

Интеллектуальные транспортные системы

Справочник по системам сухопутной подвижной связи (включая беспроводной доступ)

Том 4

Издание 2021 года



ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ТРАНСПОРТНЫЕ СИСТЕМЫ

Справочник по системам сухопутной подвижной связи (включая беспроводной доступ)

Том 4
(Издание 2021 года)



СЕКТОР РАДИОСВЯЗИ МСЭ

Роль Сектора радиосвязи заключается в обеспечении рационального, справедливого, эффективного и экономичного использования радиочастотного спектра всеми службами радиосвязи, включая спутниковые службы, и проведении в неограниченном частотном диапазоне исследований, на основании которых принимаются Рекомендации.

Всемирные и региональные конференции радиосвязи и ассамблеи радиосвязи при поддержке исследовательских комиссий выполняют регламентарную и политическую функции Сектора радиосвязи.

Справки по вопросам радиосвязи

Просьба обращаться по адресу:

ITU
Radiocommunication Bureau
Place des Nations
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

Телефон: +41 22 730 5800
Факс: +41 22 730 5785
Эл. почта: brmail@itu.int
Веб-страница: www.itu.int/itu-r

Размещение заказов на издания МСЭ

Просьба учесть, что по телефону заказы не принимаются. Их следует направлять по факсу или электронной почте.

ITU
Sales and Marketing Division
Place des Nations
CH -1211 Geneva 20
Switzerland

Факс: +41 22 730 5194
Эл. почта: sales@itu.int

Магазин электронных изданий МСЭ: www.itu.int/publications

© ITU 2021

Все права сохранены. Ни одна из частей данной публикации не может быть воспроизведена с помощью каких бы то ни было средств без предварительного письменного разрешения МСЭ.

Предисловие

Интеллектуальные транспортные системы (ИТС) определяются как системы, использующие сочетание компьютерных технологий, технологий связи, позиционирования и автоматики для улучшения безопасности, управления и эффективности наземных транспортных систем.

Издание 2021 года 4-го тома Справочника МСЭ-R по системам сухопутной подвижной связи (включая беспроводной доступ) заменяет издание 2006 года.

Разработка этого многотомного Справочника началась в МСЭ-R в конце 1990-х годов в целях удовлетворения возрастающей потребности развивающихся стран в справочнике по современным технологиям, охватывающем различные аспекты сухопутной подвижной службы, включая ее технологии и системы.

На данный момент уже опубликованы следующие пять томов.

- Том 1. Фиксированный беспроводной доступ
- Том 2. Принципы и подходы к развитию систем ИМТ-2000
- Том 3. Диспетчерские системы отправки и современные системы обмена сообщениями
- Том 4. Интеллектуальные транспортные системы
- Том 5. Развертывание систем широкополосного беспроводного доступа

Целью данного Справочника является оказание помощи в процессе принятия решений, связанных с планированием, проектированием и развертыванием беспроводных систем сухопутной подвижной связи, особенно в развивающихся странах. Также в нем должна содержаться соответствующая информация, содействующая профессиональной подготовке инженеров и разработчиков в области регламентации, планирования, проектирования и развертывания таких систем.

В данном томе Справочника кратко изложены вопросы, касающиеся использования во всем мире беспроводной связи в интеллектуальных транспортных системах (ИТС), действующих и находящихся в процессе разработки, включая архитектуру, системы и применения. Это быстроразвивающийся сектор, который все еще частично находится на этапе своего становления. Настоящий том отражает тот период времени, когда он был создан, и, следовательно, содержит описание беспроводной связи, используемой в ИТС на 2020 год.

Том 4 (издание 2021 года) подготовлен группой специалистов Рабочей группы по радиосвязи 5А. Я хотел бы выразить свою благодарность д-ру Такахико Ямадзаки (Япония), докладчику по Справочнику по системам сухопутной подвижной связи, д-ру Хитоси Ёсино (Япония), председателю РГ 5А-5, д-ру Сатоси (Сэму) Ояма (Япония), председателю РПГ по ИТС, и д-ру Хёнсо Оху (Республика Корея), который любезно согласился быть редактором этого тома, а также всем специалистам, внесшим свой вклад в разработку Справочника.

Хосе М. Коста

Председатель Рабочей группы по радиосвязи 5А

Канада

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

Предисловие.....	iii
ГЛАВА 1 – ВВЕДЕНИЕ.....	1
1.1 Назначение и сфера применения Справочника по системам сухопутной подвижной связи.....	1
1.2 Структура и применение тома 4	1
ГЛАВА 2 – ПРИМЕНЕНИЕ ИТС	3
2.1 Введение.....	3
2.2 Типы услуг ИТС	6
2.2.1 Электронный сбор пошлины	7
2.2.2 Обеспечение безопасности транспортных средств и дорожного движения	8
2.2.3 Экстренный вызов.....	9
2.2.4 Предоставление информации о трафике	10
2.2.5 Автоматизированное вождение	11
2.3 Услуги совместных ИТС	11
2.3.1 Услуги на основе связи P2X	12
2.3.2 Услуги на основе связи V2X.....	13
ГЛАВА 3 – АРХИТЕКТУРА СИСТЕМЫ И СВЯЗИ ИТС	15
3.1 Архитектура системы ИТС	15
3.1.1 Организационное представление	16
3.1.2 Функциональное представление.....	17
3.1.3 Физическое представление	17
3.1.4 Коммуникационное представление.....	18
3.2 Архитектура связи ИТС.....	20
3.2.1 Система связи ИТС.....	20
3.2.2 Сеть связи ИТС	22
ГЛАВА 4 – РАДИОТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ СИСТЕМ ИТС	25
4.1 Выделенная связь на короткие расстояния (DSRC).....	25
4.1.1 Введение	25
4.1.2 Конфигурация системы	25
4.1.3 Технические характеристики.....	27
4.1.4 Характеристики распространения радиоволн в системе DSRC	37

4.2	Технология радиосвязи усовершенствованных ИТС	39
4.2.1	Введение	39
4.2.2	Конфигурация системы	40
4.2.3	Технические характеристики	42
4.2.4	Характеристики распространения радиоволн	53
4.3	Сотовая связь V2X	54
4.3.1	Введение	54
4.3.2	Конфигурация системы	55
4.3.3	Технические характеристики	56
4.3.4	Характеристики распространения радиоволн	60
4.4	Глобальное радиовещание	60
4.4.1	Введение	60
4.4.2	Конфигурация системы	60
4.4.3	Технические характеристики	61
4.4.4	Характеристики распространения радиоволн	61
4.5	Связь миллиметрового диапазона	61
4.5.1	Введение	61
4.5.2	Конфигурация системы	61
4.5.3	Технические характеристики	62
4.5.4	Характеристики распространения радиоволн	62
4.6	Автомобильные и дорожные радары миллиметрового диапазона	63
4.6.1	Введение	63
4.6.2	Конфигурация системы	64
4.6.3	Технические характеристики	65
4.6.4	Характеристики распространения радиоволн	69
ГЛАВА 5 – СТАНДАРТЫ		71
5.1	Стандарт DSRC	71
5.1.1	Международный стандарт DSRC	71
5.1.2	Стандарт DSRC в Районе 1	71
5.1.3	Стандарт DSRC в Районе 2	72
5.1.4	Стандарт DSRC в Районе 3	72

	<i>Стр.</i>
5.2 Стандарт радиосвязи усовершенствованных ИТС	73
5.2.1 Стандарт ITS G5 в Районе 1	73
5.2.2 Стандарт WAVE в Районе 2	74
5.2.3 Стандарт радиосвязи усовершенствованной ИТС в Районе 3	75
5.3 Стандарты сотовой связи V2X	76
5.4 Стандарты радиовещания	78
5.5 Связь и радары миллиметрового диапазона	79
5.5.1 Стандарты автомобильных радаров миллиметрового диапазона в МСЭ	79
5.5.2 Стандарты автомобильных радаров миллиметрового диапазона в Районе 1	79
5.5.3 Стандарты автомобильных радаров миллиметрового диапазона в Районе 2	80
5.5.4 Стандарты автомобильных радаров миллиметрового диапазона в Районе 3	80
ГЛАВА 6 – ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЧАСТОТ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЙ ИТС	81
6.1 Использование частот для DSRC	81
6.2 Использование частот для радиосвязи усовершенствованных ИТС	82
6.3 Использование частот для сотовых сетей	83
6.4 Использование частот для радиовещания	84
6.5 Использование частот для автомобильных и дорожных радаров миллиметрового диапазона	84
Приложение А – Список сокращений	85
Приложение В – Использование ИТС в некоторых странах	93
Приложение С – Публикации по ИТС	101
1 Обзор	101
2 Публикации МСЭ	101
2.1 Рекомендация ВКР	101
2.2 Рекомендации МСЭ-R	101
2.3 Отчеты МСЭ-R	101
3 Другие справочные материалы по ИТС	102

ГЛАВА 1

ВВЕДЕНИЕ

1.1 Назначение и сфера применения Справочника по системам сухопутной подвижной связи

Назначение и сфера применения тома 4 Справочника по системам сухопутной подвижной связи заключается в предоставлении общей и актуальной информации об интеллектуальных транспортных системах (ИТС). ИТС используют главным образом сочетание компьютерных технологий, технологий связи, позиционирования и автоматики для улучшения безопасности, управления и эффективности наземных транспортных систем. В Справочнике рассматривается множество существующих применений ИТС, а также новые применения, запланированные на будущее. Большинство людей в своей повседневной жизни пользуются различными видами транспорта, следовательно, огромное количество людей будут ежедневно использовать преимущества ИТС. В данном томе Справочника кратко изложены вопросы, касающиеся использования во всем мире беспроводной связи в системах ИТС, действующих и находящихся в процессе разработки. Это быстроразвивающийся сектор. Настоящее издание тома 4 отражает тот период, когда он был создан, и, следовательно, содержит описание беспроводной связи, используемой в ИТС на начало 2020 года.

1.2 Структура и применение тома 4

Том состоит из нескольких глав, в которых читателю представлена основная информация, а подробная техническая, эксплуатационная и нормативная информация содержится в приложениях.

Введение в том содержится в главе 1. В главе 2 представлена информация о применении ИТС. Глава 3 посвящена системе ИТС и архитектуре связи. В главе 4 рассматриваются радиотехнологии систем ИТС, а в главе 5 обсуждаются вопросы стандартизации на международном и национальном уровнях. В главе 6 описывается сценарий использования радиочастот для систем ИТС. Приложение А содержит список сокращений. Приложение В посвящено использованию ИТС в некоторых странах, а Приложение С содержит список публикаций по ИТС.

ГЛАВА 2

ПРИМЕНЕНИЕ ИТС

2.1 Введение

В течение нескольких десятилетий во всем мире наблюдается рост автомобилизации, урбанизации и численности населения. Эти тенденции приводят к дорожным заторам, проблемам безопасности и загрязнению воздуха. ИТС поддерживают набор инструментов, помогающих решать эти проблемы и потенциально уменьшать дорожные заторы и количество аварий с помощью технологий беспроводной связи, датчиков, компьютерных технологий и технических средств управления, а также широкого распространения информации. Для повышения функциональной совместимости и доступности услуг в реализациях ИТС используются стандарты связи.

РИСУНОК 1

Концепция услуг ИТС



Справочник по системам сухопутной подвижной связи Т.4-01

В таблице 1 перечислены широкие области применения услуг ИТС для иллюстрации значительного потенциального влияния ИТС на общество. В таблице 2 представлены конкретные примеры предоставляемых системой ИТС услуг для пользователей в таких категориях, как применения в области безопасности, обеспечивающие связь V2I и V2V, межведомственный обмен данными, охрана окружающей среды, информирование о метеорологических условиях на дорогах, движение и "умные" придорожные устройства.

Существуют три основные группы пользователей систем ИТС:

- операторы автодорог, которые эффективно управляют автодорогами, следят за дорожной ситуацией и предоставляют информацию участникам дорожного движения;

- водители, которые следуют в пункт назначения без происшествий;
- лица, совершающие поездку, и пешеходы, которым требуется информация о трафике или экстренная помощь.

Услуги ИТС можно описать с точки зрения групп пользователей ИТС. Пользователи ИТС в основном делятся на три группы. Первая группа пользователей – это операторы автодорог, организации, которые управляет дорожной сетью для решения задач на местном уровне, главным образом в целях поддержания транспортного потока и реагирования на происшествия. Оператор автодорог следит за дорожной ситуацией и предоставляет информацию участникам дорожного движения. Оператор автодорог играет важную роль в большинстве услуг ИТС; без участия представителей дорожных или транспортных властей обходятся только применения в области безопасности, обеспечивающие связь между транспортными средствами (V2V). Вторая группа пользователей состоит из водителей, которые следуют в пункт назначения без происшествий. Эта группа является конечным пользователем многих услуг ИТС и косвенно – поставщиком многих данных о пропускной способности дороги (получаемых путем дистанционного зондирования или активно собираемых транспортным средством и предоставляемых третьим сторонам). Третья группа пользователей – это лица, совершающие поездку, и пешеходы, которые используют ИТС для получения информации о трафике, планирования поездок, пользования транспортными услугами или обращения за экстренной помощью.

Разумеется, при внедрении ИТС разные регионы преследуют разные цели, но в общем случае все эти цели можно сгруппировать по пяти основным категориям: безопасность, движение, охрана окружающей среды, соблюдение нормативных требований и удобство. В рамках этих широких категорий существуют более конкретные цели, границы между которыми нередко стираются в силу выбора технологии или архитектуры; они обеспечивают разбиение реализуемых услуг на более узкие группы. Зачастую в рамках этих услуг решаются несколько задач. Например, служба системы пограничного контроля в Соединенных Штатах Америки решает задачи обеспечения, регулирования и безопасности движения. Таким образом, многим услугам приписывается ряд характеристик в зависимости от преследуемых ими целей и присущих им технологических или архитектурных особенностей. Услуги можно кратко охарактеризовать как средства решения задач в областях, перечисленных в таблице 1.

ТАБЛИЦА 1

Области применения услуг ИТС

Эксплуатация коммерческого автотранспорта	Управление данными	Ремонт и строительство
Управление парковкой	Общественная безопасность	Общественный транспорт
Поддержка	Экологически сбалансированное использование транспортных средств	Управление дорожным движением
Информация для лиц, совершающих поездку	Безопасность транспортных средств	Погода

В этих областях определены более сотни услуг. Полный список всех услуг, определенных в США, с возможностью сортировки см. на веб-странице <https://local.iteris.com/arc-it/html/servicepackages/servicepackages-areaspsort.html>.

В пункте 2.2 подробно описаны некоторые из наиболее коммерциализированных типов услуг: это электронные системы сбора пошлины, обеспечение безопасности транспортных средств и дорожного движения, экстренный вызов, предоставление информации о трафике и автоматизированное вождение. Описаны функции услуг и технические характеристики технологий радиосвязи.

ТАБЛИЦА 2

Примеры услуг для пользователей, предоставляемых системой ИТС

Категория	Примеры услуг для пользователей
Связь V2I для применений в области обеспечения безопасности	– Предупреждение о нарушении режима запрещающего сигнала светофора – Предупреждение о скорости на повороте – Предупреждение о перекрестке с установленным знаком "Стоп" – Предупреждение о местном прогнозе погоды – Предупреждение об участке дороги с пониженной разрешенной скоростью движения/дорожных работах – Предупреждение о пешеходе на регулируемом пешеходном переходе (общественный транспорт)
Связь V2V для применений в области обеспечения безопасности	– Электронные аварийные стоп-сигналы (EEBL) – Предупреждение о возможном столкновении (FCW) – Помощь при пересечении перекрестка (IMA) – Помощь при левом повороте (LTA) – Предупреждение о слепых зонах/смене полосы движения (BSW/LCW) – Предупреждение "Обгон запрещен" (DNPW) – Предупреждение об автомобиле, поворачивающем направо перед автобусом (общественный транспорт)
Межведомственный обмен данными	– Зондирование дорожного покрытия – Контроль дорожного движения с помощью зондов – Исследования дорожного движения на основе классификации транспортных средств – Анализ движения соединенного транспортного средства на поворотах и перекрестках – Исследования маршрутов движения соединенного транспортного средства из пункта отправления в пункт назначения – Информация для лиц, совершающих поездку, о местах проведения ремонтных работ
Охрана окружающей среды	– Экологически приемлемый режим подъезда и выезда на регулируемых перекрестках – Синхронизация светофоров для обеспечения экотрафика – Приоритетность сигналов светофоров для обеспечения экотрафика – Эковождение соединенных транспортных средств – Беспроводная индукционная/резонансная зарядка аккумуляторов – Управление полосами для эковождения – Согласование скорости для эковождения – Скоординированный адаптивный круиз-контроль для эковождения – Экологическая информация для лиц, совершающих поездку – Экоуправление дорожным движением на выезде на главную дорогу – Управление зонами низкого уровня выбросов – Информация о заправке/зарядке транспортных средств, работающих на альтернативных видах топлива – "Умная" экопарковка – Динамический выбор экомаршрута (легковых автомобилей, общественного транспорта, грузоперевозок) – Система поддержки принятия решений для эко-ICM

ТАБЛИЦА 2 (окончание)

Категория	Примеры услуг для пользователей
Метеоусловия на дороге	– Рекомендации и предупреждения для автомобилистов (MAW) – Улучшенная MDSS – Станция трансляции данных для транспортных средств (VDT) – Информация о трафике с учетом метеоусловий (WxTINFO)
Движение	– Усовершенствованная система информирования лиц, совершающих поездку – Интеллектуальная система дорожных сигналов (I-SIG) – Приоритетность сигналов (для общественного транспорта, грузоперевозок) – Система сигналов для водителей о пешеходах на дороге (PED-SIG) – Освобождение полосы для автомобиля экстренных служб (PREEMPT) – Динамическое согласование скорости движения (SPD-HARM) – Предупреждение об очередях (Q-WARN) – Скоординированный адаптивный круиз-контроль (CACC) – Инструктаж перед прибытием на место происшествия в случае чрезвычайной ситуации – Радиомаяки-ответчики (RESP-STG) – Оповещение водителей и рабочих о местах происшествия и проведения ремонтных работ (INC-ZONE) – Экстренная связь и эвакуация (EVAC) – Защита соединений (T-CONNECT) – Динамические транзитные операции (T-DISP) – Динамическая посадка пассажиров (D-RIDE) – Динамическое планирование и осуществление грузоперевозок – Оптимизация местных перевозок
"Умные" придорожные применения	– Беспроводной контроль – "Умные" парковки грузового транспорта

2.2 Типы услуг ИТС

В этом разделе описаны функции услуг и технические характеристики технологий радиосвязи. Услуги ИТС можно сгруппировать по следующим категориям: электронный сбор пошлины (ETC), обеспечение безопасности транспортных средств и дорожного движения, экстренный вызов, предоставление информации о трафике и автоматизированное вождение. Эти пять видов услуг в наибольшей степени коммерциализированы и являются самыми широко распространенными услугами ИТС.

Эти типы услуг ИТС предоставляются с использованием непосредственно доступных технологий радиосвязи, таких как выделенная связь на короткие расстояния (DSRC) для ETC, связь V2X в полосах частот 700 МГц или 5,9 ГГц для обеспечения безопасности транспортных средств и дорожного движения; связь на основе сотовой сети, например, для вызова службы экстренной помощи; цифровое радиовещание для службы передачи информации о трафике; а также, возможно, связь на основе сети V2X для автоматизированного вождения. Эти пять технологий радиосвязи подходят для соответствующих типов услуг и имеют технические характеристики, указанные в таблице 3.

Например, DSRC для ETC позволяет осуществлять двустороннюю передачу пакетных данных на короткие расстояния (~100 м). Связь V2X на частоте 5,9 ГГц для обеспечения безопасности транспортных средств и дорожного движения позволяет осуществлять двустороннюю передачу пакетных данных и радиовещательную передачу данных на расстояние менее 1 км. Связь на основе сотовой сети для экстренного вызова обеспечивает двустороннюю передачу голоса и данных на

большие расстояния (~10 км). Цифровое радиовещание для услуги передачи информации о трафике обеспечивает одностороннюю передачу данных на большие расстояния (< 10 км). Одним из важнейших требований к системе связи для услуг по обеспечению безопасности транспортных средств и дорожного движения или автоматизированного вождения является короткая задержка при передаче соответствующей информации о движении транспортного средства и его местоположении, а также командных сообщений.

ТАБЛИЦА 3

Технические характеристики технологий радиосвязи

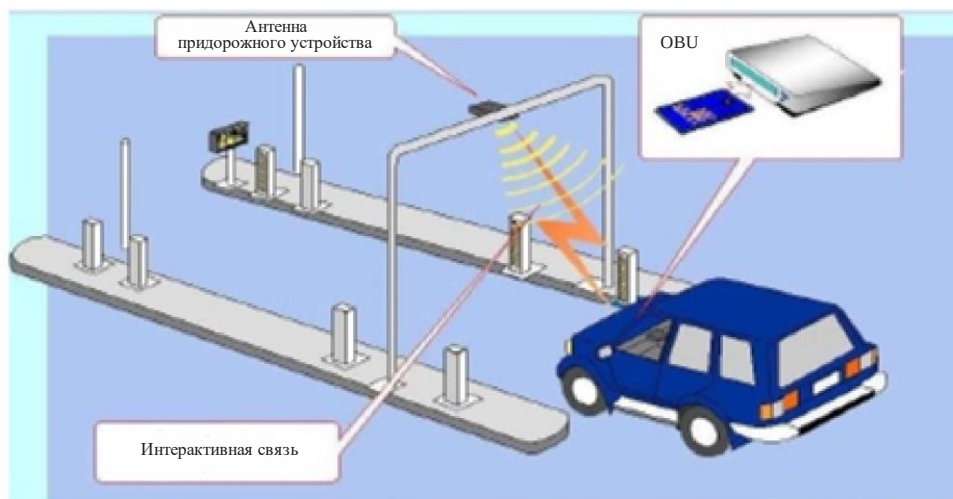
Типы услуг	Технологии радиосвязи	Информация	Радиопокрытие	Время задержки сообщения
ETC	DSRC	Двусторонняя передача данных	Малое (~100 м)	Малое (< 100 мс)
Безопасность транспортных средств и дорожного движения	V2X в полосах частот 700 МГц или 5,9 ГГц	Двусторонняя передача данных, радиовещательная передача данных	Среднее (~1000 м)	Малое (< 100 мс)
Экстренный вызов	Сеть сотовой связи	Двусторонняя передача голоса и данных	Широкое (~10 км)	Большое (~1 с)
Предоставление информации о трафике	TPEG	Радиовещательная передача данных	Широкое (~100 км)	Среднее (~1 с)
Автоматизированное вождение	V2X	Двусторонняя передача данных, радиовещательная передача данных	Среднее (~1000 м)	Малое (< 5 мс)

2.2.1 Электронный сбор пошлины

Электронный сбор пошлины – это услуга начисления платы за проезд, когда автомобиль проезжает пункт оплаты. Когда автомобиль въезжает на место сбора дорожной пошлины, OBU (бортовой блок) инициирует радиосвязь с RSU (придорожным блоком) для выполнения транзакций по оплате счета и, возможно, функций безопасности. В случае ошибки при оплате из-за сбоя радиосвязи выполняется идентификация транспортного средства и производится выставление счета по почте. Концепция услуг электронного сбора пошлины (ETC) иллюстрируется на рисунке 2.

РИСУНОК 2

Концепция услуги ETC



Справочник по системам сухопутной подвижной связи Т.4-02

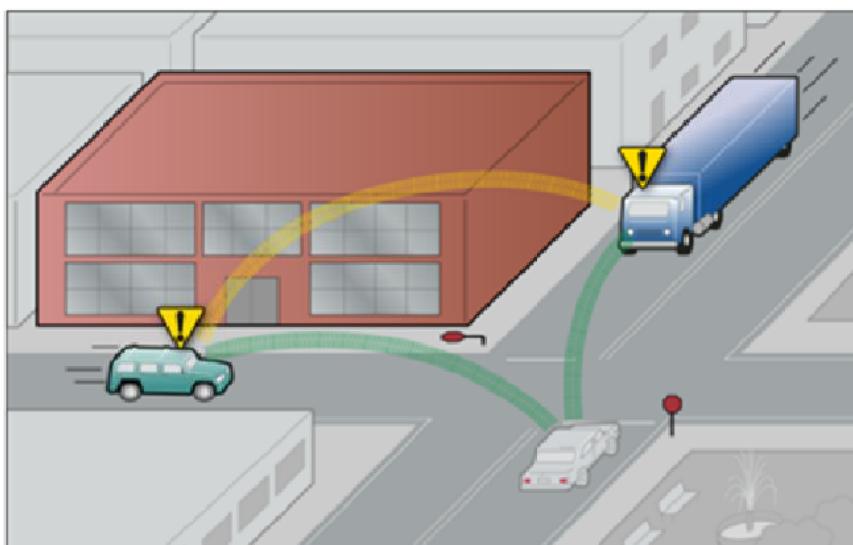
Для осуществления электронных платежей требуется радиосвязь, характеризующаяся короткой задержкой и высокой надежностью, чтобы гарантировать высоконадежное безопасное выставление счетов. ETC может использовать DSRC, технологии связи ближнего и среднего радиуса действия или сети на основе технологий сотовой сети. В настоящее время наиболее широко применяемой схемой связи для систем ETC является DSRC.

2.2.2 Обеспечение безопасности транспортных средств и дорожного движения

Служба обеспечения безопасности транспортных средств передает предупредительную информацию для предотвращения дорожно-транспортных происшествий. Когда транспортное средство въезжает на перекресток, ему неизвестно о приближении к перекрестку других транспортных средств из-за загромождения зданий вне зоны прямой видимости. Если транспортные средства периодически передают информацию о своем местоположении и состоянии, они могут узнавать о приближении других транспортных средств и принимать меры для предотвращения столкновения. Это можно осуществить с помощью технологии связи между транспортными средствами (V2V). Для этой службы требуется прямая связь V2V, предусматривающая обмен сообщениями с короткой задержкой, средней скоростью передачи данных и более широким радиопокрытием по сравнению с технологией DSRC. Например, системы G5 V2X и ITS IEEE 802.11p будут поддерживать максимальную скорость передачи данных 27 Мбит/с с временем задержки 100 мс на прикладном уровне (5 мс на уровне радиодоступа) и зоной радиопокрытия 1 км. Связь между транспортным средством и инфраструктурой (V2I) позволяет поддерживать безопасность дорожного движения путем передачи транспортному средству информации о точной геометрии перекрестка, фазе светофора и времени до его переключения, а также о неожиданных ситуациях. Аналогичные парадигмы связи применяются в большинстве подобных сценариев. Например, в сценарии пересечения перекрестка с высокими зданиями соседние здания могут заслонять транспортные средства. Служба обеспечения безопасности транспортных средств должна передавать предупредительную информацию для предотвращения дорожно-транспортных происшествий. При наличии таких препятствий транспортное средство не в состоянии определить, что с другого направления к перекрестку приближаются другие транспортные средства. Для обеспечения безопасности транспортных средств используется передача кинематической информации и информации о положении транспортного средства; если оно периодически передает информацию о своем местоположении и состоянии, то другие транспортные средства могут узнать о приближении заслоненного транспортного средства и принять меры для предотвращения столкновения. В приложениях этого типа, связанных с обеспечением безопасности, обычно используется связь V2V.

РИСУНОК 3

Предупреждение для обеспечения безопасности на перекрестке



Справочник по системам сухопутной подвижной связи Т.4-03

Обеспечение эффективности дорожного движения – основной сценарий работы службы ИТС и важный компонент системы "умного" транспорта, например, с использованием системы связи V2X на основе LTE. Оно имеет большое значение для уменьшения заторов городского транспорта и содействия энергосбережению и сокращению выбросов. Уменьшение заторов на дорогах также повышает безопасность перевозок.

К типичным сценариям обеспечения эффективности дорожного движения относятся рекомендации по скорости движения. В сценарии регулирования скорости придорожный блок (RSU) собирает информацию о времени переключения светофоров и передает ближайшим транспортным средствам такие сведения, как текущий сигнал светофора и время, оставшееся до переключения. На основе полученной информации в сочетании с информацией о текущей скорости движения и местоположении транспортного средства его бортовая система рассчитывает рекомендуемую скорость движения и дает водителю рекомендацию, повышающую вероятность пересечения перекрестка без остановки. Для реализации этого сценария требуется, чтобы RSU мог собирать информацию о сигналах светофора и рассылать транспортным средствам сообщения V2X, а находящиеся поблизости транспортные средства имели возможность передавать и получать сообщения V2X.

2.2.3 Экстренный вызов

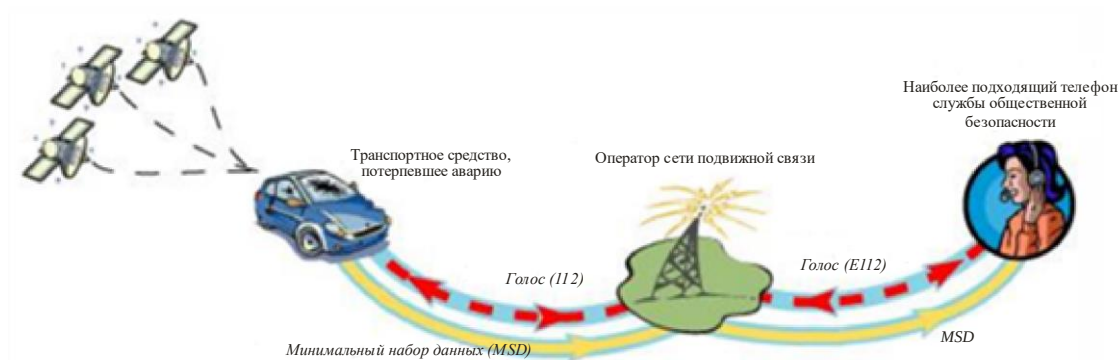
Услуга экстренного вызова обеспечивает передачу голоса и данных по запросу водителя транспортного средства. В случае дорожно-транспортного происшествия автомобиль запрашивает помощь, вызывая службу экстренной помощи или передавая сведения о чрезвычайной ситуации. Услуги экстренного вызова и телематики¹ используют технологию двусторонней передачи голоса и данных по сотовым сетям. Концепция услуги экстренного вызова показана на рисунке 4.

Эта услуга должна поддерживать двустороннюю передачу голоса и данных с повышенным временем задержки при передаче данных и с широкой зоной охвата. Наиболее подходящей технологией радиосвязи для этой услуги является сотовая связь.

¹ Телематика – это общий термин, означающий объединение телекоммуникационных и информационных технологий, обычно в контексте транспортных средств.

РИСУНОК 4

Услуга экстренного вызова



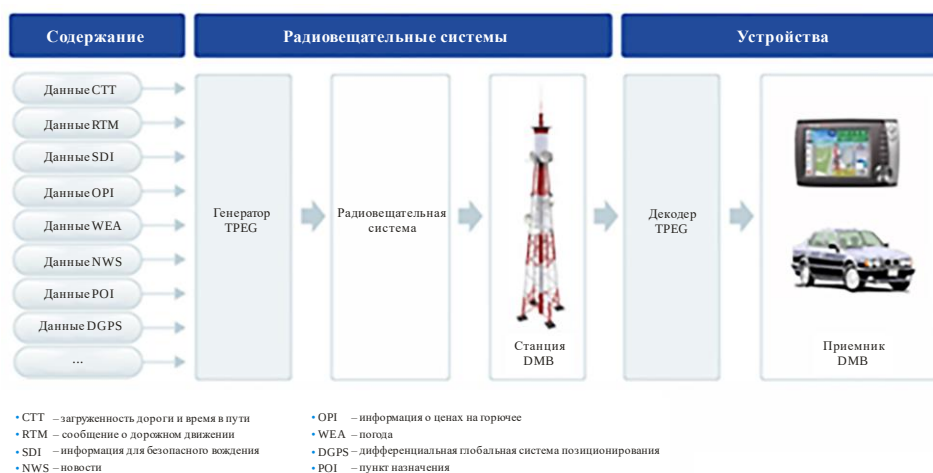
Справочник по системам сухопутной подвижной связи Т.4-04

2.2.4 Предоставление информации о трафике

Цифровое радиовещание позволяет предоставлять водителям транспортных средств информацию о трафике. Группа экспертов по транспортным протоколам (TPEG) разработала международные стандарты для услуги предоставления информации о трафике и пути следования (TTI). TTI (например, информация о заторах, дорожных работах, дорожно-транспортных происшествиях и т. д.) преобразуется в стандарт TPEG и транслируется по каналу цифрового радиовещания. Водители транспортных средств могут получать TTI, как показано на рисунке 5.

РИСУНОК 5

Предоставление информации о трафике



Справочник по системам сухопутной подвижной связи Т.4-05

Эта услуга поддерживает одностороннюю широковещательную передачу данных с широким радиопокрытием и средним временем задержки.

2.2.5 Автоматизированное вождение

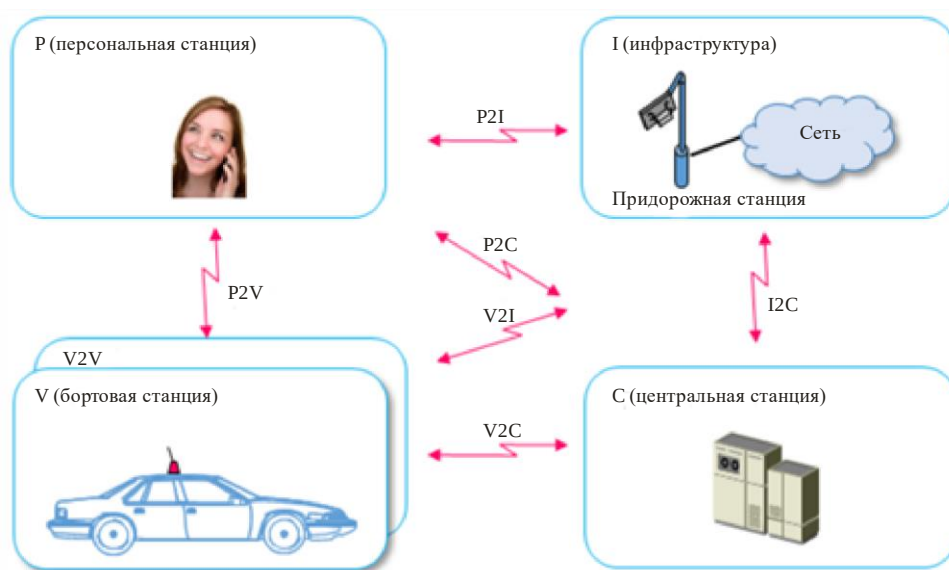
Подобно существующему распознаванию видеоизображений с помощью камеры, радара миллиметрового диапазона и лазерного радара, V2X предлагает еще один способ информационного взаимодействия для получения информации о характере движения (скорости, торможении и смене полосы движения) других транспортных средств и пешеходов. Однако связь V2X не восприимчива к таким факторам, как погодные условия, физические препятствия и расстояние, ограничивающим возможности бортовых датчиков. Кроме того, связь V2X обеспечивает возможность экстрасенсорного восприятия для автоматизированного вождения, позволяя сообщать о намерениях водителей транспортных средств и согласовывать совместные маневры. В то же время связь V2X помогает построить комплексную систему услуг аренды по программе каршеринга, благоприятствующую промышленному освоению соединенных автоматических транспортных средств (CAV), соединяя людей, транспортные средства, дорожную инфраструктуру и облачную платформу. В настоящее время в число типичных сценариев автоматизированного вождения входят формирование автоколонн и дистанционное вождение. Под формированием автоколонн понимается соединение транспортных средств посредством связи V2X. Управление ведущей машиной в колонне может осуществляться человеком либо быть полностью автоматическим; за этой машиной следуют остальные машины автоколонны, которые сохраняют постоянное расстояние между собой при определенной скорости движения благодаря информационному взаимодействию в режиме реального времени. Приложение поддерживает сохранение и отслеживание полосы движения, скоординированный адаптивный круиз-контроль, скоординированное экстренное торможение, согласованное напоминание о смене полосы движения, а также присоединение к колонне и выход из нее.

Дистанционное вождение позволяет водителю дистанционно управлять транспортным средством через консоль водителя. Камера, радар и другие датчики, установленные на борту транспортного средства, передают на удаленную консоль водителя информацию, собранную путем многоканального зондирования, в режиме реального времени. Предполагается, что связь для дистанционного вождения будет обеспечиваться через системы сотовой связи с высокой пропускной способностью 5G. Сигналы с удаленной консоли водителя содержат командные сообщения для систем рулевого управления, управления приводом дроссельного клапана и торможения, которые с короткой задержкой и высокой надежностью передаются в автомобиль в режиме реального времени по сотовой сети 5G, что гарантирует простое и точное выполнение таких операций, как движение, ускорение, торможение, поворот и задний ход.

2.3 Услуги совместных ИТС

Технологии радиосвязи позволяют создавать приложения ИТС и определять типы услуг и качество обслуживания приложений ИТС. Согласно стандарту ИСО, совместные (взаимодействующие) ИТС (С-ИТС) состоят из персональных станций, бортовых станций, придорожных станций и центральной станции, как показано на рисунке 6. При условии однорангового соединения приложения ИТС могут быть основаны на соединении между пешеходом и различными объектами (P2X) и между транспортным средством и различными объектами (V2X).

РИСУНОК 6
Конфигурация системы С-ИТС



Справочник по системам сухопутной подвижной связи Т.4-06

2.3.1 Услуги на основе связи P2X

Технология связи P2X позволяет осуществлять соединения между пешеходом и транспортным средством (P2V), пешеходом и инфраструктурой (P2I) и пешеходом и центральной станцией (P2C).

- Связь P2V обеспечивает соединение между персональной станцией и бортовой станцией. Эта связь позволяет предупреждать водителей, когда пешеход приближается к транспортному средству. Пешеход также получает предупреждение о приближении к нему транспортного средства.
- Связь P2I обеспечивает соединение между персональной станцией и придорожной станцией. Эта связь позволяет выполнять персональную навигацию и предупреждение транспортных средств на перекрестках для участников движения с ограниченными возможностями.
- Связь P2C обеспечивает соединение между пешеходом и центральной станцией. Если центральная станция передает информацию о трафике на персональную станцию, то последняя сможет обеспечить навигацию на основе этой информации.

Перечень услуг на основе связи P2X для соединений разного типа приведен в таблице 4.

ТАБЛИЦА 4
Услуги на основе связи P2X

Тип соединения	Услуги P2X
P2V	Предупреждение пешеходов, предупреждение транспортных средств
P2I	Персональная навигация, предупреждение транспортных средств
P2C	Информация о трафике

2.3.2 Услуги на основе связи V2X

Технология связи V2X позволяет осуществлять соединения между транспортным средством и инфраструктурой (V2I), транспортным средством и центральной станцией (V2C), между транспортными средствами (V2V), а также между транспортным средством и различными объектами (V2X), оснащенными датчиками.

- Связь V2I обеспечивает возможность электронного сбора дорожной пошлины, когда транспортное средство проезжает пункт оплаты. Кроме того, она может поддерживать сбор данных о транспортных средствах для периодического получения диспетчерской информации о транспортных средствах, к которой относится скорость и направление движения, экстренное торможение, идентификационная информация и информация о местоположении транспортного средства. Она может поддерживать и предоставление информации о дорожной ситуации – сигналах светофора, дорожно-транспортных происшествиях или дорожных работах.
- Связь V2C поддерживает автобусную информационную систему (BIS), предназначенную для информирования лиц, совершающих поездку, о времени и месте прибытия автобусов. Она также поддерживает экстренный вызов, что позволяет сообщать о ДТП в службу общественной безопасности и помощи (PSAP). Типичным примером V2C может служить японская информационно-коммуникационная система для транспортных средств (VICS).
- Связь V2V в сочетании с бортовыми датчиками поддерживает предупреждение об экстренном торможении, о столкновениях на перекрестках, а также скоординированный адаптивный круиз-контроль (CAAC).
- V2X в сочетании с бортовыми или дорожными датчиками обеспечивает автоматическую парковку автомобиля и автоматизированное вождение.

Перечень услуг на основе связи V2X для соединений разного типа приведен в таблице 5.

ТАБЛИЦА 5

Услуги на основе связи V2X

Тип соединения	Услуги V2X
V2I	ETC, сбор данных о транспортных средствах, предупреждение о скорости на повороте, освобождение полосы для автомобиля экстренных служб, усовершенствованная система поддержки принятия решений по техническому обслуживанию, оповещение водителей и рабочих о местах происшествий и ремонтных работ, сигнализационные панели внутри транспортного средства, предупреждение о негабаритном транспортном средстве, предупреждение о пешеходе на регулируемом пешеходном переходе, предупреждение о нарушении на железнодорожном переезде, предупреждение о нарушении режима запрещающего сигнала светофора, предупреждение об участке дороги с пониженной разрешенной скоростью движения, предупреждение о запрещенной полосе движения, придорожное освещение, предупреждение о перекрестке с установленным знаком "Стоп", предупреждение о нарушении знака "Стоп", предупреждение о присутствии средства общественного транспорта на станции/остановке, предупреждение об автомобиле, поворачивающем направо перед средством общественного транспорта, экстренное торможение, интеллектуальная система дорожных сигналов, нерегулярные маршруты общественного транспорта, движение пешеходов, контроль и планирование эффективности, согласование скорости, оптимизация транспортных потоков, сигналы указания приоритета для общественного транспорта, регулируемое ограничение скорости для управления трафиком с учетом погодных условий
V2C	BIS, VICS, данные транспортного средства для управления трафиком, экологически приемлемый режим подъезда и выезда при согласовании скорости для эковожждения, управление зонами низкого уровня выбросов, аутентификация, местоположение и время, безопасность и управление учетными данными, радиореклама, интернет, оплата услуг без выхода из автомобиля, пограничный контроль, управление зарядкой электромобилей, встроенные многорежимные электронные платежи, информация о метеоусловиях на дороге
V2V	Предупреждение об аварийном торможении, предупреждение о столкновении на перекрестке, предупреждение о слепых зонах, предупреждение о потере контроля, предупреждение "Обгон запрещен", сигнал автомобиля экстренной службы, предупреждение о возможном столкновении, помощь при пересечении перекрестка, индикация приближения мотоцикла, ситуационная осведомленность, предупреждение о выезде на встречную полосу, экстренное торможение, предупреждение для уязвимых участников дорожного движения, предупреждение об очереди, CACC
V2X с датчиками	Автоматическая парковка, автоматизированное вождение

ГЛАВА 3

АРХИТЕКТУРА СИСТЕМЫ И СВЯЗИ ИТС

Архитектура ИТС обеспечивает базовую структуру, на основе которой разработчики могут проектировать, планировать и реализовывать услуги ИТС. Эта структура служит основой для множества конструкций, которые могут быть специально адаптированы для удовлетворения индивидуальных потребностей пользователя, но при этом сохраняют преимущества общей архитектуры. Архитектура определяет функции (например, сбор информации о трафике или запрос маршрута), которые должны выполняться для реализации данной пользовательской услуги, физические объекты или подсистемы, в которых выполняются эти функции (например, придорожное оборудование или транспортное средство), интерфейсы/информационные потоки между физическими подсистемами и требования к технологии связи для организации информационных потоков (проводная или беспроводная связь). Кроме того, она определяет требования к стандартам, необходимым для обеспечения безопасности, функциональной совместимости на национальном и региональном уровнях, а также к производственным стандартам, необходимым для обеспечения экономии за счет масштаба при развертывании.

3.1 Архитектура системы ИТС

Для того чтобы вся архитектура ИТС обеспечивала общую основу для планирования, определения и интеграции интеллектуальных транспортных систем, был разработан универсальный, технологически нейтральный подход². В Справочнике по архитектуре совместных интеллектуальных транспортных систем (ARC-IT)³ описан набор взаимосвязанных компонентов, сгруппированных по четырем представлениям, относящимся к четырем различным аспектам архитектуры, как показано на нижеследующем рисунке.

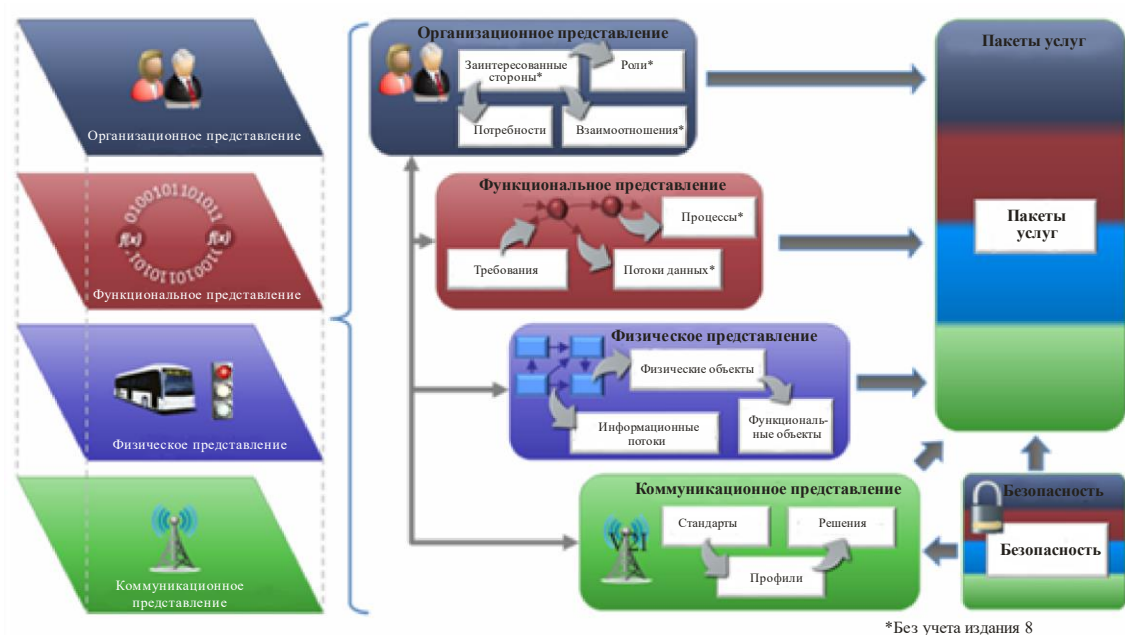
- 1) Организационное представление предусматривает рассмотрение ИТС с организационной точки зрения. В его рамках определяются заинтересованные организации или предприятия – люди и организации, которые планируют, разрабатывают, эксплуатируют, поддерживают и используют ИТС. Оно определяет роли заинтересованных сторон и отношения между ними. В этом разрезе также определяются потребности, поскольку ARC-IT – и архитектура ИТС в более широком плане – обусловлена потребностями заинтересованных организаций, их сотрудников и заказчиков.
- 2) Функциональное представление предусматривает рассмотрение ИТС с функциональной точки зрения. В его рамках определяются функциональные требования, которые обеспечивают удовлетворение потребностей пользователей ИТС. Процессы и потоки данных обеспечивают структурированное представление функций и аспектов взаимодействия, поддерживающих установленные требования.
- 3) В рамках физического представления определяются физические объекты (системы и устройства), обеспечивающие функциональность ИТС. Поток информации между физическими объектами определяется информационными потоками. Функциональные объекты создают функциональные возможности, необходимые для поддержки ИТС в каждом физическом объекте.
- 4) Коммуникационное представление определяет способ взаимодействия физических объектов. В его рамках определяются стандарты и профили связи, объединяемые в коммуникационные решения, определяющие, каким образом организовать надежный и безопасный обмен информацией между физическими объектами.

² <http://local.iteris.com/arc-it/>

³ <http://local.iteris.com/arc-it/html/architecture/architecture.html>

РИСУНОК 7

Справочник по архитектуре совместных интеллектуальных транспортных систем (ARC-IT)



Справочник по системам сухопутной подвижной связи Т.4-07

Отметим, что для интеллектуальных транспортных систем XXI века первостепенное значение имеет безопасность, и в ARC-IT безопасность рассматривается комплексно – вопросы обеспечения безопасности рассматриваются в рамках всех четырех представлений. Кроме того, пакеты услуг служат ориентированной на предоставление услуг точкой входа, что упрощает рассмотрение для конкретной услуги ИТС (например, управления светофором) вертикального среза ARC-IT, охватывающего все четыре представления.

3.1.1 Организационное представление⁴

Организационное представление описывает взаимоотношения между организациями и роли, которые эти организации играют в среде совместных ИТС.

Конструктивными блоками организационного представления ARC-IT служат организационные объекты, взаимодействующие в целях обмена информацией между системами, выходящими за рамки одной организации, а также управления такими системами и их эксплуатации. Организационное представление фокусируется на отношениях между этими организационными объектами, а также определяет, каким образом организационные объекты взаимодействуют с физическими объектами, которые в рамках организационного представления рассматриваются как ресурсы.

Отношения между организационными объектами строятся как разные виды координации: соглашение или контракт, нацеленный на решение общих задач по обеспечению и предоставлению услуг ИТС. Отношения между организационным объектом и ресурсом – это роли и полномочия в отношении владения, эксплуатации, разработки, установки, обслуживания и т. д.

⁴ <http://local.iteris.com/arc-it/html/viewpoints/enterprise.html>

3.1.2 Функциональное представление⁵

Это представление описывает конфигурацию системы и функциональные объекты, а также взаимоотношения между функциональными объектами. Функциональное представление предназначено для анализа абстрактных функциональных элементов и их логического взаимодействия. Здесь ARC-IT изображается как набор иерархически организованных процессов. Эти процессы (действия и функции) связаны с набором требований, полученных из исходных документов. Потоки данных, которые перемещаются между процессами и хранилищами данных, где данные могут находиться в течение длительного времени, определены в словаре данных.

Поведение функции (то есть процесс) – это набор действий, выполняемых данным элементом для достижения цели. Процесс выполняет действия для достижения цели приложения или в поддержку действий другого процесса. Это может быть сбор данных, преобразование данных, генерирование данных или обработка данных при выполнении этих действий. Функциональное представление определяет процессы контроля и управления поведением системы, например мониторинг, и другие активные элементы управления, которые указаны в описании функционального поведения системы. Оно также описывает функции обработки данных, хранилища данных и логические потоки информации между этими элементами.

3.1.3 Физическое представление

Физическое представление⁶ описывает транспортные системы и операции по обмену информацией, поддерживаемые ИТС. В рамках этого представления архитектура изображена как набор интегрированных физических объектов (подсистем и терминаторов), взаимодействующих и обменивающихся информацией для поддержки пакетов услуг архитектуры. Физические объекты отражают основные физические компоненты архитектуры ИТС. К физическим объектам относятся подсистемы и терминаторы, которые обычно предоставляют набор возможностей, превышающий тот, что реализован в любом конкретном месте или в любой момент времени. Подсистемы – это физические объекты, которые являются частью общей интеллектуальной транспортной системы и обеспечивают функциональные возможности в границах ИТС. Терминаторы – это физические объекты, находящиеся на границе ИТС, которые предоставляют информацию, необходимую функциям ИТС, или получают информацию от ИТС. Функциональные объекты делят подсистемы на части, размер которых зависит от варианта реализации, и определяют более конкретные функциональные возможности и интерфейсы, необходимые для предоставления определенного пакета услуг. Информационные потоки обеспечивают обмен информацией между физическими объектами (подсистемами и терминаторами). Операции по обмену информацией в физическом представлении изображаются тройками, состоящими из исходного и целевого физических объектов и информационного потока, посредством которого происходит обмен.

Физическое представление связано с другими представлениями архитектуры. С каждым функциональным объектом связано функциональное представление, которое точнее описывает выполняемые функции и детализирует данные, передаваемые и принимаемые объектом. Физические и функциональные объекты также изображаются как ресурсы в организационном представлении, которое описывает участвующие организации и их роли в процессах установки, эксплуатации, обслуживания и сертификации всех компонентов архитектуры.

Кроме того, физическое представление включает в себя концептуальную иерархию. Рассматривая архитектуру с ее наиболее абстрактного (высшего) уровня, физическое представление описывает взаимодействие между системами эксплуатационной поддержки, центром управления, периферийным оборудованием, лицом, совершающим поездку, и транспортными средствами, как показано на рисунке 8.

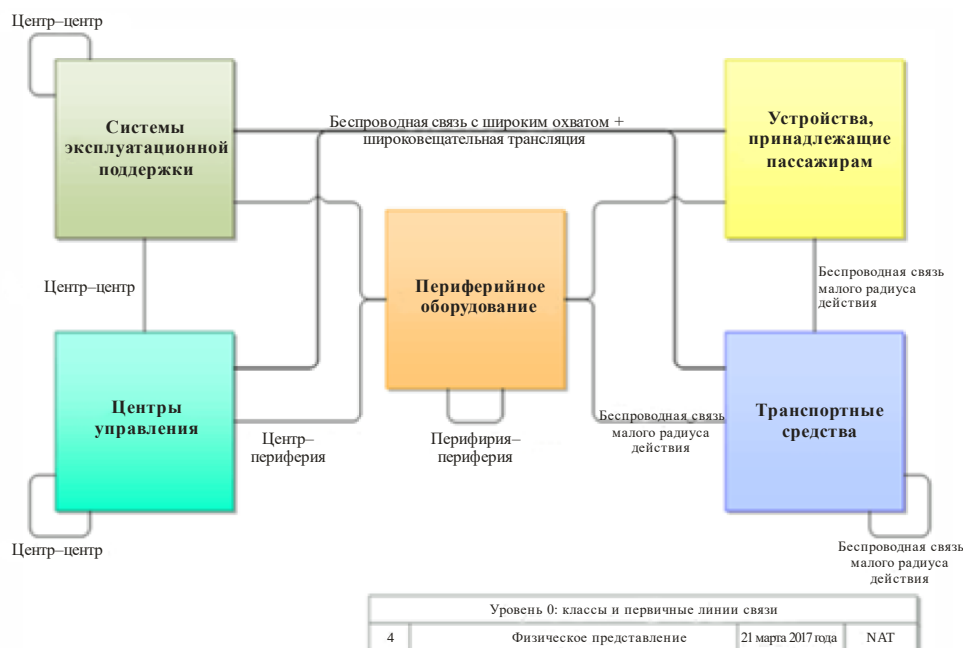
⁵ <http://local.iteris.com/arc-it/html/viewpoints/functional.html>

⁶ <http://local.iteris.com/arc-it/html/viewpoints/physical.html>

Для физических объектов также использовалась альтернативная терминология, например: персональная станция, бортовая станция, инфраструктура (придорожная станция и сеть) и центральная станция.

РИСУНОК 8

Физическое представление



Справочник по системам сухопутной подвижной связи Т.4-08

3.1.4 Коммуникационное представление

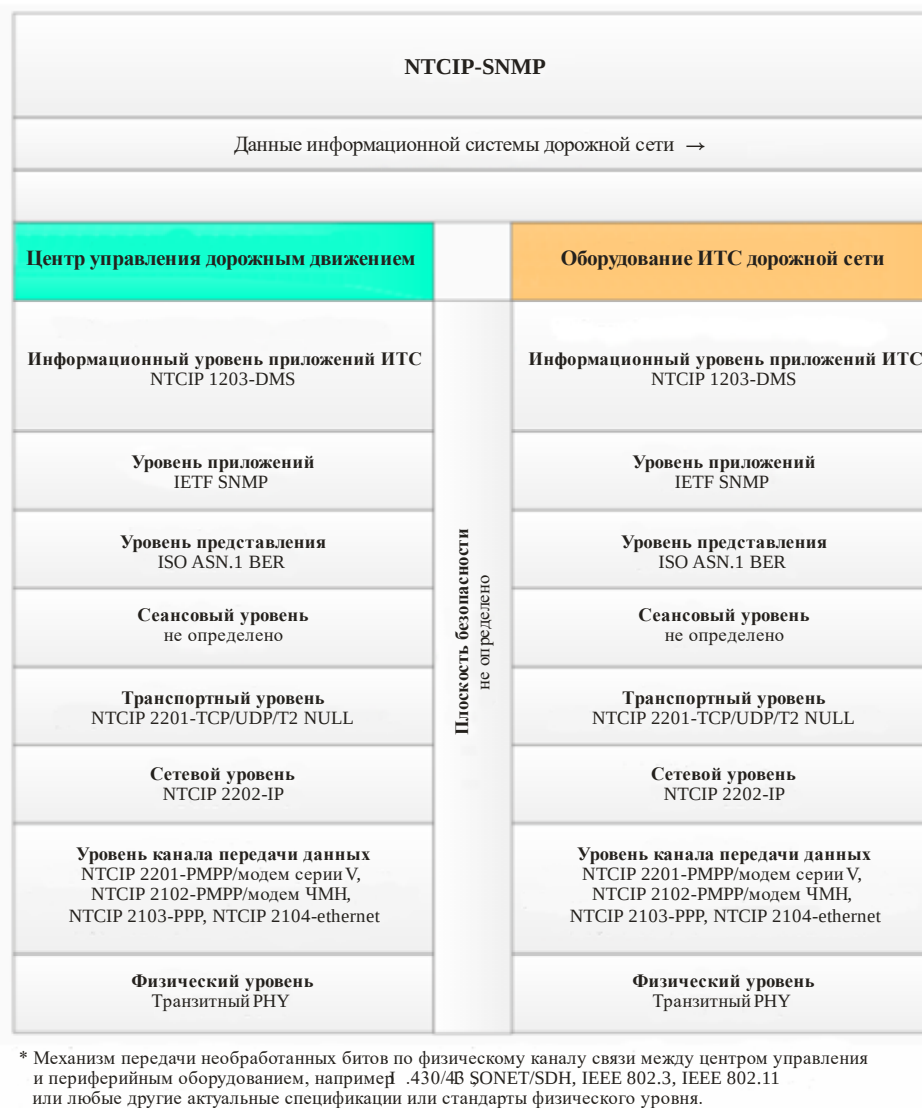
Коммуникационное представление ⁷ описывает протоколы, необходимые для обеспечения функциональной совместимости между физическими объектами физического представления. Каждую тройку информационного потока (см. пункт "Физическое представление") можно сопоставить с набором стандартов или опубликованных спецификаций, которые вместе могут использоваться для создания функционально совместимой реализации в пределах района эксплуатации. Эти стандарты обычно рассматриваются иерархически – от верхнего уровня, в который входят определения элементов данных, сообщений и диалогов, до стандартов нижнего уровня, обеспечивающих средства доступа, работу сети, транспортировку и физический обмен данными. Из-за логически обусловленной иерархической природы отношений между большинством стандартов эти протоколы организованы в рамках нескольких уровней. Также рассматриваются стандарты, обеспечивающие управление устройствами и безопасность, которые обычно моделируются на всех уровнях связи.

На рисунке 9 показан пример такого коммуникационного стека, в данном случае для управления динамическим дорожным знаком из центра управления дорожным движением. Для этого коммуникационного решения может использоваться любая доступная медиатехнология; обычно это фиксированная кабельная линия, но могут использоваться и беспроводные технологии.

⁷ <http://local.iteris.com/arc-it/html/viewpoints/communications.html>

РИСУНОК 9

Коммуникационное представление



Справочник по системам сухопутной подвижной связи Т.4-09

Архитектура ИТС обеспечивает наличие общей структуры для разработки ИТС. Она не предусматривает ни предоставление технической документации по системе, ни разработку принципов проектирования. В ее функции входит определение базовой структуры, на основе которой могут разрабатываться различные подходы к проектированию; каждый из них специально адаптирован для удовлетворения индивидуальных потребностей пользователя, но при этом сохраняет упомянутые выше преимущества общей архитектуры. Архитектура определяет функции (например, сбор информации о трафике или запрос маршрута), которые должны выполняться для реализации данной пользовательской услуги, физические объекты или подсистемы, в которых выполняются эти функции (например, придорожное оборудование или транспортное средство), интерфейсы/информационные потоки между физическими подсистемами и требования к технологии связи для организации информационных потоков (проводная или беспроводная связь). Кроме того, она определяет требования к стандартам, необходимым для обеспечения безопасности, функциональной совместимости на национальном и региональном уровнях, а также к производственным стандартам, необходимым для обеспечения экономии за счет масштаба при развертывании.

3.2 Архитектура связи ИТС

3.2.1 Система связи ИТС

Архитектура связи ИТС создает основу, увязывающую транспортные системы и системы электросвязи для обеспечения разработки и эффективного внедрения широкого спектра услуг ИТС для пользователя. Для разработчика системы доступны разнообразные возможности связи. Гибкость в выборе различных вариантов дает тем, кто их внедряет, возможность отдать предпочтение 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. Одним из основополагающих руководящих положений при разработке архитектуры ИТС было эффективное использование существующих и формирующихся инфраструктур транспорта и связи в ходе проектирования. Это минимизирует риск и стоимость развертывания и обеспечивает признание на рынке, проникновение и быстрое развертывание.

РИСУНОК 10

Обзор архитектуры связи ИТС



Справочник по системам сухопутной подвижной связи T.4-10

Показанные на рисунке 10 центральные подсистемы работают с теми функциями, которые обычно закреплены за государственными/частными административными органами, органами управления или планирования. Придорожные подсистемы охватывают функции, требующие удобного доступа к придорожной полосе для размещения датчиков, знаков, программируемых указателей или других объектов, обеспечивающих взаимодействие с людьми, совершающими поездку, или транспортными средствами всех типов; бортовые подсистемы включают подсистемы, установленные на транспортных средствах. Подсистемы участников дорожного движения представляют собой платформы для функций ИТС, необходимых этим лицам или операторам (например, операторам коммерческих перевозок) для обеспечения многорежимных передвижений. Они могут быть фиксированными (например, интерактивные терминалы или домашние/офисные компьютеры) или переносными (например, карманный компьютер) и могут быть общедоступными (например, через интерактивные терминалы) или обеспечивать индивидуальный доступ (например, через сотовые телефоны или персональные компьютеры). В этой архитектуре определены четыре типа сред передачи в целях поддержки требований к связи в рамках девятнадцати подсистем. Это проводные или беспроводные среды

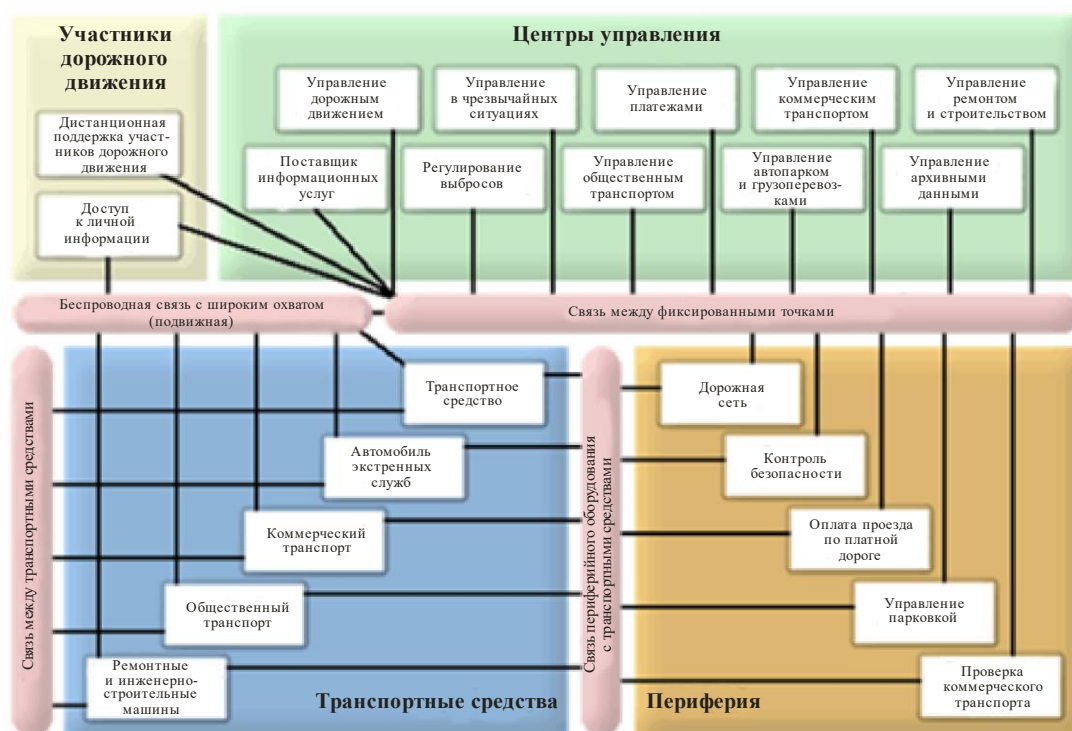
передачи (фиксированный-фиксированный), беспроводные среды передачи с широким охватом (фиксированный-подвижный), выделенная связь на короткие расстояния (фиксированный-подвижный) и связь транспортных средств между собой (подвижный-подвижный). На рисунке 11 представлена диаграмма соединений между подсистемами высшего уровня, которая иллюстрирует примеры интерфейсов среды передачи между множеством примеров возможных подсистем архитектуры.

Существует множество проводных технологий, среди которых можно выбирать технологии для случая связи фиксированный-фиксированный. Например, в подсистеме управления дорожным движением можно использовать арендованные или собственные витые пары, коаксиальный кабель или волоконную оптику для сбора информации, а также для наблюдения и управления комплектами оборудования придорожных подсистем (например, датчиками мониторинга трафика, дорожными знаками, табло с изменяемой информацией и пр.). Существует и несколько беспроводных технологий, соответствующих требованиям к системам беспроводной связи между фиксированными сетями.

Архитектура определяет две различные категории беспроводной связи, отличающиеся дальностью связи и площадью покрытия. Первая категория – системы беспроводной связи с широким охватом (фиксированный-подвижный) – подходит для услуг и применений, в которых информация передается пользователям, находящимся далеко от источника передачи и для которых требуется бесшовное покрытие. Дальнейшее деление систем беспроводной связи с широким охватом производится на основе того, являются они ли односторонними или двусторонними. Примером односторонней широкоэмитальной передачи служат сообщения о ситуации на дорогах, которые поступают на АМ-или FM-радиоприемники. Подвижный объект, запрашивающий и получающий информацию о ситуации на дороге, служит примером двусторонней связи. Каждая беспроводная технология имеет свои сильные и слабые стороны в отношении требований связи ИТС.

РИСУНОК 11

Взаимосвязи системы С-ИТС



Справочник по системам сухопутной подвижной связи Т.4-11

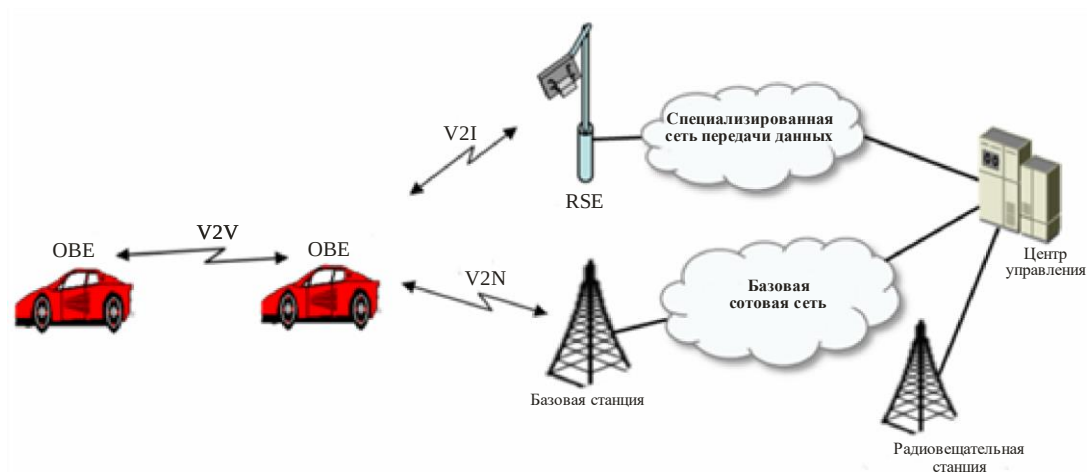
Беспроводная связь малого радиуса действия применяется для передачи информации, которая представляет локальный интерес. Технологии малого радиуса действия обычно применяются для передачи и обмена новой информацией между транспортными средствами (V2V) и между транспортными средствами и инфраструктурой (V2I). Беспроводная связь малого радиуса действия требуется для поддержки автоматизированной сети автомобильных дорог (AHS) и, вероятнее всего, для реализации системы предотвращения столкновений на перекрестках. Примерами соответствующих приложений связи малого радиуса действия могут служить приложения для обеспечения безопасности транспортных средств, местных платежей, проверки безопасности на дорогах, проверки учетных данных, подписки на услуги из автомобиля, а также приложения, связанные с распространением данных о местных условиях дорожного движения, таких как предупреждения об очередях и информация о сигналах светофоров.

3.2.2 Сеть связи ИТС

Существуют три типа сетей беспроводной связи, применяемых для связи в ИТС: прямая связь, одноранговая связь, связь по сотовой сети и радиовещательная передача. Типовая сеть связи ИТС, показанная на рисунке 12, иллюстрирует использование нескольких типов связи для поддержки ИТС. Эту сеть связи можно спроектировать в соответствии с техническими требованиями приложений ИТС. Обязанности, связанные с владением и эксплуатацией различных частей сетей связи, используемых для ИТС, зависят от потребностей различных администраций и, следовательно, сопряжены с нормативными требованиями этих администраций.

РИСУНОК 12

Сеть связи ИТС

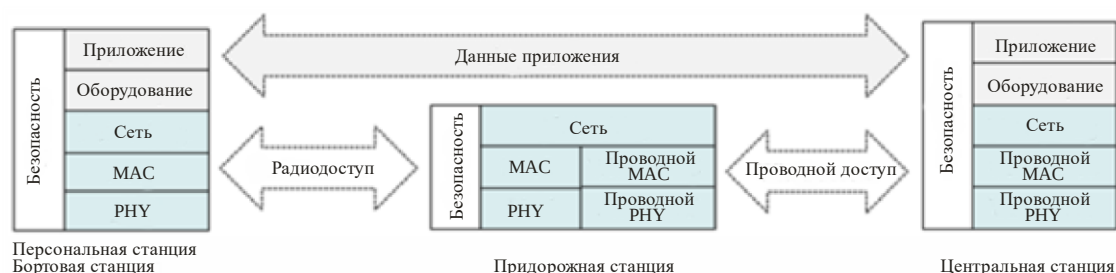


Справочник по системам сухопутной подвижной связи Т.4-12

Пример физического представления системы ИТС, состоящей из персональной станции, бортовой станции, придорожной станции и центра управления, показан на рисунке 13. Эти четыре станции представляют собой физические объекты, способные соответствующим образом обмениваться данными. Персональная станция – это портативное устройство для пешеходов и лиц, совершающих поездку. Бортовая станция – это терминал для водителей, смонтированный в автомобиле. Эти две станции обеспечивают функцию радиодоступа и обработки данных приложений для конечных пользователей. Придорожная станция устанавливается на дороге и обеспечивает как радиодоступ, так и проводной доступ для соединения с персональными станциями (бортовыми станциями) и центром управления соответственно. Центр управления представляет собой сервер данных для приема запросов на обслуживание и предоставления услуг ИТС через персональные или бортовые станции.

В соответствии с архитектурой уровня 7 ИСО персональная и бортовая станции имеют физический уровень, уровень МАС и сетевой уровень для радиодоступа. У них также имеются уровень оборудования и уровень приложений, включая уровень безопасности. В центре управления также присутствуют физический уровень проводной связи, уровень МАС и сетевой уровень. Кроме того, он имеет уровень оборудования и уровень приложений, включая уровень безопасности, например уровни архитектуры связи персональной станции и бортовой станции. Придорожная станция поддерживает как радиодоступ, так и проводной доступ, например через шлюз между конечным пользователем и сервером.

РИСУНОК 13
Конфигурация системы связи ИТС



Справочник по системам сухопутной подвижной связи Т.4-13

Передаваемое сообщение персональной или бортовой станции генерируется на уровне приложений и оборудования. Это сообщение преобразуется в пакетное сообщение, основанное или не основанное на использовании IP, и к передаваемому сообщению добавляется адресная информация. Пакетное сообщение, основанное или не основанное на использовании IP, фрагментируется на короткие пакеты, модулируется и преобразуется в радиочастотный сигнал. Принятый радиочастотный сигнал преобразуется в модулированный сигнал, а сообщение восстанавливается на прикладном уровне центральной станции. Технические характеристики примера архитектуры связи ИТС показаны в таблице 6.

ТАБЛИЦА 6
Технические характеристики примера системы связи ИТС

Архитектура связи	Функции	Технологии связи
Физический уровень	Цифровая модуляция, FEC Передача и прием радиосигнала	AMH, BPSK, QPSK, OFDM
Уровень МАС	Доступ и назначение радиоканала, обнаружение ошибок в пакетах данных	FDMA, TDMA, CSMA, OFDMA
Сетевой уровень	Адресация и маршрутизация	TCP/IP, UDP/IP, WSMP, сети спутников GEO
Уровень оборудования	Контент для приложения	Сигналы светофора, LDM
Уровень безопасности	Аутентификация и конфиденциальность данных	Аутентификация, шифрование
Уровень приложения	Идентификатор приложения и кодирование источника	ETC, BIS, безопасность транспортных средств и дорожного движения, e-call, T-PEG

ГЛАВА 4

РАДИОТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ СИСТЕМ ИТС

В этой главе приведены технические требования, предъявляемые к радиотехнологиям для систем ИТС, и их характеристики. В ней содержатся более подробные сведения о той части архитектуры ИТС, которая связана с коммуникационным представлением, и описываются различные возможные радиотехнологии, используемые для услуг ИТС, включая DSRC, V2X, технологию сотовой связи, относящуюся к ИТС, радиовещание, автомобильные радары миллиметрового диапазона и дорожные радары.

4.1 Выделенная связь на короткие расстояния (DSRC)

4.1.1 Введение

DSRC – это выделенная связь на короткие расстояния между придорожной инфраструктурой и транспортными средствами, используемая для приложений ИТС. DSRC передает пакетные данные между придорожным оборудованием и радиоблоком транспортного средства на короткое расстояние. Как правило, ее радиопокрытие не превышает 100 м. Если транспортное средство движется со скоростью 100 км/ч, то допустимое время обслуживания ИТС будет меньше 3,6 с (100 м, деленные на скорость транспортного средства, составляющую 27,7 м/с). Приложения ИТС требуют от DSRC быстрого установления и завершения соединений, включая быстрое взаимодействие между придорожной инфраструктурой и транспортными средствами.

Существует два типа систем DSRC – активные и пассивные. В бортовых радиоблоках транспортных средств и в придорожных радиоблоках DSRC активного типа имеется генератор несущей частоты. В DSRC пассивного типа генератор несущей частоты в радиоблоках транспортных средств не устанавливается. Взамен этого радиоблок транспортного средства получает несущую частоту от придорожного радиоблока.

В число систем DSRC входят системы управления автомобилем, системы управления дорожным движением, информационные системы для лиц, совершающих поездку, системы управления общественным транспортом, системы управления автопарком, системы управления в чрезвычайных ситуациях и системы электронных платежей. DSRC считается эффективной технологией связи для предоставления услуг ETC (электронного сбора пошлины) и информации о дорожном движении.

Системы DSRC характеризуются следующими признаками:

- обеспечивают пакетную передачу данных между транспортным средством и инфраструктурой;
- обеспечивают связь в точечной зоне с быстрой установкой и завершением соединения;
- существует два метода радиосвязи в системах DSRC – активный и пассивный (называемый методом обратного рассеивания).

4.1.2 Конфигурация системы

Система связи DSRC состоит из бортового оборудования (OBE) и придорожного оборудования (RSE), как показано на рисунке 14. OBE – это радиоблоки транспортного средства, а RSE – придорожные радиоблоки.

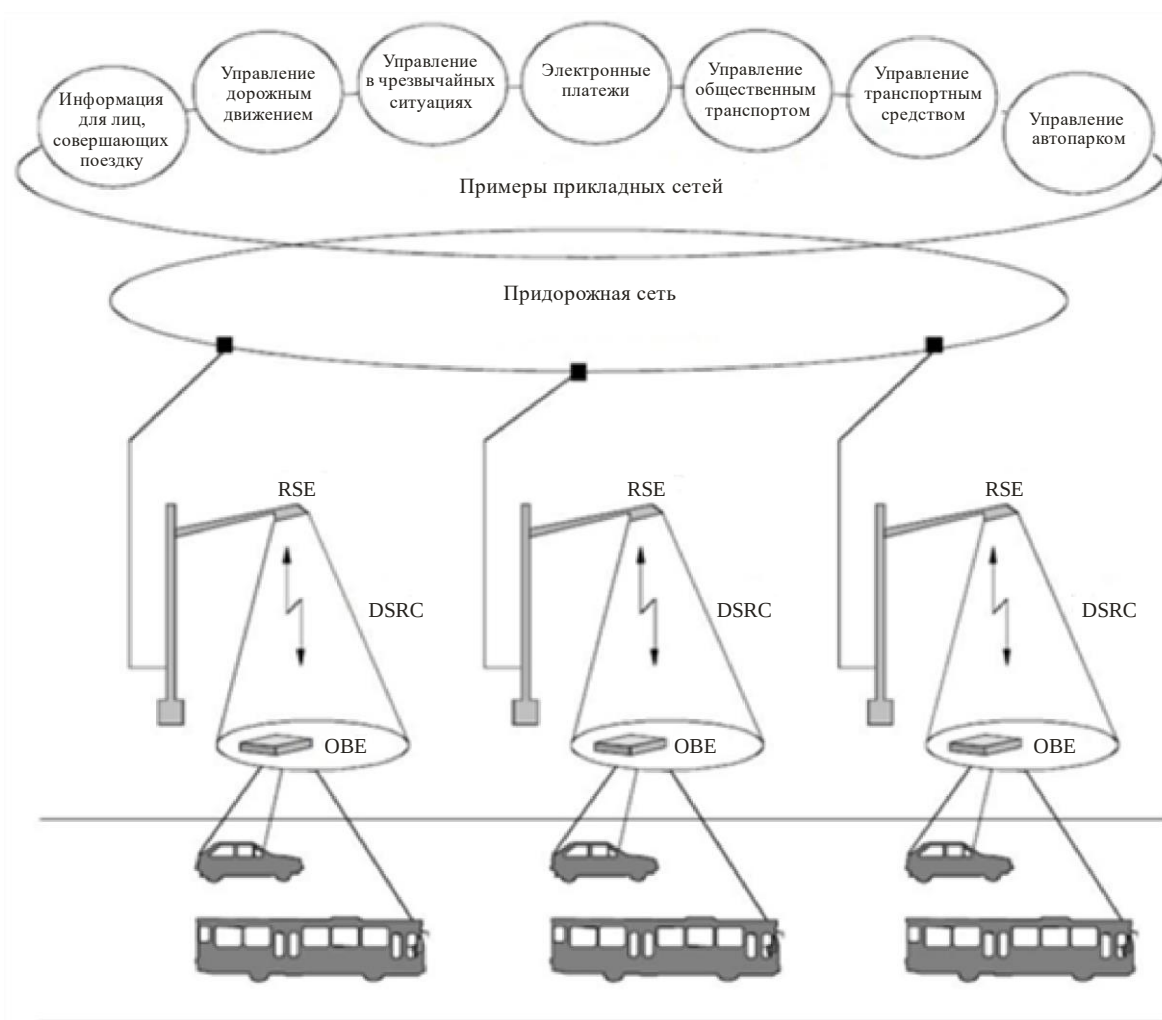
OBE крепится рядом с приборной панелью или на ветровом стекле транспортного средства и состоит из цепей радиосвязи и прикладной цепи обработки. Обычно оно имеет интерфейс человек–машина, в том числе переключатели, индикаторы и устройство звуковой сигнализации.

RSE устанавливается над дорогой или вдоль нее и осуществляет связь с **OBE** проезжающих транспортных средств с помощью радиосигналов. RSE состоит из цепей радиосвязи, прикладной цепи обработки и т. д. Как правило, оно соединено с придорожной инфраструктурой для обмена данными.

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

РИСУНОК 14

Типовая конфигурация системы связи DSRC



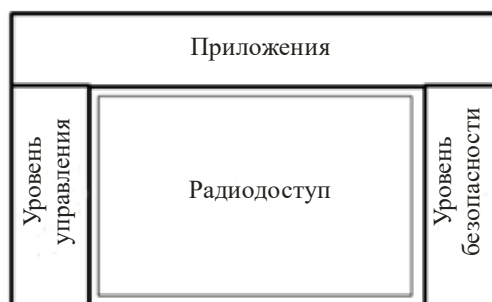
OBE – бортовое оборудование
RSE – придорожное оборудование

Справочник по системам сухопутной подвижной связи Т.4-14

OBE и RSE описываются с помощью эталонной модели, в которую входят уровень радиодоступа и уровень приложений, как показано на рисунке 15. Приложение ЕТС реализуется с помощью функций уровня радиодоступа и уровня приложения без сетевой функции, поскольку сервер ЕТС установлен в пункте сбора дорожной пошлины. А уровень управления и безопасности связан с уровнем радиодоступа и уровнем приложений для инициализации системы и управления ею, защиты конфиденциальности и обеспечения безопасности данных.

РИСУНОК 15

Эталонная модель системы связи DSRC



Справочник по системам сухопутной подвижной связи Т.4-15

4.1.3 Технические характеристики

4.1.3.1 Европейская пассивная DSRC

Базовая информация

В 1992 году СЕПТ (Европейская конференция администраций почт и электросвязи) и ERC (Европейский комитет по радиосвязи) согласовали Решение ERC (92)02, обозначившее полосы частот для разработки полностью интегрированной дорожно-транспортной системы в целях улучшения всех аспектов дорожного транспорта. Было решено выделить в масштабах всей Европы полосу частот 5795–5805 МГц и дополнительную подполосу 5805–5815 МГц на уровне государств, для того чтобы выполнялись требования на многополосных транспортных узлах. Эти полосы частот предусматривались для исходных систем связи между дорогой и транспортным средством, в частности для систем сбора дорожной пошлины, потребность в которых в то время появилась во многих европейских странах. В 2002 году Комитет по электронным средствам связи (ЕСС) отозвал Решение ERC (92)02 и заменил его Решением ЕСС (02)01, вступившим в силу 15 марта 2002 года. В 2012 году ЕСС отозвал Решение ЕСС (02)01, так как Решение Европейской комиссии 2006/771/ЕС с поправками, внесенными документом 2019/1345/EU и Приложением 5 к Рекомендации ERC 70-03, содержит меры по гармонизации RTTT (телематические службы для дорожного транспорта и движения) DSRC в Европейском союзе и на уровне СЕПТ.

Кроме того, Европейским комитетом по стандартизации (CEN) и Европейским институтом стандартизации электросвязи (ETSI) были разработаны стандарты системы DSRC для применений ИТС. Стандарт для физического уровня с использованием микроволн на частоте 5,8 ГГц (CEN EN 12253) описывает значения параметров радиосвязи и радиочастотные параметры, необходимые для сосуществования и функциональной совместимости систем DSRC. Этот стандарт является частью семейства стандартов DSRC, состоящего из четырех стандартов, касающихся 1-го, 2-го и 7-го уровней протокола стеков протокола взаимосвязи открытых систем (OSI) и профилей для приложений RTTT (телематические службы для дорожного транспорта и движения). Все эти стандарты CEN были утверждены и опубликованы в 2003 и 2004 годах.

Согласованный стандарт ETSI EN 300 674-2 "Передающее оборудование для выделенной связи на короткие расстояния (DSRC) (500 кбит/с/250 кбит/с), работающее в полосе промышленного, научного и медицинского применения (ПНМ) 5,8 ГГц" был утвержден в 2004 году. Этот стандарт содержит условия, методы измерений и предельные параметры для общих испытаний и испытаний в определенных условиях.

Применение этого согласованного стандарта ETSI дает основание предполагать соответствие статье 3 Директивы 1999/5/ЕС Европарламента и Директивы R&TTE.

Кроме того, ETSI разработал стандарты EN 300 674-2-1 "Передающее оборудование для выделенной связи на короткие расстояния (DSRC) (500 кбит/с, 250 кбит/с), работающее в диапазоне частот 5795–5815 МГц; часть 2: Согласованный стандарт, охватывающий основополагающие требования

статьи 3.2 Директивы 2014/53/EU; подчасть 1: Придорожные блоки (RSU)", опубликованный в 2016 году, и EN 300 674-2-2 "Передающее оборудование для выделенной связи на короткие расстояния (DSRC) (500 кбит/с/250 кбит/с), работающее в диапазоне частот 5795–5815 МГц; часть 2: Согласованный стандарт доступа к радиочастотному спектру; подчасть 2: Бортовые блоки (OBU)", опубликованный в 2019 году, который отдает презумпцию соответствия статье 3.2 Директивы по радиооборудованию 2014/53/EU Европейского парламента.

Технические характеристики

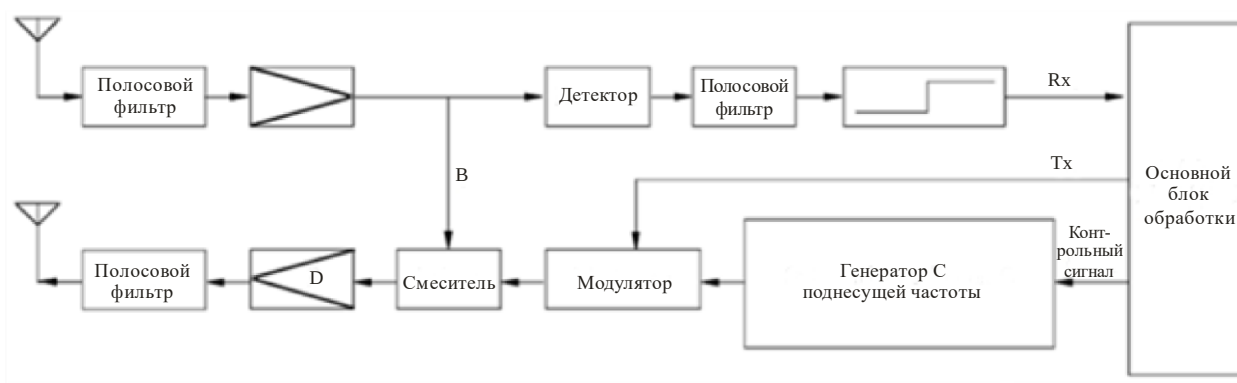
Европейские системы DSRC применяют пассивный метод обратного рассеивания (с ретранслятором). Этот метод не имеет в бортовом оборудовании (OBE) внутреннего генератора для генерирования сигнала несущей частоты в полосе 5,8 ГГц, поэтому он основывается на генераторе 5,8 ГГц придорожного блока, с которым он осуществляет связь. Подробное объяснение дается на рисунке 16 вместе с типовой функциональной структурной схемой.

Поскольку пассивный ретранслятор не имеет генератора несущей частоты, при передаче с OBE придорожный блок должен постоянно излучать немодулированный сигнал несущей. OBE принимает этот сигнал, который является входным сигналом в цепи передачи после прохождения через цепь, и делает его своим собственным сигналом несущей (В). Передаваемые данные модулируют сигнал на выходе генератора С поднесущей и смешивают его с сигналом несущей от приемника. Результирующие сигналы боковых полос, содержащие передаваемые данные с частотами, отличными (плюс частота сигнала несущей/минус частота поднесущей) от сигнала несущей, передаются при помощи сигнала несущей. Метод модуляции поднесущей используется для расширения зоны связи за счет уменьшения фазового шума несущей и для уменьшения расстояния, на котором допускается повторное использование RSE в пассивных системах с ретранслятором. Модулированный сигнал от RSE детектируется на детекторе и обрабатывается в основном блоке обработки как принятые данные. Зона связи пассивной системы (с ретранслятором) очень мала, обычно до 10 или 20 м перед RSE. Для расширения зоны связи до определенной степени в цепь передачи ретранслятора может быть введен радиочастотный усилитель D.

Одной из важнейших характеристик пассивного метода обратного рассеивания является узкая зона связи, обычно до 10 или 20 м перед RSE. Это свойство (когда связь может обеспечиваться только в определенной точке) особенно важно для точного определения местоположения транспортного средства. Имеется множество применений, использующих это свойство, например электронный сбор пошлины (ETC), автоматическая идентификация транспортного средства (AVI) и т. д. Другое свойство пассивного метода обратного рассеивания заключается в том, что структура OBE является простой и, следовательно, его производство будет стоить недорого.

РИСУНОК 16

Типовая конфигурация OBE в пассивном методе обратного рассеивания

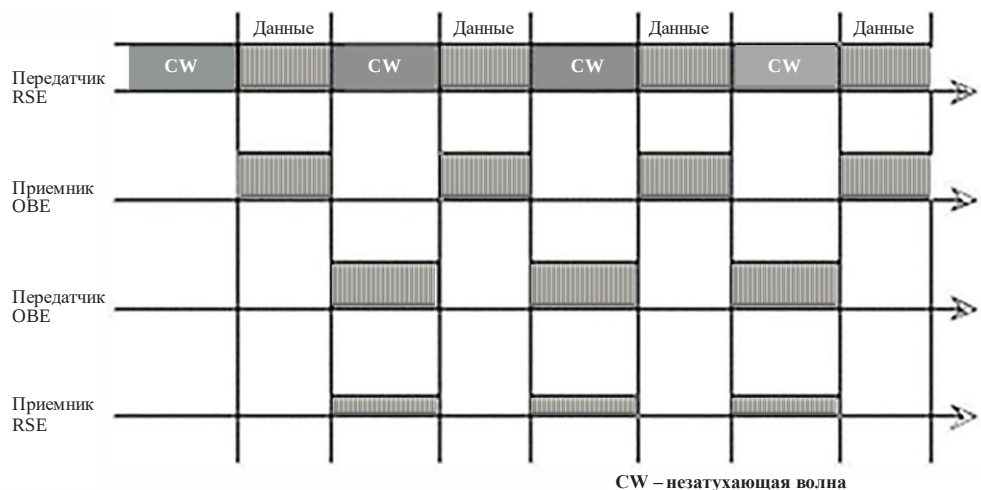


Справочник по системам сухопутной подвижной связи Т.4-16

На рисунке 17 показан временной график передачи RSE и OBE, на рисунке 18 показан спектр передачи RSE и OBE в пассивном методе обратного рассеивания.

РИСУНОК 17

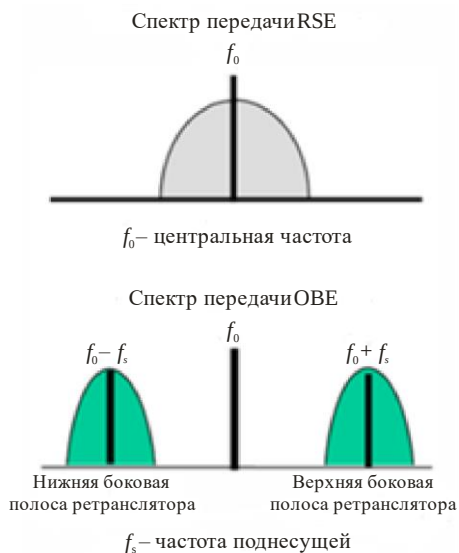
Временной график передачи в пассивном методе обратного рассеивания



Справочник по системам сухопутной подвижной связи Т.4-17

РИСУНОК 18

Спектр передачи RSE и OBE в пассивном методе обратного рассеивания



Справочник по системам сухопутной подвижной связи Т.4-18

Техническая спецификация

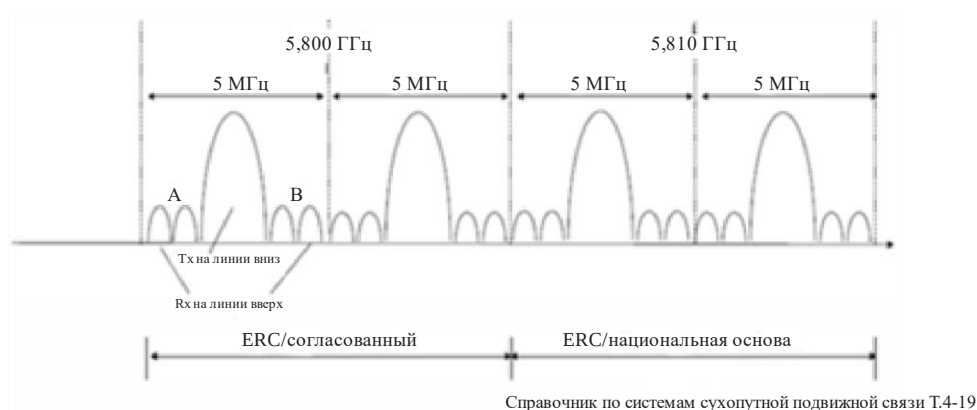
Технические характеристики европейского метода обратного рассеивания (с ретранслятором) показаны в таблице 7, которая взята из Рекомендации МСЭ-R М.1453-2. Эта Рекомендация описывает европейский стандарт для "средней скорости передачи данных" (CEN EN 12253), а также итальянский стандарт для "высокой скорости передачи данных" в рамках одной Рекомендации.

В европейском стандарте DSRC OBE поддерживает две поднесущих частоты (1,5 МГц и 2,0 МГц). Выбор поднесущей зависит от профиля, указанного RSE (рекомендуется 1,5 МГц). Частотный спектр европейского стандарта для средней скорости передачи данных показан на рисунке 19.

В случае итальянского стандарта для высокой скорости передачи данных частота поднесущей восходящей линии связи OBE составляет 10,7 МГц, что обеспечивает более высокую скорость передачи данных по восходящей линии связи. Частотный спектр итальянского стандарта для высокой скорости передачи данных показан на рисунке 20.

РИСУНОК 19

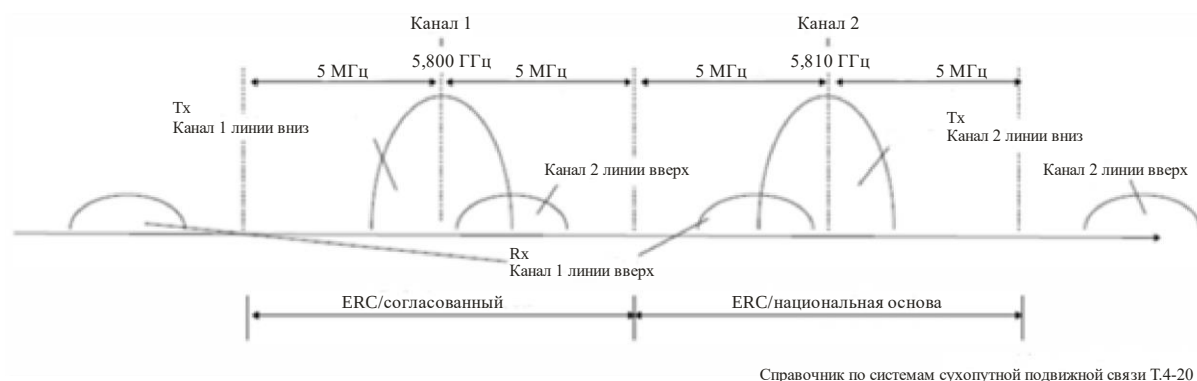
Частотный спектр европейского стандарта для средней скорости передачи данных



(RAST6(98)29, Интеллектуальная транспортная система – представление ЕТСИ)

РИСУНОК 20

Частотный спектр итальянского стандарта для высокой скорости передачи данных



(RAST6(98)29, Интеллектуальная транспортная система – представление ЕТСИ)

ТАБЛИЦА 7

Характеристики метода обратного рассеивания (с ретранслятором)

Параметр	Технические характеристики	
	Средняя скорость передачи данных	Высокая скорость передачи данных
Частоты несущих	Полоса 5,8 ГГц для линии вниз	Полоса 5,8 ГГц для линии вниз
Частоты поднесущих	1,5 МГц/2 МГц (линия вверх)	10,7 МГц (линия вверх)
Разнос несущих РЧ (разделение каналов)	5 МГц	10 МГц
Допустимая занимаемая полоса пропускания	Менее чем 5 МГц/канал	Менее чем 10 МГц/канал
Метод модуляции	АМН (несущая линии вниз) ФМН (поднесущая линии вверх)	АМН (несущая линии вниз) ФМН (поднесущая линии вверх)
Скорость передачи данных (скорость в битах)	500 кбит/с (линия вниз) 250 кбит/с (линия вверх)	1 Мбит/с (линия вниз) 1 Мбит/с (линия вверх)
Кодирование данных	FM0 (линия вниз) NRZI (линия вверх)	
Тип связи	Тип ретранслятора	Тип ретранслятора
Максимальная э.и.и.м. (ПРИМЕЧАНИЕ 1)	$\leq +33$ дБм (линия вниз) ≤ -24 дБм (линия вверх: одна боковая полоса)	$\leq +39$ дБм (линия вниз) ≤ -14 дБм (линия вверх: одна боковая полоса)

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Рекомендация ERC 70-03 определяет э.и.и.м. для активных систем величиной 2 Вт и для пассивных систем – 8 Вт.

4.1.3.2 Американская DSRC

В Соединенных Штатах Америки в настоящее время используются различные проприетарные технологии придорожного и бортового оборудования для электронного сбора пошлины в различных районах Северной Америки. Эти технологии не являются полностью функционально совместимыми, поэтому для того чтобы обеспечить возможность электронного сбора пошлины в этих районах, требуется множество приемопередатчиков, а для обеспечения ограниченной функциональной совместимости в пределах регионов используются соглашения об обмене данными⁸. В долгосрочной перспективе ожидается, что технологии соединенных транспортных средств позволят обеспечить взаимодействие систем электронного сбора пошлины в рамках одной или нескольких технологий, основанных на добровольных отраслевых стандартах.

4.1.3.3 Японская активная DSRC

Базовая информация

В Японии в июле 1996 года был разработан полномасштабный план для ИТС в целях поощрения развития ИТС в долгосрочной перспективе. Он описывает предлагаемые функции ИТС и базовую концепцию разработки и развертывания для Японии. Этот план определяет двадцать услуг ИТС для пользователей и устанавливает цели по исследованию, разработке и развертыванию для государственного, научного и промышленного секторов экономики, разделенные на девять областей разработки. Система электронного сбора пошлины (ETC) определена в качестве одной из девяти областей разработки.

DSRC – это ключевая технология для ETC и различных других услуг ИТС. В 1994 году разработка DSRC началась в Совете по технологиям электросвязи, созданном Министерством почт и электросвязи (в настоящее время Министерство внутренних дел и связи). В 1997 году в соответствии с отчетом Совета по технологиям электросвязи Министерство почт и электросвязи опубликовало правила

⁸ <https://www.ibtta.org/sites/default/files/Interoperability%20Background-1.pdf>

применения DSRC (для ETC). В ноябре 1997 года стандарт DSRC был утвержден в Японии и опубликован Ассоциацией представителей радиопромышленности и бизнеса (ARIB).

В 1994 году японское Министерство строительства (в настоящее время Министерство землепользования, инфраструктуры и транспорта) в сотрудничестве с четырьмя крупными государственными операторами сбора пошлин и десятью консорциумами, состоящими из частных компаний, начали совместный исследовательский проект по системам электронного сбора пошлины (ETC), который обеспечивал бы в Японии взаимодействие на национальном уровне. Это исследование было завершено испытаниями, проведенными на автомагистрали Одавара – Ацуги в 1997 году.

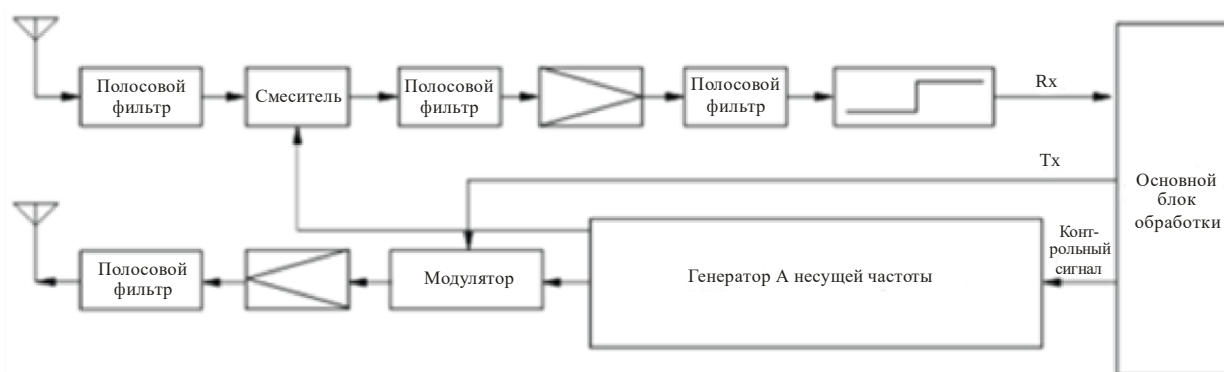
В 2001 году предоставление услуг ETC началось по всей стране. К 2017 году число абонентов ETC достигло 60 миллионов. Растущее число абонентов позволит технологии DSRC обслуживать различные применения с использованием одного и того же ОВЕ. В 2015 году на автомагистралях по всей стране были внедрены услуги ETC2.0, например служба транспортной информации VICS (информационно-коммуникационная система для транспортных средств).

Технические характеристики

Японская система DSRC использует активный метод (с приемопередатчиком). ОВЕ для активного метода (с приемопередатчиком) имеет оборудование с теми же функциями радиосвязи, что и RSE, которое оснащено аппаратурой, необходимой для осуществления радиосвязи. Точнее говоря, как RSE, так и ОВЕ содержат генератор несущей частоты в полосе 5,8 ГГц и имеют одни и те же функциональные возможности для осуществления радиопередачи. На рисунке 21 показана типичная структурная схема цепи радиотракта ОВЕ. В верхней половине рисунка изображен приемник, в нижней половине – передатчик, а блок обработки изображен справа. Передающая и приемная антенны могут использоваться совместно. При активном методе (с приемопередатчиком) ОВЕ принимает радиосигналы от RSE; антенна изображена в верхней левой части рисунка. Каждый принятый сигнал проходит через каждый функциональный блок и обрабатывается в основном блоке обработки в качестве принимаемых данных. Сигнал передачи от ОВЕ является сигналом несущей частоты полосы 5,8 ГГц от генератора А, модулированного данными передачи. Сигнал передается антенной, изображенной в нижней левой части рисунка.

РИСУНОК 21

Типовая конфигурация ОВЕ в активном методе



Справочник по системам сухопутной подвижной связи Т.4-21

Активный метод (с приемопередатчиком) позволяет легко организовать большие и малые зоны связи путем управления направленностью передающей антенны. Контур диаграммы направленности (зона связи) антенны ЕТС очень мал (обычно 3 м × 4 м). С другой стороны, для распространения информации при помощи антенны системы сближения можно сформировать большой контур диаграммы направленности антенны до 30 м в длину. Коэффициент ошибок по битам (BER) в пределах контура диаграммы направленности антенны очень мал (менее 10^{-6}). Основным свойством активного метода (с приемопередатчиком) является создание гибких зон в дополнение к большим объемам информации, которые должны быть переданы с большой надежностью. Эти характеристики незаменимы для различных услуг ИТС, использующих DSRC.

Техническая спецификация

Технические характеристики японского активного метода (с приемопередатчиком) показаны в таблице 8, которая также взята из Рекомендации МСЭ-R М.1453-2. В этой таблице приведены две спецификации в колонке разнос несущих РЧ. Широкий разнос (разнесение каналов 10 МГц) предназначен главным образом для существующих приложений ЕТС с методом модуляции АМН (амплитудная манипуляция). Узкий разнос (разнесение каналов 5 МГц) предназначен для услуг многих приложений DSRC с методом модуляции АМН и/или QPSK. Спецификации для узкого разноса были добавлены в октябре 2000 года, когда японское Министерство почт и электросвязи (в настоящее время МПС) пересмотрело закон о радиосвязи в соответствии с предложениями Совета по технологиям электросвязи в отношении общесистемных приложений DSRC. Этот пересмотр был предложен и принят МСЭ-R в качестве измененной Рекомендации МСЭ-R М.1453-1 в августе 2002 года.

Рекомендуется, чтобы максимальная зона связи DSRC лежала в пределах 30 м для обеспечения эффективного использования частот за счет снижения расстояния повторного использования RSE. Также для обеспечения эффективного использования радиочастот приняты системы FDD.

ТАБЛИЦА 8

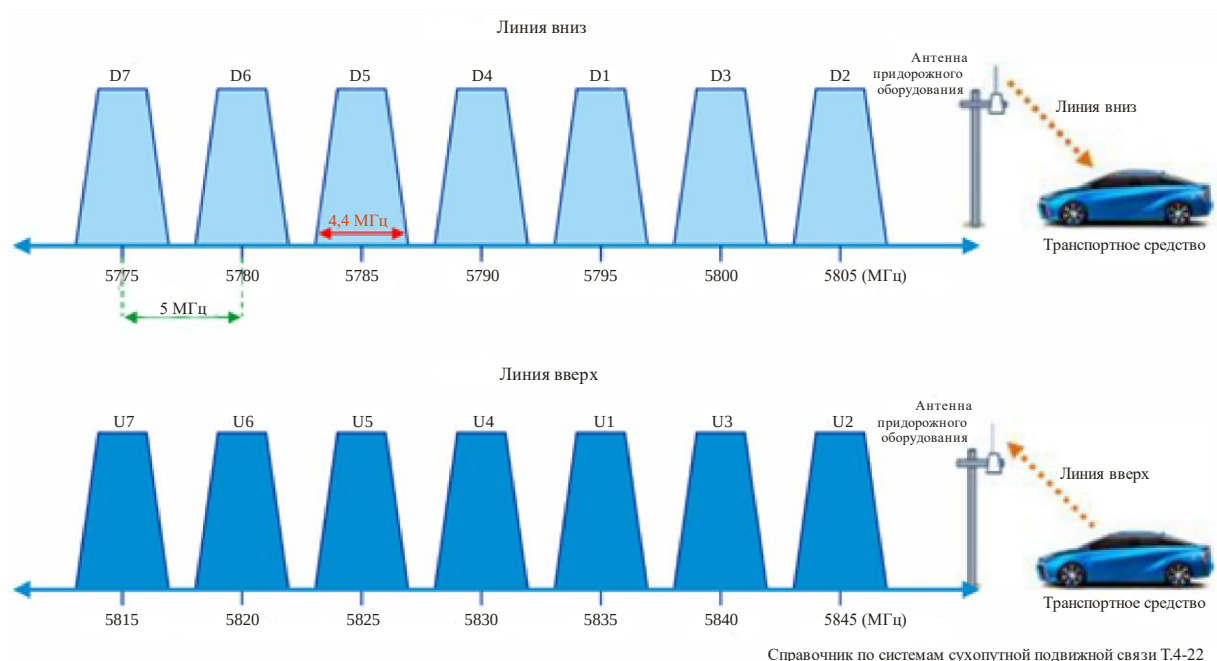
Характеристики активного метода (с приемопередатчиком)

Параметр	Технические характеристики
Частоты несущих	Полоса 5,8 ГГц для линии вниз и линии вверх
Разнос несущих РЧ (разделение каналов)	5 МГц
Допустимая занимаемая полоса пропускания	Менее 4,4 МГц
Метод модуляции	АМН, QPSK
Скорость передачи данных (скорость в битах)	1024 кбит/с/АМН 4096 кбит/с/QPSK
Кодирование данных	Кодирование Манчестер/АМН, NRZ/QPSK
Дуплексный разнос	40 МГц в случае FDD
Тип связи	Тип приемопередатчика
Максимальная э.и.и.м.	≤ +30 дБм (линия вниз) (Для передачи на расстояние не более 10 м. Мощность, подаваемая на антенну, ≤ 10 дБм)
	≤ +44,7 дБм (линия вниз) (Для передачи на расстояние более 10 м. Мощность, подаваемая на антенну, ≤ 24,77 дБм)
	≤ +20 дБм (линия вверх) (Мощность, подаваемая на антенну, ≤ 10 дБм)

На рисунке 22 показана организация каналов приложений ИТС, использующих DSRC в диапазоне частот 5,8 ГГц в Японии.

РИСУНОК 22

Организация каналов DSRC для приложений ИТС в диапазоне 5,8 ГГц в Японии



4.1.3.4 Китайская DSRC

Китайская система DSRC использует активный метод (с приемопередатчиком). И RSE и ОВЕ работают в диапазоне частот 5,8 ГГц. На физическом уровне определены два класса устройств. Устройства класса А с модуляцией АМН должны отвечать основным требованиям приложения ЕТС. Устройства класса В с модуляцией ЧМН должны отвечать требованиям высокоскоростной передачи данных. Технические характеристики линий вниз и вверх показаны соответственно в таблицах 9 и 10.

ТАБЛИЦА 9

Технические характеристики линии вниз китайской системы ЕТС

Параметр	Класс А	Класс В
Несущие частоты	Канал 1	5830 МГц
	Канал 2	5840 МГц
Допустимая занимаемая полоса пропускания	≤ 5 МГц	≤ 5 МГц
Метод модуляции	АМН	ЧМН
Скорость передачи данных (скорость в битах)	256 кбит/с	1 Мбит/с
Кодирование данных	FM0	Манчестер
э.и.и.м.	$\leq +33$ дБм	$\leq +33$ дБм

ТАБЛИЦА 10

Технические характеристики линии вверх китайской системы ETC

Параметр		Класс А	Класс В
Несущие частоты	Канал 1	5790 МГц	5790 МГц
	Канал 2	5800 МГц	5800 МГц
Допустимая занимаемая полоса пропускания		≤ 5 МГц	≤ 5 МГц
Метод модуляции		АМН	ЧМН
Скорость передачи данных (скорость в битах)		512 кбит/с	1 Мбит/с
Кодирование данных		FM0	Манчестер
э.и.и.м.		$\leq +10$ дБм	$\leq +10$ дБм

4.1.3.5 Активная DSRC в Корее

Базовая информация

В Корее ввиду быстрого роста населения и занятости в городах наблюдается рост спроса на транспортные средства и услуги. Министерство землепользования, инфраструктуры и транспорта Кореи (MOLIT) анонсировало проект по развертыванию передовых транспортных систем, что стало важной вехой в истории внедрения ИТС в Корее. Осенью 2000 года MOLIT выбрало в качестве экспериментальных городов для развертывания систем ИТС Тэджон, Чеджу и Чонджу. Проект побудил партнеров из государственного и частного секторов развивать технологию ИТС.

Корейская технология DSRC разрабатывалась в рамках национального проекта Министерства науки и ИКТ (MSIT) с 1998 по 2000 год. В 2001 году для приложений ИТС был выделен диапазон радиочастот 5,8 ГГц. В него входят две полосы: полоса шириной 20 МГц (5,795~5,815 ГГц) для ИТС общественного транспорта и еще одна полоса шириной 20 МГц (5,835~5,855 ГГц) для операторов ИТС.

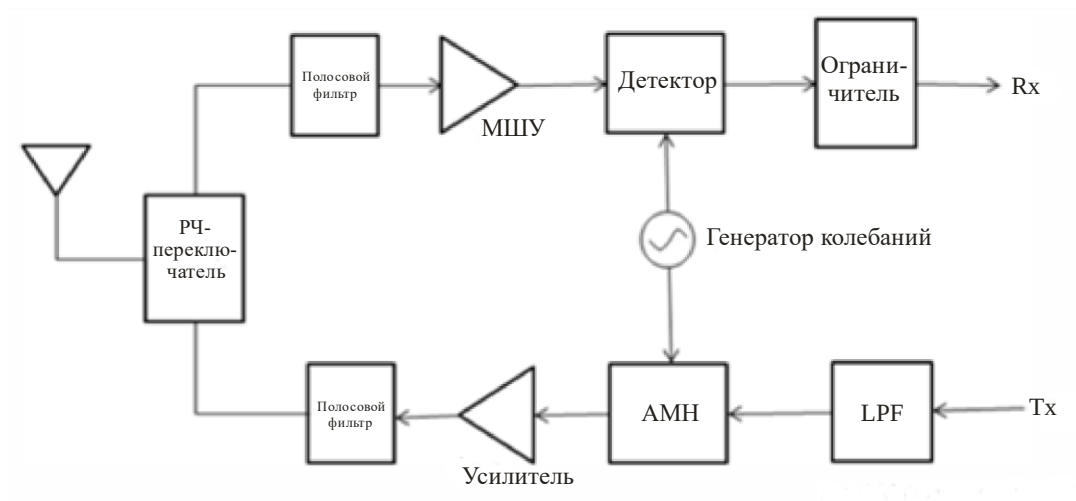
Корейская технология DSRC применяется для предоставления услуг электронного сбора пошлины (ETC) и автобусной информационной системы (BIS). В Корее служба ETC называется Hi-Pass. Hi-Pass предоставляет услуги автоматической оплаты проезда по платным дорогам. В крупных городах корейская технология DSRC применяется для BIS. Когда автобус прибывает на остановку, он через RSE и проводную сеть устанавливает связь с центральной станцией ИТС. Центральная станция ИТС определяет номер автобуса и его местонахождение и передает на остановку время прибытия и отправления. Во время движения автобуса пассажиры получают информацию о его местоположении и состоянии. В 2004 году система Hi-Pass была коммерциализирована, и количество ее абонентов превысило 10 миллионов.

Технические характеристики

Ширина полосы частот канала корейской DSRC составляет 10 МГц, а излучаемая мощность антенны без учета усиления – 10 мВт. В ней применена схема TDD для использования одной РЧ-несущей в нисходящем и восходящем каналах связи, которая эффективнее схемы FDD в отношении использования частоты. Для выбора передаваемого или принимаемого сигнала в схеме TDD используется РЧ-переключатель. В передающей части передаваемые цифровые данные преобразуются в модулированный сигнал через фильтр нижних частот (LPF) и схему амплитудной манипуляции (АМН). В приемной части принятый радиосигнал восстанавливается с помощью детектора огибающей и ограничителя, как показано на рисунке 23.

РИСУНОК 23

Конфигурация OBU схемы TDD для DSRC



Справочник по системам сухопутной подвижной связи Т.4-23

Техническая спецификация

Корейская DSRC обеспечивает малую зону радиопокрытия – менее 100 м, а допустимое время связи ограничено и составляет порядка нескольких сотен миллисекунд. Таким образом, она должна гарантировать быстрое установление соединения и двустороннюю связь в движущемся транспортном средстве. Скорость передачи данных составляет 1,024 Мбит/с и удваивается с помощью манчестерского кодирования, которое заключается в кодировании сигнала перепадом напряжения из нижнего уровня в верхний либо из верхнего уровня в нижний в течение времени передачи бита. Манчестерское кодирование помогает восстановить синхронизацию в приемнике. Мощность РЧ-сигнала составляет 10 дБм (10 мВт).

ТАБЛИЦА 11

Техническая спецификация технологии связи корейской DSRC

Параметр		Радиохарактеристики
Несущие частоты	Канал 1	5,80 ГГц
	Канал 2	5,810 ГГц
Разнос несущих РЧ		10 МГц
Метод модуляции		АМН (амплитудная манипуляция)
Скорость передачи данных		1,024 Мбит/с
Скорость кодирования данных		Манчестер
Максимальная мощность РЧ-сигнала		10 дБм
Организация дуплексной передачи		TDD

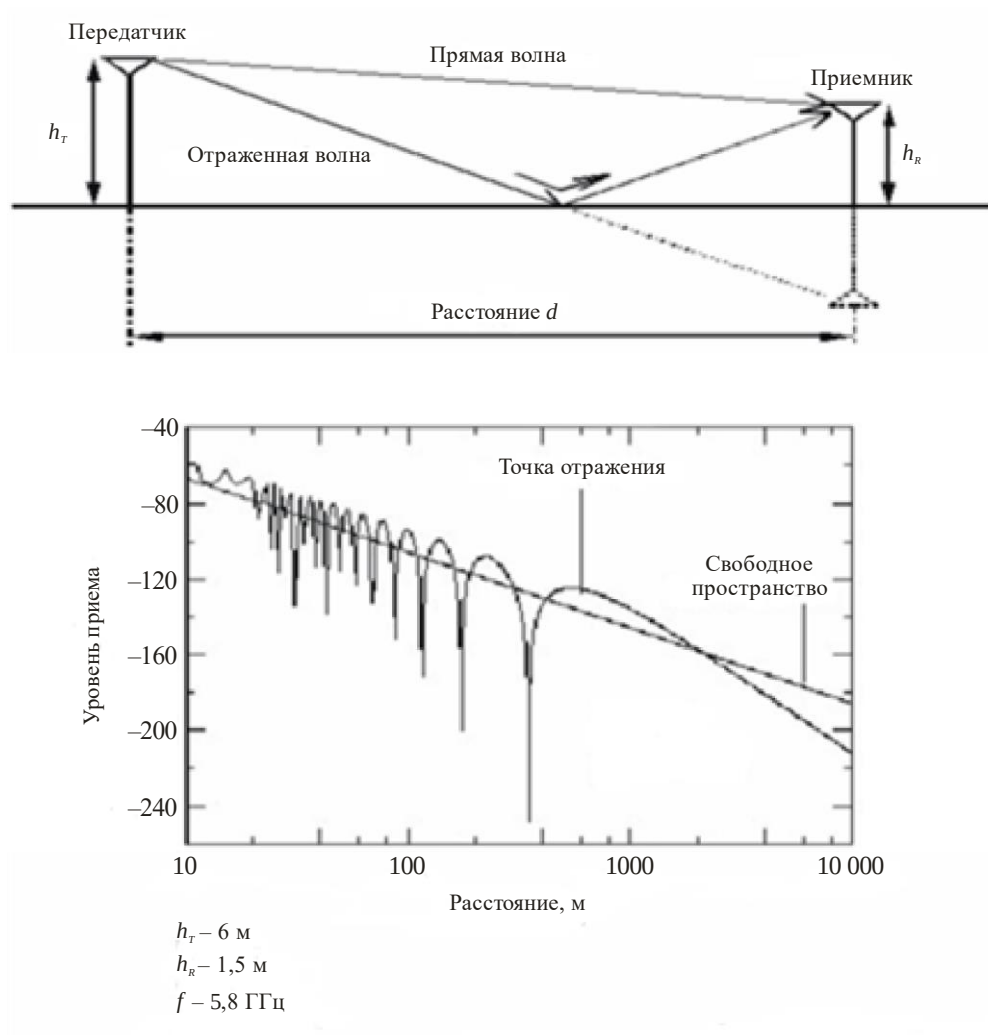
4.1.4 Характеристики распространения радиоволн в системе DSRC

Распространение радиоволн

При рассмотрении распространения радиоволн в системе DSRC отражение от земли является важнейшим элементом для определения характеристик приема на приемнике. На рисунке 24 показана взаимосвязь между прямым и отраженным путями, а также пример уровня приема на приемнике, расположенном на определенном расстоянии. Прямая волна и волна, отраженная от земли, могут повышать или уменьшать уровень приема в зависимости от разницы ($\Delta r = 2 h_T h_R / d$) между протяженностью прямого и отраженного путей. Поскольку прямая волна и волна, отраженная от земли, могут оказывать конструктивные или деструктивные помехи в зависимости от соотношения фаз между отраженной и прямой волной, уровень приема на приемнике заметно меняется до точки перелома ($d_{BP} = (4 h_T h_R) / \lambda$, где λ – длина волны), начиная с которой отраженная волна начинает постоянно удалять прямую волну и уровень приема уменьшается намного быстрее ($1/d^4$), чем уровень в свободном пространстве ($1/d^2$).

РИСУНОК 24

Двухлучевая модель распространения



Справочник по системам сухопутной подвижной связи Т.4-24

Различают три области, определяемые расстоянием между передатчиком и приемником.

- Область 1 – до нескольких десятков метров (обычно до 30 м)

Хотя теоретически уровень приема на приемнике изменяется с увеличением расстояния за счет отражения от земли, им в большинстве случаев можно пренебречь благодаря направленности передающей и приемной антенн. Эта область лучше всего подходит для приложений DSRC.

- Область 2 – от нескольких десятков метров до точки перелома

Уровень приема на приемнике заметно изменяется с увеличением расстояния, и транспортное средство, движущееся вдоль дороги, испытывает быстрое замирание.

- Область 3 – после точки перелома

Уровень приема быстро уменьшается ($1/d^4$). Транспортные средства, движущиеся вдоль дороги, испытывают наиболее сильные помехи.

Уровень приема быстро уменьшается ($1/d^4$). Транспортные средства, движущиеся вдоль дороги, испытывают наиболее сильные помехи.

Характеристики распространения радиоволн

Помимо характеристик вышеописанной двухлучевой модели распространения в реальных условиях DSRC необходимо учитывать следующие факторы помех.

- Многолучевые замирания – многолучевое распространение из-за рассеивания и отражения от земли, зданий и других транспортных средств приводит к быстрым замираниям в автомобилях, движущихся на высоких скоростях (см. рисунок 25).
- Задержка распространения – когда цифровую информацию требуется передать с высокой скоростью, следует учитывать влияние задержки распространения, то есть искажения, обусловленного временной дисперсией, вносимой многолучевыми каналами.
- Затенение – потери дифракции из-за затенения большими препятствиями, например автобусами, приводят к значительной потере напряженности поля (см. рисунок 25).
- Эффекты Доплера – в частности, на высоких частотах и при больших скоростях движения транспортных средств можно учитывать влияние эффектов Доплера, то есть искажения, обусловленного частотной дисперсией, вносимой эффектами Доплера.

РИСУНОК 25

Замирание вследствие многолучевого распространения и затенение



Справочник по системам сухопутной подвижной связи Т.4-25

4.2 Технология радиосвязи усовершенствованных ИТС

4.2.1 Введение

Технология радиосвязи усовершенствованных ИТС также представляет собой выделенную связь на короткие расстояния, предназначенную для обеспечения соединения между транспортными средствами (V2V) и соединения транспортных средств с инфраструктурой (V2I) на транспорте для применений, связанных с безопасностью. Соединение V2V поддерживает прямую одноранговую связь без подключения к инфраструктуре и может применяться для обеспечения безопасности транспортных средств.

Существующая DSRC также представляет собой выделенную связь на короткие расстояния для обеспечения связи V2I в полосе частот ПНМ. Однако технология радиосвязи усовершенствованных ИТС обеспечивает возможность установления соединений как V2I, так и V2V в выделенной полосе частот для применений, связанных с безопасностью. Сравнение технических характеристик системы DSRC (Корея) и технологии радиосвязи усовершенствованных ИТС (WAVE) приведено в таблице 12.

Для связи V2V используется метод распределенного управления доступом, так как каждый OBU может попытаться получить доступ к радиоканалу, когда у OBU есть данные для передачи. Для связи V2V используется метод распределенного управления доступом, чтобы гарантировать, что каждый OBU сможет попытаться получить доступ к радиоканалу, когда у OBU есть данные для передачи.

Типичным примером системы связи V2X является североамериканская система беспроводного доступа в условиях движущихся транспортных средств (WAVE). В соответствии со спецификацией WAVE она отвечает требованиям по задержке пакетов на уровне 100 мс и по коэффициенту ошибок пакетов на уровне 10% при дальности радиосвязи 300 м и скорости транспортного средства 200 км/ч для систем, связанных с безопасностью. Кроме того, она отвечает требованиям аутентификации и безопасности данных, что необходимо, поскольку в сообщении по безопасности входит информация о местоположении транспортного средства. Другие сценарии использования ИТС поддерживаются системой связи WAVE на расстояниях до 1 км. Общее сравнение систем DSRC и технологии радиосвязи усовершенствованных ИТС представлено в таблице 12.

ТАБЛИЦА 12

Сравнение технических характеристик систем связи DSRC и технологии радиосвязи усовершенствованных ИТС

Параметр	DSRC	Технология радиосвязи усовершенствованных ИТС
Диапазон частот	ПНМ	Выделенная полоса частот
Тип соединения	V2I	V2I и V2V
Организация дуплексной передачи	FDD, TDD	TDD
Модуляция	AMH	OFDM ⁹
Скорость передачи данных	1,024 Мбит/с	Максимальная – 27 Мбит/с ¹⁰ , типовая для связи, осуществляемой в действующих системах в целях безопасности, – 6 Мбит/с
Максимальная мощность РЧ-сигнала	10 дБм	Максимальная – 44 дБм (40 Вт), типовая для связи, осуществляемой в действующих системах в целях безопасности, – 20 мВт
Задержка передачи данных	Короткая	Менее 100 мс
Радиопокрытие	Менее 100 м	Максимальное покрытие – 1000 м, всенаправленное покрытие при удовлетворении типового требования в отношении 10%-ного максимального коэффициента пакетных ошибок для связи, осуществляемой в действующих системах в целях безопасности, – 300 м

Технология радиосвязи усовершенствованных ИТС также обеспечивает быстрое установление и завершение соединений для обеспечения безопасности транспортных средств и для приложений С-ИТС. Технология радиосвязи усовершенствованных ИТС обеспечивает лучшие характеристики по сравнению с существующими системами связи DSRC в отношении задержки пакетов, скорости передачи данных и радиопокрытия. Технология радиосвязи усовершенствованных ИТС характеризуется следующими признаками:

- обеспечивает пакетную передачу данных с использованием соединений V2I или V2V;
- обеспечивает связь в точечной зоне с быстрой установкой и завершением соединения;
- обеспечивает надежную связь в условиях движущихся транспортных средств;
- обеспечивает аутентификацию и безопасность данных.

4.2.2 Конфигурация системы

Система радиосвязи усовершенствованных ИТС состоит из бортового оборудования (OBE) и придорожного оборудования (RSE), как показано на рисунке 26. OBE – это радиоблоки транспортного средства, а RSE – придорожные радиоблоки, как и в системах связи DSRC. RSE соединяются с центральной станцией ИТС через IP-сеть, которая может использовать проводную или беспроводную инфраструктуру связи.

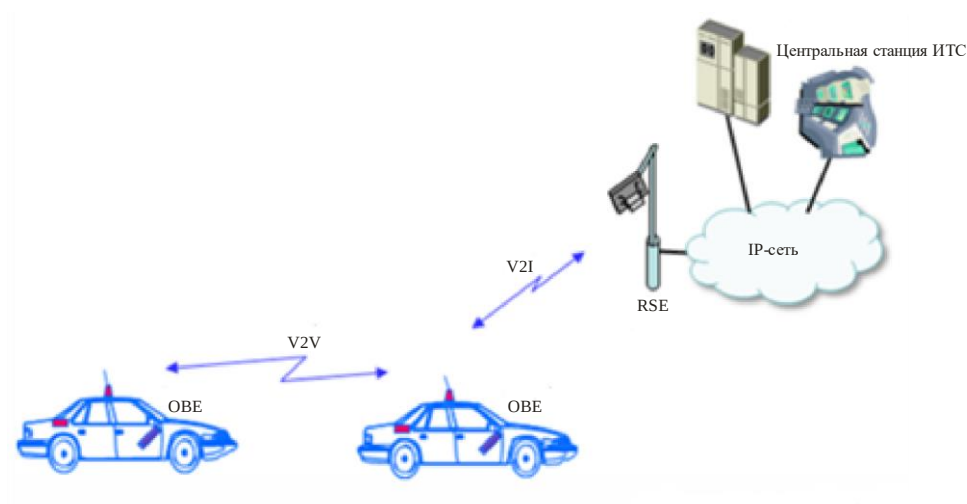
В системе радиосвязи усовершенствованных ИТС используется схема распределенного доступа к каналам, так как каждое устройство OBE может попытаться получить доступ к радиоканалу в любое время, когда ему нужно отправить сообщение.

⁹ IEEE Std. 802.11TM-2016, p. 2303, Chapter 17.

¹⁰ IEEE Std. 802.11TM-2016, p. 2303, Table 17-16 (для канала 10 МГц).

РИСУНОК 26

Система радиосвязи усовершенствованных ИТС



Справочник по системам сухопутной подвижной связи Т.4-26

OBE и RSE описываются с помощью эталонных моделей, в которые входят уровень радиодоступа, оборудование и сетевые устройства и уровень приложений, как показано на рисунке 27. Уровень радиодоступа поддерживает радиосвязь V2X между транспортными средствами и RSE. Оборудование и сетевые устройства предоставляют контекстную информацию о состоянии транспортного средства и дороги в режиме реального времени (например, локальную динамическую карту). Они поддерживают сети, основанные или не основанные на использовании IP. Уровни управления и безопасности связаны с уровнем радиодоступа, оборудованием и сетевыми устройствами, а также с уровнем приложений для инициализации системы и управления ею, аутентификации и обеспечения безопасности данных.

РИСУНОК 27

Эталонная модель системы связи V2X усовершенствованных ИТС



Справочник по системам сухопутной подвижной связи Т.4-27

4.2.3 Технические характеристики

4.2.3.1 Европейские ИТС G5

Базовая информация

Связь в рамках совместных ИТС (С-ИТС) основана на стандартизированных и функционально совместимых специализированных беспроводных системах связи. Функциональная совместимость должна обеспечиваться как минимум в разных регионах мира. Это требование функциональной совместимости не подразумевает использования абсолютно одинаковых систем во всех регионах; например, в Европе С-ИТС работают в диапазоне 5,9 ГГц и основаны главным образом на стандартах IEEE 802.11p и ETSI ITS-G5, тогда как реализация в США, работающая в диапазоне 5,9 ГГц, основана на несколько другой системе – IEEE 802.11p и WAVE, как описано выше. Для этих технологий разработаны стандарты, проведены интенсивные испытания и проверка, созданы первые реализации и осуществляется развертывание. Большинство реально действующих обсуждаемых систем основаны на хорошо зарекомендовавшем себя уровне доступа (PHY-уровень и MAC-уровень), стандартизованном IEEE802 как IEEE802.11p, который в настоящее время интегрирован в набор стандартов IEEE802.11TM-2016.

В некоторых странах в качестве основного частотного диапазона для предстоящих внедрений С-ИТС, связанных с безопасностью дорожного движения, выбрана полоса частот 5850–5925 МГц (шириной до 75 МГц) в соответствии с Рекомендацией МСЭ-R М.2121-0 (01/2019) "Согласование полос частот для интеллектуальных транспортных систем подвижной службы". Кроме того, в рамках подвижной службы в СЕПТ для приложений, связанных с безопасностью дорожного движения, выделена полоса частот 63,72–65,88 ГГц.

Во всем мире в стандартизацию С-ИТС вовлечен широкий круг организаций по стандартизации. Основными направлениями, пользующимися значительной поддержкой со стороны автомобильной промышленности, являются деятельность в США, связанная с IEEE/WAVE/SAE, и деятельность в Европе, связанная с ТК ИТС ЕТСИ. Эти направления деятельности поддерживаются отраслевым консорциумом CAMP (Партнерство по измерениям для предотвращения столкновений) в США и C2C-CC (Консорциум связи между автомобилями) в Европе.

C2C-CC – это отраслевая некоммерческая ассоциация 16 европейских автопроизводителей, 37 поставщиков и 28 исследовательских организаций, деятельность которой направлена на реализацию скоординированного дорожного движения и, таким образом, на повышение безопасности, эффективности и комфортабельности движения. C2C-CC играет важную роль в разработке европейских стандартов С-ИТС и тесно сотрудничает в области С-ИТС с консорциумом CAMP в США. Консорциум вступил в сотрудничество с Амстердамской группой, чтобы к 2019 году согласовать и скоординировать развертывание С-ИТС на транспорте и в рамках транспортной инфраструктуры в Европе. Это стратегический альянс Консорциума связи между автомобилями, ASECAP (Ассоциация операторов инфраструктур платных дорог), CEDR (Конференция руководителей автодорожных администраций европейских стран) и POLIS (Сетевые технологии для инновационных решений в области транспорта европейских городов и регионов). Кроме того, консорциум активно участвует в работе Платформы внедрения С-ИТС, организованной Европейской комиссией.

C2C-CC участвовал в первоначальном проектировании технологий связи между транспортными средствами, опубликовав Манифест. Он также помог проверить и утвердить С-ИТС, приняв участие в полевых эксплуатационных испытаниях (FOT) и в текущих проектах трансграничного коридора С-ИТС и сосредоточив внимание на испытании функциональной совместимости.

В 2007 году Консорциум связи между автомобилями опубликовал на своем веб-сайте Манифест¹¹. Этот документ лег в основу первой демонстрации функциональной совместимости в 2008 году на испытательном полигоне Opel в Дуденхофене.

¹¹ <https://www.car-2-car.org/documents/basic-system-profile/>

В документе описаны сценарии С-ИТС для повышения безопасности и эффективности движения, а также сценарии использования системы связи для информационно-развлекательных и других целей. Исходя из этих сценариев разрабатываются предварительные требования и ограничения системы, а также ее архитектура. Архитектура описывает принципы связи, отдельные компоненты, архитектуру уровней и соответствующие протоколы. В следующих главах описаны приложения, система радиосвязи, а также средства обеспечения безопасности и конфиденциальности данных.

В документе приведен стандартный профиль, обеспечивающий функциональную совместимость модулей С-ИТС. В конце 2014 года была выпущена первая версия базового профиля системы (BSP) для внутреннего пользования С2С-СС. Последняя пересмотренная версия BSP была предоставлена членам консорциума и общественности в 2020 году и постоянно обновляется¹¹. В ней содержится спецификация системы, дополненная набором стандартов и параметров. Это позволяет протестировать аспекты, которые будут использоваться первыми приложениями.

Технические характеристики

В Техническом комитете ИТС (Интеллектуальные транспортные системы) ЕТСИ определен стандарт ETSI ITS-G5. Базовая система полностью согласована с системой V2X (WAVE) США, описанной в предыдущих разделах.

Стандарт ETSI ITS-G5 разработан как полноценная специализированная система, не зависящая от каких бы то ни было фиксированных сетевых компонентов, таких как точки доступа, базовая станция или другие компоненты инфраструктуры. Тем не менее развертывание инфраструктуры на основе стандартов ETSI ITS-G5 в рамках специализированной сети может улучшить эксплуатационные характеристики за счет введения информации об инфраструктуре.

Работа приложений ИТС основывается на обеспечении высокой надежности и короткой задержки соединений, а также зависит от функции распределенного контроля перегрузки (DCC), которая поддерживает стабильность сети, ее пропускную способность и рациональное распределение ресурсов с помощью управления мощностью передачи (TRP) и регулирования скорости передачи данных и пакетов.

Полоса частот 5855–5925 МГц для приложений ИТС разделена на каналы шириной 10 МГц. Максимальная спектральная плотность мощности для станций ИТС должна быть ограничена 23 дБм/МГц, но общая э.и.и.м. не должна превышать 33 дБм при диапазоне управления мощностью передачи (TRP) 30 дБ. Для приложений ИТС, не связанных с безопасностью дорожного движения, таких как приложения для повышения его эффективности, СЕПТ определил нижние 20 МГц полосы частот, в то время как верхние 50 МГц предназначены для приложений ИТС, связанных с безопасностью дорожного движения, таких как лимитированный по времени обмен информацией о состоянии, в целях уменьшения количества дорожно-транспортных происшествий, в том числе со смертельным исходом, с помощью связи между станциями ИТС. Распределение частотных каналов системы ИТС для связи V2V и V2I в автодорожных ИТС показано в таблице 13. В СЕПТ и ЕС дополнительные 10 МГц из диапазона 5925–5935 МГц предназначены для городских железнодорожных ИТС, которые не входят в сферу рассмотрения настоящего Доклада.

ТАБЛИЦА 13

Распределение частотных каналов ИТС

Приложение	Документ	Диапазон частот (МГц)	Год или планируемый год введения в действие
Связь V2V и V2I	СЕПТ: ECC/REC/(08)01 ЕС: (EU) 2019/1345	От 5855 до 5865	
		От 5865 до 5875	
ИТС, связанные с безопасностью дорожного движения, связь V2V и V2I	СЕПТ: ECC/DEC/(08)01 ЕС: (EU) 2020/1426	От 5875 до 5885	Развертывание инфраструктуры в некоторых государствах-членах – с 2016 года ¹² , развертывание в части транспортных средств – в 2019 году ¹³
		От 5885 до 5895	
		От 5895 до 5905	
		От 5905 до 5915	
		От 5915 до 5925	
ИТС, связанные с безопасностью дорожного движения, связь V2V и V2I	СЕПТ: <u>ECC DEC (09)01</u> ЕС: <u>(EU) 2019/1345</u>	63,72–65,88 ГГц	

Техническая спецификация

Системы ETSI ITS-G5 определяют механизм защиты систем ETC на основе технологии CEN-DSRC, работающих в полосе частот от 5795 МГц до 5815 МГц. Эти механизмы и ограничения оптимизируют отлаженное сосуществование двух систем, работающих в непосредственной близости друг от друга.

Кроме того, в системах ETSI ITS-G5 должен быть реализован механизм управления перегрузкой, чтобы гарантировать бесперебойную работу в условиях высокой нагрузки на канал. Этот механизм определен в документе ETSI TS 103 175.

Основные характеристики передатчика ETSI ITS-G5 приведены в таблице 14. Спектральная маска передатчика для полосы пропускания канала 10 МГц ETSI ITS-G5 приведена в таблице 15.

ТАБЛИЦА 14

Основные характеристики передатчика

Параметр	Значение	
Ширина полосы излучения 3 дБ (МГц)	10 МГц	
Мощность (пиковая) (дБм) э.и.и.м.	33 дБм	
Спектральная плотность мощности (дБм/МГц) э.и.и.м.	23 дБм/МГц	
Скорость передачи данных	3; 4,5; 6; 9; 12; 18; 24 и 27 Мбит/с	
Параметры модуляции	Модуляция: BPSK, QPSK, 16-QAM, 64-QAM	Скорость кодирования: 1/2, 3/4, 2/3
Азимутальная внеосевая диаграмма направленности антенны	Транспортные средства – всенаправленная (360°); в качестве антенн передатчика инфраструктуры ETSI ITS-G5 иногда используются секторные антенны	

¹² <https://www.c-roads.eu/platform.html>

¹³ <https://www.volkswagenag.com/en/news/2017/06/pwlan.html>

ТАБЛИЦА 15

**Спектральная маска передатчика для полосы пропускания канала 10 МГц
согласно ETSI EN 302 571 v2.1.1**

Несущая частота f_c (дБн)	Смещение $\pm 4,5$ МГц (дБн)	Смещение $\pm 5,0$ МГц (дБн)	Смещение $\pm 5,5$ МГц (дБн)	Смещение ± 10 МГц (дБн)	Смещение ± 15 МГц (дБн)
0	0	-26	-32	-40	-50

4.2.3.2 Североамериканская система WAVE

Базовая информация

WAVE – это специализированная система подвижной радиосвязи для обеспечения неголосовой связи между транспортными средствами, которые движутся по дорогам, рельсам и другим специальным приспособлениям, а также между этими транспортными средствами и транспортной инфраструктурой. Таким образом, WAVE представляет собой фундаментальную технологию ИТС-связи, помогая связать дороги, дорожное движение и транспортные средства, охватываемые реализацией ИТС, с помощью скоординированных, совместимых информационных технологий. Эта конкретная беспроводная технология может изменить ход эволюции транспортных систем, поскольку обеспечивает чрезвычайно локализованные возможности связи с короткой задержкой на одноранговой основе. Эти возможности нацелены на поддержку предполагаемых, а также еще не известных потребностей в данных развивающейся будущей транспортной системы с более высоким уровнем автоматизации. В частности, в системах WAVE используется широковебчатый режим работы в качестве основного средства поддержки общественных благ, а также обмен данными с использованием двусторонней связи между транспортными средствами и инфраструктурой, включая возможность передачи низкоприоритетных сообщений, связанных с конкретными устройствами, задействованными в различных системах общественного и частного транспорта.

В Соединенных Штатах систему WAVE предполагается применять "для повышения безопасности пассажиров, уменьшения заторов на дорогах, содействия сокращению загрязнения воздуха и помощи в сохранении жизненно важных ископаемых видов топлива"¹²; особое внимание в Соединенных Штатах уделяется сокращению числа ДТП со смертельным исходом⁷. В Соединенных Штатах разработан ряд приложений, часть из которых прошли крупномасштабные полевые испытания или использовались в эталонных системах¹³, хотя широкого распространения они еще не получили. Эти достижения предоставили Соединенным Штатам обширные знания, связанные с использованием этих приложений, которые способствуют повышению безопасности транспорта, подвижности и бережному отношению к окружающей среде в контексте усовершенствованной ИТС. WAVE-приложения ИТС предназначены для выполнения операций, связанных с повышением безопасности дорожного движения и эффективности транспортного потока, а также для других применений интеллектуальных транспортных услуг, включая повышение эффективности транспортных систем и операций

¹² Federal Register, Volume 64, Issues 225-227, page 66405.

¹³ "Collaborative Connected Vehicle Research Update" (https://www.its.dot.gov/presentations/CV_PublicMeeting2013/PDF/Day1_LukucInteroperability.pdf) at 10-12; "Safety Pilot Model Deployment: Lessons Learned and Recommendations for Future Connected Vehicle Activities" (<https://rosap.ntl.bts.gov/view/dot/4361>) at 11-12; "CV Applications Already Deployed by Responding Agencies" (http://transops.s3.amazonaws.com/uploaded_files/V2I%20DC%20TWG%201%20-%20January%2028%2C%202016%20Webinar%20Slides%20V3.pptx) at 30; "Maricopa County Department of Transportation (MCDOT) SMARTDriveSM Program" (<https://www.maricopa.gov/640/Connected-Vehicles-Program>); "Connected Vehicle Pilot Deployment Program Phase 1: Concept of Operations (ConOps) – New York City" (<https://rosap.ntl.bts.gov/view/dot/30881>) at 36; "Connected Vehicle Pilot Deployment Program: ICF/Wyoming Concept of Operations" (http://www.its.dot.gov/pilots/pdf/ICF_ConOpsWebinar_02042016.pdf) at 34.

(например, организация процесса грузовых автоперевозок или управление транспортом во время чрезвычайных ситуаций). К основным направлениям применения приложений усовершенствованной ИТС с использованием технологии связи WAVE в США относятся: безопасность на транспорте, общенациональная функциональная совместимость; долгосрочная техническая стабильность; добровольные отраслевые стандарты и поддержка общественных благ.

Технические характеристики

Бортовое оборудование (OBE WAVE). OBE состоит из оборудования связи и обработки данных, установленного в транспортных средствах для обеспечения WAVE-связи с другими транспортными средствами и инфраструктурой, а также для поддержки WAVE-приложений. OBE наиболее эффективно, когда оно интегрировано в транспортное средство и способно взаимодействовать с другим бортовым оборудованием, таким как набор датчиков транспортного средства, антиблокировочная тормозная система и другие подсистемы, что позволяет ему дополнять эти существующие системы.

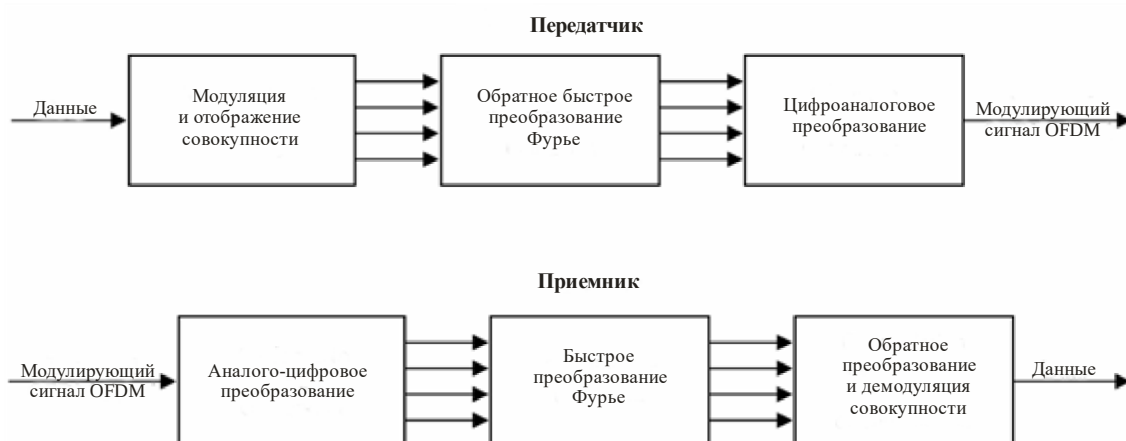
Придорожный блок (RSU WAVE). RSU WAVE устанавливается над дорогой или другой инфраструктурой или рядом с ней и осуществляет связь с OBE проезжающих транспортных средств с помощью радиосигналов. RSU состоит из цепей радиосвязи, прикладной цепи обработки и сопутствующего оборудования. В состав RSU могут входить устройства передачи данных центрам управления дорожным движением (TMC) и другому придорожному оборудованию (например, контроллерам светофоров), а также в интернет для обмена данными и сохранения учетных данных.

Системы WAVE работают путем передачи радиосигналов для обмена данными между устройствами OBE, установленными на транспортных средствах, а также между OBE и RSU инфраструктуры. Придерживаясь требований, установленных отраслевыми стандартами, эти системы осуществляют обмен данными, гарантируя совместимость данных между устройствами и приложениями широкого круга производителей. Функциональная совместимость является ключом к быстрому, унифицированному внедрению приложений, связанных с критически важными вопросами обеспечения безопасности, повышением эффективности использования систем и эксплуатационной эффективности, а также предоставлением других общественных благ.

Большая часть информации, содержащейся в нижеследующих таблицах, взята из стандарта 802.11-2016. Для WAVE используется модуляция OFDM с половинной тактовой частотой в каналах шириной 10 МГц. Базовая блок-схема передатчика и приемника OFDM представлена на рисунке 28.

РИСУНОК 28

Передатчик и приемник WAVE



Справочник по системам сухопутной подвижной связи Т.4-28

WAVE-приложения могут обращаться к каждому из семи каналов шириной 10 МГц методом динамического назначения под контролем канала управления, как показано в таблице 16, но не используют комбинированные каналы шириной 20 МГц, обозначенные в таблице как каналы 175 и 181. Этот план распределения полосы частот предусматривает выделенные каналы для приложений, связанных с обеспечением безопасности при неизбежном столкновении (канал 172), и мощных приложений, связанных с общественной безопасностью (канал 184), а также гибкое распределение других служебных каналов через механизм канала управления для поддержки широкого спектра приложений усовершенствованных ИТС WAVE. Многие приложения лишь частично используют конкретный присваиваемый канал в определенное время и в определенном месте, что позволяет совместно использовать отдельные присваиваемые служебные каналы для WAVE-приложений.

Связанные с безопасностью приложения, которым выделенные каналы не назначены заранее, обычно используют канал управления для редких передач очень коротких сообщений или передают сообщения WAVE Service Announcements (WSA) по каналу управления, чтобы указать служебный канал для связи в том случае, если эти сообщения в меньшей степени нуждаются в очень короткой задержке. Для низкоприоритетных сообщений обычно используются WSA по каналу управления, которым назначается служебный канал, не полностью занятый передачей данных, связанных с безопасностью, в данный момент времени и в данном месте. Такое гибкое распределение сообщений приложений по различным служебным каналам в разных местах способствует повышению эффективности использования спектра и уменьшению помех между приложениями WAVE.

ТАБЛИЦА 16

План распределения диапазона частот для WAVE в Соединенных Штатах

5,850 ГГц							5,925 ГГц
		Канал 175			Канал 181		
5850–5855 Резервный 5 МГц	Канал 172 Служебный 10 МГц	Канал 174 Служебный 10 МГц	Канал 176 Служебный 10 МГц	Канал 178 Управление 10 МГц	Канал 180 Служебный 10 МГц	Канал 182 Служебный 10 МГц	Канал 184 Служебный 10 МГц

Примечание. – Может потребоваться пересмотр этого плана, если произойдут нормативные изменения в результате продолжающегося регулятивного производства в Соединенных Штатах.

Техническая спецификация

ТАБЛИЦА 17

Характеристики передатчика

Параметр	Значение	
Ширина полосы излучения на уровне 3 дБ (МГц)	10 МГц	
Мощность (пиковая) (дБм)	э.и.и.м. от 23 до 44,8 дБм (в зависимости от используемого канала, RSU или OBE, а также от типа предприятия – государственное или частное); кроме того, при передаче должна использоваться только мощность, необходимая для поддержки конкретного приложения	
Спектр излучения (относительное затухание (дБ) в зависимости от смещения частоты относительно центральной частоты (ΔF) (МГц))	Затухание	ΔF
	См. рисунок 29	См. рисунок 29
Скорость передачи данных	6 Мбит/с	

ТАБЛИЦА 17 (окончание)

Параметр	Значение	
Параметры модуляции	Модуляция QPSK	Скорость кодирования 1/2
Азимутальная внеосевая диаграмма направленности антенны	Транспортные средства – всенаправленная (360°); в качестве антенн передатчика инфраструктуры WAVE иногда используются секторные антенны	
Внеосевая диаграмма направленности антенны по углу места	От -6° до +10° – транспортные средства и инфраструктура – в зависимости от реализации	
Высота антенны (м)	1,5–15 м	
Поляризация антенны	Преимущественно вертикальная (иногда правосторонняя круговая)	

ТАБЛИЦА 18

Классификация максимальной мощности передачи станции для диапазона частот 5850–5925 МГц в Соединенных Штатах

Класс мощности передачи станции	Максимальная мощность передачи станции (мВт)	Максимально допустимая э.и.и.м. (дБм)
A	1	23
B	10	33
C	100	33
D	760 Для этого класса допускается более высокая мощность при условии, что уровень мощности понижен до этого уровня на входе антенны и соблюдены спецификации маски излучения	33 для негосударственных предприятий 44,8 для государственных предприятий

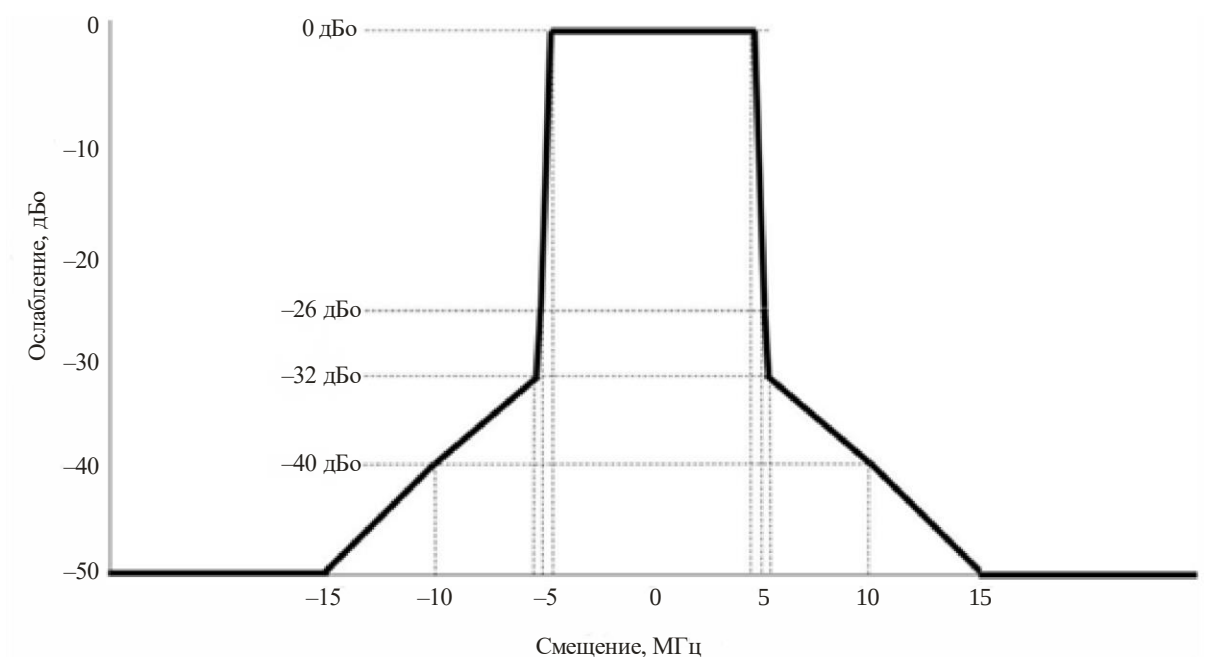
ТАБЛИЦА 19

Данные спектральной маски для разнеса каналов 10 МГц

Класс мощности передачи станции	Допустимая спектральная плотность мощности (дБм)				
	Смещение ±4,5 МГц (±f1)	Смещение ±5,0 МГц (±f2)	Смещение ±5,5 МГц (±f3)	Смещение ±10 МГц (±f4)	Смещение ±15 МГц (±f5)
Класс А	0	-10	-20	-28	-40
Класс В	0	-16	-20	-28	-40
Класс С	0	-26	-32	-40	-50
Класс D	0	-35	-45	-55	-65

РИСУНОК 29

Спектральная маска передачи ОВЕ по каналу шириной 10 МГц (типовая для класса С)



Справочник по системам сухопутной подвижной связи Т.4-29

4.2.3.3 Японская система ITS Connect

Базовая информация

В Японии система ITS Connect использует диапазон частот 755,5–764,5 МГц. Центральная частота составляет 760 МГц. Если бы система ITS Connect использовалась в другой стране и присвоенная полоса частот была бы, например, ниже 1 ГГц, то дальность связи в NLOS/LOS была бы такой же, как при частоте 760 МГц, и система обеспечивала бы аналогичную безопасность дорожного движения и воздействие на окружающую среду.

Технические характеристики

Система ITS Connect настраивается с использованием придорожных блоков (RSU) и бортового оборудования (OBE). Система ITS Connect выполняет следующие основные функции:

- передача информации, способствующей уменьшению количества дорожно-транспортных происшествий, и обмен такой информацией;
- передача информации, способствующей безопасному вождению, и обмен такой информацией;
- передача информации, способствующей выравниванию транспортного потока, и обмен такой информацией.

OBE устанавливается внутри автомобиля. OBE осуществляет радиосвязь с блоками RSU или другим OBE. Радиооборудование OBE состоит из передатчика, приемника, контроллера, антенны и т. д. OBE передает информацию о транспортном средстве (такую как местоположение, скорость, направление движения и т. д.). OBE принимает сигналы от другого OBE и блоков RSU. В результате транспортное средство получает сведения о местоположении и состоянии других транспортных средств и сообщает водителю адекватную информацию или рекомендации, содействующие безопасному вождению.

RSU осуществляет радиосвязь с OBE или другими блоками RSU. Радиооборудование RSU состоит из передатчика, приемника, контроллера, антенны и т. д. RSU устанавливается на обочине дороги (как правило, на перекрестках). Один из сценариев использования связи между инфраструктурой и транспортным средством (I2V) – широкополосная передача информации о сигналах светофоров. В этом случае RSU устанавливает соединение с центром управления сигналами светофоров. Другой

сценарий использования I2V – широковещательная передача информации об автомобилях и пешеходах, когда на перекрестке, где установлен RSU, имеется пешеходный переход. Датчик обнаруживает транспортное средство и пешехода и передает информацию в RSU.

Все RSU и OBE используют один и тот же РЧ-канал. Временной интервал разделен на периоды связи V2V и периоды связи I2V, так что RSU и OBE могут совместно использовать частоту, не создавая взаимных помех. Механизм совместного использования канала показан на рисунке 30. Блоки RSU и OBE обычно осуществляют обмен данными в течение цикла, составляющего 100 мс. На рисунке 30 показано, что RSU может использовать "серый" период. Если RSU не использует все 3024 мкс, OBE может использовать оставшееся время для связи V2V.

РИСУНОК 30
Периоды передачи RSU



Справочник по системам сухопутной подвижной связи Т.4-30

Во избежание коллизий между передачами OBE–OBE используется протокол CSMA/CA.

Техническая спецификация

В системе ITS Connect используется РЧ-канал с модуляцией сигнала OFDM. Занимаемая полоса не превышает 9 МГц. Большинство параметров OFDM те же, что и описанные в IEEE 802.11p. Метод модуляции и кодирования описан в таблице 20. Скорость передачи данных составляет не менее 5 Мбит/с.

ТАБЛИЦА 20
Спецификация метода модуляции и кодирования

Параметр	Значение
Диапазон частот	755,5–764,5 МГц (один канал)
Выбор канала	Не требуется (фиксирован)
Исправление ошибок	Сверточный FEC, $R = 1/2, 3/4$
Модуляция	BPSK/OFDM, QPSK/OFDM, 16-QAM/OFDM

Эти правила определены для сосуществования системы ITS Connect, использующей полосу частот 755,5–764,5 МГц, и систем со смежными каналами (LTE, цифровое телевидение, радиомикрофон и т. д.).

Чувствительность приема та же, что и указанная в IEEE 802.11p. В этой системе выбраны методы модуляции BPSK, QPSK и 16-QAM с разносом каналов 10 МГц. Мощность передачи в рабочем диапазоне частот не превышает 10 мВт при средней ширине полосы 1 МГц.

4.2.3.4 Технология связи V2X в Корее

Базовая информация

В 2007 году стартовал национальный проект автомобильной многоскачковой связи (VMC), выполненный по корейской технологии связи V2X; разработка технологии связи V2X в первую очередь направлена на обеспечение соответствия американскому стандарту WAVE.

В 2009 году стартовал проект Smart Highway по разработке OBE и RSE, который прошел испытания на автомагистрали от сеульского пункта сбора дорожной пошлины до развязки в Сувоне. В 2014 году было начато пилотное испытание C-ИТС и было установлено 3000 единиц OBE и 79 единиц RSE для верификации 15 приложений на автомагистралях, пригородных и городских дорогах.

В 2016 году Министерство науки и ИКТ выделило полосу частот 5,855–5,925 ГГц для приложений и технической спецификации C-ИТС. В 2018 году Министерство землепользования, инфраструктуры и транспорта приняло решение развернуть систему C-ИТС на автомагистрали, в Сеуле и на острове Чеджу.

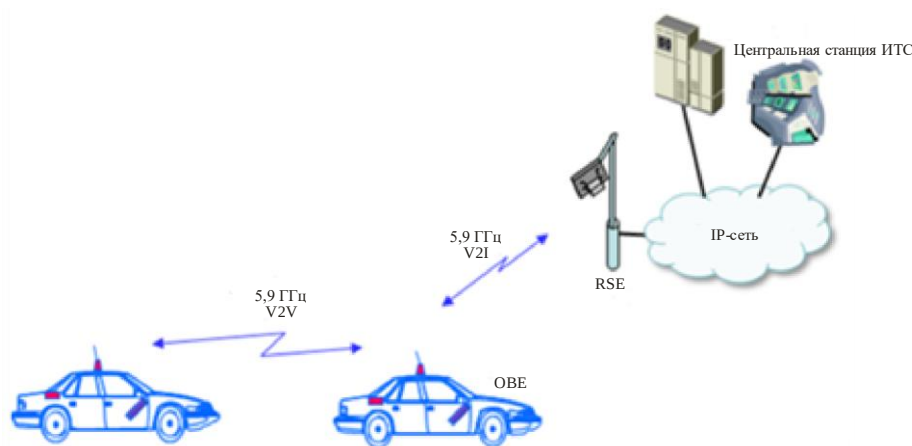
Технические характеристики

Корейская система связи V2X использует выделенную полосу частот 5,9 ГГц для C-ИТС и приложений, связанных с обеспечением безопасности транспортных средств. Она должна поддерживать связь V2V и V2I, обеспечивая зону радиопокрытия радиусом 1 км и задержку 100 мс.

Корейская система связи V2X может использовать один канал управления и ШЕСТЬ служебных каналов. Канал управления используется для установления начального соединения или передачи сообщений, связанных с безопасностью. Должна поддерживаться многоканальная работа для переключения физического канала между каналом управления и служебным каналом.

РИСУНОК 31

Конфигурация системы связи V2X



Справочник по системам сухопутной подвижной связи Т.4-31

Техническая спецификация

ТАБЛИЦА 21
Спецификация системы связи V2X

Параметр	Спецификация
Диапазон частот	5,855~5,925 ГГц (7 каналов)
Ширина полосы канала	10 МГц
Задержка	Менее 100 мс
Модуляция	OFDM (BPSK, QPSK, 16-QAM, 64-QAM)
Скорость передачи данных	3; 4,5; 6; 9; 12; 24 и 27 Мбит/с
MAC	CSMA/CA

4.2.3.5 ИТС в Бразилии

Бразилия считает важным появление решений, обеспечивающих подключение транспортных средств к сетям подвижной связи в условиях городской среды, сельских районов и автомагистралей в целях передачи и приема информации, способствующей управлению дорожным движением, условиями дорожного движения и профилактическим обслуживанием транспортных средств.

Требования к связи для ИТС в Бразилии включены в правила, регулирующие технические требования к оценке соответствия оборудования радиосвязи с ограниченным излучением, к которому относятся системы для передачи данных между транспортными средствами и между транспортными средствами и дорожной инфраструктурой. Характеристики, используемые для ИТС в Бразилии, основаны на стандарте ETSI EN 302 571, который охватывает эксплуатацию оборудования радиосвязи, работающего в полосе частот 5855–5925 МГц, разделенной на блоки шириной 10 МГц.

ТАБЛИЦА 22
План использования частот для ИТС в Бразилии

Номер канала	Диапазон частот (МГц)
1	5855–5865
2	5865–5875
3	5875–5885
4	5885–5895
5	5895–5905
6	5905–5915
7	5915–5925

Для связи V2V и V2I с использованием полосы частот 5,9 ГГц максимальное значение э.и.и.м. составляет 23 дБм (200 мВт). Для связи между автомобилем и инфраструктурой при повышенной мощности допускается максимальное значение э.и.и.м. 26 дБм (400 мВт). Каналы с 5-го по 7-й предназначены исключительно для приложений, связанных с обеспечением безопасности дорожного движения и транспортных средств.

4.2.4 Характеристики распространения радиоволн

Радиосвязь в усовершенствованных ИТС осуществляется по радиоканалам V2V и V2I. Радиоканалы V2V и V2I должны учитывать различные условия связи, в частности на городских дорогах, сельских дорогах и автомагистралях. Радиоканал V2V может иметь характеристики замирания LOS или NLOS, поскольку имеются препятствия для распространения радиоволн, такие как крупногабаритные автобусы или здания в городской среде. На практике радиоканал V2V представляет собой канал с многолучевым замиранием NLOS, разбросом задержки и доплеровским смещением.

РИСУНОК 32

Радиоканал V2V NLOS



Разброс задержки означает статистический разброс временной задержки входящего радиосигнала во временной области, а доплеровское смещение – статистический разброс смещения частоты входящего радиосигнала в частотной области. Разброс задержки определяется дальностью радиосвязи, а доплеровское смещение зависит от относительной скорости двух транспортных средств, осуществляющих связь друг с другом.

Было проведено исследование радиоканала V2V для связи V2X на частоте 5,9 ГГц, в ходе которого проверялись разброс задержки и доплеровское смещение в условиях зоны радиопокрытия радиусом 1 км и скорости транспортных средств 108 км/ч.

Разброс задержки составил менее 1,5 мкс, а максимальный разброс доплеровского смещения – приблизительно 1,53 кГц. В таблице 23 показаны разброс задержки и доплеровское смещение в городской среде, сельских районах и на автомагистрали.

ТАБЛИЦА 23

Характеристики радиоканала V2V

Параметр радиоканала	Город	Сельский район	Автомагистраль
Максимальный разброс задержки (мкс)	0,6	1,5	1,4
Доплеровское смещение (кГц)	0,583	1,11	1,53

4.3 Сотовая связь V2X

4.3.1 Введение

Сотовая связь – это двусторонняя связь для обеспечения работы пользовательских приложений на большой территории. Она имеет многосотовую архитектуру и может поддерживать передачу голоса, данных и видеоизображения. Сотовая связь постоянно развивается в направлении улучшения показателей работы, касающихся скорости передачи данных и задержки.

Технология сотовой связи 1-го поколения (1G) обеспечивает только голосовые вызовы (человеческий голос) посредством FDMA, а технология сотовой связи 2-го поколения (2G) позволяет передавать как цифровой голосовой сигнал, так и данные с использованием схемы цифрового радиодоступа, такой как TDMA и CDMA. Технология сотовой связи 3-го поколения (3G) обеспечивает цифровую передачу голоса, данных и видеоизображений с использованием CDMA. Технология сотовой связи 4-го поколения (4G) передает мультимедиа, полностью базирующееся на IP, с использованием OFDMA. Современная технология сотовой связи 5-го поколения (5G) может также обеспечивать передачу трехмерного мультимедиа с использованием технологий доступа стандарта "Новое радио" (NR).

В стандартах сотовой связи 4-го поколения были разработаны технологии LTE V2X и LTE eV2X в целях обеспечения возможности установления соединений V2X для применений ИТС, таких как безопасность транспортных средств и автоматизированное вождение. Их можно использовать для создания специализированных сетей связи для применений ИТС. Они обладают следующими техническими характеристиками:

- передача пакетных данных с использованием соединений V2I, V2V и V2P;
- надежная связь при скорости движения 500 км/ч с высоким уровнем мобильности;
- распределенное и централизованное управление доступом.

ТАБЛИЦА 24

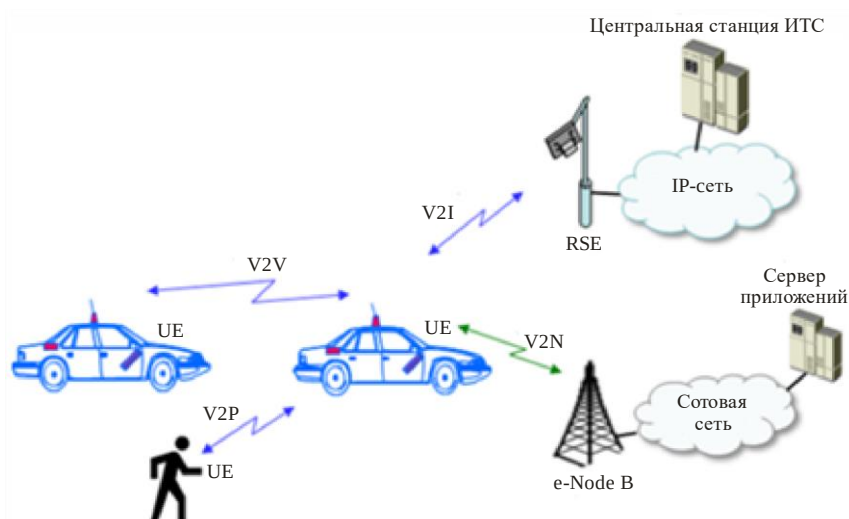
Технические характеристики технологий сотовой связи

Параметр	1G	2G	3G	4G	5G
Стандарт радиодоступа	Аналоговый AMPS	Цифровой (GSM, CDMA)	IMT-2000 (WCDMA)	IMT Advanced	IMT-2020
Метод радиодоступа	FDMA	TDMA, CDMA	CDMA	OFDMA	Масштабируемая нумерация на основе OFDM
Максимальная скорость передачи данных	–	64 кбит/с	2 Мбит/с	100 Мбит/с	10 Гбит/с
Размер кадра	20 мс	20 мс	10 мс	5 мс	1 мс
Применения	Аналоговая передача голоса	Цифровая передача голоса и данных	Цифровая передача голоса, данных и видеоизображения	Мультимедиа на базе IP	Широкополосный доступ, массовый IoT, ULCC

4.3.2 Конфигурация системы

Сети сотовой связи LTE V2X и eV2X состоят из оборудования пользователя (UE), базовой станции e-Node B и придорожного оборудования (RSE). UE может предоставлять услуги V2V, V2P, V2I и V2N. V2I обеспечивает подключение к выделенной сети ИТС через RSE. V2N обеспечивает подключение к серверу приложений через e-Node B.

РИСУНОК 33
Система сотовой связи V2X



Справочник по системам сухопутной подвижной связи Т.4-33

В случае применений V2V, V2I и V2P оборудование пользователя (UE) может быть подключено к выделенной распределенной одноранговой сети связи V2X. В этом случае используемая полоса частот будет согласована с полосой частот 5,9 ГГц, рекомендованной для приложений ИТС.

Связь V2N обеспечивается оператором сотовой сети, и он же управляет ее частотным диапазоном. Радиочастоты сотовых технологий от 1-го до 4-го поколения – 450 МГц, 800 МГц, 10,8 ГГц и 2,1 ГГц, в то время как для сотовых технологий 5-го поколения могут использоваться, например, частоты 3,5 ГГц и полоса частот миллиметрового диапазона 28 ГГц.

Таким образом, технология связи V2X на основе LTE поддерживает сценарии работы как зависящие от покрытия или наличия развернутой сотовой сети, так и не зависящие от них. Что касается конкретных технологий связи, то в технологию V2X на основе LTE входят два интерфейса (как показано на рисунке 34), которые называются соответственно интерфейсом Uu (интерфейс сотовой связи) и интерфейсом PC5 (интерфейс прямой связи). Интерфейс Uu может использоваться в сотовой сети, когда оконечное устройство (например, бортовой терминал, смартфон или RSU), поддерживающее услуги V2X на основе LTE, находится в зоне покрытия сотовой сети. Интерфейс PC5 может использоваться для связи V2X независимо от наличия покрытия сотовой сети. Эта комбинация поддерживающих друг друга интерфейсов для услуг V2X обеспечивает возможность выбора средств связи в зависимости от требований, предъявляемых к технологии связи конкретными приложениями V2X, включая, например, требования по задержке, радиусу действия и надежности.

Интерфейс PC5

Конструкция механизма интерфейса PC5, основанная на технологии LTE-D2D, усовершенствована во многих аспектах для поддержки широкополосной передачи сообщений V2X (особенно сообщений V2V), обмена быстро меняющимися динамическими данными (такими как местоположение, скорость и направление движения), а также потенциальных будущих применений автономного вождения, включая формирование автоколонн и совместное использование датчиков.

Физический уровень дополнен поддержкой относительной скорости движения до 500 км/ч в высокочастотном диапазоне и решением проблемы большого доплеровского разброса частот и быстро меняющихся во времени каналов.

Чтобы обеспечить качество связи, во время связи приемники и передатчики V2X на базе LTE должны быть синхронизированы друг с другом. Сотовая связь V2X обеспечивает синхронизацию из разных источников, включая ГНСС, базовые станции и транспортные средства. Терминал может получать оптимальные источники синхронизации посредством управления сетью или извлечения предварительно настроенной информации для достижения возможной синхронизации в масштабе всей сети. Кроме того, V2X на основе LTE поддерживает динамическое обслуживание оптимальных источников синхронизации, что позволяет терминалу своевременно выбирать наиболее приоритетный источник для тактовой синхронизации.

В качестве основной ключевой технологии V2X на основе LTE интерфейс PC5 поддерживает режимы запланированного распределения ресурсов (режим 3) и автономного распределения ресурсов (режим 4). Кроме того, V2X на основе LTE использует централизованно распределенный комбинированный механизм управления перегрузкой, который позволяет значительно увеличить количество пользователей, получающих доступ к системе в сценариях с высокой плотностью, но менее частым доступом, распределенным между пользователями.

Интерфейс Uu

Для того чтобы лучше соответствовать характеристикам услуг V2X, в интерфейс Uu внесены усовершенствования в отношении восходящих, нисходящих линий связи и периферийных вычислений в режиме множественного доступа (MEC).

Передача по восходящей линии связи поддерживает многостороннее полустатическое планирование на основе характеристик услуги, что значительно снижает задержку планирования восходящей линии связи при условии высокой надежности передачи услуг. Передача по нисходящей линии связи поддерживает функции ширококвещательной передачи на малом расстоянии, соединение пункта со многими пунктами в одной соте с короткой задержкой (SC-PTM) и многоадресную/ширококвещательную одночастотную сеть (MBSFN) для предоставления локальных услуг связи V2X. Кроме того, V2X на основе LTE поддерживает локализованное развертывание элементов базовой сети и определяет параметры качества обслуживания (QoS) для служб V2X, гарантируя качество передачи услуг.

Технология MEC интегрирована в V2X на основе LTE для поддержки услуг интернета транспортных средств (IOV) (таких как автономное вождение и загрузка карт высокого разрешения в режиме реального времени), для которых требуются сверхкороткая задержка и сверхнадежная передача. В настоящее время Европейский институт стандартизации электросвязи (ETSI) и 3GPP совместно запустили ключевой проект по изучению общей структуры MEC, выбора плоскости пользователя, разгрузки услуг, подвижности, непрерывности услуг и открытости возможностей сети.

4.3.3 Технические характеристики

Базовая информация

Как указано в версии 14 Спецификации 3GPP, для прямой связи между устройствами V2V на основе LTE используется технология связи D2D, определенная в версиях 12 и 13 3GPP в рамках услуг ProSe (услуги на основе эффекта пространственной близости). В рамках услуг ProSe в версии 14 представлен новый интерфейс D2D, усовершенствованный для сценариев использования в транспортных средствах, в частности для сценариев движения с высокой скоростью (относительная скорость до 500 км/ч) и высокой плотностью соединений¹⁴. В LTE-V2V PC5 внесено несколько фундаментальных изменений:

¹⁴ См. Спецификацию 3GPP № 36.785 – Vehicle to Vehicle (V2V) services based on LTE sidelink; User Equipment (UE) radio transmission and reception.

- добавлены дополнительные символы DMRS для обработки большого доплеровского сдвига при относительных скоростях до 500 км/ч и высокой частоте (основной целью является полоса ИТС 5,9 ГГц);
- организация планирования и ресурсов данных рассчитана на повышение качества работы системы в сценариях с высокой плотностью при одновременном соблюдении требований, предъявляемых V2V к короткой задержке.

Введено распределенное планирование (режим 4), которое представляет собой механизм измерения с полупостоянной передачей.

Технические характеристики

В Спецификации 3GPP "Исследование услуг V2X на основе LTE"¹⁵ описаны усовершенствования, необходимые для поддержки услуг V2X с линиями вверх и вниз LTE, чтобы интерфейс LTE PC5 поддерживал дополнительные услуги V2X, такие как связь транспортного средства с пешеходом (V2P), и для поддержки большего числа сценариев использования услуг V2V с применением LTE PC5. В частности, в этом исследовании рассматриваются следующие основные моменты:

- усовершенствование линии вверх и PC5, с тем чтобы узел eNB мог быстро изменять полупостоянное планирование (SPS) при адаптации к изменениям шаблона генерирования сообщений V2X;
- введение сокращенных периодов планирования на линии вниз и PC5 для широковещательной передачи сообщений V2X с соблюдением требований к задержке;
- введение дополнительной процедуры выделения ресурсов в режиме 4 PC5 для энергосбережения в UE пешеходов;
- введение контроля перегрузки PC5 для работы в условиях высокой нагрузки трафика;
- усовершенствование синхронизации PC5 для работы вне зоны покрытия ГНСС или eNB;
- поддержка одновременной работы V2X с несколькими несущими.

Интерфейс PC5 для V2X поддерживает QPSK и 16-QAM в канале 10 МГц или 20 МГц, что обеспечивает пиковую скорость передачи данных 41,472 Мбит/с. Интерфейс Uu для V2X повторно использует существующий интерфейс LTE Uu, так что схема модуляции и пиковая скорость передачи данных одинаковы. Технические характеристики приведены в таблице 25.

¹⁵ Спецификация 3GPP № 36.885.

ТАБЛИЦА 25

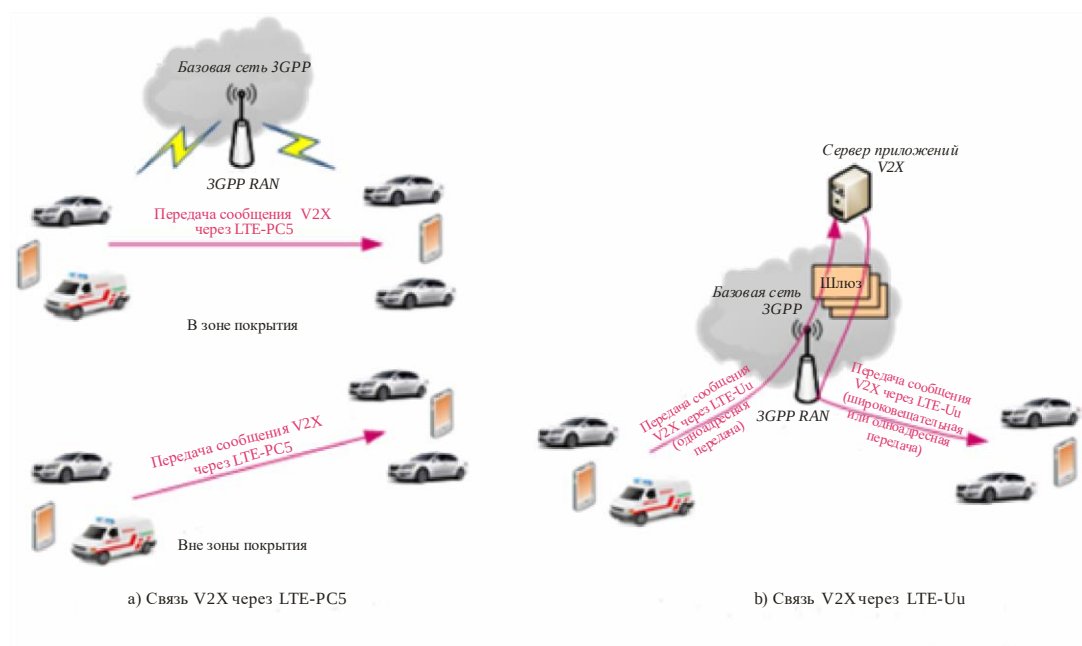
Характеристики схемы передачи

Параметр	Характеристики передачи	
	Интерфейс Uu	Интерфейс PC5
Рабочий диапазон частот	Работу с интерфейсом Uu поддерживают все полосы, указанные в TS 36.101, за исключением полосы 47. Полосы для интерфейса Uu при его использовании в сочетании с PC5 Полоса 3: UL: 1710–1785 МГц DL: 1805–1880 МГц Полоса 5: UL: 824–849 МГц DL: 869–894 МГц Полоса 7: UL: 2500–2570 МГц DL: 2620–2690 МГц Полоса 8: UL: 880–915 МГц DL: 925–960 МГц Полоса 20: UL: 832–862 МГц DL: 791–821 МГц Полоса 28: UL: 703–748 МГц DL: 758–803 МГц Полоса 34: UL: 2-010–2-025 МГц DL: 2-010–2-025 МГц Полоса 39: 1880–1920 МГц Полоса 41: 2496–2690 МГц Полоса 71: UL: 663–698 МГц DL: 617–652 МГц	Для версии 14 Полоса 47: 5855–5925 МГц
Пропускная способность РЧ-канала	1,4; 3; 5; 10; 15 или 20 МГц на канал	10 или 20 МГц на канал
РЧ-мощность передачи/э.и.и.м.	Не более 43 дБм для eNB Не более 23 или 33 дБм для UE	Не более 23 или 33 дБм
Схемы модуляции	Линия вверх: QPSK SC-FDMA, 16-QAM SC-FDMA, 64-QAM SC-FDMA Линия вниз: QPSK OFDMA, 16-QAM OFDMA, 64-QAM OFDMA	QPSK SC-FDMA, 16-QAM SC-FDMA
Упреждающая коррекция ошибок	Сверточное кодирование и турбокодирование	Сверточное кодирование и турбокодирование
Скорость передачи данных	Линия вверх: от 1,4 Мбит/с до 36,7 Мбит/с для канала 10 МГц Линия вниз: от 1,4 Мбит/с до 75,4 Мбит/с для канала 10 МГц	От 1,3 Мбит/с до 15,8 Мбит/с для канала 10 МГц
Управление доступом к среде передачи	Централизованное планирование eNB	Централизованное планирование или распределенное планирование
Дуплексный метод	FDD или TDD	TDD

Спецификация радиосвязи LTE поддерживает два метода связи V2X на основе LTE – как интерфейс PC5, так и интерфейс Uu, как показано на рисунке 34 ниже. Интерфейс связи поддерживает прямую передачу, когда сотовая сеть обеспечивает покрытие для транспортных средств (в зоне покрытия, интерфейс Uu) или когда транспортные средства находятся вне зоны покрытия сотовой сети (интерфейс PC5). При использовании интерфейса Uu V2X на основе LTE поддерживает как одноадресную, так и широкоэвещательную передачу сообщений.

РИСУНОК 34

Связь V2X через интерфейс PC5 и интерфейс Uu



Справочник по системам сухопутной подвижной связи Т.4-34

4.3.3.1 V2X на базе LTE

3GPP завершила стандартизацию версии 14 V2X на базе LTE, в основном охватывающую требования к услугам, архитектуру системы, технологию радиointерфейса и безопасность.

Что касается требований к услугам, то спецификация определяет 27 сценариев использования V2V, V2I, V2P, V2N и требования к услугам V2X на основе LTE, а также содержит требования к качеству работы семи типовых сценариев. В отношении архитектуры системы в спецификации определены усовершенствования для поддержки услуг V2X на базе архитектуры услуг ProSe через интерфейс PC5 и сотовой сети LTE через интерфейс Uu и четко указано, что эти усовершенствования поддерживают как минимум услуги V2X, передаваемые через интерфейс PC5 и интерфейс LTE-Uu. В отношении технологии радиointерфейса в спецификации разъясняются структура канала, процесс синхронизации и распределение ресурсов в интерфейсе PC5, условия сосуществования интерфейсов PC5 и Uu на одних и тех же несущих и на соседних несущих, сигнализация управления радиоресурсами (RRC) и соответствующие показатели и требования к качеству радиочастоты (РЧ), а также рассматриваются усовершенствования в области передачи Uu и PC5 для поддержки услуг V2X на основе LTE. Кроме того, выполнено исследование аспекта безопасности усовершенствований архитектуры LTE для поддержки услуг V2X.

4.3.3.2 5G-V2X

5G-V2X включает как эволюцию связи V2X на основе LTE, начиная с версии 15, так и технологию на основе NR. Этот вариант 5G-V2X предназначен для поддержки расширенных сценариев услуг связи V2X. 5G-V2X поддерживает предоставление более сложных услуг и содержит усовершенствования LTE-V2X за счет интеграции возможностей LTE.

LTE-eV2X представляет собой фазу (версия 15) исследования технологий усовершенствований, поддерживающих расширенные сценарии услуг V2X, в целях дальнейшего повышения надежности, скорости передачи данных и сокращения задержки в режиме связи между устройствами (D2D) и частичного удовлетворения потребностей, связанных с предполагаемыми будущими услугами V2X.

Техническая спецификация (TS) 22.886 определяет требования к услугам для 25 сценариев использования в пяти категориях услуг eV2X, включая базовые требования, формирование автоколонны, полуавтономное/автономное вождение, вынесенные датчики и дистанционное вождение. Второй этап текущего исследования спецификации 3GPP V2X в основном ориентирован на аспекты осуществимости и преимуществ таких усовершенствованных технологий, как агрегация несущих, разнесение передачи, модуляция высокого порядка, совместное использование пула ресурсов и сокращенная задержка, а также сокращенный временной интервал передачи (TTI).

Что касается NR-V2X, то в настоящее время 3GPP одобрила исследование по разработке методов моделирования TR 38.913 и TR 38.802 в соответствии с потребностями TR 22.886, включая сценарии моделирования, показатели эффективности и модели услуг. Исследование охватывает модель канала прямого соединения в диапазоне частот выше 6 ГГц.

4.3.4 Характеристики распространения радиоволн

Распространение радиоволн в полосе частот 5,9 ГГц аналогично описанному в пункте 4.2.4.

4.4 Глобальное радиовещание

4.4.1 Введение

Если методы радиовещания используются на малых расстояниях, например через интерфейс PC5 для приложений безопасности V2V, то технология глобального радиовещания предполагает осуществление односторонней связи базовой станции с пользователем, поддерживая пользовательские приложения на большой территории. Она может поддерживать передачу голоса, данных и видео. Технология радиовещания эволюционировала от аналогового радиовещания в направлении цифровой связи в целях улучшения качества радиосвязи.

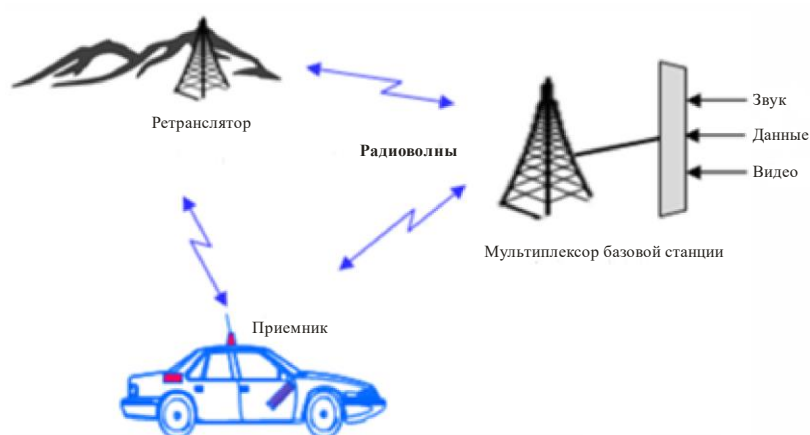
Эта технология радиовещания использовалась в конкретных ИТС-приложениях, поскольку она способна осуществлять одностороннюю связь для ИТС-приложений на большой территории. Примерами технологий радиовещательной передачи данных, используемых в ИТС-приложениях, могут служить FM DARC и RDS. Для FM DARC и RDS используется поднесущая аналогового частотного ЧМ-радиовещания 53–100 кГц.

DMB – это технология цифрового мультимедийного вещания, предназначенная для предоставления мультимедийных услуг пользователям портативных и автомобильных устройств.

4.4.2 Конфигурация системы

РИСУНОК 35

Конфигурация системы глобального радиовещания



Справочник по системам сухопутной подвижной связи Т.4-35

4.4.3 Технические характеристики

Радиоканал передачи данных с частотной модуляцией (FM DARC) – это система ЧМ-радиовещания с мультиплексированием для передачи цифровых данных по существующему каналу ЧМ-радиовещания 60~94 кГц. FM DARC использует способ модуляции "манипуляция с минимальным сдвигом, управляемым уровнем" (LMSK), устойчивый к многолучевым помехам в канале ЧМ-радиовещания. Максимальная скорость передачи данных составляет 16 кбит/с, и FM DARC позволяет передавать информацию о дорожном движении, данные для загрузки карт и информацию дифференциальной GPS для ИТС-приложений. Преимущество этой технологии заключается в передаче цифровых пакетных данных при широком радиопокрытии.

Цифровое мультимедийное радиовещание (DMB) – это система цифрового телевидения, используемая для передачи цифрового звука, видео и пакетных данных, которая основана на системе Eureka-147 DAB. Eureka-147 DAB – это цифровая аудиосистема с режимами пакетной и потоковой передачи данных. T-DMB – это наземная система DMB, в которой используется кодирование MPEG-4 и технология кодирования Рида–Соломона с упреждающей коррекцией ошибок для передачи цифрового аудио- и видеосигнала.

4.4.4 Характеристики распространения радиоволн

Радиочастота ЧМ-вещания обычно составляет 87,5~108 кГц и обеспечивает широкое радиопокрытие в радиусе до 65 км. При этом используется эффект переизлучения волны острым краем препятствия¹⁶ для приема передаваемых сигналов даже в радиосреде NLOS.

4.5 Связь миллиметрового диапазона

4.5.1 Введение

Миллиметровый диапазон электромагнитного спектра соответствует радиочастотам 30–300 ГГц с длиной волны от 10 мм до 1 мм. Одной из важнейших особенностей миллиметровых волн является то, что они позволяют вести широкополосную передачу, например передачу большого объема компьютерных данных, мультиплексированного видеосигнала и голосовых каналов для ретрансляционной передачи радиовещательных приложений. Кроме того, оборудование миллиметрового диапазона имеет компактные размеры и небольшую антенну с высоким коэффициентом усиления.

Частоты миллиметрового диапазона могут использоваться для связи V2X или автомобильного радара в ИТС-приложениях. В некоторых юрисдикциях технология связи V2X миллиметрового диапазона используется для определенных типов связи между транспортными средствами или между транспортными средствами и инфраструктурой в диапазоне частот 63–66 ГГц.

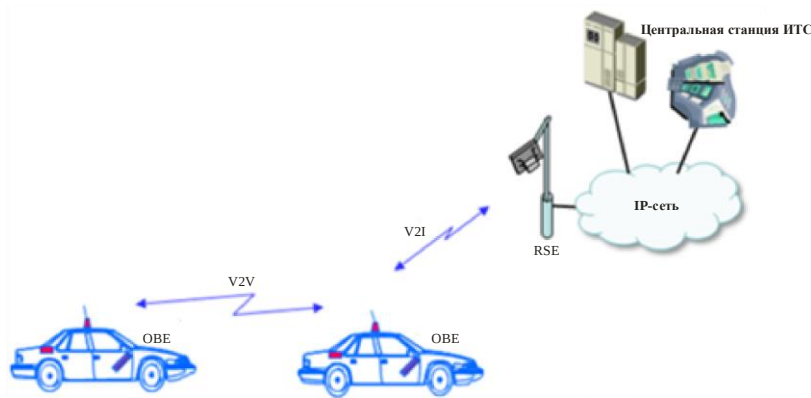
4.5.2 Конфигурация системы

Системы связи V2X миллиметрового диапазона состоят из бортового оборудования (OBE) и придорожного оборудования (RSE). OBE – это бортовой радиоблок, а RSE – придорожный радиоблок, как и в системах связи DSRC.

¹⁶ https://www.its.bldrdoc.gov/fs-1037/dir-020/_2955.htm

РИСУНОК 36

Система связи V2X миллиметрового диапазона



Справочник по системам сухопутной подвижной связи Т.4-36

4.5.3 Технические характеристики

Связь миллиметрового диапазона в основном считается радиоканалом прямой видимости (LOS), так как при распространении радиоволн в NLOS-среде имеют место серьезные потери. Она позволяет вести широкополосную передачу для обеспечения широкополосной и безопасной связи в приложениях, связанных с ИТС и обеспечением безопасности транспортных средств. Связь V2X миллиметрового диапазона имеет следующие преимущества:

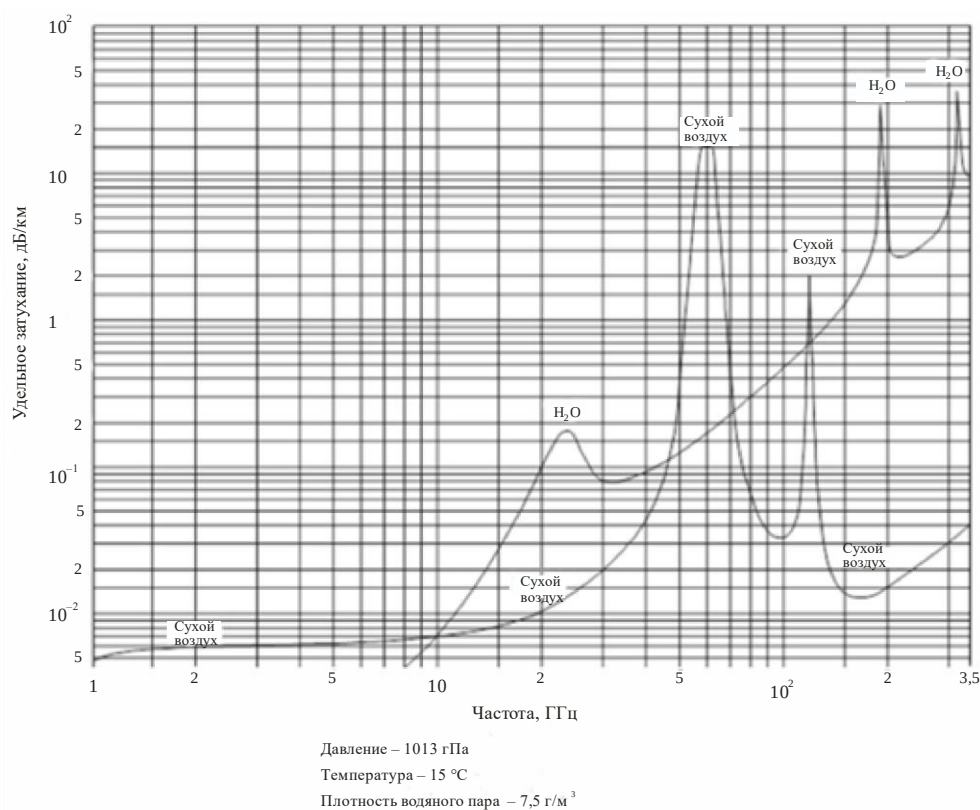
- широкая полоса пропускания для высокоскоростной передачи информации;
- низкая вероятность помех из-за сильного затухания в воздухе;
- незначительное многолучевое замирание;
- небольшая мощность передачи благодаря высокому усилению антенны;
- малые размеры антенны и оборудования ввиду высокой частоты;
- высокая направленность и пространственное разрешение.

4.5.4 Характеристики распространения радиоволн

Полоса частот вблизи 60 ГГц лучше всего подходит для безопасной связи на короткие расстояния, например для связи между автомобилями и для радаров малого радиуса действия, так как на частоте 60 ГГц молекулы кислорода в воздухе взаимодействуют с электромагнитным излучением и поглощают излученную энергию, препятствуя распространению излученных волн на большие расстояния. Это уменьшает помехи на линии связи между автомобилями и способствует эффективному использованию радиочастотных ресурсов. На рисунке 37 показано затухание в атмосферных газах. Потери при передаче возникают, когда миллиметровые волны, проходя через атмосферу, поглощаются молекулами кислорода, водяными парами и другими газообразными составляющими атмосферы. На определенных частотах, совпадающих с частотами механического резонанса молекул газов, эти потери выше. В районе 60 ГГц поглощение молекулами кислорода достигает максимального значения.

РИСУНОК 37

Удельное затухание, вызванное атмосферными газами (Рек. МСЭ-R P.676-3)



Справочник по системам сухопутной подвижной связи Т.4-37

При распространении электромагнитных волн в диапазоне 60 ГГц потери выше из-за дождя и поглощения молекулами кислорода дополнительно к дифракции, рассеянию из-за растительного покрова и пр. Благодаря этим специфическим характеристикам диапазона 60 ГГц он широко используется маломощными средствами связи малого радиуса действия нелицензированного применения.

Частоты миллиметрового диапазона 60 ГГц могут использоваться для определенных видов связи V2X. Радиочастота 60 ГГц имеет характеристики распространения радиоволн с быстрым затуханием на расстоянии между передатчиком и приемником. Сообщается, что значение разброса задержки составляет 20~50 нс на улицах и 150 нс и более на площадях.

4.6 Автомобильные и дорожные радары миллиметрового диапазона

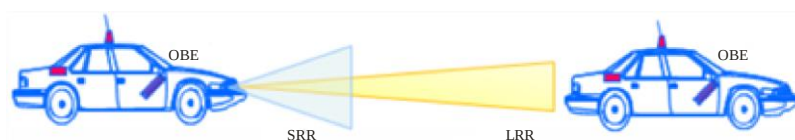
4.6.1 Введение

Автомобильные и дорожные радары миллиметрового диапазона – это сенсорная технология для отслеживания скорости движения транспортных средств и расстояния до них в приложениях ИТС. Хотя существуют ультразвуковые датчики, датчики на основе обработки изображений, инфракрасные датчики и лидары, а также микроволновые радары, преимущество радара миллиметрового диапазона заключается в том, что он обеспечивает стабильное обнаружение целей в плохих погодных условиях, таких как дождь или снегопад. Радар миллиметрового диапазона может применяться на стороне транспортного средства или на стороне дорожной инфраструктуры и называется соответственно автомобильным радаром или дорожным радаром.

Автомобильный радар обычно устанавливается на передней и задней стороне автомобиля и применяется для адаптивного круиз-контроля (ACC) и предупреждения о возможном столкновении. Автомобильные радары миллиметрового диапазона бывают двух типов – радар дальнего действия (LRR) и радар малого радиуса действия (SRR). Дальность действия LRR составляет около 200 м при узком антенном луче радиоволн в диапазоне частот 76–77 ГГц, а дальность действия SRR – около 30 м при широком антенном луче радиоволн в диапазоне частот 22–29 ГГц и 77–81 ГГц.

РИСУНОК 38

Автомобильный радар миллиметрового диапазона

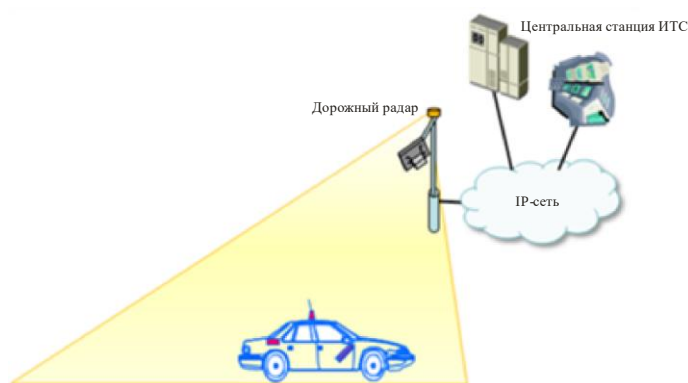


Справочник по системам сухопутной подвижной связи Т.4-38

Дорожный радар устанавливается на стороне дорожной инфраструктуры и применяется для предупреждения об опасности, например о дорожных работах или о перекрестке. Чтобы эффективно контролировать дорожную ситуацию, дорожный радар миллиметрового диапазона должен иметь дальность действия, составляющую 1 км. Для предупреждения о неожиданных дорожных ситуациях был опробован дорожный радар, работающий на частоте 34 ГГц.

РИСУНОК 39

Дорожный радар миллиметрового диапазона



Справочник по системам сухопутной подвижной связи Т.4-39

4.6.2 Конфигурация системы

Автомобильные и дорожные радары миллиметрового диапазона состоят из трех функциональных частей: антенны с РЧ-блоком, блока обработки сигнала и блока распознавания.

Антенна и радиочастотный блок. Эта часть состоит из передающей антенны, приемной антенны, приемного оборудования и передающего оборудования. Здесь выполняется модуляция сигнала, перенос на высокие частоты, передача и прием радиоволн. Этот блок может оснащаться несколькими антеннами и может осуществлять сканирование в луче.

Блок обработки сигнала. Этот блок оценивает расстояние и скорость на основе подсчета сигналов, переданных радиочастотным блоком. Иногда здесь выполняется оценка среднего расстояния и скорости и подавление помех. Когда антенна выполняет сканирование в луче, этот блок рассчитывает направление на обнаруженные объекты.

Блок распознавания. Этот блок может выбирать и систематизировать наиболее востребованные или необходимые данные в зависимости от потребностей каждой системы. Например, блок распознает наиболее опасные препятствия и сможет оценить, следует ли автомобиль, идущий впереди, по той же полосе. Иногда этот блок усредняет собранные значения, отфильтровывает помехи и повышает точность вычислений и достоверность данных, полученных от других датчиков.

4.6.3 Технические характеристики

Маломощный автомобильный радар, работающий на частоте 24 ГГц

Сегодня распределение частот для автомобильных радаров находится в стадии восстановления. Из-за технологических и коммерческих ограничений в начале прошлого десятилетия для этих приложений, связанных с безопасностью, были выделены частоты в диапазоне 24 ГГц. Например, в Европе распределение в диапазоне 24 ГГц СШП (21,65–26,65 ГГц) было сделано в качестве промежуточного решения из-за несовместимости с радиоастрономической службой, ССИЗ, фиксированной службой и военными приложениями. В связи с вышеизложенным в качестве крайнего срока было определено 1 июля 2013 года. В июле 2011 года ЕСС продлил крайний срок (для датчиков с уменьшенным частотным диапазоном 24,25–26,65 ГГц) до 1 января 2018 года решением ЕСС 04(10), чтобы автопроизводители могли беспрепятственно внедрить технологию 79 ГГц. Технологическая эволюция последних лет привела к тому, что сегодня, приложив аналогичные усилия, можно достичь более высокого качества.

Следует отметить, что важную роль, особенно для недорогих автомобилей, играет диапазон частот ПНМ 24 ГГц (24,05–24,25 ГГц). Поскольку этот диапазон является диапазоном ПНМ и согласован на мировом уровне, автомобильные радары диапазона ПНМ 24,05–24,25 ГГц могут использоваться во всем мире без каких-либо ограничений по времени.

Автомобильный радар малого радиуса действия с высоким разрешением, работающий в диапазоне частот 79 ГГц (77–81 ГГц)

Во многих странах для подобных автомобильных радаров уже используется полоса частот 77–81 ГГц. Ожидается, что в ближайшем будущем и другие страны выполнят решение ВКР-15 по автомобильным радарам, работающим на частоте 79 ГГц.

В июле 2004 года СЕПТ определила (ЕСС/DEC/(04)03) диапазон 77–81 ГГц для применения в автомобильных радарх. Европейская комиссия также приняла решение 2004/545/ЕС о согласовании использования радиочастотного спектра в диапазоне 79 ГГц (77–81 ГГц) для автомобильных радаров. Для радаров малого радиуса действия (SRR), работающих в диапазоне 77–81 ГГц, ЕТСИ принял согласованный стандарт EN 302 264.

В марте 2010 года Министерство внутренних дел и связи (МИС) Японии создало исследовательскую группу в Совете по информации и связи для разработки радара высокого разрешения, работающего в полосе частот 77–81 ГГц, для применения внутри страны. В результате этой деятельности в декабре 2012 года автомобильным радарам была выделена полоса 78–81 ГГц.

В октябре 2010 года Российская Федерация определила для автомобильных радаров полосу частот 77–81 ГГц.

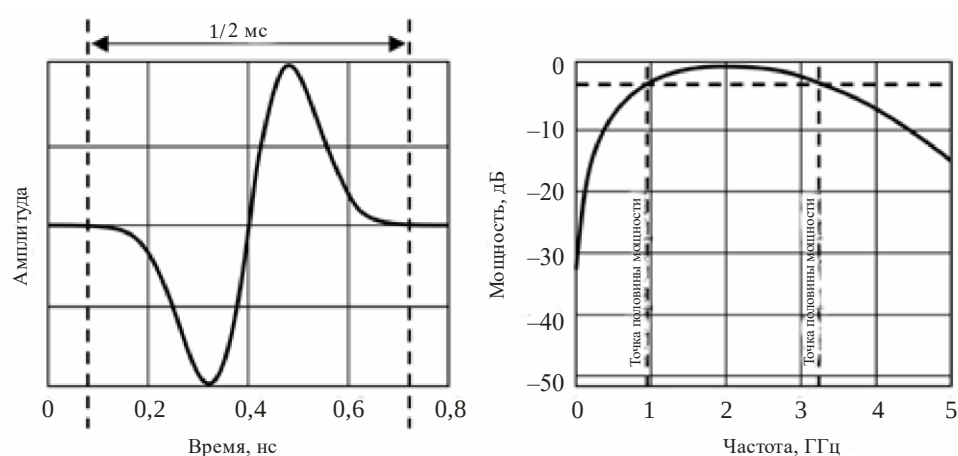
Сверхширокополосный (СШП) радар

Как правило, СШП определяется как радиосигнал, у которого относительная полоса пропускания превышает 20% центральной частоты или полоса пропускания на уровне 10 дБ занимает не менее 500 МГц спектра.

Первоначально технология СШП использовала очень узкие или короткие импульсы, которые дают в результате очень большие или широкие полосы передачи (см. рисунок 40). В автомобильных радарх метод импульсной СШП постепенно заменяется ЛЧМ-импульсами с очень широкой полосой (частотно-модулированная непрерывная волна – FMCW, или радар со сжатием импульсов), что исключает необходимость использования коротких импульсов. При условии соответствия определенным техническим стандартам устройства СШП могут работать, используя спектр, занятый существующими службами радиосвязи, не создавая им помех, позволяя тем самым более эффективно использовать дефицитные ресурсы спектра.

РИСУНОК 40

Временная и частотная области для одного цикла сигнала СШП
("Возможная область для стандартизации", СШП, презентация GSC 8 ФКС)



Справочник по системам сухопутной подвижной связи Т.4-40

Радар, установленный на транспортном средстве

В отношении функциональных требований и требований безопасности автомобильные радиолокационные системы, работающие в диапазоне 76–81 ГГц, можно разделить на две категории.

- **Категория 1.** Радар для адаптивного круиз-контроля (ACC) и предотвращения столкновений (CA) с дальностью измерения до 300 м. Для этих приложений требуется максимальная непрерывная полоса пропускания 1 ГГц. Считается, что такие радары создают водителю дополнительный комфорт, способствуя снижению уровня стресса при вождении.
- **Категория 2.** Датчики с дальностью измерения до 100 м для приложений высокого разрешения, таких как обнаружение объектов вне зоны видимости водителя (BSD), помощь при смене полосы движения (LCA), предупреждение об объектах, движущихся в поперечном направлении сзади (RTCA), и обнаружение пешеходов и велосипедов в непосредственной близости от транспортного средства. Для таких приложений высокого разрешения необходима полоса пропускания 4 ГГц. Эти радары непосредственно повышают пассивную и активную безопасность транспортного средства и, следовательно, вносят существенный вклад в повышение безопасности движения.

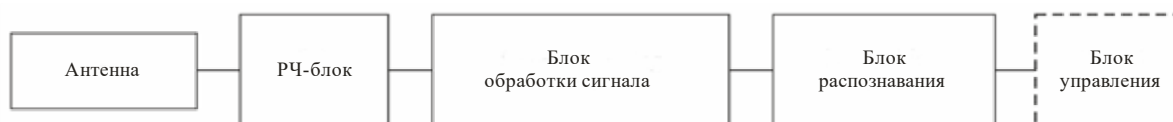
В зависимости от количества радарных датчиков и места их установки на транспортном средстве можно обнаруживать объекты в разных секторах или даже вокруг всего автомобиля. Сигналы датчиков служат основой не только для систем помощи водителю, таких как ACC, но и для широкого спектра автомобильных приложений активной и пассивной безопасности.

Системы мониторинга пространства вблизи транспортных средств будут играть важную роль в обеспечении безопасности движения. Автомобильные радары высокого разрешения станут ключевой технологией датчиков для автономных транспортных средств. Благодаря своей невосприимчивости к воздействию плохой погоды и грязи автомобильный радар подходит для транспортных средств, эксплуатируемых в сложных условиях.

Конфигурация автомобильного радара показана на рисунке 41.

РИСУНОК 41

Конфигурация автомобильного радара



Справочник по системам сухопутной подвижной связи Т.4-41

Автомобильный радар включает следующие подсистемы.

- *Антенна/РЧ-блок*
Эта часть состоит из передающей антенны, приемной антенны, приемного оборудования и передающего оборудования. Здесь производится модуляция сигнала, его преобразование в высокочастотный сигнал, передача радиоволн и прием радиоволн. Этот блок может быть оснащен несколькими антеннами и способен выполнять сканирование в луче.
- *Блок обработки сигнала*
Этот блок оценивает расстояние и скорость на основе подсчета сигналов, переданных радиочастотным блоком. Иногда здесь выполняется оценка расстояния и скорости, а также смягчение воздействия помех. Когда антенна выполняет сканирование в луче, этот блок вычисляет направление на обнаруженные объекты.
- *Блок распознавания*
Этот блок может выбирать и упорядочивать наиболее востребованные или необходимые данные в зависимости от потребностей каждой системы. Например, блок распознает наиболее существенные препятствия и может оценить, следует ли автомобиль, идущий впереди, по той же полосе. Иногда этот блок усредняет собранные значения, отфильтровывает помехи и повышает точность измерения и надежность данных, отслеживая объекты и объединяя данные с данными других датчиков.

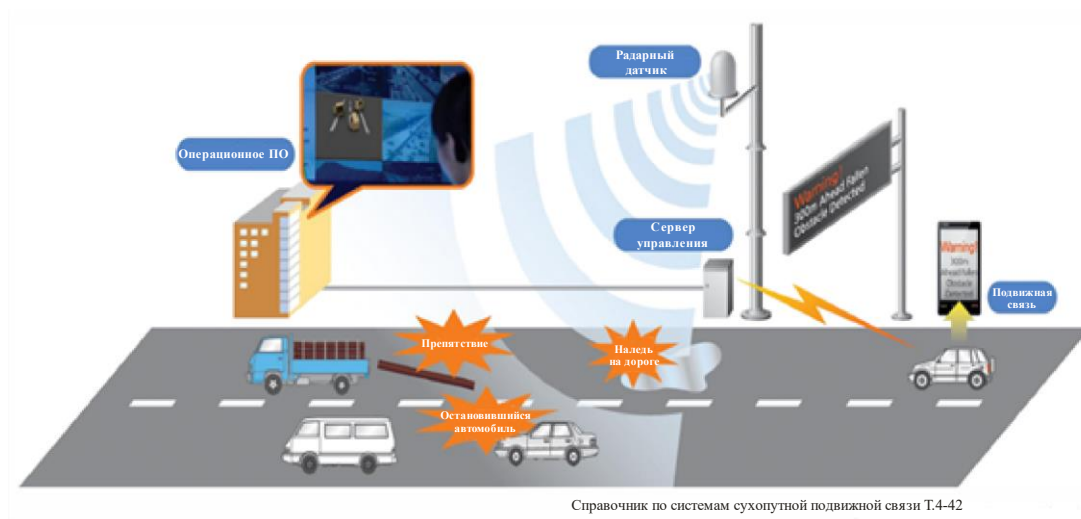
Радар для системы обнаружения дорожных происшествий¹⁷

Служба обнаружения происшествий, развернутая в Корее, позволяет водителям транспортных средств получать в режиме реального времени информацию о неожиданной дорожной ситуации (препятствие, остановившееся транспортное средство или транспортное средство, движущееся по встречной полосе, наледь на дороге и т. п.) с помощью системы автоматического обнаружения в режиме реального времени с использованием радарных датчиков для предотвращения аварий. Она также предоставляет информацию об условиях дорожного движения в пределах 1 км от радарного датчика. Эта служба помогает водителю в проливной дождь и туманную погоду, предоставляя информацию в режиме реального времени с помощью системы обнаружения происшествий.

¹⁷ Технический регламент на нелицензируемое радиооборудование: Министерство науки и ИКТ, Республика Корея, уведомление 2014-57, 2014.9.30; статья 17 "Радар для обнаружения дорожной информации".

РИСУНОК 42

Дорожный радар для обнаружения происшествий



Характеристики радара для обнаружения происшествий, работающего на частоте 34 ГГц, приведены в таблице 26.

ТАБЛИЦА 26

Система дорожного радара

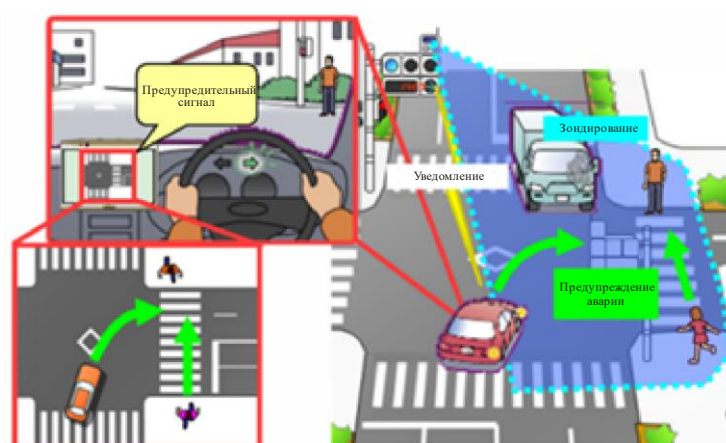
Характеристика (параметр)	Значение
Эксплуатационные характеристики	
Приложение/служба	Система обнаружения дорожных происшествий
Типичная установка	Придорожный столб (или портал)
Технические характеристики	
Максимальная дальность действия	1000 м
Диапазон частот	34,275–34,875 ГГц
Указанная полоса пропускания (типовая)	До 600 МГц
Пиковая мощность (э.и.и.м.)	До +55 дБм
Средняя мощность (э.и.и.м.)	До +45 дБм

Радар для поддержки скоординированного вождения

В Японии для обеспечения безопасности на перекрестках разработана и внедрена система поддержки скоординированного вождения. В ней используется радар миллиметрового диапазона в качестве придорожного датчика для обнаружения пешеходов, велосипедистов и транспортных средств, въезжающих на перекресток. Придорожный датчик обычно устанавливается примерно на той же высоте, что и светофоры, и имеет широкое поле обзора. Система предупреждает автомобилистов о потенциальных опасностях с помощью ИТС-радиосвязи.

РИСУНОК 43

Поддержка скоординированного вождения



Справочник по системам сухопутной подвижной связи Т.4-43

4.6.4 Характеристики распространения радиоволн

Для оценки характеристик распространения миллиметровых волн используется двухлучевая модель распространения между прямой волной и волной, отраженной от поверхности дороги. На рисунке 45 схематически показана двухлучевая модель распространения. В этой модели принимаемая мощность P_r выражается примерно так же, как и на рисунке, где P_t – это переданная мощность, G_t и G_r – усиление антенны передатчика и приемника, $L(r)$ – коэффициент поглощения в кислороде, λ – длина волны, r – расстояние между антеннами, d – горизонтальное расстояние между антеннами, а h_t и h_r – высота передатчика и приемника соответственно. В этой модели коэффициент отражения покрытия дороги считается равным -1 , а направленность антенны не учитывается. Ослабление из-за поглощения молекулами кислорода предполагается равным 16 дБ/км.

РИСУНОК 44

Двухлучевая модель распространения

$$\text{Принимаемая мощность } P_r = \frac{P_t G_t G_r}{L(r)} \left(\frac{\lambda}{4\pi r} \right)^2 \sin \left(\frac{2\pi h_t h_r}{\lambda d} \right)$$

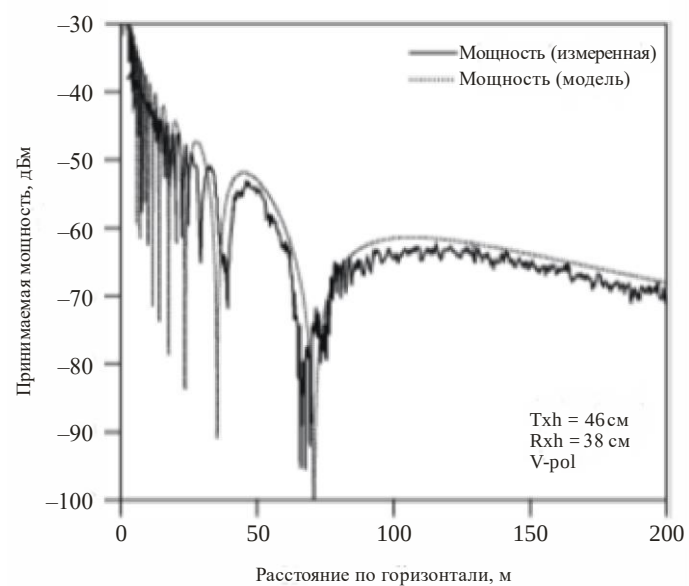
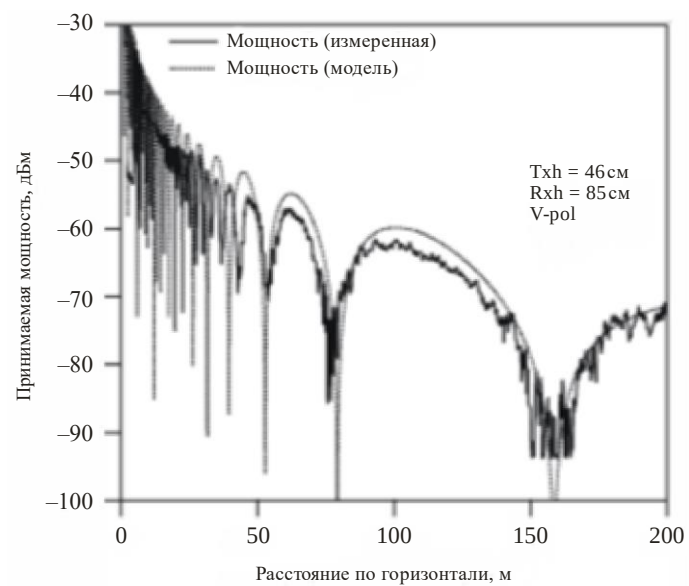


Справочник по системам сухопутной подвижной связи Т.4-44

На рисунке 45 показаны результаты измерения принимаемой мощности. По горизонтальной оси отложено расстояние между автомобилями. Результаты измерений мощности совпадают с данными, полученными при помощи двухлучевой модели распространения.

РИСУНОК 45

**Результаты измерения принимаемой мощности сигнала
между транспортными средствами**



Справочник по системам сухопутной подвижной связи Т.4-45

ГЛАВА 5

СТАНДАРТЫ

В этой главе описаны стандарты МСЭ-R и промышленные стандарты, принятые в Районах 1, 2 и 3 для использования радиотехнологий в применениях ИТС.

5.1 Стандарт DSRC

5.1.1 Международный стандарт DSRC

ТАБЛИЦА 27

Международный стандарт ETC

ОРС	Номер стандарта	Наименование стандарта
МСЭ	МСЭ-R M.1453-2	Интеллектуальные транспортные системы – выделенная связь на короткие расстояния в диапазоне частот 5,8 ГГц

5.1.2 Стандарт DSRC в Районе 1

Стандарты ETSI определяют оборудование OBE и RSE и спецификацию тестирования для электронного сбора дорожной пошлины.

ТАБЛИЦА 28

Стандарт ETC в Европе

ОРС	Номер стандарта	Наименование стандарта
ETSI	EN 300 674	Телематические службы для дорожного транспорта и движения (RTTT); передающее оборудование для выделенной связи на короткие расстояния (DSRC) (500 кбит/с/250 кбит/с), работающее в полосе промышленного, научного и медицинского применения (ПНМ) 5,8 ГГц
	ETSI EN 300 674-2-1	Транспорт и телематика управления движением (TTT); передающее оборудование для выделенной связи на короткие расстояния (DSRC) (500 кбит/с/250 кбит/с), работающее в полосе промышленного, научного и медицинского применения (ПНМ) 5,8 ГГц; часть 2: Согласованный стандарт, охватывающий основополагающие требования статьи 3.2 Директивы 2014/53/EU; подчасть 1: Придорожные блоки (RSU)
	ETSI EN 300 674-2-2	Транспорт и телематика управления движением (TTT); передающее оборудование для выделенной связи на короткие расстояния (DSRC) (500 кбит/с/250 кбит/с), работающее в полосе промышленного, научного и медицинского применения (ПНМ) 5,8 ГГц; часть 2: Согласованный стандарт, охватывающий основополагающие требования статьи 3.2 Директивы 2014/53/EU; подчасть 2: Бортовые блоки (OBU)
	TS 102 486	Спецификации испытаний передающего оборудования DSRC

5.1.3 Стандарт DSRC в Районе 2

Несмотря на стремление к общему стандарту и унифицированному взаимодействию по всей Северной Америке¹⁸, в настоящее время в разных местах используются разные проприетарные технологии для придорожного и бортового оборудования электронного сбора дорожной пошлины. Эти технологии не предусматривают прямого взаимодействия, поэтому для того чтобы обеспечить возможность электронного сбора дорожной пошлины в этих районах, требуется множество приемопередатчиков, а для обеспечения ограниченной функциональной совместимости в пределах региональных областей используются соглашения об обмене данными. В долгосрочной перспективе ожидается, что технологии соединенных транспортных средств позволят объединить системы электронного сбора дорожной пошлины в рамках одной или нескольких технологий, основанных на добровольных отраслевых стандартах.

5.1.4 Стандарт DSRC в Районе 3

Стандарты DSRC определяют технологию радиосвязи между OBE и RSE и спецификацию тестирования для электронного сбора дорожной пошлины.

ТАБЛИЦА 29

Стандарт ETC в Азиатско-Тихоокеанском регионе

ОРС	Номер стандарта	Наименование стандарта
TTA	TTAS.KO-06.0025/R1	Стандарт радиосвязи DSRC между придорожным оборудованием и бортовым оборудованием в диапазоне частот 5,8 ГГц
	TTAS.KO-06.0052/R1	Спецификация тестирования DSRC L2 на частоте 5,8 ГГц
	TTAS.KO-06.0053/R1	Спецификация тестирования DSRC L7 на частоте 5,8 ГГц
ARIB	STD-T75	Система выделенной связи на короткие расстояния (DSRC)
SAC (Администрация по стандартизации Китая)	GB/T 20851.1-2007	Электронные системы сбора дорожной пошлины – выделенная связь на короткие расстояния – часть 1: Физический уровень
	GB/T 20851.2-2007	Электронные системы сбора дорожной пошлины – выделенная связь на короткие расстояния – часть 2: Уровень канала передачи данных
	GB/T 20851.3-2007	Электронные системы сбора дорожной пошлины – выделенная связь на короткие расстояния – часть 3: Прикладной уровень
	GB/T 20851.4-2007	Электронные системы сбора дорожной пошлины – выделенная связь на короткие расстояния – часть 4: Применение оборудования
	GB/T 20851.5-2007	Электронные системы сбора дорожной пошлины – выделенная связь на короткие расстояния – часть 5: Методы тестирования основных параметров на физическом уровне
IMDA TSAC	IMDA TS DSRC	Технические условия выделенной связи на короткие расстояния в интеллектуальных транспортных системах

¹⁸ <https://www.ibtta.org/sites/default/files/documents/Interoperability/IBTTA%20White%20Paper%20Toll%20Interoperability%20September%202016.pdf>

5.2 Стандарт радиосвязи усовершенствованных ИТС

ТАБЛИЦА 30

Рекомендации и Отчеты МСЭ

ОРС	Номер документа	Наименование
МСЭ	Рекомендация МСЭ-R М.1890	Эксплуатационные показатели радиосвязи и требования к радиосвязи для передовых интеллектуальных транспортных систем
	Отчет МСЭ-R М.2228	Радиосвязь для усовершенствованных интеллектуальных транспортных систем (ИТС)
	Рекомендация МСЭ-R М.2084	Стандарты радиоинтерфейсов для двусторонней связи между транспортными средствами и между транспортными средствами и инфраструктурой для применений интеллектуальных транспортных систем

5.2.1 Стандарт ITS G5 в Районе 1

Стандарт ITS G5 определяет требования пользователя, системную архитектуру и спецификацию уровней для приложений ИТС V2X.

ТАБЛИЦА 31

Стандарт радиосвязи усовершенствованной ИТС в Европе

ОРС	Номер стандарта	Наименование стандарта
ETSI	Серия TS 102 637	Интеллектуальные транспортные системы (ИТС); автомобильная связь; базовый набор приложений
	EN 302 637-2	ИТС-автомобильная связь; базовый набор приложений; часть 2: Спецификация базовой службы взаимной осведомленности
	EN 302 637-3	ИТС-автомобильная связь; базовый набор приложений; часть 3: Спецификации базовой службы децентрализованного уведомления о состоянии окружающей среды
	EN 302 665	Интеллектуальные транспортные системы (ИТС); архитектура связи
	Серия TS 102 636	Интеллектуальные транспортные системы (ИТС); автомобильная связь; GeoNetworking
	EN 302 636-4-1	Интеллектуальные транспортные системы (ИТС); автомобильная связь; GeoNetworking; часть 4: Географическая адресация и пересылка для связи пункта с пунктом и пункта со многими пунктами; подчасть 1: Функциональные возможности, не зависящие от среды передачи
	TS 102 894-2	ИТС – требования к пользователям и приложениям; часть 2: Общий словарь данных уровня приложений и оборудования. Словарь определений, используемых в других стандартах ETSI TC ITS
	TS 102 890-3	ИТС – функция уровня оборудования; размещение оборудования и управление временем
	EN 302 895	Интеллектуальные транспортные системы (ИТС); автомобильная связь; базовый набор приложений; локальная динамическая карта (LDM)

ТАБЛИЦА 31 (окончание)

ОРС	Номер стандарта	Наименование стандарта
ЕТСИ	TS 101 556-1	Интеллектуальные транспортные системы (ИТС); приложения I2V; спецификация уведомления о месте зарядки электромобиля
	TS 101 556-2	Интеллектуальные транспортные системы (ИТС); инфраструктура автомобильной связи; часть 2: Спецификация системы связи для поддержки эксплуатационных требований по функциональной совместимости информационной системы о состоянии шин (TIS) и датчика давления воздуха в шинах (TPG)
	TS 101 539-1	ИТС – применения V2X; часть 1: Эксплуатационные требования к системе дорожной сигнализации (RHS)
	TS 101 539-3	ИТС – применения V2X; часть 3: Спецификация эксплуатационных требований к системе предупреждения о риске продольного столкновения (LCRW)
	TS 102 792	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
	EN 302 571	Интеллектуальные транспортные системы (ИТС); оборудование радиосвязи, работающее в полосе частот 5855–5925 МГц; согласованный стандарт, охватывающий основополагающие требования статьи 3.2 Директивы 2014/53/EU
	EN 302 686	Интеллектуальные транспортные системы (ИТС); оборудование радиосвязи, работающее в полосе частот 63–64 ГГц; согласованный стандарт, охватывающий основополагающие требования статьи 3.2 Директивы 3 R&TTE Этот стандарт пересматривается с учетом новой полосы частот 63,72–65,88 ГГц и для удовлетворения основных требований статьи 3.2 Директивы 2014/53/EU
	EN 302 663	Интеллектуальные транспортные системы (ИТС); европейский стандартный профиль физического уровня и уровня управления доступом к среде передачи интеллектуальных транспортных систем, работающих в полосе частот 5 ГГц

5.2.2 Стандарт WAVE в Районе 2

Стандарты WAVE определяют требования пользователя, системную архитектуру и спецификацию уровней для приложений ИТС V2X.

ТАБЛИЦА 32

**Стандарты радиосвязи усовершенствованной ИТС
в Соединенных Штатах Америки**

ОРС	Номер стандарта	Наименование стандарта
ASTM	E2213-03	Стандартная спецификация электросвязи и обмена информацией между придорожными и автомобильными системами – спецификации уровня управления доступом к среде передачи (MAC) и физического уровня (PHY) для DSRC в полосе 5 ГГц
IEEE	IEEE 802.11-2016	Спецификации уровня управления доступом к среде передачи (MAC) и физического уровня (PHY) в беспроводной локальной сети
	IEEE 1609.0-2013	Руководство IEEE по WAVE – архитектура
	IEEE 1609.2-2016	Стандарт WAVE IEEE – службы безопасности для приложений и сообщений управления
	IEEE 1609.3-2016	Стандарт WAVE IEEE – сетевые службы
	IEEE 1609.4-2016	Стандарт WAVE IEEE – многоканальные операции
	IEEE 1609.11-2010	Стандарт WAVE IEEE – протокол беспроводного обмена данными электронных платежей для интеллектуальных транспортных систем (ИТС)
	IEEE 1609.12-2016	Стандарт WAVE IEEE – распределение идентификаторов
SAE	SAE J2735, март 2016 года	Словарь набора сообщений для выделенной связи на короткие расстояния (DSRC)
	SAE J2945/1, март 2016 года	Требования к бортовой системе для связи V2V, относящейся к безопасности

5.2.3 Стандарт радиосвязи усовершенствованной ИТС в Районе 3

Существуют стандарты V2X, разработанные ARIB, CCSA, ITS Info-communication Forum, ITS Connect Promotion Forum, CCSA, IMDA TSAC и TTA.

ТАБЛИЦА 33

**Стандарты, технические спецификации и руководства по радиосвязи
для усовершенствованных ИТС в Азиатско-Тихоокеанском регионе**

ОРС	Номер стандарта	Наименование стандарта
TTA	TTAS.KO-06.0175/R2	Система связи транспортных средств, этап 1: требования
	TTAS.KO-06.0193/R2	Система связи транспортных средств, этап 2: архитектура
	TTAS.KO-06.0216/R1	Система связи транспортных средств, этап 3: PHY/MAC
	TTAS.KO-06.0479	Система связи транспортных средств, этап 3: PHY/MAC (LTE-V2X)
	TTAS.KO-06.0234/R1	Система связи транспортных средств, этап 3: сети
	TTAK.KO-06.0242/R1	Система связи транспортных средств, этап 3: интерфейс протокола приложений
	TTAK KO-06.0344	Руководящие указания по бортовой системе информационных экранов для обеспечения безопасности транспортных средств, этап 1: требования
	TTAK KO-06.0344-часть 2	Руководящие указания по бортовой системе информационных экранов для обеспечения безопасности транспортных средств, этап 2: обмен данными

ТАБЛИЦА 33 (окончание)

ОРС	Номер стандарта	Наименование стандарта
ITS Info-communications Forum	ITS FORUM GUIDELINES	– ITS FORUM RC-008. Руководящие указания по управлению эксплуатацией системы связи для помощи водителю – ITS FORUM RC-009. Руководящие указания по безопасности системы связи для помощи водителю – ITS FORUM RC-010. ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ТРАНСПОРТНЫЕ СИСТЕМЫ, РАБОТАЮЩИЕ В ДИАПАЗОНЕ ЧАСТОТ 700 МГц – руководящие указания по расширенным функциям – ITS FORUM RC-013. ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ТРАНСПОРТНЫЕ СИСТЕМЫ, РАБОТАЮЩИЕ В ДИАПАЗОНЕ ЧАСТОТ 700 МГц – экспериментальное руководство по обмену сообщениями между транспортными средствами
ITS Connect Promotion Consortium	ITS Connect TD-001	ITS Connect TD-001. Спецификации сообщений связи между транспортными средствами
ARIB	STD T109	Интеллектуальные транспортные системы, работающие в диапазоне частот 700 МГц
CCSA	YD/T 3400-2018	Общие технические требования к системе связи с транспортными средствами на базе LTE
	YD/T 3340-2018	Технические требования к радиоинтерфейсу системы связи с транспортными средствами на базе LTE
IMDA TSAC	IMDA TS DSRC	Технические спецификации выделенной связи на короткие расстояния в интеллектуальных транспортных системах

5.3 Стандарты сотовой связи V2X

Технологии связи и приложения V2X определяются стандартами V2X LTE.

ТАБЛИЦА 34

Перечень технических спецификаций 3GPP, относящихся к V2X

Номер стандарта	Наименование стандарта
	<Протокол базовой сети и UE>
3GPP TS 22.185	Требования к обслуживанию для услуг V2X
	<Протокол базовой сети и UE>
3GPP TS 23.003	Нумерация, адресация и идентификация
3GPP TS 23.007	Процедуры восстановления
3GPP TS 23.008	Организация абонентских данных
3GPP TS 23.122	Функции уровня "без доступа" (NAS), относящиеся к подвижной станции (MS) в режиме ожидания
3GPP TS 23.203	Архитектура управления политикой и начислением платы
3GPP TS 23.285	Архитектурные усовершенствования службы V2X
3GPP TS 23.303	Услуги на основе эффекта пространственной близости (ProSe); этап 2
3GPP TS 24.301	Протокол уровня "без доступа" (NAS) для улучшенной пакетной системы (EPS); этап 3

ТАБЛИЦА 34 (продолжение)

Номер стандарта	Наименование стандарта
3GPP TS 24.334	Аспекты протокола связи между пользовательским оборудованием (UE), поддерживающим услуги на основе эффекта пространственной близости (ProSe), и функцией ProSe; этап 3
3GPP TS 24.385	Объект управления (МО) в системе услуг V2X
3GPP TS 24.386	Аспекты протокола связи между пользовательским оборудованием (UE) и функцией управления V2X; этап 3
3GPP TS 29.116	Передача репрезентативного состояния через эталонную точку xMB между поставщиком контента и BM-SC
3GPP TS 29.212	Управление политикой и начислением платы (PCC); эталонные точки
3GPP TS 29.272	Улучшенная пакетная система (EPS); интерфейсы на базе протокола Diameter, связанные с объектом управления мобильностью (MME) и обслуживающим узлом поддержки GPRS (SGSN)
3GPP TS 29.388	Аспекты связи (V4) между функцией управления V2X и домашним сервером абонента (HSS); этап 3
3GPP TS 29.389	Аспекты сигнализации между функциями управления V2X (V6); этап 3
3GPP TS 29.468	Инструменты реализации системы групповой связи для LTE (GCSE_LTE); эталонная точка MB2; этап 3
3GPP TS 31.102	Характеристики приложения Универсальный модуль идентификации абонента (USIM)
	<Безопасность>
3GPP TS 33.185	Аспекты безопасности для поддержки услуг V2X в сетях LTE
	<Требования к рабочим характеристикам устройств>
3GPP TS 36.101	Расширенный универсальный наземный радиодоступ (E-UTRA); оборудование пользователя (UE) – радиопередача и прием
3GPP TS 36.133	Расширенный универсальный наземный радиодоступ (E-UTRA); требования к поддержке управления радиоресурсами
	<Аспекты физического уровня>
3GPP TS 36.211	Расширенный универсальный наземный радиодоступ (E-UTRA); физические каналы и модуляция
3GPP TS 36.212	Расширенный универсальный наземный радиодоступ (E-UTRA); мультиплексирование и кодирование каналов
3GPP TS 36.213	Расширенный универсальный наземный радиодоступ (E-UTRA); процедуры физического уровня
3GPP TS 36.214	Расширенный универсальный наземный радиодоступ (E-UTRA); физический уровень; измерения
	<Протоколы управления доступом к среде передачи и радиоресурсами>
3GPP TS 36.300	Расширенный универсальный наземный радиодоступ (E-UTRA) и сеть расширенного универсального наземного радиодоступа (E-UTRAN); общее описание; этап 2
3GPP TS 36.302	Расширенный универсальный наземный радиодоступ (E-UTRA); услуги, предоставляемые физическим уровнем

ТАБЛИЦА 34 (окончание)

Номер стандарта	Наименование стандарта
3GPP TS 36.304	Расширенный универсальный наземный радиодоступ (E-UTRA); процедуры, применяемые к оборудованию пользователя (UE) в режиме ожидания
3GPP TS 36.306	Расширенный универсальный наземный радиодоступ (E-UTRA); возможности радиодоступа оборудования пользователя (UE)
3GPP TS 36.321	Расширенный универсальный наземный радиодоступ (E-UTRA); спецификация протокола управления доступом к среде передачи (MAC)
3GPP TS 36.322	Расширенный универсальный наземный радиодоступ (E-UTRA); спецификация протокола управления радиоканалом (RLC)
3GPP TS 36.323	Расширенный универсальный наземный радиодоступ (E-UTRA); спецификация протокола конвергенции пакетной передачи данных (PDCP)
3GPP TS 36.331	Расширенный универсальный наземный радиодоступ (E-UTRA); управление радиоресурсами (RRC); спецификация протокола
	<Аспекты сети радиодоступа>
3GPP TS 36.443	Сеть расширенного универсального наземного радиодоступа (E-UTRAN); прикладной протокол для интерфейса M2 (M2AP)
3GPP TS 36.413	Сеть расширенного универсального наземного радиодоступа (E-UTRAN); прикладной протокол для интерфейса S1 (S1AP)
3GPP TS 36.423	Сеть расширенного универсального наземного радиодоступа (E-UTRAN); прикладной протокол для интерфейса X2 (X2AP)

5.4 Стандарты радиовещания

ТАБЛИЦА 35

Перечень стандартов радиовещания

ОРС	Номер стандарта	Наименование стандарта
ТТА	TTAS.KO-07.0035	Системы цифрового наземного мультимедийного радиовещания (DMB); спецификация службы передачи информации о трафике и пути следования для DMB в диапазоне ОВЧ-радиовещания при приеме сигналов на подвижные, переносные и стационарные приемники
	TTAS.KO-07.0106/R1	Спецификация службы GPS на основе разницы ТТИ для DMB при приеме сигналов на подвижные, переносные и стационарные приемники

5.5 Связь и радары миллиметрового диапазона

5.5.1 Стандарты автомобильных радаров миллиметрового диапазона в МСЭ

ТАБЛИЦА 36

Международные стандарты автомобильных радаров миллиметрового диапазона

ОРС	Номер стандарта		Наименование стандарта
МСЭ	Рекомендация	МСЭ-R M.1452	Системы радиосвязи диапазона миллиметровых волн для применений интеллектуальных транспортных систем
		МСЭ-R M.2057	Характеристики систем автомобильных радаров, работающих в полосе частот 76–81 ГГц, для применений интеллектуальных транспортных систем
	Отчет	МСЭ-R M.2322	Характеристики систем и совместимость автомобильных радаров, работающих в полосе частот 77,5–78 ГГц, для исследований совместного использования частот
		МСЭ-R F.2394	Совместимость применений для связи пункта с пунктом в фиксированной службе, работающих в полосах 71–76 ГГц и 81–86 ГГц, и применений автомобильных радаров в радиолокационной службе, работающих в полосах 76–81 ГГц

5.5.2 Стандарты автомобильных радаров миллиметрового диапазона в Районе 1

ТАБЛИЦА 37

Стандарты автомобильных радаров миллиметрового диапазона в Европе

ОРС	Номер стандарта	Наименование стандарта
ETSI	TR 101 983	Радиооборудование для работы в диапазоне частот от 76 ГГц до 77 ГГц; системный справочный документ по радарам малого радиуса действия, устанавливаемым на сооружениях дорожной инфраструктуры
	EN 301 091 части 1–2	Устройства малого радиуса действия; телематические службы для дорожного транспорта и движения (RTTT); радиолокационное оборудование, работающее в диапазоне частот от 76 ГГц до 77 ГГц
	EN 302 258 части 1–2	Устройства малого радиуса действия; телематические службы для дорожного транспорта и движения (RTTT); радиолокационное оборудование, работающее в диапазоне частот от 24,05 ГГц до 24,25 ГГц или от 24,05 ГГц до 24,50 ГГц
	EN 302 288 части 1–2	Устройства малого радиуса действия; телематические службы для дорожного транспорта и движения (RTTT); радиолокационное оборудование, работающее в диапазоне частот 24 ГГц
	EN 302 264 части 1–2	Устройства малого радиуса действия; телематические службы для дорожного транспорта и движения (RTTT); радиолокационное оборудование, работающее в диапазоне частот от 77 ГГц до 81 ГГц

5.5.3 Стандарты автомобильных радаров миллиметрового диапазона в Районе 2

ТАБЛИЦА 38

Стандарты автомобильных радаров миллиметрового диапазона в Северной и Южной Америке

ОПС	Номер стандарта	Наименование стандарта
	ANSI C63.10-2013	
	FCC часть 15.249	FCC часть 15. ЧАСТЬ 15 – РАДИОЧАСТОТНЫЕ УСТРОЙСТВА Эксплуатация в диапазонах частот 902–928 МГц, 2400–2483,5 МГц, 5725–5875 МГц и 24,0–24,25 ГГц
	FCC часть 15.252	FCC часть 15. ЧАСТЬ 15 – РАДИОЧАСТОТНЫЕ УСТРОЙСТВА 15.252. Эксплуатация широкополосных автомобильных радиолокационных систем в диапазонах частот 16,2–17,7 ГГц и 23,12–29,0 ГГц
	FCC часть 95M	FCC часть 15. ЧАСТЬ 15 – РАДИОЧАСТОТНЫЕ УСТРОЙСТВА 15.253. Эксплуатация в диапазонах частот 46,7–46,9 ГГц и 76,0–77,0 ГГц
	FCC часть 15.515	FCC часть 15. ЧАСТЬ 15 – РАДИОЧАСТОТНЫЕ УСТРОЙСТВА 15.515. Технические требования к автомобильным радиолокационным системам

5.5.4 Стандарты автомобильных радаров миллиметрового диапазона в Районе 3

ТАБЛИЦА 39

Стандарты автомобильных радаров миллиметрового диапазона в Азиатско-Тихоокеанском регионе

ОПС	Номер стандарта	Наименование стандарта
ARIB	STD-T48	Радар миллиметрового диапазона для заданной маломощной радиостанции
	STD-T111	Радар высокого разрешения, работающий в диапазоне частот 79 ГГц
IMDA TSAC	IMDA TS SRD	
	IMDA TS UWB	

ГЛАВА 6

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЧАСТОТ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЙ ИТС

В этой главе приведены радиочастоты, присвоенные технологиям радиосвязи для применений ИТС. Сводка присвоений радиочастот представлена в таблице ниже.

ТАБЛИЦА 40

Частоты, используемые радиотехнологиями для применений ИТС

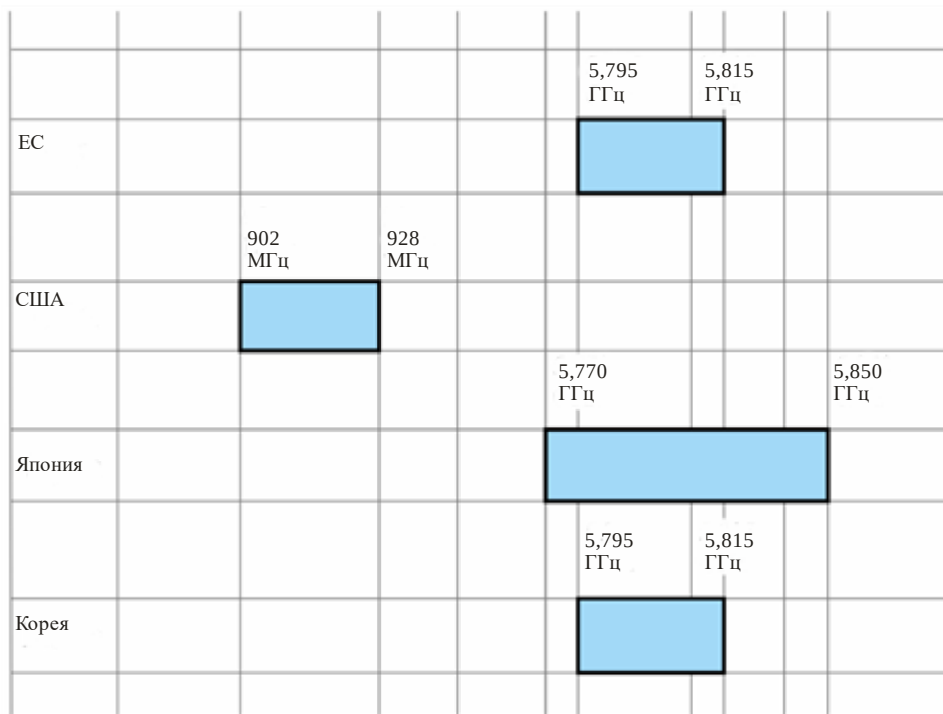
Радиотехнологии ИТС	Используемые частоты
DSRC	900 МГц (только некоторые страны в Районе 2), 2,4 ГГц, 5,8 ГГц
Технология радиосвязи усовершенствованной ИТС	760 МГц, 5,9 ГГц, 63–66 ГГц
ЧМ-радиовещание	74–90 МГц
Автомобильный радар	5,8 ГГц, 24 ГГц, 60 ГГц, 76 ГГц, 79 ГГц
Дорожный радар	34 ГГц

6.1 Использование частот для DSRC

На рисунке 46 показаны диапазоны частот, используемые для DSRC в Европе, Северной Америке, Японии и Корее. За исключением полосы 900 МГц в Северной Америке (902–928 МГц), текущее использование диапазонов частот для каждого района согласовано в диапазоне частот промышленного, научного и медицинского применения (ПНМ) около 5,8 ГГц.

РИСУНОК 46

Использование частот для связи DSRC



Справочник по системам сухопутной подвижной связи Т.4-46

В разделе 4.1.3 описаны технологии и характеристики DSRC в диапазоне частот 5,8 ГГц, дополняющие содержание Рекомендации МСЭ-R М.1453-2 "Интеллектуальные транспортные системы – выделенная связь на короткие расстояния в диапазоне частот 5,8 ГГц".

6.2 Использование частот для радиосвязи усовершенствованных ИТС

Диапазон частот для выделенной связи V2X показан на рисунке 47.

РИСУНОК 47

Использование частот для радиосвязи усовершенствованных ИТС

						5,855 ГГц	5,925 ГГц	63,72 ГГц	65,88 ГГц
ЕС									
						5,850 ГГц	5,925 ГГц		
США, Канада									
						5,855 ГГц	5,925 ГГц		
Бразилия									
							5,905 ГГц	5,925 ГГц	
Китай									
		755,5 МГц	764,5 МГц	5,770 ГГц		5,850 ГГц			
Япония									
						5,855 ГГц	5,925 ГГц		
Корея									
						5,855 ГГц	5,925 ГГц		
Сингапур									
						5,855 ГГц	5,925 ГГц		
Австралия									

Справочник по системам сухопутной подвижной связи Т.4-47

6.3 Использование частот для сотовых сетей

Сотовые сети работают в разных диапазонах частот, включая диапазоны 450 МГц, 700 МГц, 800 МГц, 900 МГц, 1800 МГц, 2100 МГц и 2600 МГц, добавлявшиеся по мере того, как аналоговые AMPS 1-го поколения эволюционировали до LTE 4-го поколения. Ожидается, что новейшие технологии 5-го поколения (5G) будут использовать диапазоны частот 3,5 ГГц и 28 ГГц. Таблица частот опущена, поскольку присвоение и эксплуатация частот определяются странами в Районах 1, 2 и 3 МСЭ.

6.4 **Использование частот для радиовещания**

РИСУНОК 48
Использование частот для радиовещания

			87,5 МГц		108 МГц				
ЕС									
			87,5 МГц		108 МГц				
США									
		76 МГц			90 МГц				
Япония									
			88 МГц		108 МГц		1452 МГц	1492 МГц	
Корея									

Справочник по системам сухопутной подвижной связи Т.4-48

6.5 **Использование частот для автомобильных и дорожных радаров миллиметрового диапазона**

РИСУНОК 49
Радары миллиметрового диапазона

		21,65 ГГц		26,65 ГГц							76 ГГц	77 ГГц	81 ГГц
ЕС													
		22 ГГц			29 ГГц						76 ГГц	77 ГГц	
США													
		22 ГГц			29 ГГц						76 ГГц	77 ГГц	81 ГГц
Бразилия													
			24 ГГц		29 ГГц			60 ГГц	61 ГГц		76 ГГц	77 ГГц	81 ГГц
Япония													
			24,25 ГГц	26,65 ГГц		74,275 ГГц	34,875 ГГц				76 ГГц	77 ГГц	81 ГГц
Корея													

Справочник по системам сухопутной подвижной связи Т.4-49

Приложение А

Список сокращений

3GPP	3rd Generation partnership program		Программа партнерства для подвижной связи 3-го поколения
ACN	Automatic crash notification		Автоматическое уведомление о столкновении
ACC	Adaptive cruise control		Адаптивный круиз-контроль
ACR	Access control router		Маршрутизатор управления доступом
ADSL	Asymmetric digital subscriber loop		Асимметричная цифровая абонентская линия
AGPS	Assisted GPS		GPS с системой помощи
AHS	Automated highway system		Автоматизированная сеть автомобильных дорог
AoA	Angle of arrival		Угол прибытия
ARIB	Association of Radio Industries and Businesses		Ассоциация представителей радиопромышленности и бизнеса
ASECAP	Association of operators of toll road infrastructures		Ассоциация операторов инфраструктуры платных дорог
ASK	Amplitude shift keying	АМН	Амплитудная манипуляция
ASL	Application sub-layer		Прикладной подуровень
ASTM	American Society for Testing and Materials, later ASTM International		Американское общество по испытанию материалов, позднее – ASTM International
ATIS	Advanced traffic information service		Улучшенная служба информации о трафике
AVI	Automatic vehicle identification		Автоматическая идентификация транспортного средства
AWG	APT Wireless Group		Группа по беспроводной связи АТСЭ
BCMCS	Broadcast-multicast service		Услуга радиовещательной многоадресной передачи
BER	Bit error rate		Коэффициент ошибок по битам
BIS	Bus information system		Автобусная информационная система
BMS	Bus manafement system		Система управления для автобусов
BPSK	Binary phase shift keying		Двухпозиционная фазовая манипуляция
C2C-CC	CAR-to-CAR Communication Consortium		Консорциум связи между автомобилями
CACC	Cooperative adaptive cruise control		Скоординированный адаптивный круиз-контроль

CAMP	Crash Avoidance Metric Partnership		Партнерство по измерениям для предотвращения столкновений
CCSA	China Communications Standard Association		Китайская ассоциация по стандартам в области связи
CCTV	Closed circuit television		Замкнутая телевизионная система
CDMA	Code division multiple access		Многостанционный доступ с кодовым разделением
CEDR	Conference of European Directors of Roads		Конференция руководителей автодорожных администраций европейских стран
CEN	European Committee for Standardization		Европейский комитет по стандартизации
CEPT	European Conference of Postal and Telecommunications Administrations	СЕПТ	Европейская конференция администраций почт и электросвязи
C-ITS	Cooperative ITS communication	С-ИТС	Связь в рамках совместных ИТС
CLI	Caller line identification		Идентификация линии вызывающего абонента
CSMA	Carrier sensing multiple access		Многостанционный доступ с контролем несущей
DARC	Data radio channel		Радиоканал передачи данных
DB	Data base		База данных
DCC	Distributed Congestion Control		Распределенный контроль перегруженности
DCU	Data communication unit		Блок передачи данных
DELTA	DSRC electronics implementation for transportation and automotive applications		Электронная реализация DSRC для транспортных и автомобильных приложений
DGPS	Differential globe positioning system		Дифференциальная система глобального позиционирования
DMB	Digital multimedia broadcasting		Цифровое мультимедийное радиовещание
DQPSK	Differential QPSK		Дифференциальная квадратурная фазовая манипуляция
DSB	Digital sound broadcasting		Цифровое звуковое вещание
DSRC	Dedicated short range communications		Выделенная связь на короткие расстояния
DTTB	Digital terrestrial television broadcasting		Цифровое наземное телевизионное вещание
ECC	Electronic Communications Committee		Комитет по электронным средствам связи
EID	Entity identification		Идентификация элемента

EIRP	Effective isotropic radiation power	э.и.и.м.	Эффективная изотропно-излучаемая мощность
ERC	European Radio Communications Committee		Европейский комитет по радиосвязи
ERI	Electronic registration identification		Электронная регистрация идентификации
ETC	Electronic toll collection		Электронный сбор пошлины
ETSI	European Telecommunications Standardization Institute	ЕТСИ	Европейский институт стандартизации электросвязи
EU	European Union	ЕС	Европейский союз
EV	Electric vehicle		Электромобиль
FA	Foreign agent		Внешний агент
FCC	Federal Communications Committee	ФКС	Федеральная комиссия по связи
FDD	Frequency division duplexing		Дуплекс с частотным разделением
FDMA	Frequency division multiple access		Многостанционный доступ с частотным разделением
FEC	Forward error control		Упреждающий контроль ошибок
FFT	Fast Fourier transform	БПФ	Быстрое преобразование Фурье
FLO	Forward link only technology		Технология без обратного канала
FM0	Frequency modulation 0		Частотная модуляция по нулю
FOT	Field operational tests		Полевые эксплуатационные испытания
FWA	Fixed wireless access	ФБД	Фиксированный беспроводный доступ
GMLC	Gateway mobile location centre		Шлюз для центра определения местоположения подвижного объекта
GMSK	Gaussian filtered minimum shift keying		Гауссовская (фильтрованная) манипуляция с минимальным сдвигом
GNSS	Global navigation satellite system	ГНСС	Глобальная навигационная спутниковая система
GPR	Ground penetrating radars		Подповерхностные радары
GPS	Global positioning system		Система глобального позиционирования
HDLC	High-level data link control		Высокоуровневое управление каналом передачи данных
HSDPA	High speed downlink packet access		Высокоскоростной доступ с пакетной передачей на линии вниз
IAG	Interagency Group		Межведомственная группа
ICT	Information and communication technology	ИКТ	Информационно-коммуникационные технологии
ID	IDentification		Идентификация

IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers		Институт инженеров по электронике и электротехнике
IETF	Internet Engineering Task Force		Целевая группа по инженерным проблемам интернета
IMDA	Infocomm Media Development Authority (Singapore)		Агентство по развитию инфокоммуникаций и средств массовой информации (Сингапур)
IMS	IP multimedia subsystem		Мультимедийная IP-подсистема
IMT-2000	International mobile telecommunication-2000		Международная подвижная электросвязь 2000
IP	Internet Protocol		Протокол Интернет
ISM	Industrial, scientific and medical	ПНМ	Промышленный, научный, медицинский
ISO	International Organization for Standardization	ИСО	Международная организация по стандартизации
ITI	Intelligent transportation infrastructure		Интеллектуальная транспортная инфраструктура
ITS	Intelligent transport system	ИТС	Интеллектуальная транспортная система
LAN	Local area network		Локальная сеть
LBS	Location based service		Услуги, предоставляемые с учетом местоположения пользователя
LCD	Liquid crystal display		Жидкокристаллический дисплей
LCP	Local control protocol		Местный протокол управления
LDM	Local dynamic map		Локальная динамическая карта
LED	Light emitting diode		Светодиод
LMS	Location and monitoring service		Услуга определения и контроля местоположения
LMSK	Level controlled minimum shift keying		Манипуляция с минимальным сдвигом, управляемым уровнем
LOS	Line of sight		В пределах прямой видимости
LRR	Long range vehicular radar		Автомобильный радар дальнего действия
LTE	Long term evolution		Долгосрочное развитие
LTE-V2X	LTE based V2X		V2X на базе LTE
MAC	Medium access control		Управление доступом к среде передачи
MDSS	Maintenance decision support system		Система поддержки принятия решений по техническому обслуживанию
MIC	Ministry of Internal Affairs and Communications		Министерство внутренних дел и связи

MMD	Multi-media domain	Мультимедийный домен
MMI	Man machine interface	Интерфейс человек–машина
MMS	Multimedia messaging service	Служба передачи мультимедийных сообщений
MNO	Mobile network operator	Оператор сети подвижной связи
MOCT	Ministry of Construction and Transportation	Министерство строительства и транспорта
MRPI	Medium range pre-information	Предварительные данные средней дальности
MS	Mobile station	Подвижная станция
NLOS	Non-line of sight	Вне зоны прямой видимости
NMS	Network monitoring system	Система мониторинга сети
NOMA	Non-orthogonal multiple access	Неортогональный многостанционный доступ
NRZ	None return to zero	Без возврата к нулю
NRZI	None return to zero inverted	Без возврата к нулю с инверсией
OBD	On-board diagnostics	Бортовая система диагностики
OBE	On-board equipment	Бортовое оборудование
OBU	On-board unit	Бортовой блок
OFDM	Orthogonal frequency division multiplexing	Мультиплексирование с ортогональным частотным разделением
OFDMA	Orthogonal frequency division multiple access	Многостанционный доступ с ортогональным частотным разделением
OSI	Open system interconnection	Взаимосвязь открытых систем
OTDoA	Observed time difference of arrival	Наблюдаемая разность времени прибытия
P2C	Pedestrian to centre	Связь пешехода с центральной станцией
P2I	Pedestrian to infrastructure	Связь пешехода с оборудованием инфраструктуры
P2V	Pedestrian to vehicle	Связь пешехода с транспортным средством
P2X	Pedestrian to anything	Связь пешехода с различными объектами
PC5	Device-to-device direct link	Прямая связь между устройствами
PCS	Personal communication service	Услуга персональной связи
PDA	Personal digital assistance	КПК Карманный персональный компьютер
PDE	Position determination entity	Объект определения местоположения
PHY	Physical layer	Физический уровень

POI	Point of interest		Пункт, представляющий интерес
POLIS	European cities and regions networking for innovative transport solutions		Сетевые технологии для инновационных решений в области транспорта европейских городов и регионов
ProSe	Proximity server		Сервер для услуг на основе эффекта пространственной близости
PSAP	Public safety answering point		Пункт сообщений общественной безопасности
PSAP	Public Safety and Assistance Party		Служба общественной безопасности и помощи
PSK	Phase shift keying	ФМН	Фазовая манипуляция
PSS	Portable subscriber station		Портативная абонентская станция
PSTN	Public switched telephone network	КТСОП	Коммутируемая телефонная сеть общего пользования
PTIS	Public transportation information system		Система информации на общественном транспорте
QAM	Quadrature amplitude modulation		Квадратурная амплитудная модуляция
QPSK	Quadrature phase shift keying		Квадратурная фазовая манипуляция
RADAR	Radio detecting and ranging		Радиоаппаратура обнаружения цели и определения дальности
RDS	Radio Data System		Система передачи данных по радио
RF	Radio frequency	РЧ	Радиочастота
RSE	Roadside equipment		Придорожное оборудование
RSU	Roadside unit		Придорожный блок
RTT	Radio transmission technology		Технология радиопередачи
RTTT	Road transport and traffic telematics		Телематические службы для дорожного транспорта и движения
RVC	Road vehicle communication	ДТС	Связь между дорожной инфраструктурой и транспортным средством
SDM	Serving and diagnostic module		Служебный и диагностический модуль
SIP	Session initiation protocol		Протокол инициирования сеанса связи
SNP	Signalling network protocol		Сетевой протокол сигнализации
SRR	Short range vehicular radar		Автомобильный радар малого радиуса действия
STA	Station		Станция
TCP/IP	Transmit control protocol/Internet protocol		Протокол управления передачей/протокол Интернет

TDD	Time division duplexing		Дуплекс с временным разделением
TDMA	Time division multiple access		Многостанционный доступ с временным разделением
TDoA	Time difference of arrival		Разница во времени прибытия
TIA	Telecommunications Industry Association		Отраслевая ассоциация в области электросвязи
ToA	Time of arrival		Время прибытия
TPC	Transmit power control		Управление мощностью передачи
TPEG	Transport Protocol Experts Group		Группа экспертов по транспортным протоколам
TRS	Trunked radio system		Система магистральной радиосвязи
TSAC	Telecommunications Standards Advisory Committee (Singapore)		Консультативный комитет по стандартам электросвязи (Сингапур)
TTA	Telecommunication Technology Association		Ассоциация технологий электросвязи
TTI	Traffic and travel information		Информация о трафике и пути следования
UDP/IP	User datagram protocol/Internet protocol		Протокол дейтаграмм пользователя/протокол Интернет
UAE	United Arab Emirates		Объединенные Арабские Эмираты
UE	User equipment		Оборудование пользователя
UMTS	Universal mobile telecommunications system		Универсальная система подвижной электросвязи
URA	UTRAN registration area		Область регистрации UTRAN
USD	Universal service directive		Директива об универсальной услуге
UTRAN	UMTS terrestrial radio access network		Наземная сеть радиодоступа UMTS
Uu	Link between a base station and a device		Связь между базовой станцией и устройством
UWB	Ultra-wideband	СШП	Сверхширокополосный
V2I	Vehicle to infrastructure		Связь между транспортным средством и оборудованием инфраструктуры
V2N	Vehicle to network		Связь между транспортным средством и сетью
V2V	Vehicle to vehicle communication		Связь между транспортными средствами
V2X	Vehicle to anything		Связь между транспортным средством и различными объектами
VICS	Vehicle information and communication system		Информационно-коммуникационная система для транспортных средств
VIN	Vehicle identification number		Идентификационный номер транспортного средства

VMC	Vehicle multi-hop communication	Автомобильная многоскачковая связь
VMS	Variable message signs	Дорожное табло объявлений с изменяемой информацией
VoIP	Voice over Internet protocol	Передача голоса по протоколу Интернет
WAVE	Wireless access for vehicle environment	Беспроводной доступ в условиях движущихся транспортных средств
WCDMA	Wide-band code division multiple access	Широкополосный многостанционный доступ с кодовым разделением каналов
WDN	Wireless packet data network	Сеть беспроводной пакетной передачи данных
WiBro	Wireless broadband	Широкополосный беспроводной
WiMax	Worldwide interoperability for microwave access	Всемирная функциональная совместимость для микроволнового доступа
WIPI	Wireless Internet platform for interoperability	Беспроводная интернет-платформа для обеспечения функциональной совместимости
WLAN	Wireless local area network	Беспроводная локальная сеть
WNC	Wireless network controller	Контроллер беспроводной сети
WNS	Wireless network switch	Коммутатор беспроводной сети
WSMP	WAVE short message protocol	Протокол коротких сообщений WAVE

Приложение В

Использование ИТС в некоторых странах

В этом Приложении содержится краткий обзор услуг, стандартов и сценариев использования частот для применений ИТС, перечисленных в таблицах 41–45.

ТАБЛИЦА 41

Краткий обзор использования радиосвязи ИТС в Государствах – Членах МСЭ-R

Страна	Применение	Стандарт	Диапазон частот	Введение в действие
Страны ЕС	ETC	DSRC	5,795~5,815 ГГц	Принят в 2004 году
	С-ИТС	ITS G5	5,855~5,925 ГГц	Развертывание инфраструктуры в некоторых государствах-членах с 2016 года
	ИТС	ETSI EN 302 686	63,72~65,88 ГГц	
	TIS	FM	87,5~108 МГц	
США	ETC	DSRC	902~928 МГц	Принят в 2004 году
	С-ИТС	WAVE	5,850~5,925 ГГц	Планируемое начало серийного производства автомобилей – 2021 год
	TIS	FM	87,5~108 МГц	
Канада	С-ИТС	WAVE	5,850~5,925 ГГц	
Китай	С-ИТС	LTE V2X	5,905~5,925 ГГц	Принят в 2018 году
Япония	ETC	DSRC	5,795~5,805 ГГц и 5,835~5,845 ГГц	Принят в 2001 году
	С-ИТС	ITS Connect	755,5–764,5 МГц	Введен в действие в 2015 году
	VICS	ЧМ-радиовещание	76~90 МГц	Принят в 1996 году
		DSRC	5,770~5,850 ГГц	Принят в 2015 году
Корея	ETC	DSRC	5,795~5,815 ГГц	Принят в 2004 году
	С-ИТС	WAVE, сотовая связь V2X	5,855–5,925 ГГц	Принят в 2016 году
	TIS	ЧМ-радиовещание	88~108 МГц 1452~1492 МГц	
Сингапур	С-ИТС	WAVE	5,855~5,925 ГГц	–
Австралия	С-ИТС	WAVE	5,855~5,925 ГГц	–

ТАБЛИЦА 42

Использование частот для автомобильных радаров миллиметрового диапазона в Районе 1

	Диапазон 24,05–24,25 ГГц для ПМН		76–77 ГГц			77–81 ГГц		
	Документ	Стандарт	Документ	Стандарт	Отчет/ примечания	Документ	Стандарт	Отчет/ примечания
Европа – СЕПТ, ЕС	ERC/REC 70-03 Приложение 5 ИСПОЛНИТЕЛЬ- НОЕ РЕШЕНИЕ КОМИССИИ 2013/752/EU	ETSI EN 302 858 (2013-07)	– ERC/REC 70-03 Приложение 5 – ECC/DEC/(02)01 ИСПОЛНИТЕЛЬ- НОЕ РЕШЕНИЕ КОМИССИИ 2017/1483/EU	ETSI EN 301 091-1 (2006-11)	Отчеты СЕПТ 35, 36 и 37	– 2004/545/EC – ERC/REC 70-03 Приложения 5 и 13 ECC/DEC/(04)03	ETSI EN 302 264-1 (2009-04)	– ECC/REP 056 – Частично: Отчет СЕПТ 003 – Отчеты СЕПТ 46 и 37
– Россия	Решение ГКРЧ № 07-20-03-001 Приложение 7		Решение ГКРЧ № 07-20-03-001 Приложение 7		Дополнение 1 к резолюции Государственной комиссии по радиочастотам № 10-09-03 от 29 октября 2010 года	Решение ГКРЧ № 07-20-03-001 Приложение 7		Дополнение 1 к резолюции Государственной комиссии по радиочастотам № 10-09-03 от 29 октября 2010 года
Арабские государства (Саудовская Аравия, Оман, ОАЭ и др.)	UAE-TRA: Правила для сверхшироко- полосных устройств и устройств малого радиуса действия	Технические условия CITS Док. № RI054 (Rev 2)	UAE-TRA: Правила для сверхшироко- полосных устройств и устройств малого радиуса действия CITS	Техничес- кие условия CITS Док. № RI049 (Rev 2)		77-82 GGz-SRR Решение TRA № 133/2008 от 28 октября 2008 года		

ТАБЛИЦА 43

Использование частот для автомобильных радаров миллиметрового диапазона в Северной и Южной Америке

	Диапазон 24,05-24,25 ГГц для ПМН		76–77 ГГц			77–81 ГГц		
	Документ	Стандарт	Документ	Стандарт	Отчет/ примечания	Документ	Стандарт	Отчет/ примечания
США	FCC Часть 15/15.249		FCC Часть 15/15.253			Планируемый (NPRM FCC15-16)		
Канада		RSS-310	Правила использования спектра SP-47 ГГц	RSS 251				
Бразилия	ANATEL Резолюция № 506		ANATEL Резолюция № 506					

ТАБЛИЦА 44

Использование частот для автомобильных радаров миллиметрового диапазона в Азиатско-Тихоокеанском регионе

	Диапазон 24,05-24,25 ГГц для ПМН		76–77 ГГц			77–81 ГГц		
	Документ	Стандарт	Документ	Стандарт	Отчет/ примечания	Документ	Стандарт	Отчет/ примечания
Республика Корея	Технический регламент MSIT на нелицензируемые устройства (уведомление 2020-58)		Технический регламент MSIT на нелицензируемые устройства (уведомление 2020-58)			Технический регламент MSIT на нелицензируемые устройства (уведомление 2020-58)		
Китай	Технические условия на маломощное радиооборудование (малого радиуса действия) категории G		Технические условия на маломощное радиооборудование (малого радиуса действия), часть XIV					

ТАБЛИЦА 44 (окончание)

	Диапазон 24,05-24,25 ГГц для ПМН		76–77 ГГц			77–81 ГГц		
	Документ	Стандарт	Документ	Стандарт	Отчет/ примечания	Документ	Стандарт	Отчет/ примечания
Япония	Министерство внутренних дел и связи Постановление (46-2010)	ARIB STD-T73	Постановление о регулировании радиооборудования Уведомление MIC (643-1997)	ARIB STD-T48		Постановление о регулировании радиооборудования Уведомление MIC (4432012)	ARIB STD-T111	
Сингапур			Технические условия IMDA Устройства малого радиуса действия	IMDA TS SRD		Технические условия IMDA Сверхширокополос- ные (СШП) устройства	IMDA TS UWB	
Таиланд	Уведомление о правилах лицензирования автомобильных радаров и оборудования радиосвязи	NBTC TS 1011-2560 Раздел 2.1.1	Уведомление о правилах лицензирования автомобильных радаров и оборудования радиосвязи	NBTC TS 1011-2560 Раздел 2.1.2		Уведомление о правилах лицензирования автомобильных радаров и оборудования радиосвязи	NBTC TS 1011-2560 Раздел 2.1.3	
Вьетнам	Положение о технических и эксплуатационных требованиях к устройствам малого радиуса действия (циркуляр № 46/2016/ ТТ-ВТТТТ)		Положение о технических и эксплуатационных требованиях к устройствам малого радиуса действия (циркуляр № 46/2016/ ТТ-ВТТТТ)			Положение о технических и эксплуатационных требованиях к устройствам малого радиуса действия (циркуляр № 46/2016/ ТТ-ВТТТТ)		

ТАБЛИЦА 45

Использование автомобильных радаров миллиметрового диапазона в Азиатско-Тихоокеанском регионе

Страна	Применение	Технология/стандарт	Диапазон частот	Год или планируемый год введения в действие
Австралия	Раздел 66 Передатчики сверхширокополосных автомобильных радарных систем малого радиуса действия	Лицензия на класс радиосвязи (устройства с низким уровнем возможных помех) 2015 года	22–26,5 ГГц	—
	Раздел 66 Передатчики службы радиоопределения		24,0–24,25 ГГц	
	Радар дальнего действия (интеллектуальный круиз-контроль) Раздел 69 Передатчики службы радиоопределения		76–77 ГГц	
	Раздел 70 Передатчики службы радиоопределения		77–81 ГГц	
Китай	Автомобильный радар	Уведомление о вводе в действие технических спецификаций на маломощное радиооборудование (малого радиуса действия)	24,00–24,25 ГГц	Принят в 2005 году
			76–77 ГГц	
	Автомобильный радар	Министерство промышленности и информационных технологий, уведомление об автомобильных радарх малого радиуса действия, работающих в диапазоне частот 24 ГГц	24,25–26,65 ГГц	Принят в 2012 году
	Автомобильный радар	Радар	77–81 ГГц	Полевые испытания в 2017 году
	Автомобильные радиолокационные системы	НКСА1075 Постановление об освобождении от лицензирования	76–77 ГГц ¹⁹	2005 год
			77–81 ГГц ¹⁹	2017 год

¹⁹ Эта частота используется в Гонконге (Китай).

ТАБЛИЦА 45 (продолжение)

Страна	Применение	Технология/стандарт	Диапазон частот	Год или планируемый год введения в действие
Япония	Распознавание окружающей среды (обнаружение препятствий)	Система связи диапазона квазимиллиметровых волн	24,0–24,25 ГГц	Принят в 2010 году
			24,25–29 ГГц	
		Система связи диапазона миллиметровых волн	60–61 ГГц	Принят в 1995 году
			76–77 ГГц	Принят в 2011 году (занимаемая полоса частот 500 МГц) Пересмотрен в 2015 году (занимаемая полоса частот 1 ГГц)
Республика Корея	Радар для предотвращения столкновений транспортных средств	Радар	77–81 ГГц	Принят в 2012 году для частот 78–81 ГГц Пересмотрен в 2017 году в целях включения частот выше 77 ГГц
			24,25–26,65 ГГц	2012 год (устройство "автомобильный радар" может быть установлено до 31 декабря 2021 года и использоваться до окончания срока эксплуатации этого устройства)
			76–77 ГГц	2008 год
	Обнаружение дорожных происшествий	Дорожный радар миллиметрового диапазона	77–81 ГГц	2016 год
Сингапур	Радиолокационные системы малого радиуса действия, такие как автоматический круиз-контроль и системы предупреждения о столкновении для транспортных средств	Радар IMDA TS SRD	34,275–34,875 ГГц	Сентябрь 2014 года
	Автомобильный радар	Радар IMDA TS UWB	76–77 ГГц	2002 год
			77–81 ГГц	2008 год

ТАБЛИЦА 45 (окончание)

Страна	Применение	Технология/стандарт	Диапазон частот	Год или планируемый год введения в действие
Таиланд	Применение автомобильного радара	Стандарт NBTC 1011-2560	22,00–24,05 ГГц	Постановление принято в 2018 году. Лицензии на изготовление и импорт для использования в Таиланде действуют до 31 декабря 2023 года. По истечении этого срока разрешено только использование запасных частей
	Применение автомобильного радара	Стандарт NBTC 1011-2560	24,05–24,25 ГГц	Постановление принято в 2007 году и пересмотрено в 2018 году
	Применение автомобильного радара	Стандарт NBTC 1011-2560	24,25–26,65 ГГц	Постановление принято в 2014 году и пересмотрено в 2018 году. Лицензии на изготовление и импорт для использования в Таиланде действуют до 31 декабря 2023 года. По истечении этого срока разрешено только использование запасных частей
	Применение автомобильного радара	Стандарт NBTC 1011-2560	76–77 ГГц	Постановление принято в 2006 году
	Применение автомобильного радара	Стандарт NBTC 1011-2560	77–81 ГГц	Постановление принято в 2018 году
Вьетнам	Неспецифические применения малого радиуса действия, включая автомобильные радары малого радиуса действия	Устройства с низким уровнем возможных помех	24,00–24,25 ГГц	Постановление принято в 2009 году
	Автомобильный радар	Радар	76–77 ГГц	2012 год
	Автомобильный радар	Радар	77–81 ГГц	2016 год

Приложение С

Публикации по ИТС

1 Обзор

В следующих разделах представлен неполный перечень актуальных публикаций МСЭ по ИТС. Для удобства пользования представлены резюме.

2 Публикации МСЭ

2.1 Рекомендация ВКР

Рекомендация 208 (ВКР-19)

рекомендует

1 администрациям рассмотреть возможность использования согласованных на глобальном или региональном уровне полос частот или их частей, как описано в последних версиях Рекомендаций (например, МСЭ-R М.2121), при планировании и развертывании применений развивающихся ИТС, с учетом пункта *b*) раздела *признавая*, выше;

2 администрациям учитывать, при необходимости, проблемы, связанные с сосуществованием станций ИТС и станций существующих служб (например, земных станций ФСС), принимая во внимание пункт *f*) раздела *учитывая*.

2.2 Рекомендации МСЭ-R

- | | |
|--------------|---|
| МСЭ-R М.1452 | Системы радиосвязи диапазона миллиметровых волн для применений интеллектуальных транспортных систем |
| МСЭ-R М.1453 | Интеллектуальные транспортные системы – выделенная связь на короткие расстояния в диапазоне частот 5,8 ГГц |
| МСЭ-R М.1890 | Интеллектуальные транспортные системы – руководящие указания и задачи |
| МСЭ-R М.2057 | Характеристики систем автомобильных радаров, работающих в полосе частот 76–81 ГГц, для применений интеллектуальных транспортных систем |
| МСЭ-R М.2084 | Стандарты радиointерфейсов для двусторонней связи между транспортными средствами и между транспортными средствами и инфраструктурой для применений интеллектуальных транспортных систем |
| МСЭ-R М.2121 | Согласование полос частот для интеллектуальных транспортных систем подвижной службы |

2.3 Отчеты МСЭ-R

- | | |
|--------------|--|
| МСЭ-R М.2228 | Радиосвязь для усовершенствованных интеллектуальных транспортных систем (ИТС) |
| МСЭ-R М.2322 | Характеристики систем и совместимость автомобильных радаров, работающих в полосе частот 77,5–78 ГГц, для исследований совместного использования частот |
| МСЭ-R F.2394 | Совместимость применений для связи пункта с пунктом в фиксированной службе, работающих в полосах 71–76 ГГц и 81–86 ГГц, и применений автомобильных радаров в радиолокационной службе, работающих в полосах 76–81 ГГц |
| МСЭ-R М.2444 | Примеры планов размещения частот для развертывания интеллектуальных транспортных систем в подвижной службе |
| МСЭ-R М.2445 | Использование интеллектуальных транспортных систем (ИТС) |

3 Другие справочные материалы по ИТС

ARC-IT

Важное обновление эталонной архитектуры национальных интеллектуальных транспортных систем (ИТС), объединяющее материалы, полученные как из Национальной архитектуры ИТС версии 7.1, так и из CVRIA версии 2.2.

ARIB STD-T48

Радар миллиметрового диапазона для заданной маломощной радиостанции
(https://www.arib.or.jp/english/std_tr/telecommunications/std-t48.html)

ARIB STD-T75

Система выделенной связи на короткие расстояния
(https://www.arib.or.jp/english/std_tr/telecommunications/std-t75.html)

ARIB STD-T109

Интеллектуальные транспортные системы, работающие в диапазоне частот 700 МГц
(https://www.arib.or.jp/english/std_tr/telecommunications/std-t109.html)

ARIB STD-T111

Радар высокого разрешения, работающий в диапазоне частот 79 ГГц
(https://www.arib.or.jp/english/std_tr/telecommunications/std-t111.html)

CEN EN 12253

Телематические службы для дорожного транспорта и движения – выделенная связь на короткие расстояния – физический уровень с использованием микроволнового диапазона 5,8 ГГц

Исполнительное решение Комиссии (ЕС) 2019/1345 от 2 августа 2019 года, вносящее поправки в Решение 2006/771/ЕС и обновляющее согласованные технические условия в области использования радиочастотного спектра для устройств малого радиуса действия

Решение ERC (92)02

Выделены полосы частот для согласованного внедрения телематических систем дорожного транспорта

Решение ECC (08)01

Согласованное использование интеллектуальных транспортных систем (ИТС), связанных с безопасностью, в полосе частот 5875–5935 МГц

Решение ECC (09)01

Согласованное использование полосы частот 63,72–65,88 ГГц для интеллектуальных транспортных систем (ИТС)

Решение ЕС 2006/771/ЕС с поправками, внесенными Решением 2019/1345/EU

Решение ECC (02)01

Выделены полосы частот для согласованного внедрения телематических систем дорожного транспорта

Рекомендация ERC 70-03

Касается использования устройств малого радиуса действия (SRD)

ETSI EN 300 674-2

Транспорт и телематика управления движением (ТТТ); передающее оборудование для выделенной связи на короткие расстояния (DSRC) (500 кбит/с/250 кбит/с), работающее в полосе промышленного, научного и медицинского применения (ПНМ) 5,8 ГГц; часть 2: Согласованный стандарт, охватывающий основополагающие требования статьи 3.2 Директивы 2014/53/EU

ETSI EN 302 571

Интеллектуальные транспортные системы (ИТС); оборудование радиосвязи, работающее в полосе частот 5855–5925 МГц; согласованный стандарт, охватывающий основополагающие требования статьи 3.2 Директивы 2014/53/EU

ETSI EN 302 663

Интеллектуальные транспортные системы (ИТС); спецификация уровня доступа интеллектуальных транспортных систем, работающих в полосе частот 5 ГГц

ETSI EN 302 665

Архитектура связи интеллектуальных транспортных систем (ИТС)

ETSI EN 302 686

Интеллектуальные транспортные системы (ИТС); оборудование радиосвязи, работающее в полосе частот 63–64 ГГц; согласованный стандарт, охватывающий основополагающие требования статьи 3.2 Директивы R&TTE

ETSI TS 102 687

Интеллектуальные транспортные системы (ИТС); механизмы децентрализованного контроля перегрузки для интеллектуальных транспортных систем, работающих в диапазоне 5 ГГц; часть, посвященная уровню доступа

ETSI TS 102 792

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 102 724

Интеллектуальные транспортные системы (ИТС); согласованные спецификации канала для интеллектуальных транспортных систем (ИТС), работающих в диапазоне частот 5 ГГц

ETSI TS 103 175

Интеллектуальные транспортные системы (ИТС); межуровневый объект управления DCC для работы в среде ИТС G5A и ИТС G5B

IEEE 1609.0™-2013

Руководство IEEE по беспроводному доступу в условиях движущихся транспортных средств (WAVE) – архитектура

IEEE 1609.2™-2016

Стандарт IEEE технологии беспроводного доступа в условиях движущихся транспортных средств – службы безопасности для приложений и сообщений управления

IEEE 1609.3™-2016

Стандарт IEEE технологии беспроводного доступа в условиях движущихся транспортных средств (WAVE) – сетевые службы

IEEE 1609.4™-2016

Стандарт IEEE технологии беспроводного доступа в условиях движущихся транспортных средств (WAVE) – многоканальные операции

IEEE 1609.11™-2010

Стандарт IEEE технологии беспроводного доступа в условиях движущихся транспортных средств (WAVE) – протокол беспроводного обмена данными электронных платежей для интеллектуальных транспортных систем (ИТС)

IEEE 1609.12™-2016

Стандарт IEEE технологии беспроводного доступа в условиях движущихся транспортных средств (WAVE) – распределение идентификаторов

SAE J2735, март 2016 года

Словарь набора сообщений для выделенной связи на короткие расстояния (DSRC)

SAE J2945/1, март 2016 года

Требования к бортовой системе для связи V2V, относящейся к безопасности

ТТАК.КО-06.0175/R1

Система связи транспортных средств, этап 1: требования

ТТАК.КО-06.0193/R1

Система связи транспортных средств, этап 2: архитектура

ТТАК.КО-06.0216/R1

Система связи транспортных средств, этап 3: PHY/MAC

ТТАК.КО-06.0234/R1

Система связи транспортных средств, этап 3: сети

CCSA 2015-1616T-YD

Общие технические требования к системе связи с транспортными средствами на базе LTE

CCSA 2016-1853T-YD

Технические требования к радиointерфейсу системы связи с транспортными средствами на базе LTE

Международный союз
электросвязи

Place des Nations
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

ISBN: 978-92-61-32744-6

SAP id



9 789261 327446

4 4 0 4 0

Опубликовано в Швейцарии
Женева, 2021 г.

Фотографии представлены: Shutterstock