступа ядро обеспечивает поддержку двойного резервирования придорожных устройств и коммутационного оборудования. Высокий уровень доступности функций ядра обеспечивают 4 сервера. Для балансировки нагрузки первая пара серверов является основным для системы управления и безопасности (функции Firewall/DMZ, AAA, SNMP, TR-069) и резервным для информационных приложений (DHCP, DNS, SIP).

Для реализации функций ядра на сервере может быть установлено открытое программное обеспечение (open-source) следующего типа:

- операционная система - Linux Enterprise;
- программное обеспечение управления: Netdata или аналогичное;
- программное обеспечение по безопасности: FreeRadius или аналогичное;
- программное обеспечение информационных приложений для реализации DHCP, DNS: Zentyal или аналогичное;
- программное обеспечение для реализации SIP-сервера: FreePBX или аналогичное.

Особенности АПК ядра сети

- АПК ядра сети разработан для обеспечения плоской архитектуры, полностью построенной на IP (all-IP), обеспечивающей высокую пропускную способность и меньшее время задержки.
- АПК ядра сети поддерживает мультимедийные сервисы в реальном времени с улучшенным качеством обслуживания, обеспечивает взаимодействие с сетями МШБД360, LPWAN xNB.

Программный комплекс управления беспроводной сетью DSRC (V2I network management applications, RSU provisioning server)

Программный комплекс (ПК) ядра сети системы DSRC-R представляет собой набор платформ для создания инфокоммуникационной инфраструктуры (ИКТ), обеспечивающей возможность реализации широкого диапазона мультисервисных услуг для операторов выделенных, технологических сетей связи.

ПК ядра сети - набор систем, включающий:

- пакет программного обеспечения для планирования, эксплуатации и технической поддержки комплексной ИКТ-инфраструктуры (систему управления и мониторинга (серверы SNMP, OMA), включающую оперативное управление

конфигурацией оборудования сети (RSU/OBU), частотным ресурсом и трафиком, оценку технического состояния и организацию технического обслуживания оборудования;

- систему обеспечения безопасности сети (серверы авторизации, аутентификации и учета (серверы AAA)), серверы управления политиками сети, устройства анализа и фильтрации трафика);
- систему информационных приложений (DHCP, DNS, SIP);
- систему прикладных приложений (специальное программное обеспечение).

Наличие устройств сопряжения с сетью IMS, обеспечивает простоту интеграции с элементами ССОП, существующими сетями технологической связи, возможность реализовывать широкий набор приложений, отвечающих потребностям пользователя. ПК ядра сети управляет всеми компонентами системы DSRC-R, включая базовые станции DSRC-R и бортовые (абонентские) устройства DSRC-R, с которыми они взаимодействуют. ПК ядра сети обеспечивает предоставление голосовой связи и передачи данных между абонентами, находящимися в зонах покрытия сетей доступа, и внешними пользователями (абоненты ТФОП, пользователи Интернет, сотрудники компании грузо или пассажирских перевозок и т.п.).

Система прикладных приложений (специальное программное обеспечение):

- подсистема микросервисов, предназначенная для приема-передачи данных от внешних и смежных систем и выполнения сценариев ИТС;
- подсистема сбора и обработки данных, предназначенная для получения, трансформации (нормализации), хранения и обработки различных типов данных;
- подсистема аналитики данных, обеспечивающая фильтрацию и кластеризацию данных, а также выполнение алгоритмов аналитики данных разрабатываемых с учетом потребностей конкретных пользователей;
- подсистема взаимодействия с внешними и смежными системами ИТС;
- подсистема мониторинга работоспособности, обеспечивающая автоматический мониторинг работоспособности сервисной V2x платформы ИТС за счет автоматического выявления сбоев и отказов при работе;
- интеграционная шина, предназначенная для информационного взаимодействия между подсистемами;
- АРМ для визуализации данных сервисов V2X и данных, накопленных в ходе эксплуатации системы (Анализатор сети, позволяющий читать сообщения сети ИТС (человеко-читаемый формат) и демонстрировать полученные сообщения через WEB-интерфейс, преобразованные в формат ключ-значение).

ПК ядра сети системы DSRC-R обеспечиватет:

– Автоматическую организацию канала связи с придорожным оборудованием через транспортную сеть связи, организованную на основе беспроводной или проводной сети связи;

– Подключение и регистрацию бортового и придорожного оборудования;

– Управление бортовым и придорожным оборудованием, в т.ч. изменение конфигурационных файлов или параметров запущенных программ, с помощью централизованного интерфейса;

– Отображение уровня принимаемого сигнала бортового и придорожного оборудования;

– Отображение идентификационных признаков бортового и придорожного оборудования (серийный номер, mac-адрес, bssid, тип устройства);

– Отображение местоположений бортового и придорожного оборудования на карте;

– Отображение видео с камер, подключенных к бортовому или придорожному оборудованию;

– Обмен файлами с бортовым и придорожным оборудованием;

– Обмен периодическими сообщениями с бортовым и придорожным оборудованием;

– Ведение базы данных оборудования сети (бортовое оборудование, придорожное оборудование; точка доступа и клиент Wi-Fi, организующие транспортную сеть связи; камеры и др.);

– Автоматическую передачу сетевых настроек в бортовое оборудование;

– Отображение бортовой информации от транспортного средства.

Удаленный мониторинг сети

Уделенный мониторинг, в том числе выполняющий функции системы безопасности, построен на контроллерах, установленных в шкафах на объекте, подключенными к контроллеру датчиками, а также ПО Zabbix, установленным на сервере в Центре управления сетевой инфраструктурой. ПО Zabbix позволяет устанавливать и в автоматическом режиме выявлять предельные состояния поступающих во входящем потоке метрик, т.е. является гибким, настраиваемым под необходимые функции программным обеспечением (прием аварийных сигналов, результатов контроля и диагностики элементов сети, выявление места и характера сбоя).

Основные возможности:

• Распределённый мониторинг — до нескольких тысяч узлов. Конфигурация младших узлов полностью контролируется старшими узлами, находящимися на более высоком уровне иерархии.

• Сценарии на основе мониторинга.

• Автоматическое обнаружение.

• Централизованный мониторинг журналов.

• Веб-интерфейс для администрирования и настройки.

• Отчётность и тенденции (документирование результатов контроля и управления).

• SLA-мониторинг.

• Поддержка высокопроизводительных агентов (zabbix-agent) практически для всех платформ.

• Комплексная реакция на события.

• Поддержка SNMP v1, 2, 3.

• Поддержка SNMP-ловушек.

• Поддержка IPMI.

- Поддержка мониторинга JMX-приложений.
- Поддержка выполнения запросов в различные базы данных без необходимости использования сценарной обвязки.
- Расширение за счёт выполнения внешних скриптов.
- Гибкая система шаблонов и групп.
- Возможность создания карты сетей.

4. Реализация и опыт использования

4.1. Сеть МШБД LBX-R-59 (Labics) на автодороге А-181 «Скандинавия»

Выполнение работ по обеспечению покрытия сети мобильного беспроводного широкополосного доступа (МШБД) на автодороге А-181 «Скандинавия» Санкт-Петербург – Выборг – граница с Финляндской Республикой на участке км 47+571 – км 65+000.

Заказчик – Министерство транспорта Российской Федерации.

Сеть МБШД автодороги А-181 «Скандинавия» является технологической сетью, выполняющей функции сбора, обработки и передачи телематической информации в интересах транспортного комплекса Российской Федерации, включая возможность применения беспилотных ТС и ТС, управляемых в ручном режиме с ассистирующей системой, подключённой к ИТС, а также в режиме без использования специализированной придорожной инфраструктуры и высокоточной картографии – «автономном режиме».

Создание технологической сети связи в полосе радиочастот 5855-5925 МГц в соответствии требованиями заказчика:

- поставка оборудования 12-ти базовых станций и монтаж;

Фотографии мест установки LBX-RSU-59 (Labics) на опорах осветительной сети А-181 в точках созданной инфраструктуры ИТС (электропитание, климатический шкаф, линии СПД) приведены на иллюстрации.

- проведение натурных испытаний технологических решений обеспечения высокоскоростной и надежной связи;
- разработка программы опытной эксплуатации и проведение опытной эксплуатации в увязке с интеллектуальными транспортными системами с поддержкой функций и сервисов:

- протокола обмена V2X сообщениями на сетевом уровне,

- сервис GN – Geo Networking,

- протокола обмена V2X сообщениями на транспортном уровне,

- сервис BTP - Basic Transport Protocol,

- сервис CA - Cooperative Awareness Basic Service (базовый сервис кооперативной осведомленности),

- сервис DEN - Decentralized Environmental Notification Basic Service (сервис децентрализованного информирования об окружении),

- сервис LDM - Local Dynamic Map (локальная динамическая карта с поддержкой сообщений типа DENM и CAM),

- сервис RLT – Road and Lane Topology (топология дорог и полос),

- сервис TLM – Traffic Light Maneuver (маневрирование на светофоре),

- сервис StaPropSvc – Station Properties service (сервис хранения и обновления параметров станции ИТС),

- сервис EFCD – Extended vehicle floating car data (расширенная информация о движущихся ТС),

- приложения RHS - Road Hazard Signalling (сервис взаимодействия с ядром сети),

- предупреждение об опасности на дороге, в части выполнения сценариев:

1) предупреждение о движении автомобиля экстренных служб;

2) предупреждение о медленно движущемся ТС;

3) предупреждение об экстренном торможении впереди движущего ТС;

4) предупреждение о наличии в направлении по ходу движения неподвижного ТС по причине дорожно-транспортного происшествия (ДТП);

5) предупреждение о наличии в направлении по ходу движения неподвижного ТС по причине неисправности транспортного средства;

6) предупреждение об условиях дорожного движения – затор;

7) предупреждение о месте проведения дорожных работ;

8) предупреждение о приближении к опасному месту;

9) предупреждение об атмосферных осадках;

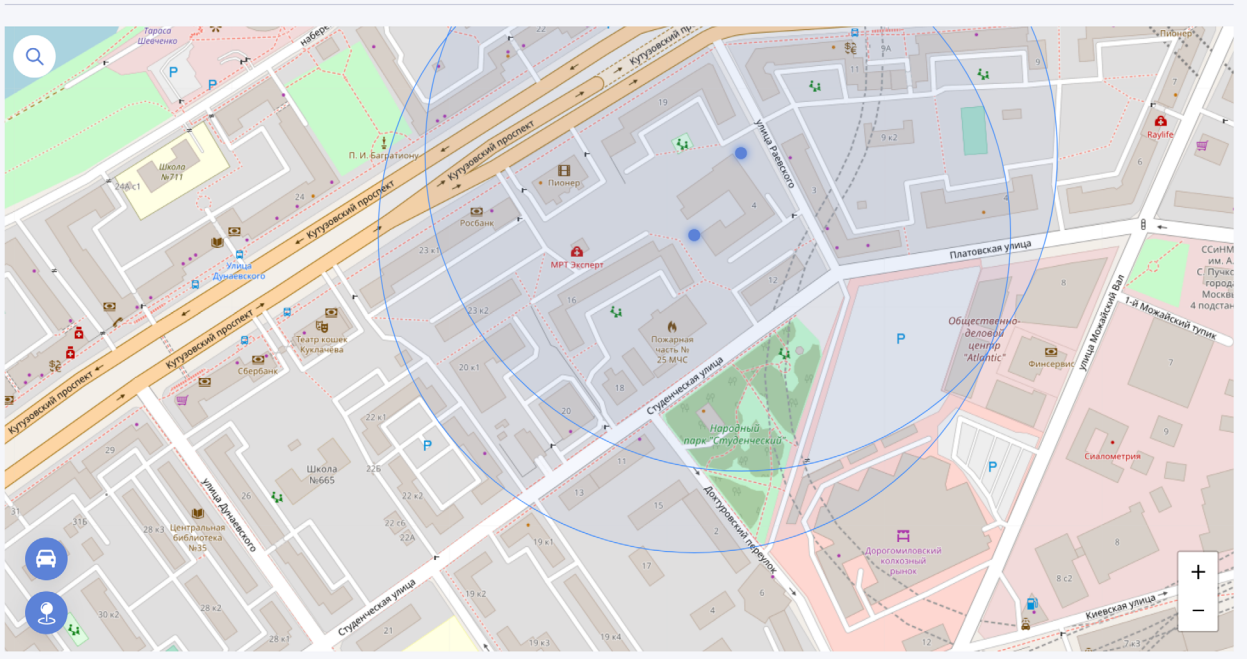
10) предупреждение об условиях сцепления с дорогой;

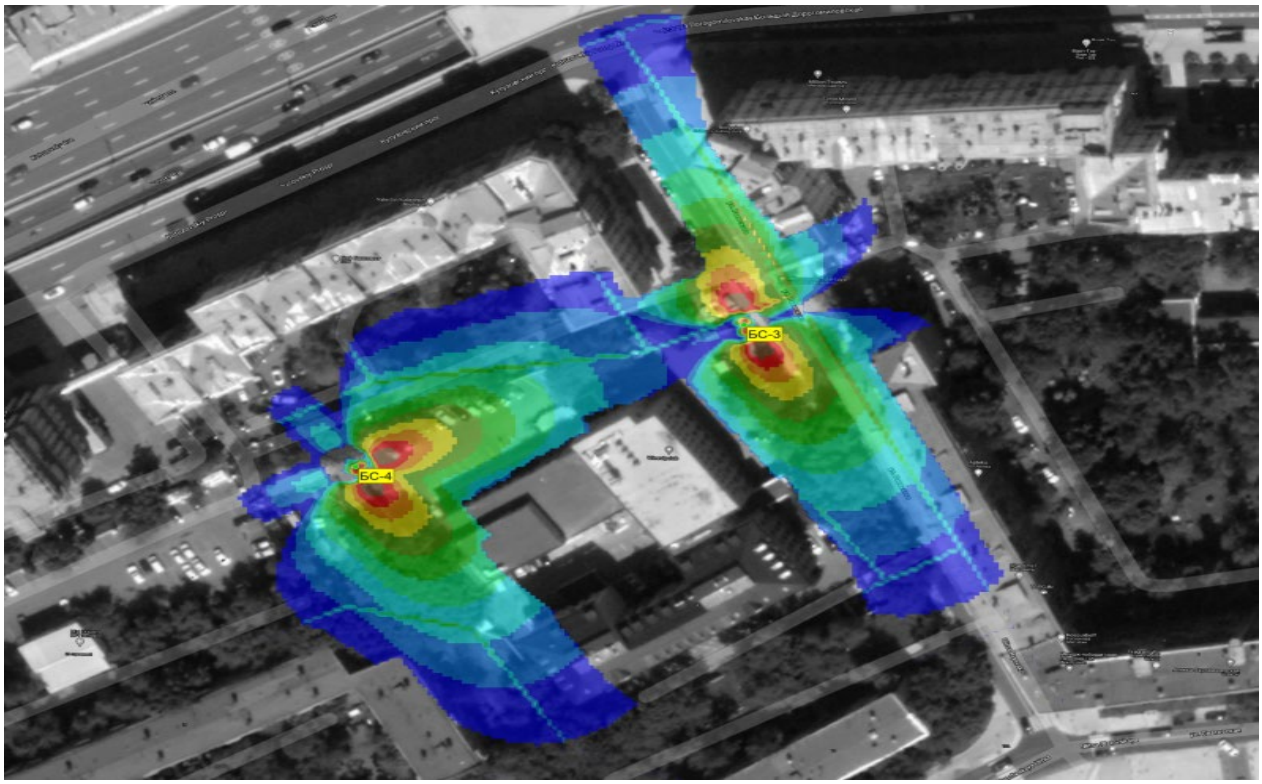
11) предупреждение о недостаточной видимости;

12) предупреждение о силе и направлении ветра.

4.2. Пилотная (тестовая) зона сети связи DSRC в г. Москве

Пилотная (тестовая) зона сети связи DSRC в г. Москве создана совместно с АО «МаксимаТелеком» с целью экспериментальной оценки основных и дополнительных функциональных характеристик оборудования DSRC в условиях городской застройки и движения ТС.

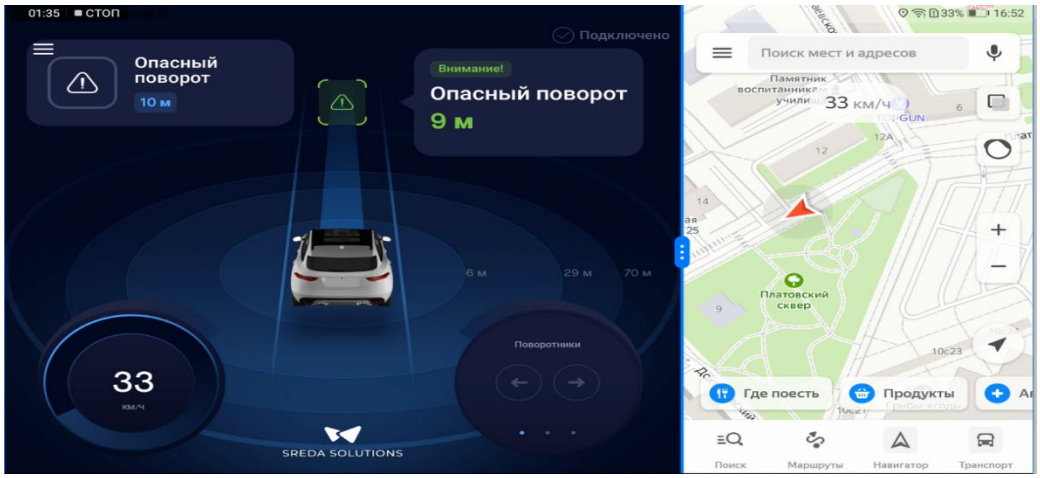




- В ядре системы были созданы и переданы на RSU и OBU соответственно события:

  1. Опасная кривая.
  2. Дорожные работы.
  3. Дорожно-транспортное происшествие.

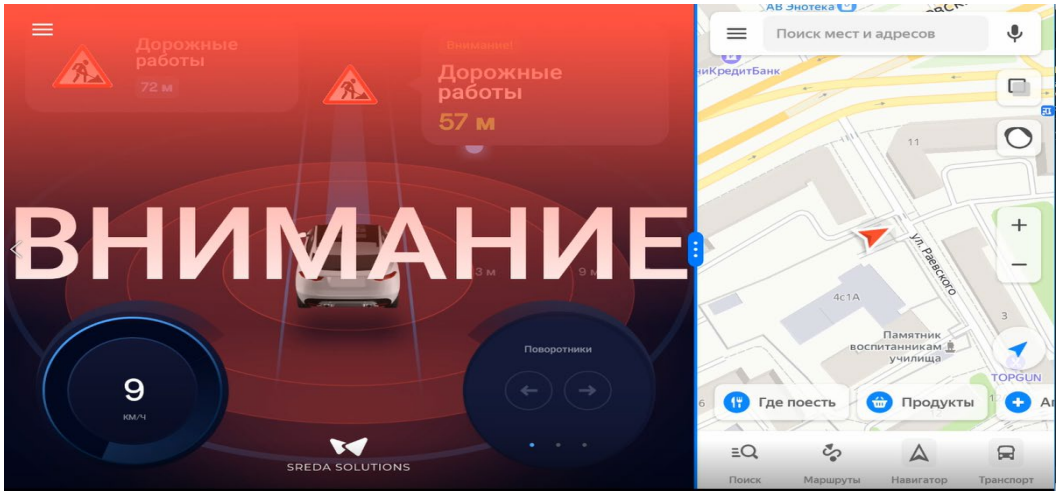
Результат. Соответствующее предупреждающее сообщение на экране интерфейса пользователя (HMI).



- На одном из OBU, находящимся внутри/вне зоны действия RSU, с использованием интерфейса пользователя создается событие «Затор на дороге».

Результат. При вхождении второго OBU в зону действия события «Затор на дороге» должно появиться соответствующее предупреждающее сообщение на экране интерфейса пользователя (HMI).

- На одном из OBU, находящимся внутри/вне зоны действия RSU, при выполнении экстренного торможения, автоматически создается событие «Экстренное торможение».



Результат. При вхождении второго OBU в зону действия события «Экстренное торможение» не позднее 5 секунд после его создания, должно появиться соответствующее предупреждающее сообщение на экране интерфейса пользователя (HMI).

- Проверка голосовой и видеосвязи между абонентами, находящимися в транспортных средствах (OBU – OBU).

Результат. Успешная передача голосового и видеовызова и видео с смартфона пассажира на экране интерфейса пользователя (HMI) – водителя.

5. Заключение

Выполнение современных требований по обеспечению безопасности движения транспорта обуславливает необходимость решения задач обмена информацией за счет сплошного покрытия транспортной инфраструктуры и предоставления сервисов телематики и непрерывного контроля перевозки грузов, мониторингу и управлению техническим состоянием объектов транспортной инфраструктуры и транспортными средствами.

Разработанная система беспроводного широкополосного доступа LBX-R-59 обеспечивает интеллектуальным системам на транспорте реализовывать базовые приложения и сервисы ITS 5G:

- ✓ приложения, связанные с обеспечением сохранения жизни (safety applications),
- ✓ приложения, связанные с обеспечением эффективности дорожного движения (traffic management applications),
- ✓ информационно-развлекательные приложения и сервисы (infontainment applications).

Направления развития.

Создание многофункциональной базовой станции «Labics» мобильного широкополосного беспроводного доступа поддерживающей технологии и стандарты:

- ✓ DSRC (IEEE 802.11/802.11p и ETSI ITS-G5);
- ✓ 5G &6G Wi-Fi (Стандарты IEEE 802.11ac/ax);
- ✓ LPWAN (XMB).

Развертывание системы LBX-R-59 планируется с учетом опыта использования БС типа LBX-RSU-59 и бортовых устройств LBX-OBU-59 по обеспечению покрытия сети мобильного беспроводного широкополосного доступа (МШБД) на автодороге А-181 «Скандинавия» при реализации Проекта «Интеллектуальная транспортная система участка автомобильной дороги» с целью обеспечения участников дорожного движения на участках автомобильных дорог актуальной информацией посредством сбора, хранения, обработки и предоставления по требованию статических и ситуационных автодорожных данных, полученных на основе информационного взаимодействия с LBX-R-59 и системой управления автомобильными дорогами (Центральная ИТС), входящей в состав Федеральной сети транспортной телематики.

Схема организации связи с использованием системы LBX-R-59 приведена на рис. 5.1.

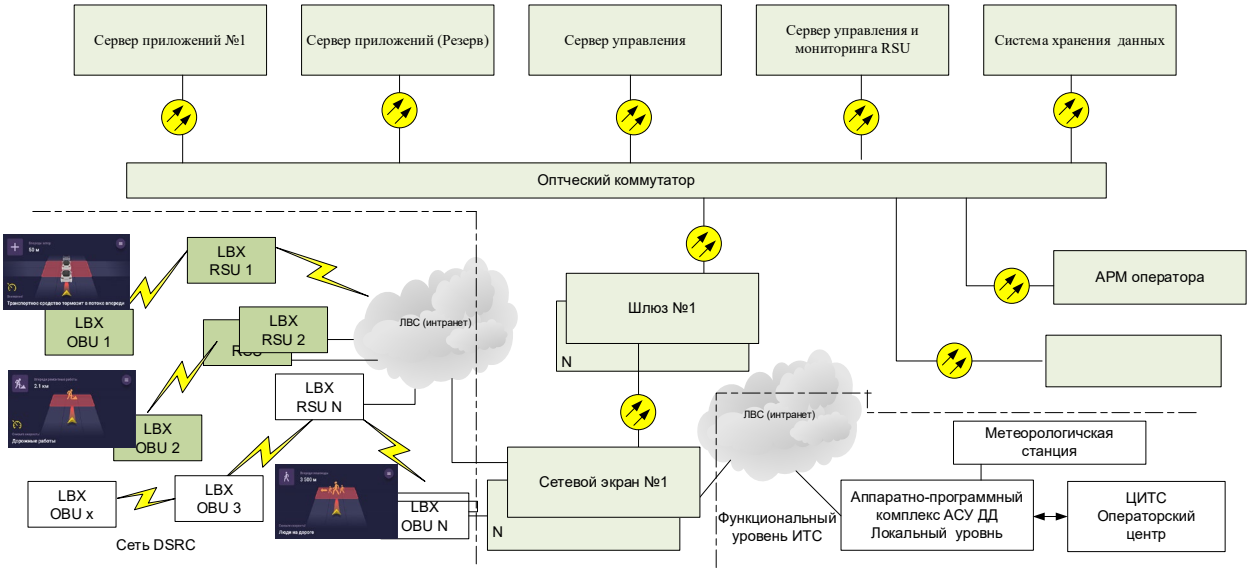


Рисунок 5.1 – Схема организации связи участка дороги с использованием системы LBX-R-59

Серверы приложений предназначены для обработки клиентских приложений DSRC, авторизации пользователей, обработки информации от RSU, OBU и сторонних систем, а формирование данных для передачи к RSU, OBU и сторонним системам.

Серверы управления - для анализа работы системы, сбора телеметрической информации RSU. Система хранения - для хранения информации от серверов управления и приложений, организации хранения резервных баз данных.

Шлюз предназначен для работы со сторонними системами, такими как АСУДД, ГИБДД, метеорологические службы, МЧС РФ;

Сетевой экран предназначен для защиты конфиденциальной информации и персональных данных, а также контроля трафика и пользователей, защиты от вторжений и выполнение функция VPN-сервера. Через сетевой экран также организуется связь с RSU и OBU.

Базовая станция RSU комплектуется направленными антеннами и обеспечивает обслуживание определённой территории. Покрытие территории вдоль участка дороги может достигать около 1,5 км. Размещение RSU предполагается на существующих вдоль улиц города опорах (освещения и транспортной сети) на высоте не менее 7 м. По результатам предварительного расчёта в условиях городской застройки, например, в центральной части Санкт-Петербурга, радиус зоны покрытия составляет 200 м.

Таким образом, система LBX-R-59 ключевой элемент информационно-телекоммуникационной инфраструктуры, обеспечивающей возможность реализации ИТС Федеральной сети транспортной телематики, а также оказания мультисервисных услуг в выделенных, технологических сетях связи широкополосной беспроводной передачи голоса и данных, включая возможность оперативной аудио- и видеосвязи с конкретным транспортным средством.