

Интеллектуальные транспортные системы

Цель документа: предоставить общую и обновленную информацию об интеллектуальных транспортных системах (ИТС), в основе которых используется сочетание компьютерных технологий, технологий связи, определения местоположения и автоматизации для обеспечения большей безопасности, улучшения управления и повышения эффективности наземных транспортных систем.

Применение интеллектуальных транспортных систем

Концепт ИТС представлен на рисунке 1.



Рисунок 1 – Концепт ИТС

Основные группы пользователей ИТС:

- дорожные операторы, которые эффективно управляют дорожным пространством, контролируют ситуацию и предоставляют информацию заинтересованным лицам (пассажирам, водителям и др.);
- водители транспортных средств, которые направляют в пункт назначения без дорожно-транспортных происшествий;
- пассажиры, включая туристов, которым необходима информация о транспорте или получении чрезвычайной помощи.

Разные регионы мира ставят себе различные цели в части развития ИТС, однако в общем случае можно выделить следующие пять основных целей:

- безопасность;
- мобильность;
- экологичность;
- регулирование;
- комфорт.

Для выполнения поставленных целей все сервисы ИТС можно сгруппировать по следующим направлениям. Данные направления имеют широкомасштабное потенциальное воздействие на общество:

Операции, связанные с коммерциализацией транспортных средств	Управление данными	Ремонтно-строительные работы
Управление парковочным пространством	Общественная безопасность	Общественный транспорт
Поддержка	Устойчивые поездки	Управление трафиком
Информация для пассажиров	Безопасность транспортных средств	Погода

Подробнее с сервисами ИТС можно ознакомиться по ссылке <https://local.iteris.com/arc-it/html/servicepackages/servicepackages-areaspsort.html>.

Системная и коммуникационная архитектура ИТС

Архитектура ИТС представляет собой базовый фреймворк, на основе которого есть возможность проектировать, планировать и реализовать сервисы ИТС. Фреймворк обеспечивает основу для разработки проектов, которые могут быть специально приспособлены для удовлетворения индивидуальных потребностей пользователей, сохраняя при этом преимущества общей архитектуры. Архитектура определяет функции (например, сбор информации о трафике или запрос маршрута), которые должны выполняться для предоставления определенного сервиса пользователю, физические объекты или подсистемы, в которых реализованы эти функции (например, придорожное пространство или транспортное средство), интерфейсы/информационные потоки между физическими подсистемами и требования связи для информационного потока (например, проводная или беспроводная). Кроме того, она устанавливает и определяет требования для стандартов, необходимых для поддержки национального и регионального взаимодействия, а также стандарты на продукцию, необходимые для обеспечения развития экономики массового производства.

Системная архитектура ИТС

Для архитектуры ИТС был разработан общий технологически нейтральный подход, призванный обеспечить основу для планирования, определения и интеграции ИТС. Справочное руководство по архитектуре кооперативных и интеллектуальных транспортных систем (ARC-IT) включает набор взаимосвязанных компонентов, сгруппированных по четырем уровням:

- На общеорганизационном уровне ИТС определяются заинтересованные организации или предприятия – люди и организации, которые планируют, разрабатывают, эксплуатируют, обслуживают и

используют ИТС; роли заинтересованных сторон и взаимоотношения между ними. Также на уровне определяются потребности заинтересованных организаций, их работников и клиентов.

- На функциональном уровне ИТС определяются функциональные требования, отвечающие потребностям пользователей ИТС. Процессы и потоки данных обеспечивают структурированное представление функций и взаимодействия, обеспечивающих потребности.

- На физическом уровне определяются физические объекты (системы и устройства), которые обеспечивают функциональность ИТС. Функциональные объекты обеспечивают функциональность, необходимую для поддержки ИТС внутри каждого физического объекта.

- На коммуникационном уровне определяется способ общения физических объектов. На нем определяются коммуникационные стандарты и профили, которые объединяются в коммуникационные решения, представляющие, как информация может быть надежно и безопасно разделена между физическими объектами.

ARC-IT представлено на рисунке 2.

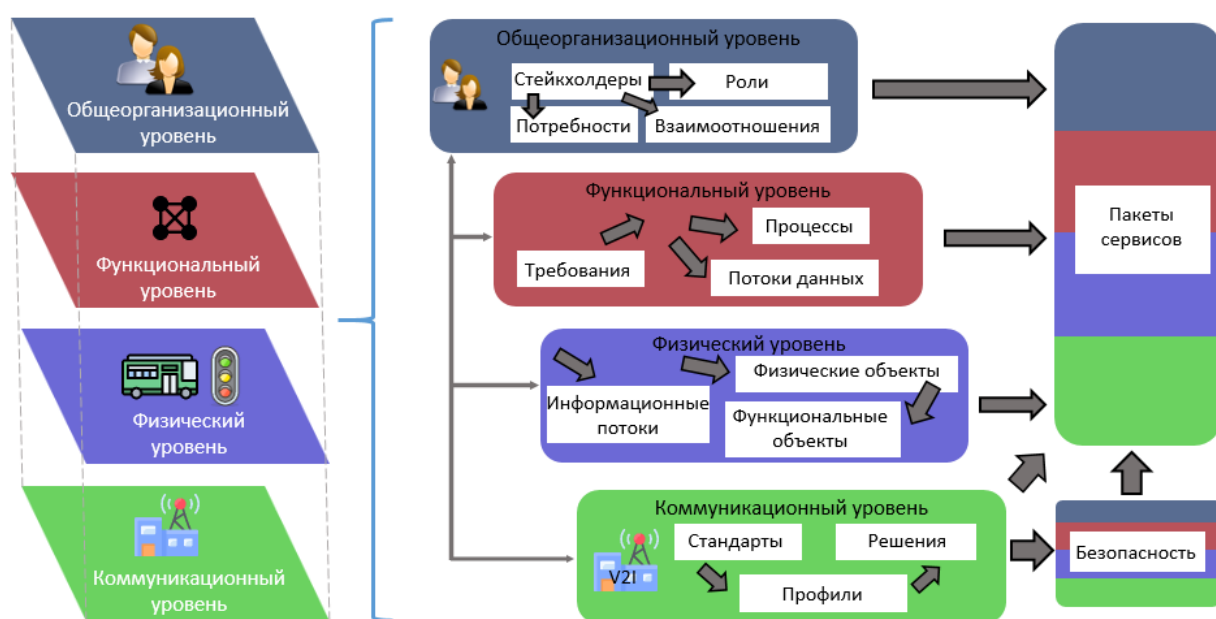


Рисунок 2 – ARC-IT

Коммуникационная архитектура ИТС

Коммуникационная система ИТС

Коммуникационная архитектура ИТС создает основу, увязывающую транспортные системы и системы электросвязи для обеспечения разработки и эффективного внедрения широкого спектра сервисов ИТС для пользователя. Для разработчика системы доступны разнообразные возможности связи. Гибкость выбора между разными функциями дает тем, кто их внедряет, возможность выбора определенной технологии, удовлетворяющей местным, региональным или национальным потребностям. Архитектура определяет и оценивает возможности технологий связи, предлагаемых для внедрения, но она не выбирает и не рекомендует «выигрышные» системы или технологии. Одной из основополагающих управляющих философий при разработке архитектуры ИТС было расширение использования существующих и развертывания инфраструктур транспорта и связи. Это уменьшает риск и стоимость развертывания и увеличивает признание на рынке, проникновение и быстрое развертывание.

Показанные на рисунке 3 центральные подсистемы работают с теми функциями, которые обычно присвоены государственным/частным административным органам, органам управления или планирования. Подсистемы, располагающиеся на обочинах дорог, включают в себя функции, требующие удобного доступа к местам на обочине, для размещения датчиков, сенсоров, программируемых дорожных знаков или других объектов, обеспечивающих взаимодействие с людьми или транспортными средствами всех типов и транспортных подсистем, установленных на транспортном средстве. Подсистемы путешественника представляют собой платформы для функций ИТС, необходимых путешественникам или операторам (например, операторам коммерческих перевозок) для обеспечения многорежимных передвижений. Они могут быть фиксированными (например, киоски или домашние/офисные компьютеры) или переносными (например, карманный компьютер) и могут иметь доступ общего пользования (например, через

киоски) или индивидуальный доступ (например, через сотовые телефоны или персональные компьютеры). В этой архитектуре определены четыре типа среды передачи для связи с целью выполнения требований связи между двадцатью двумя подсистемами: проводные (фиксированные-фиксированные), глобальные беспроводные (фиксированные-подвижные), выделенные для связи на короткие расстояния (фиксированные-подвижные) и для связи транспортных средств между собой (подвижные-подвижные). На рисунке 4 приведена диаграмма соединений между подсистемами, которая определяет интерфейсы среды передачи между двадцатью двумя подсистемами архитектуры.



Рисунок 3 – Общая информация о коммуникационной архитектуре ИТС

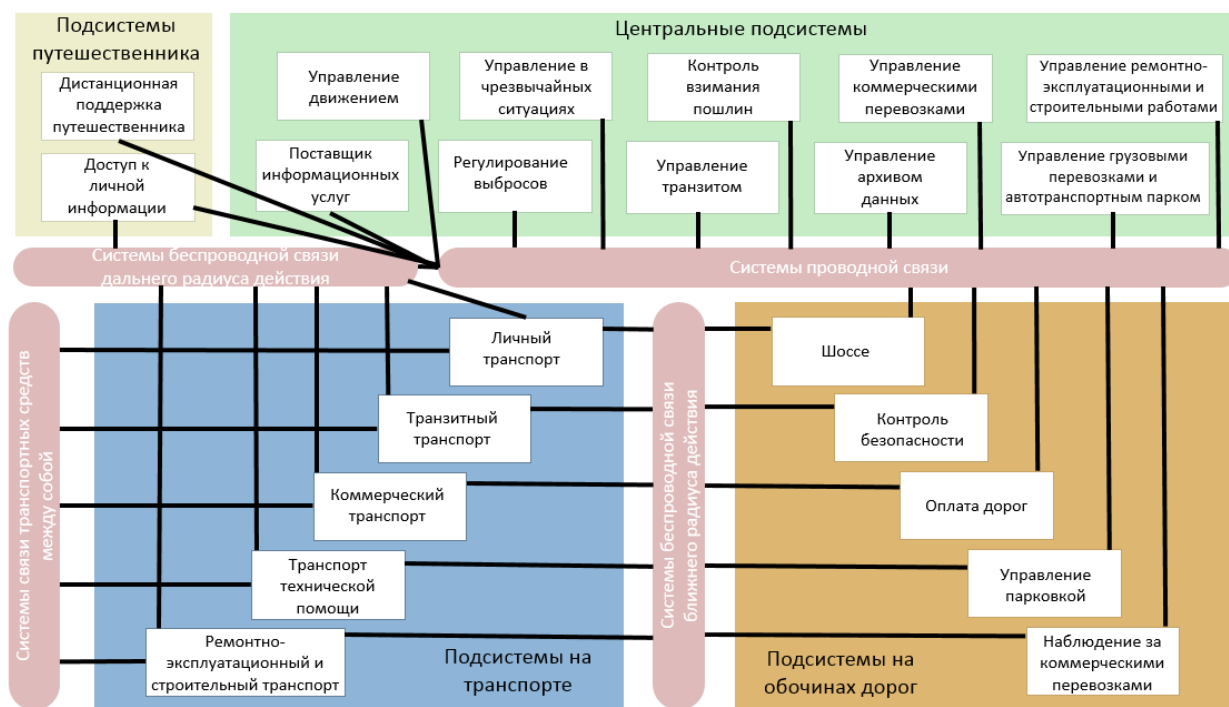


Рисунок 4 – Схема соединения подсистем в коммуникационной архитектуре ИТС

Существует множество проводных технологий, среди которых можно выбирать технологии для случая связи «фиксированный-фиксированный». Например, в подсистеме управления движением можно использовать арендованные или собственные витые пары, коаксиальный кабель или волоконную оптику для сбора информации, а также для наблюдения и управления комплектами оборудования подсистем на обочинах дорог (например, датчиками мониторинга трафика, дорожными знаками, табло с изменяемой информацией и пр.). Кроме того, имеется несколько беспроводных технологий для поддержки фиксированной беспроводной связи.

Архитектура определяет две различные категории беспроводной связи, отличающиеся дальностью связи и площадью покрытия. Системы беспроводной связи дальнего радиуса действия (фиксированный-подвижный) подходят для сервисов и приложений, в которых информация передается пользователям, находящимся далеко от источника передачи и для которых

требуется бесшовное покрытие. Далее такие системы делятся на основе того, являются они односторонними или двусторонними. Примером односторонней служат сообщения о ситуации на дорогах, которые мы получаем на AM или FM радиоприемники. Подвижный объект, запрашивающий и получающий информацию о ситуации на дороге, служит примером двусторонней связи. Хотя каждая беспроводная технология имеет свои сильные и слабые стороны в отношении требований связи ИТС.

Системы беспроводной связи ближнего радиуса действия относятся к передаче информации, представляющей местный интерес. Технологии ближнего радиуса действия, как правило, применяются для передачи и обмена информацией между транспортными средствами (V2V) и между транспортными средствами и объектами инфраструктуры (V2I). Системы беспроводной связи ближнего радиуса действия необходимы для поддержки автоматизированной системы шоссейных дорог (AHS), а также реализации системы избегания столкновений. Примерами таких систем являются обеспечение безопасности транспортных средств, местные платежи, проверки безопасности на дорогах, проверки удостоверений личности, распространение соответствующих данных о местном движении и мобильности, таких, как уведомления о очереди и информация, касающаяся сигналов движения.

Коммуникационная сеть ИТС

Типовая коммуникационная сеть ИТС, показанная на рисунке 5, иллюстрирует использование нескольких типов связи для поддержки ИТС. Эта коммуникационная сеть может быть сконструирована таким образом, чтобы отвечать техническим требованиям сервисов и приложений ИТС. Ответственность за эксплуатацию и функционирование различных компонентов коммуникационных сетей, используемых для ИТС, варьируется в зависимости от различных потребностей разных администраций и, следовательно, регулируется нормативными требованиями этих соответствующих администраций.



Рисунок 5 – Типовая коммуникационная сеть ИТС

Пример физического уровня ИТС, состоящего из персональной, транспортной придорожной и центральной станций, представлен на рисунке 6. Эти четыре станции являются физическими объектами и, соответственно, могут передать сообщения между собой. Персональная станция является портативным устройством для пешеходов и путешественников. Транспортная станция – терминал для водителей. Эти две станции обеспечивают для конечных пользователей радиодоступ и обработку прикладных данных. Придорожная станция установлена на дороге и обеспечивает радиосвязь и проводную связь между персональной станцией (транспортной станцией) и центральной станцией соответственно. Центральная станция представляет собой сервер данных для приема заявок на обслуживание и предоставления сервисов ИТС персональной и транспортной станции. Уровни коммуникационной архитектуры для каждой из станций также представлены на рисунке 6.

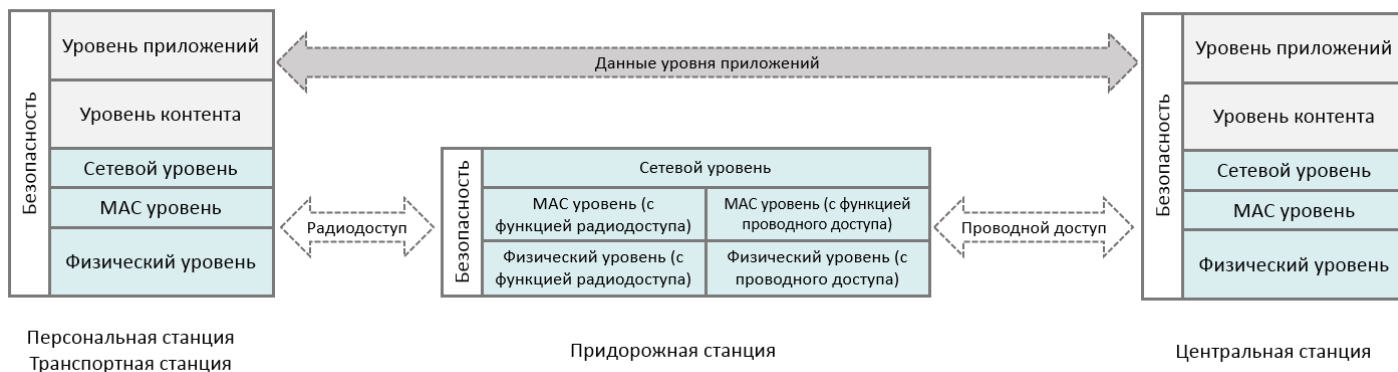


Рисунок 6 – Уровни коммуникационной архитектуры

В таблице 1 показаны технические особенности коммуникационной системы ИТС.

Таблица 1 – Технические особенности коммуникационной системы ИТС

Уровни коммуникационной архитектуры	Функции	Коммуникационные технологии
Физический уровень	Цифровая модуляция, передача и прием радиочастотного сигнала	ASK, BPSK, QPSK, OFDM
MAC уровень	Радиодоступ и обнаружение ошибок в пакетных данных	FDMA, TDMA, CSMA, OFDMA
Сетевой уровень	Адресация и маршрутизация	TCP/IP, UDP/IP, WSMP, Geo Networking
Уровень контента	Контент для приложений	Traffic signal, LDM
Уровень безопасности	Аутентификация и конфиденциальность данных	Аутентификация, шифрование
Уровень приложений	Идентификатор приложений и кодирование источников	ETC, BIS, Vehicle and Road Safety, e-call, T-PEG

Радиотехнологии для ИТС

В настоящей части документа описываются технические требования и характеристики радиотехнологий для ИТС (DSRC, усовершенствованная радиосвязь для ИТС, мобильная V2X-связь, широкополосная связь, связь на миллиметровых волнах, транспортные и дорожные радары на миллиметровых волнах), приводится более подробная информация о той части архитектуры ИТС, которая касается коммуникационного обеспечения.

Выделенная связь ближнего радиуса действия (DSRC)

DSRC представляет собой выделенную связь ближнего радиуса действия для сервисов ИТС между придорожной инфраструктурой и транспортом. Покрываемая технология составляет менее 100 метров.

К системам DSRC относятся системы управления автомобилями, системы управления трафиком, информационные системы для путешественников, системы общественного транспорта, системы управления транспортными перевозками, системы управления экстренными операциями и услуги электронных пошлины.

Системы DSRC имеют следующие характеристики:

- пакетная передача данных между транспортом и инфраструктурой;
- связь с установкой быстрого соединения;
- активная и пассивная DSRC.

Двумя основными компонентами системы DSRC являются бортовое оборудование и придорожное оборудование.

Бортовое оборудование (БО): БО крепится рядом с приборной панелью или на ветровом стекле транспортного средства и состоит из цепей радиосвязи, прикладной цепи обработки и т. д. Обычно оно имеет интерфейс «человек-машина», в том числе переключатели, индикаторы и устройство звуковой сигнализации.

Придорожное оборудование (ПО): ПО устанавливается над дорогой или вдоль нее и осуществляет связь с проезжающим БО с помощью радиосигналов. ПО состоит из цепей радиосвязи, прикладной цепи обработки и т. д. Как правило, оно соединено с придорожной системой для обмена данными.

Системы DSRC работают путем передачи радиосигналов для обмена данными между БО, установленном на транспортном средстве, и ПО. Этот обмен данными требует высокой надежности и сохранения конфиденциальности пользователя, поскольку может предусматривать финансовые и другие транзакции.

Стандартная конфигурация системы DSRC представлена на рисунке 7.

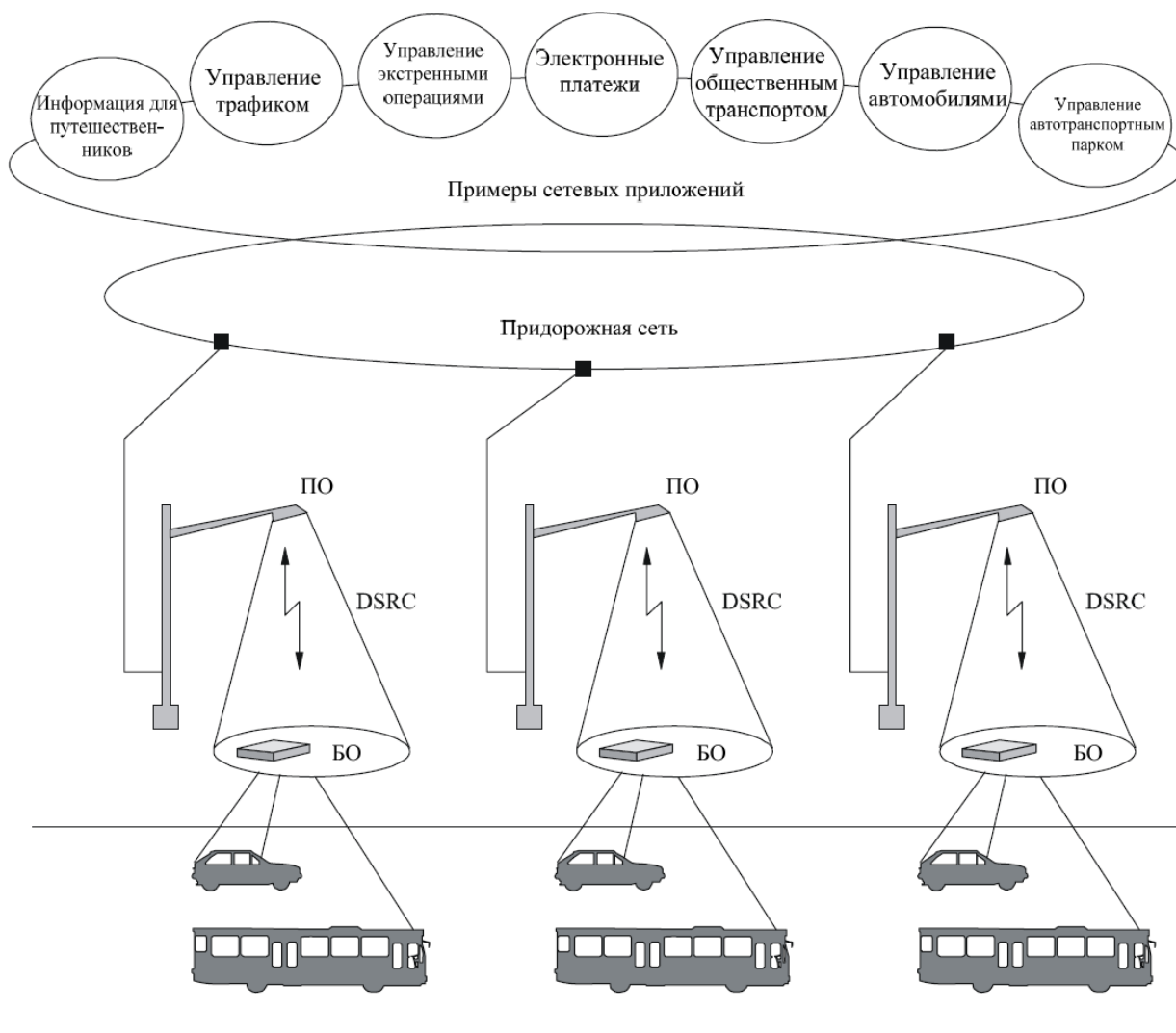


Рисунок 7 – Стандартная конфигурация системы DSRC

ПО и БО имеют систему эталонной модели с уровнем радиодоступа и уровнем приложений, как показано на рисунке 8. Система электронного взимания оплаты (ЕТС) будет реализовано функциями уровня радиодоступа и уровня приложений без сетевой функции, потому что сервер ЕТС установлен на платной площадке. Уровень управления и безопасности будет подключен к уровню радиодоступа и уровню приложений для инициализации и управления системой, защиты конфиденциальности и безопасности данных.



Рисунок 8 – Коммуникационная эталонная модель системы DSRC

Усовершенствованная радиосвязь для ИТС

Усовершенствованная радиосвязь для ИТС является технологией ближнего радиуса действия и применяется для передачи и обмена информацией между транспортными средствами (V2V) и между транспортными средствами и объектами инфраструктуры (V2I) в целях обеспечения безопасности.

Существующая DSRC также является технологией ближнего радиуса действия для обеспечения связи V2I в ISM диапазоне. Тем не менее, усовершенствованная радиосвязь для ИТС обеспечивает связь как V2I, так и V2V в выделенном диапазоне частот для приложений обеспечения

безопасности. В таблице 2 приводится сопоставление технических характеристик DSRC (Корея) и усовершенствованной радиосвязи для ИТС (WAVE).

Таблица 2 – Сравнение технических характеристик DSRC и усовершенствованной радиосвязи для ИТС

Характеристика	DSRC	Усовершенствованная радиосвязь для ИТС
Диапазон частот	ISM	Выделенная полоса частот
Связь	V2I	V2I и V2V
Разделение каналов	Частотное разделение каналов (FDD) и временное разделение каналов (TDD)	Временное разделение каналов (TDD)
Модуляция	ASK	OFDM
Скорость передачи данных	1.024 Мбит/с	Максимум 27 Мбит/с, 6 Мбит/с для стандартных систем связи в части обеспечения безопасности
Максимальная мощность RF	10дБм	Максимум 44 дБм (40 Вт), 20 мВт для стандартных систем связи в части обеспечения безопасности
Задержка при передаче данных	Низкая	Менее 100 мс
Радио покрытие	Менее 100 метров	Максимум 1000 метров, 300 метров для стандартных систем связи в части обеспечения безопасности

V2V-связь использует метод распределенного доступа, потому что каждое бортовое устройство может попытаться получить доступ к радиоканалу, когда оно будет иметь данные для передачи. V2V-связь использует метод распределенного контроля доступа, чтобы гарантировать, что каждое бортовое устройство будет иметь доступ к радиоканалу, когда оно имеет данные для отправки.

Североамериканская технология беспроводного доступа для транспортной среды (WAVE) является типичным примером V2X-связи. Согласно спецификации WAVE, технология удовлетворяет требованиям по задержке пакетов 100 мс и 10-процентному коэффициенту ошибок пакетов в радиусе 300 м на скорости 200 км/ч для систем, связанных с обеспечением безопасности (системы необходимы, поскольку сообщение о безопасности содержит информацию о местонахождении транспортного средства). Другие сервисы ИТС могут использовать WAVE-связь для дальностей до 1 км.

Усовершенствованная радиосвязь для ИТС обеспечивает более высокую производительность по сравнению с существующей связью DSRC с точки зрения задержки пакетов, скорости передачи данных и радиохвата. Усовершенствованная радиосвязь для ИТС имеет следующие характеристики:

- пакетная передача данных V2V и V2I;
- связь с установкой быстрого соединения;
- надежная связь в транспортной среде;
- аутентификация и безопасность данных.

Схема взаимодействия при усовершенствованной радиосвязи для ИТС представлена на рисунке 9.

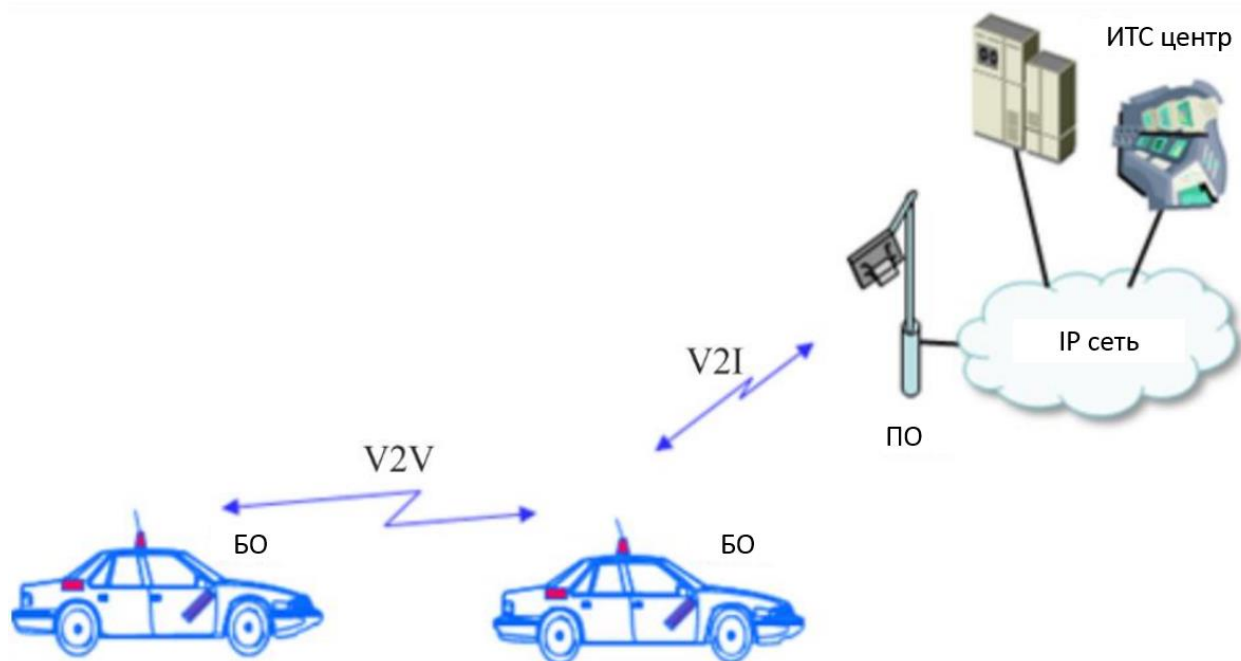


Рисунок 9 – Схема взаимодействия при усовершенствованной радиосвязи для ИТС

ПО и БО имеют систему эталонной модели с уровнем радиодоступа, уровнем приложений, сетевым уровнем и уровнем контента, как показано на рисунке 10. Уровень радиодоступа поддерживает V2X-радиосвязь между транспортными средствами и ПО. Сетевой уровень и уровень контента представляют информацию о состоянии транспортных средств и дорог в режиме реального времени (например, местная динамическая карта). Они поддерживают IP сети и non-IP сети. Уровни управления и безопасности подключены к уровню радиодоступа, уровню приложений, сетевому уровню и уровню контента для инициализации и управления системой, ID аутентификации и безопасности данных.



Рисунок 10 – Коммуникационная эталонная модель усовершенствованной радиосвязи для ИТС

Мобильная V2X-связь

Мобильная связь является двусторонней связью, предназначенной для работы сервисов ИКТ на дальних расстояниях. Такая связь имеет многоячеистую архитектуру, поддерживает передачу голоса, видео и данных. Мобильная связь постоянно развивается в части повышения производительности путем увеличения скорости передачи данных и снижения задержки.

В настоящий момент мобильная связь имеет 5 поколений. Технические характеристики поколений представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Технические характеристики поколений мобильной связи

<i>Характеристика</i>	<i>1G</i>	<i>2G</i>	<i>3G</i>	<i>4G</i>	<i>5G</i>
Стандарт радиодоступа	Аналоговый (AMPS)	Цифровой (GSM, CDMA)	IMT-2000 (WCDMA)	IMT Advanced	IMT-2020
Метод радиодоступа	FDMA	TDMA, CDMA	CDMA	OFDMA	Масштабируемая нумерология на основе OFDM
Максимальная скорость передачи данных	-	64 кбит/с	2 Мбит/с	100 Мбит/с	10 Гбит/с
Минимальная задержка	20 мс	20 мс	10 мс	5 мс	1 мс
Сервисы ИКТ	Аналоговый голос	Цифровые голос и данные	Цифровые голос, видео и данные	Мультимедиа, основанная на IP	Широкополосная связь, Интернет вещей, ULCC

В стандартах сотовой связи 4-го поколения LTE V2X и LTE eV2X были разработаны для обеспечения V2X-соединения для сервисов и приложений ИТС, таких как безопасность транспортных средств и автоматизированное вождение. Данные сети имеют следующие технические характеристики:

- пакетная передача данных V2V, V2I, V2P;
- надежная связь на скорости 500 км/ч с высокой мобильностью;
- распределенный и централизованный доступ.

LTE V2X и eV2X мобильные сети связи состоят из пользовательского оборудования, базовых станций сети стандарта LTE и придорожного оборудования. Пользовательское оборудование поддерживает V2V, V2P, V2I и V2N-связь. V2I-связь обеспечивает подключение выделенной сети ИТС через придорожное оборудование. V2N-связь обеспечивает подключение

сервера приложений через базовые станции сети стандарта LTE. Схема взаимодействия при мобильной V2X-связи представлена на рисунке 11.

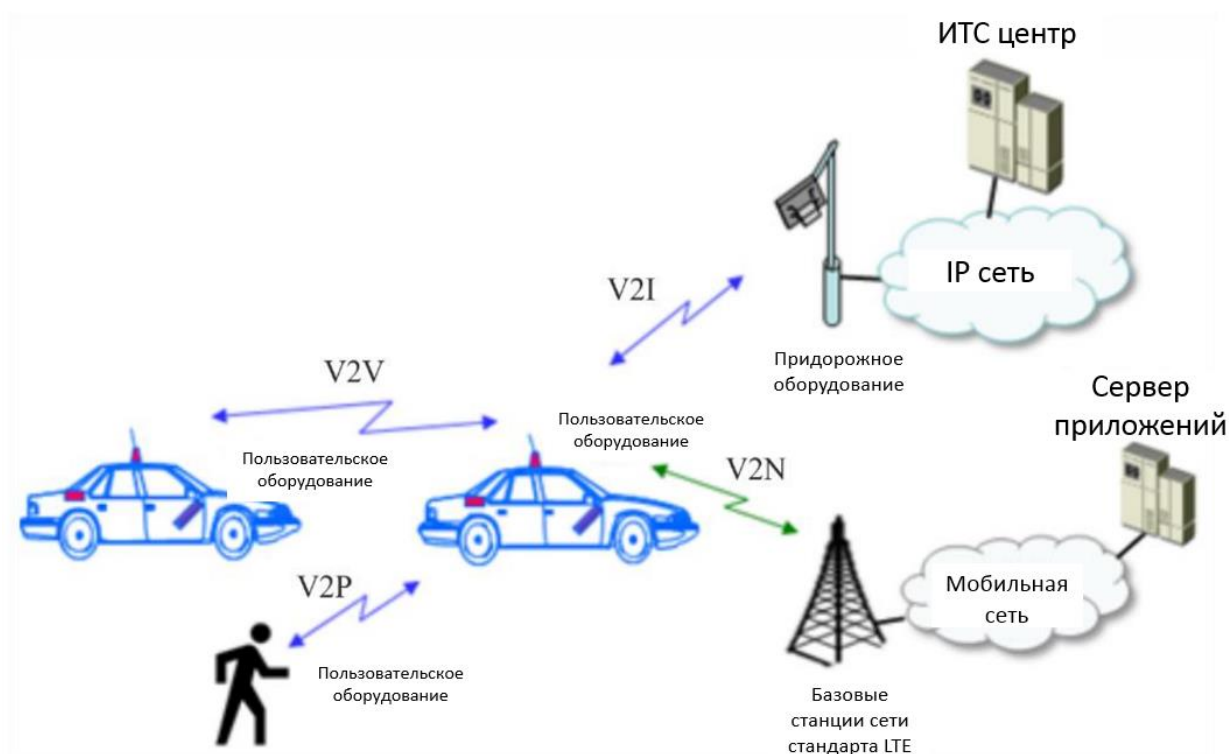


Рисунок 11 – Схема взаимодействия при мобильной V2X-связи

В случае V2V, V2I и V2P приложений, пользовательское оборудование может быть подключено при помощи выделенной, распределенной V2X одноранговой сети. В данном случае будет использована частота 5,9 ГГц, рекомендованная для сервисов ИТС.

V2N-связь и ее частотный диапазон обеспечивается оператором мобильной связи. Для 1-4 поколения используются частоты 450 МГц, 800 МГц, 10,8 ГГц и 2,1 ГГц, для 5 поколения, помимо этого, могут использоваться 3,5 ГГц и 28 ГГц-миллиметровые частотные диапазоны.

V2X-связь поддерживает 2 интерфейса: Uu (мобильный интерфейс связи) и PC5 (прямой интерфейс связи). Интерфейс Uu может быть использован, когда терминальное устройство (например, бортовой терминал, смартфон или ПО), поддерживающее сервисы V2X на базе LTE, покрывается

мобильной сетью. Интерфейс PC5 может быть использован вне зависимости от того, имеется мобильная сеть или нет.

Широковещательная связь

Технологии FM DARC и RDS широковещательной связи также могут быть использованы для сервисов ИТС. Данные технологии используют диапазон частот 53-100 кГц. Схема взаимодействия для широковещательной связи представлена на рисунке 12.



Рисунок 12 – Схема взаимодействия для широковещательной связи

Связь на миллиметровых волнах

Диапазон миллиметровых волн электромагнитного спектра соответствует радиочастотам от 30 ГГц до 300 ГГц (длина волны от 10 мм до 1 мм). Одной из наиболее важных возможностей миллиметровых волн является передача больших объемов информации, необходимых для ретрансляции, например, больших объемов компьютерных данных, мультиплексированных видео и голосовых каналов для приложений. Кроме того, высокие частоты миллиметровых волн позволяют создавать

оборудование небольших размеров, включая компактную антенну с высоким коэффициентом усиления.

Связь на миллиметровых волнах может быть использована для V2X-связи. V2V и V2I-связь реализуется в диапазоне частот 63-66 ГГц.

Связь на миллиметровых волнах состоит из БО и ПО. Схема взаимодействия представлена на рисунке 13.

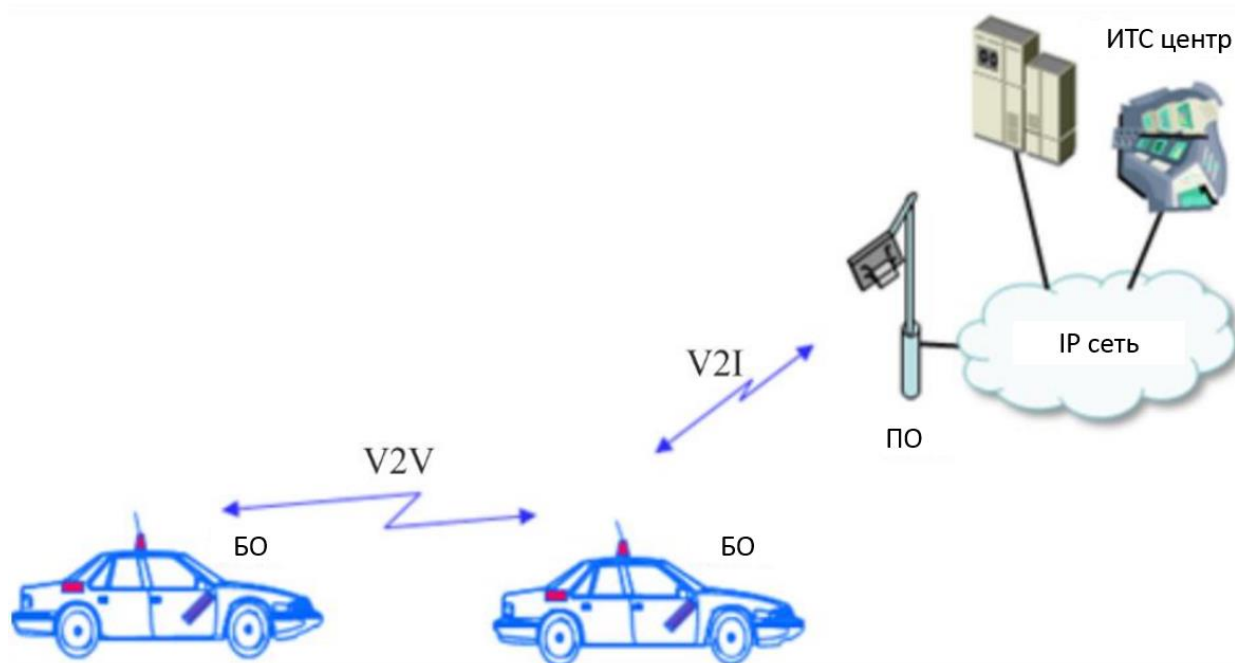


Рисунок 13 – Схема взаимодействия для связи на миллиметровых волнах

Транспортные и дорожные радары на миллиметровых волнах

Транспортные и дорожные радары на миллиметровых волнах являются сенсорной технологией для мониторинга скорости транспорта и расстояния между транспортом в части сервисов ИТС. Технология позволяет обеспечить стабильное обнаружение целей в плохих погодных условиях, например, дождь или снег. Радар на миллиметровых волнах может применяться со стороны транспортного средства или со стороны дорожной инфраструктуры и называется, соответственно, транспортным радаром или дорожным радаром.

Транспортный радар, как правило, устанавливается спереди и сзади транспортного средства и применяется для адаптивного круиз контроля (ACC) и предупреждения о столкновении транспортных средств. Такой радар имеет

два типа: радар дальнего действия (LRR) и радар ближнего действия (SRR) (рисунок 14). LRR имеет около 200 м радиодиапазона с узким антенным лучом в диапазоне частот 76-77 ГГц, а SRR имеет около 30 м ближнего диапазона с широким антенным лучом в диапазоне частот 22-29 ГГц и 77-81 ГГц.

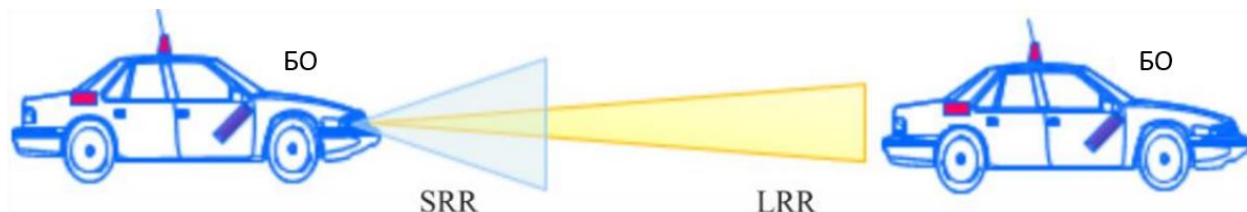


Рисунок 14 – Транспортный радар на миллиметровых волнах

Дорожный радар устанавливается на обочине и применяется для предупреждения об опасности, например, для предупреждения о дорожных работах или о безопасности на перекрестке (рисунок 15). Для эффективного наблюдения за дорожной обстановкой дорожный радар должен иметь радиус действия 1 км. Технология использует частоту 34 ГГц.



Рисунок 15 – Дорожный радар на миллиметровых волнах

Транспортные и дорожные радары на миллиметровых волнах имеют три функциональные части: антенну и радиоблок, блок обработки сигналов и блок распознавания.

Антенна и радиоблок

Данная часть состоит из передающей антенны, приемной антенны, приемного оборудования и передающего оборудования. В ней происходит модуляции сигналов, преобразования на высокие частоты, радиоволновая передача и прием радиоволн. Эта часть может быть оснащена несколькими антеннами и выполнять сканирование луча.

Блок обработки сигналов

Данная часть отображает расстояние и скорость, используя сигналы, передаваемые от радиоблока. Среднее расстояние и скорость также могут определяться в этой части. Блок обработки сигналов вычисляет направление найденных объектов при сканировании луча антенной.

Блок распознавания

Данная часть может отбирать и упорядочивать наиболее желательные или необходимые данные в зависимости от потребностей каждой системы. Например, блок распознает наиболее опасные препятствия и может судить о том, находится ли транспортное средство впереди по полосе движения. В отдельных случаях этот прибор усредняет собранные данные, фильтрует помехи и повышает точность и надежность данных, получаемых с других датчиков.

Стандарты в области ИТС представлены на страницах 71-80 документа, доступного по ссылке https://www.itu.int/dms_pub/itu-r/opb/hdb/R-HDB-49-2021-PDF-E.pdf.

Частоты для радиотехнологий в области ИТС представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Частоты для радиотехнологий в области ИТС

Радиотехнология	Частота
DSRC	900 МГц, 2,4 ГГц, 5,8 ГГц
Усовершенствованная радиосвязь для ИТС	760 МГц, 5,9 ГГц, 63-66 ГГц
Широковещательная связь	74-90 МГц
Транспортные радары на миллиметровых волнах	5,8 ГГц, 24ГГц, 60 ГГц, 76 ГГц, 79 ГГц
Дорожные радары на миллиметровых волнах	34 ГГц