

## ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ DSRC В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМАХ

### FEATURES OF THE APPLICATION OF DSRC TECHNOLOGY IN INTELLIGENT TRANSPORT SYSTEMS

**В** статье приведена краткая информация об особенностях различных технологий связи, применяемых в интеллектуальных транспортных системах. Приведены примеры применения интеллектуальных транспортных систем, особенности установки антенн на транспортных средствах, обеспечивающих эффективную связь в сложной дорожной обстановке.

*В. Макаренко*

Директива Еврокомиссии 2010/40/EU от 7 июля 2010 года определяет интеллектуальную транспортную систему (ИТС) как систему, в которой применяются информационные и коммуникационные технологии в сфере автотранспорта. ИТС включает в себя инфраструктуру, транспортные средства, участников системы, а также дорожно-транспортное регулирование. ИТС может включать в себя различные модели взаимодействия, технологии и системы. Чаще всего это системы управления светофорной сетью, регулирования перевозок грузов, распознавания регистрационных номеров транспорта, системы разводки мостов, системы информирования о метеорологической обстановке и др. В ИТС могут применяться различные модели, которые учитывают огромные объемы накопленной дорожной информации.

Такие системы начали появляться уже достаточно давно. В начале это были скорее информационные системы. Рассмотрим кратко некоторые из них [1].

#### **Информационная система для общественного транспорта**

В корейском городе Пусане центр управления транспортом передает информацию на остановки, где пассажиры могут узнать о задержке транспорта на маршруте. Терминал связан непосредственно с каждым автобусом. Если интерактивный экран на остановке не работает, то можно позвонить на горячую линию. В Сеуле работает аналогичная система. В английском Лестере центр контроля дорожного движения получает информацию о задержках автобусов на 22 маршрутах от 250 автобусов. Информа-

**Abstract -** The article provides brief information about the features of various communication technologies used in intelligent transport systems. Examples of the use of intelligent transport systems, the features of installing antennas on vehicles that provide effective communication in difficult traffic conditions are given.

*V. Makarenko*

ционный экран на остановках нет, но можно отправить СМС-запрос за 25 пенсов и узнать, когда автобус прибудет на остановку.

#### **Единая карта оплаты услуг**

Единая карта оплаты проезда в Гонконге называется Octopus, в корейских городах Сеуле и Пусане – T-Money. С помощью таких карт можно оплачивать не только проезд на всех видах общественного транспорта, но и парковку, мелкие покупки в супермаркетах и билеты в кино. Проездной во Франкфурте-на-Майне позволяет пересаживаться с электрички на метро и трамвай.

#### **Светофор по требованию**

В Сингапуре зеленый свет светофора для пешеходов включается нажатием кнопки. Причем пожилой человек или инвалид может приложить к специальному считывателю свою смарт-карту, и у него будет больше времени для перехода на другую сторону улицы.

#### **Система автомобильной информации и связи**

Систему автомобильной информации и связи специалисты называют основой любой интеллектуальной транспортной системы. В Токио уже в 1995 году были придорожные маяки и передатчики. В то же время ведущие автопроизводители Японии стали оснащать автомобили устройствами, имеющими связь с дорожной инфраструктурой. Через несколько лет вся страна оказалась охвачена динамической информационной сетью. С ее помощью можно получить, используя системы глобального позиционирования, данные о загруженности дорог и возможных объездных путях.

### Радиоканалы дорожных сообщений

По радиоканалам дорожных сообщений в Сингапуре и Сеуле регулярно передают сводки о загруженности ключевых участков и транспортных развязок. В час пик выпуски учащаются. Таких каналов может быть несколько: в Сингапуре работает четыре, а в Сеуле это официальное государственное радио.

### Многофункциональный транспортный сайт

Посетив многофункциональный транспортный портал корейского Инчхона, можно оценить ситуацию на дорогах и посмотреть трансляции с уличных вебкамер. Транспортная компания также предлагает интерактивную карту дорог – мини-копию диспетчерского центра. За движением транспорта в городе можно также наблюдать онлайн в Гонконге и Сингапуре.

### Планировщик поездок

Планировщик поездок в Сингапуре базируется на использовании такси, потому что все машины имеют GPS-датчики, передающие информацию о перемещениях в диспетчерскую. Затем вычисляется средняя скорость движения по основным дорогам, чтобы постоянно корректировать данные планировщика, к которому можно обратиться и по телефону. Подобная система также работает во Франкфурте, но она основана на использовании веб-портала.

### Система помощи при парковке

Система помощи при парковке в австралийском городе Брисбене – это мониторы с информацией о свободных местах, одновременно на таком экране высвечивается 6...7 адресов ближайших парковок. Центральный пульт системы связан с ними через Wi-Fi.

### Автоматический сбор платежей за проезд по платным дорогам

В австралийском городе Брисбен на шоссе, ведущем к аэропорту, часто образовывались многокилометровые пробки. После введения оплаты за проезд по этой дороге пробки не исчезли. В 2007 году на шоссе установили камеры, которые фотографировали номер машины, и плата за проезд списывалась с кредитной карты ее владельца. Одновременно начал работу сайт, где каждый мог проверить баланс и настроить подходящий режим оплаты. Это ускорило процесс оплаты и пробки прекратились.

### Система управления светофорами

Система управления светофорами регулирует транспортные и пешеходные светофоры. На перекрестках и развязках установленные под асфальтом сенсоры позволяют определить примерное число

машин, скопившихся на данном направлении, и зеленый свет горит дольше для той магистрали, на которой нагрузка в конкретный момент времени больше. В Гонконге из нескольких близко расположенных пересечений дорог часто делают одну "зеленую улицу", чтобы поток, свободно пройдя один перекресток, не задерживался на соседнем. В 2005 году компьютеризованные светофоры Лос-Анджелеса стали на поворотах первыми пропускать автобусы, в результате скорость движения автобусов по городу возросла на четверть.

### Противопожарные датчики и детекторы загрязнения воздуха

Противопожарные датчики и детекторы загрязнения воздуха чаще всего необходимы в тоннелях, где возгорания и технические неполадки сложно засечь с камер наблюдения и где они представляют наибольшую опасность. Десятиполосный большой бостонский тоннель – длинный подземный отрезок шоссе I-93, проходящий прямо под центром города – располагает несколькими десятками таких устройств.

В систему интеллектуальных транспортных систем ("умных дорог") включают решения для сбора и обработки данных о транспортных средствах и дорожной инфраструктуре с целью повышения безопасности дорожного движения и принятия решений, включая:

- детекторы транспортного потока
- адаптивные светофоры
- средства автоматической фиксации нарушений ПДД
- электронные средства безостановочной оплаты проезда
- паркоматы
- информационные табло
- системы автоматизированного управления освещением
- другие подключенные объекты (например, автоматические дорожные метеостанции, дорожные контроллеры и др.)
- системы глобального позиционирования GPS, GLONASS, GALILEO и BEIDOU.

Как правило, все компоненты ИТС объединяются на базе единой платформы. Однако, даже использование отдельных компонентов такой системы позволяют решить большое количество локальных задач.

Например, сигналы светофоров на перекрестках меняются, исходя из текущей дорожно-транспортной обстановки, что повышает пропускную способ-

ность дорог и сокращает вероятность возникновения пробок. Автоматическая фиксация нарушений правил дорожного движения заставляет водителей быть более ответственными, что, в свою очередь, понижает вероятность возникновения аварийных ситуаций. Интеллектуальное управление уличным освещением позволяет экономить электроэнергию.

Одной из важных составляющих ИТС являются системы коммуникации между автомобилями, которые имеют несколько названий. В Европе это Car-to-Car (Car2Car, C2C), в США – Vehicle-to-Vehicle (V2V). Связь автомобиля с объектами инфраструктуры обозначается как Car-to-Infrastructure (C2I), Vehicle-to-Roadside (V2R). В последнее время распространено другое название – Car-to-X (C2X). Под "X" понимаются транспортные средства и объекты инфраструктуры [2].

В настоящее время на рынке представлены два конкурирующих стандарта поддержки связи V2X: DSRC (Dedicated Short Range Communication – выделенная связь малого радиуса действия), основанный на технологии IEEE Wireless LAN 802.11, и C-V2X (сотовая связь V2X) на основе мобильной связи стандарта 3GPP.

В Европе большинство стран склоняются к использованию технологии DSRC, хотя есть и исключения. Европейская экономическая комиссия решила отказаться от использования технологии мобильной связи как средства общения между транспортными средствами. В США пока не принято окончательное решение о выборе одной из этих технологий.

В 1999 году Федеральная комиссия по связи США (Federal Communications Commission – FCC) выделила участок спектра 5850...5925 МГц (DSRC)

для обеспечения безопасности дорожного движения, которые должны использоваться исключительно для соединений между транспортными средствами и инфраструктуры с транспортными средствами. Этот же диапазон частот и принят для использования в Европе.

Япония использует модифицированную версию стандарта DSRC с 2015 г. Основное отличие в реализации по сравнению с Европой или США – это использование частотного диапазона 760 МГц. В Китае планируется использовать технологию C-V2X.

В таблице приведены сравнительные характеристики систем DSRC и C-V2X (3GPP, релизы 14 и 15) [2].

Рассмотрим более подробно особенности использования технологии DSRC в ИТС. Основной целью создания технологии DSRC является предоставление приложений для общественной безопасности, путем объединения всех транспортных объектов в единую сеть, что позволит спасти человеческие жизни и улучшить движение транспортного потока (рис. 2). Разработка и внедрение частных приложений допускается с целью снижения затрат и стимулирования развития DSRC.

Другой важной причиной возникновения системы DSRC стала потребность в эффективном средстве бесконтактного автоматического сбора платежей за проезд платных участков дорог, услуги парковки и другие сервисы. Использование приемников GPS, GLONASS, GALILEO и BEIDOU на дорожных устройствах (Roadside Unit – RSU), при условии наличия их точной геодезической привязки, позволяет передавать на транспондеры (On Board Unit – OBU) изменения координат местоположения транспортного средства.

Основное назначение технологии DSRC:



Рис. 1. Схематическое изображение системы V2X

### Сравнительные характеристики систем DSRC и C-V2X

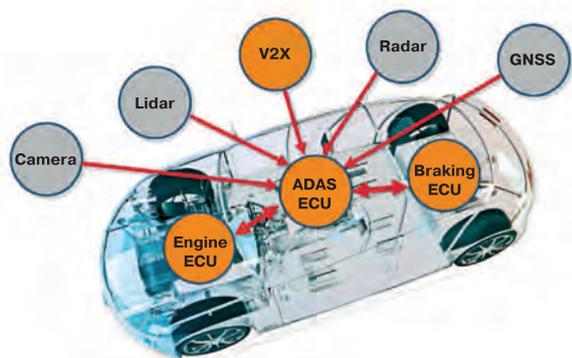
Параметр	IEEE 802.11p	C-V2X Rel-14/15
Готовность к использованию	+	2020/2021 г.
Поддержка прямых коммуникаций с низкой задержкой	+	+
Для работы не требуется сетевая поддержка	+	+
Работа в диапазоне 5.9 ГГц	+	+
Безопасность (в соответствии со службами безопасности IEEE WAVE и ETSI-IT)	+	+
Поддержка стандартов	802.11bd: совместимое и обратно совместимое обновление до 802.11p	C-V2X Rel-16: основан на 5G NR
Базовая система связи	беспроводная сеть	восходящая линия связи LTE
Способ передачи данных	асинхронный	синхронный
Полоса пропускания канала связи	10/20 МГц	Rel-14 – 10/20 МГц Rel-15 – 10/20/Nx 20 МГц
Мультиплексирование ресурсов между транспортными средствами	Только мультиплексирование с временным разделением каналов (TDM)	TDM и множественный доступ с частотным разделением каналов (FDMA)
Гибридный автоматический повторный запрос (HARQ) и ретрансляция запросов	нет	+
Методы модуляции сигналов	Мультиплексирование с ортогональным частотным разделением (OFDM)	Мультиплексирование с частотным разделением на одной несущей (SCFDMA)
Поддержка модуляции	до 64QAM	до 64QAM



**Рис. 2. Визуальное отображение объединения всех транспортных объектов в единую сеть с помощью технологии DSRC**

- контроль дорожного движения
- автоматизация процесса взимания платы за проезд на специальных дорогах
- предоставление оперативной информации о плотности и скорости транспортных потоков города
  - диспетчерское управление всеми категориями транспорта, выполняющего коммерческие и целевые перевозки
- оптимизация маршрутов движения городского транспорта
- контроль состояния дороги.

На рис. 3 приведена иллюстрация возможной конфигурации системы ADAS (Automatic Data Acquisition System – автоматическая система сбора и обработки данных) с использованием различных датчиков, устанавливаемых в автомобиле.



- ADAS ECU** – электронный управляющий блок автоматической системы сбора и обработки данных
- Engine ECU** – электронный управляющий блок двигателя
- Braking ECU** – электронный управляющий блок тормозной системы
- Camera** – видеокамера
- Lidar** – лазерный локатор
- Radar** – радиолокатор
- GNSS** – модуль глобальной навигационной спутниковой системы

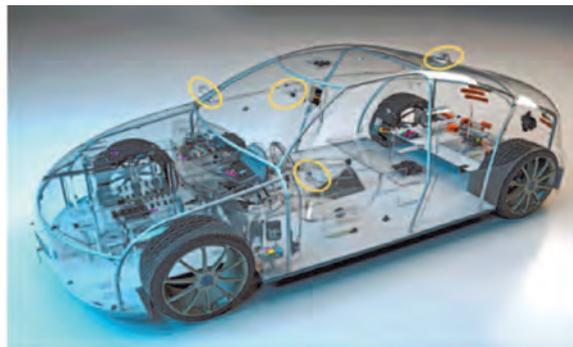
**Рис. 3. Компоненты автоматической системы сбора и обработки данных автомобиля**

**Особенности установки антенн V2X**

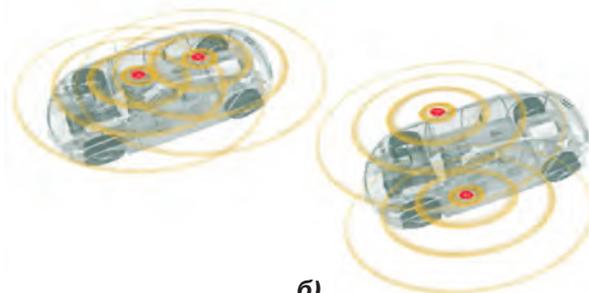
Серьезной проблемой при построении системы V2X является выбор места установки антенн связи. На рис. 4а показано типичное расположение антенн на легковом автомобиле. Один из возможных вариантов расположения – по центру впереди и сзади. Одну антенну при таком варианте можно разместить в зеркале заднего вида. Второй вариант – поперечное расположение антенн в крыльях автомобиля или в боковых зеркалах.

Хотя система V2X может работать при использовании только одной антенны, преимущество отдается системе с двумя или большим количеством антенн. Использование двух антенн обеспечивает лучшую диаграмму направленности в горизонтальной

плоскости. Так как система V2X предназначена для повышения безопасности движения, то необходимо обеспечить возможность передачи и приема сигналов в любом направлении с высокой эффективностью. Области покрытия диаграммой направленности в передней и задней области не должны иметь мертвых зон.



а)



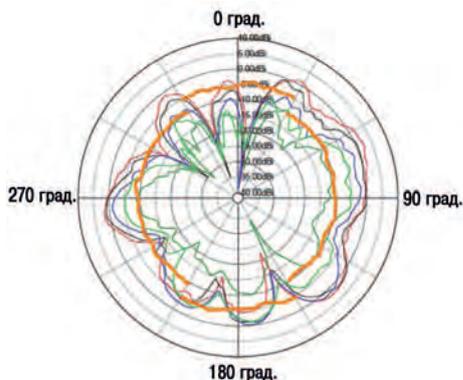
б)

**Рис. 4. Типичное расположение антенн на легковом автомобиле (а) и распределение электромагнитного поля при разном расположении антенн (б)**

Еще одним важным аспектом является обеспечение необходимого уровня сигнала в любом направлении. Сигналы, лежащие в диапазоне частот 5.9 ГГц, быстро затухают даже на открытом пространстве. А при наличии препятствий дальность связи на этой частоте значительно сокращается. Поэтому желательно, чтобы антенна имела высокий коэффициент усиления.

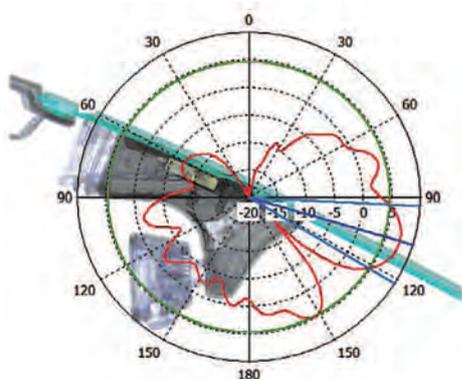
Если антенна установлена на стальной крыше, то ее эффективность будет высокой. При установке антенны на стеклянной крыше диаграмма направленности может значительно измениться. Направляющие на крыше также могут оказать значительное влияние на диаграмму направленности и эффективность антенны. Диаграммы направленности антенн для систем V2X приведены на рис. 5 [2].

При установке антенны в основании зеркала заднего вида внутри салона автомобиля ее диаграмма направленности искажается из-за влияния



**Рис. 5. Различные диаграммы направленности антенны в диапазоне 5.9 ГГц и ожидаемое минимальное усиление антенны (желтым цветом)**

ветрового стекла (рис. 6). Так как ветровое стекло монтируется под углом, то на высоких частотах оно может работать как линза для принимаемых и передаваемых сигналов. Поэтому зачастую требуется система компенсации искажений диаграммы направленности такой антенны [2].



— поле в дальней зоне

Частота 5.9 ГГц

Магнитуда основного лепестка 7.52 дБ

Направление основного лепестка 107 град.

Угол раскрытия основного лепестка 28.7 град.

**Рис. 6. Изменение коэффициента усиления антенны в дальней зоне при ее установке в основании зеркала заднего вида**

### Антенны для грузовых автомобилей

Все факторы, упомянутые в связи с требованиями к характеристикам направленности антенн V2X, относятся и к грузовым автомобилям. Однако из-за большой длины грузовых автомобилей значительно труднее обеспечить круговую диаграмму направленности. Поэтому для тяжелых транспортных средств используют антенны, устанавливаемые слева и справа от кабины водителя, на выносных

кронштейнах (рис. 7), которые еще называют винг-летами (winglet).



**Рис. 7. Конструкция антенны V2X для грузовых автомобилей**

Совершенно другие проблемы возникают при установке антенн на мотоциклах. Поскольку мотоциклы часто маневрируют на дорогах, это создает проблемы, связанные с тем, что антенны V2X имеют вертикальную поляризацию. Каждый раз, когда мотоцикл перемещается по кривой, антенна наклоняется и формируется гибридная поляризация – горизонтально-вертикальная.

Чтобы минимизировать этот эффект, концерн TE Wireless [2, 3], в сотрудничестве с Консорциумом Connected Motorcycle (CMC), разработал специальные антенны. Тесты и исследования показали, что аксессуары для мотоциклов тоже влияют на характеристики направленности антенны. Поэтому даже на мотоциклах рекомендуется устанавливать две антенны.

На основании приведенных данных можно сделать вывод о том, что для обеспечения круговой диаграммы направленности на транспортных средствах необходимо устанавливать от двух до четырех антенн. Подробную информацию о системе компенсации искажений диаграммы направленности антенн можно найти в [2].

### ЛИТЕРАТУРА

1. Сердюков С. Иностраный опыт: Интеллектуальные транспортные системы / <https://www.the-village.ru/village/city/abroad/107481-intelligent-transport-systems>.
2. Adam T., Kopp S., Lang S., Winkelmann A. V2X – an important building block in cooperative intelligent transport systems (C-ITS). TE Connectivity White Paper / [https://vertassets.blob.core.windows.net/download/0534cc1d/0534cc1d-34fc-4650-be2f-c7fdcb471c0/automotive\\_next\\_gen\\_mobility\\_v2x\\_09\\_2019\\_en.pdf](https://vertassets.blob.core.windows.net/download/0534cc1d/0534cc1d-34fc-4650-be2f-c7fdcb471c0/automotive_next_gen_mobility_v2x_09_2019_en.pdf).
3. <https://www.te.com/usa-en/store/view-all-te-store-products.html?q=&n=41503&type=products&samples=N&inStoreWithoutPL&instock>.