

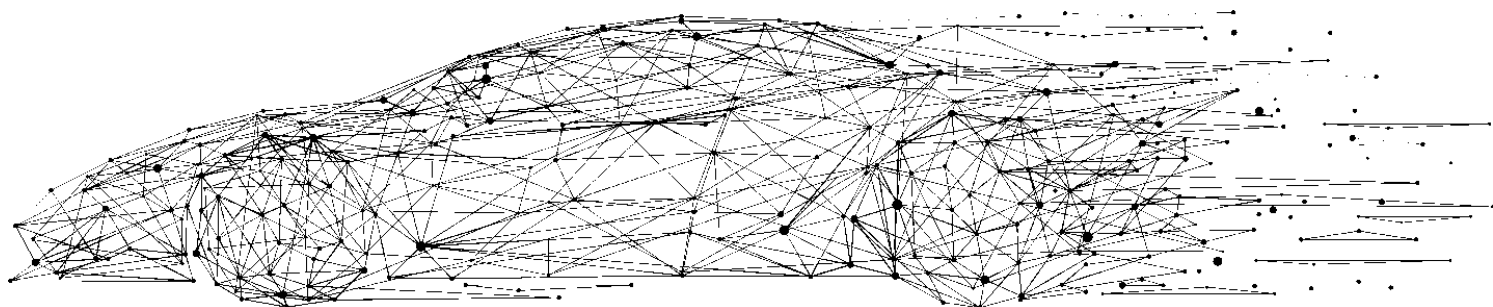
Как проверить функциональные возможности C-V2X и обеспечить тесты на соответствие требованиям 2021 года

Введение

Беспилотные автомобили нуждаются в технологиях, которые обеспечивают большую осведомленность о ситуации, то есть позволяющих вести наблюдение, осуществлять прогнозирование и автоматически принимать ответные меры. Сотовая связь автомобиля с любым объектом (C-V2X) – это беспроводная технология, с помощью которой разработчики могут обеспечить более высокий уровень автономности транспортного средства. Однако, поскольку автомобильную отрасль контролирует множество регулирующих органов, а технология C-V2X создана на основе развивающихся Релизов спецификаций 3GPP, требования к испытаниям постоянно меняются. Обеспечение соответствия международным и региональным стандартам остаётся сложной задачей, поскольку в разных странах действуют разные стандарты для связи V2X.

Чтобы помочь вам в решении этой проблемы, в данном документе будет рассмотрена роль C-V2X в обеспечении беспилотного вождения, а также относящиеся к автомобильной промышленности Релизы 3GPP и стек интеллектуальной транспортной системы (ИТС). Прежде чем предлагать решение, соответствующее развивающимся требованиям к C-V2X, мы рассмотрим различные сценарии применения в разных регионах.

Это решение должно не только обеспечивать радиочастотные изменения и тестирование на уровне протоколов и работы приложений, но также являться базовой платформой для тестирования 5G NR V2X будущих версий. Это обеспечит соответствие функциональных характеристик модулей C-V2X требованиям 2021 года и позволит вам сосредоточиться на ускорении внедрения технологий, обеспечивающих расширение возможностей беспилотного автомобиля.



Роль C-V2X в обеспечении беспилотного вождения

Польза для общества

Внедрение сотовой связи V2X позволяет автопрому перейти к концепции «подключенного» автомобиля. «Подключенный» автомобиль является важным техническим достижением и одной из ключевых технологий, которые будут оказывать влияние и формировать будущую мобильность и качество жизни всего человечества. Естественно, что по мере достижения более высоких уровней беспилотного вождения обеспечение безопасности будет оставаться важнейшей задачей. Известно, что из более чем 1 млн жертв ДТП в год смерть 98 % была вызвана человеческим фактором. Устранение или значительное сокращение участия водителя в управлении «подключенным» автомобилем благодаря C-V2X может помочь свести к нулю количество смертей или, возможно, даже несчастных случаев!

К другим важным проблемам относятся обеспечение эффективности и решение других задач по защите окружающей среды. Эффективная транспортная система может уменьшить заторы на дорогах и минимизировать общие выбросы углекислого газа, поскольку сокращается время, проводимое за рулём в пробках «бампер в бампер». Ещё одним преимуществом является улучшение качества жизни, поскольку когда-то сосредоточенный на управлении водитель теперь может заняться более полезными делами, такими как просмотр электронной почты, или расслабиться и посмотреть последний эпизод любимого сериала. Кроме того, он получит очень ценное время для общения с семьей или друзьями. Это будет способствовать социальной интеграции не только обычных водителей, но и людей с физическими недостатками или инвалидностью, которые в противном случае не позволили бы им управлять автомобилем. С помощью C-V2X и «подключенного» автомобиля можно вернуть этим людям свободу передвижения, предоставив возможность интегрироваться в общество, навестить друзей и родственников или познакомиться с жизнью за городом, вместо того чтобы оставаться дома в одиночестве и изоляции.

Связь вне прямой видимости

Среди наиболее распространенных технологий, применяемых для высокоавтоматизированных транспортных средств, можно отметить радары, камеры, системы машинного зрения, лидары, ультразвуковые сканеры, 3D-карты высокого разрешения и возможность точного позиционирования. Но с внедрением связи C-V2X (иногда называемой LTE V2X) появляются дополнительные или расширенные возможности, такие как связь вне прямой видимости, повышающие безопасность и позволяющие достичь более высоких уровней автоматизации.

Благодаря распространению радиоволн на 360° при отсутствии прямой видимости вы будете полностью осведомлены об окружающей обстановке и сможете ездить ночью или в плохих погодных условиях.



Рис. 1. Обнаружение вне зоны прямой видимости



Рис. 2. Связь автомобиля с любым объектом (V2X)

На рисунке выше показаны функционал и возможности взаимодействия, предлагаемые C-V2X. Термин V2X означает «связь автомобиля с любым объектом», а буквой C обозначается компонент сотовой связи в этой технологии. Ниже перечислены способы связи, обеспечивающие повышение уровней безопасности и автоматизации.

- Связь автомобиль-автомобиль (V2V) обеспечивает прямое соединение между транспортными средствами, позволяя им обмениваться информацией, такой как данные о скорости, местоположении и направлении движения, что облегчает предотвращение столкновений.
- Связь автомобиль-инфраструктура (V2I) обеспечивает прямое соединение между транспортным средством и объектами дорожной инфраструктуры, такими как светофоры и дорожные знаки.
- Связь автомобиль-сеть (V2N) обеспечивает двухстороннее соединение автомобиля с коммуникационными сетями, такими как 5G и LTE, а также местными точками беспроводного доступа.
- Связь автомобиль-пешеход (V2P) обеспечивает прямое соединение для удаленной передачи предупреждений пешеходам, бегунам, велосипедистам и др.

С технологией C-V2X возникает концепция полностью «подключенной» системы, в которой автомобили общаются с другими транспортными средствами, дорожной инфраструктурой и мобильными сетями для того чтобы все находящиеся поблизости были на безопасном расстоянии. C-V2X позволяет автомобилю стать более автоматизированным, надёжным и безотказным, а главное – безопасным.

Как упоминалось ранее, в транспортных средствах уже используется несколько технологий обеспечения безопасности, например радары, лидары и т. д. Но именно добавление C-V2X уникальным образом объединяет эти технологии, что увеличивает их полезность. Эти уже существующие технологии работают в так называемой зоне прямой видимости, то есть взаимодействуют только с тем, что находится перед автомобилем. C-V2X обеспечивает осведомлённость автомобиля обо всём за пределами прямой видимости на 360° благодаря сотовой связи по радиоканалу. В результате осуществляется столь необходимое заблаговременное предупреждение с целью обнаружения и предотвращения потенциально опасных ситуаций, скрытых препятствий или других неприятностей. Рассмотрим следующий сценарий:

Когда ваш автомобиль приближается к перекрестку, другой автомобиль выезжает с пересекаемой улицы на красный свет и не тормозит. Ваш автомобиль, оснащенный системой C-V2X, получает сигнал о приближающейся опасности и автоматически начинает тормозить, тем самым предоставляя вам достаточно времени, чтобы замедлить движение и избежать столкновения с другим автомобилем.

В этом заключается основная концепция и преимущество C-V2X. Фактически, это сигнальный или коммуникационный механизм, передающий информацию от автомобиля к автомобилю или от автомобиля к инфраструктуре с единственной целью повышения безопасности, улучшения и поддержания общего качества жизни.

Релизы 3GPP для автопрома и физического уровня C-V2X

Обзор

В C-V2X имеется два режима: прямой (также известный как режим 4) и сетевой (известный как режим 3). В прямом режиме используется прямая связь автомобиль-автомобиль (V2V), автомобиль-инфраструктура (V2I) и автомобиль-пешеход диапазоне ИТС 5,9 ГГц независимо от каких-либо сетей. В сетевом режиме, подразумевающем работу в сотовой сети, используется связь автомобиль-сеть (V2N), автомобиль-инфраструктура (I2N) и автомобиль-пешеход (P2N) в диапазонах, предназначенных для сетей мобильной связи. Некоторые устройства поддерживают оба режима, но большинство разрабатываемых сегодня устройств работают только в прямом режиме.

Термином 3rd Generation Partnership Project (3GPP) обозначается консорциум из семи организаций, разрабатывающих протоколы сотовой связи. Каждый выпуск их стандартов можно проследить по новым протоколам и технологиям связи, таким как GSM, широкополосный CDMA, 2G, 3G, 4G (LTE) и 5G. В 2015 году были выпущены стандарты для C-D2D (связь устройство-устройство), которые рассматриваются как предшественники C-V2X.

Связь C-V2X была определена в Релизе 14, который усовершенствовал и улучшил C-D2D. В нём описывается влияние среды автомобиля, включая доплеровский сдвиг и учёт движения на более высоких скоростях.

Релиз 15 включал 5G и некоторые незначительные усовершенствования C-V2X, а Релиз 16, завершённый в конце 2020 года, описывает прямую связь 5G New Radio и для сети V2X. Как показано ниже, непрерывный выход новых Релизов и их редакций происходил ранее и будет происходить в будущем. Это подчеркивает потребность в современных решениях, которые полностью соответствуют этим меняющимся протоколам и спецификациям.

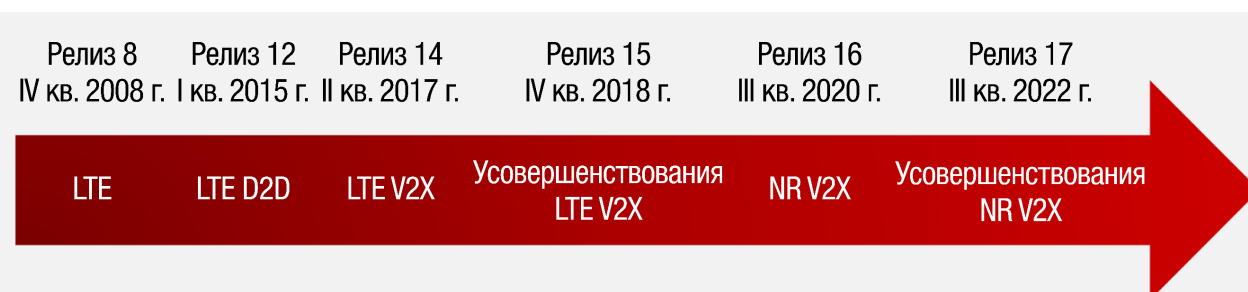


Рис. 3. История Релизов 3GPP

Релиз 14 – LTE

Согласно Релизу 14, на физическом уровне для прямой связи C-V2X используется SC-FDMA и поддерживаются каналы с полосой 10 МГц и 20 МГц. Каждый канал разделен на субфреймы и подканалы, которые можно назвать ресурсными блоками (RB). Они показаны красными прямоугольниками на рис. 4.

Каждый субфрейм длительностью одна миллисекунда эквивалентен двум слотам. Ресурсный блок (RB) – это наименьшая доля частотного ресурса, которая может быть выделена пользователю LTE. Она имеет ширину 180 кГц (12 поднесущих по 15 кГц) на 0,5 мс (1 временной интервал).

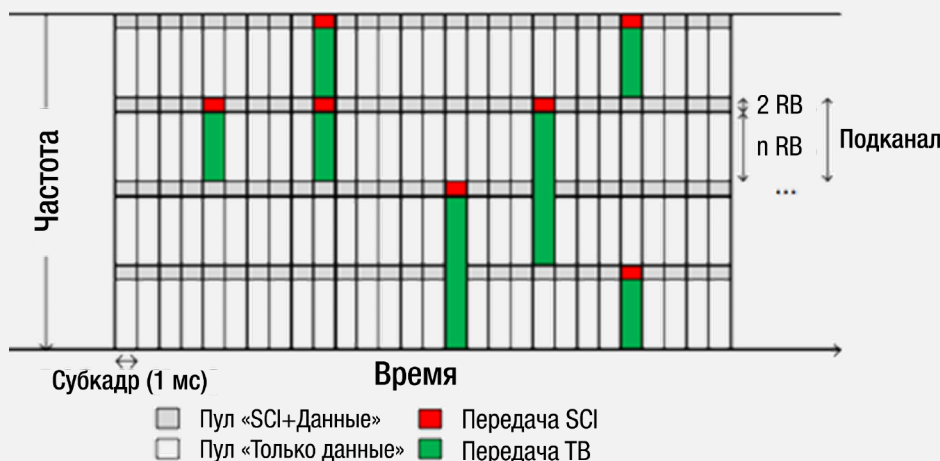


Рис. 4. Ресурсный блок согласно Релизу 14

C-V2X определяет подканалы как группу RB в одном субфрейме; количество RB на подканал может варьироваться в зависимости от схемы кодирования. Эти подканалы используются для передачи данных и управляющей информации (зеленые прямоугольники на рис. 4), а данные передаются в транспортных блоках (TB). Эта концепция RB описана в рамках формата LTE и используется в Релизе 14.

Релиз 15 – 5G для важнейших отраслевых вертикалей

Релиз 15 важен тем, что он вводит 5G в телекоммуникационную индустрию и включает в себя концепции отраслевых вертикалей и сегментации сети. Однако этот релиз обеспечивает только незначительные усовершенствования, что будет описано ниже.

- Агрегация несущих для режима 4 – различные механизмы для поддержки нескольких каналов PC5.
- 64-QAM: возможность масштабирования транспортного блока до 64-QAM сверх прежнего ограничения – по одному сигналу QPSK на каждую несущую.
- Разнесение передачи по нескольким антеннам для повышения надежности.
- Уменьшенная задержка – сокращение времени между поступлением пакета и выбором ресурса для передачи.

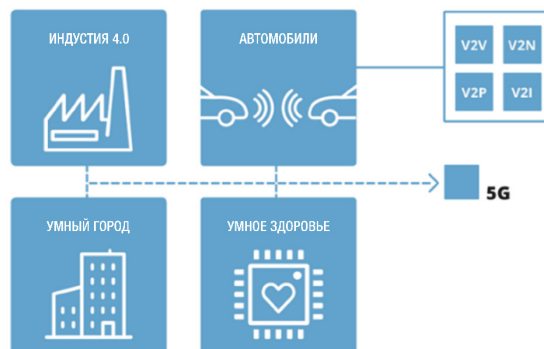


Рис. 5. Отраслевые вертикали 5G. Источник: 5G-ACIA

Релиз 16 – следующий большой релиз для C-V2X

Релиз 16 представит 5G New Radio (NR) для прямой связи. Это также принесет значительные преимущества для автомобильной промышленности, обеспечив сверхвысокую надежность и сверхмалую задержку мобильных широкополосных соединений. Специально для C-V2X этот релиз включает:

- Масштабируемые интерфейсы OFDM – поддержка разного разнесения поднесущих на одной несущей с целью увеличения скоростей передачи данных и пропускной способности.
- Независимая структура слота с немедленной обратной связью, которая позволяет создать очень надежную коммуникационную систему с малой задержкой.
- Развитое канальное кодирование, обеспечивающее повышенную надежность при меньшей сложности.
- Поддержка широкополосной несущей, позволяющей передавать данные с большей скоростью.
- Большее количество антенн: использование нескольких антенн для большей скорости передачи данных, увеличенной дальности и повышенной надёжности связи.

Проект NR

Возможности C-V2X 5G NR для беспилотного вождения

Масштабируемый
радиоинтерфейс на
основе OFDM



Ожидается, что C-V2X 5G будет эффективно работать в различных диапазонах частот для разных сценариев применения. Использование поддержки широкополосной несущей и OFDMA для достижения **более высоких скоростей передачи данных**.

Автономная
структура слота



Уменьшенная структура слотов с мгновенной обратной связью для обеспечения сверхвысокой надежности связи и **крайне малых задержек передачи данных**.

Развитое канальное
кодирование



Современное кодирование с малой плотностью проверок на чётность/полярное кодирование для **большей надёжности** при меньшей сложности.

Поддержка
широкополосной несущей



Более высокие скорости передачи данных и пропускная способность системы благодаря широкополосной несущей.

Большое число
антенн



Эффективное использование большого числа антенн, чем указано в Релизе 14 для обеспечения **более высокой скорости передачи данных** и большей дальности связи.

Рис. 6. Прогнозируемые функциональные особенности C-V2X. Источник: **Qualcomm**

Релиз 16 предоставляет возможность сетям C-V2X строить карты для автомобилей с точностью до сантиметра благодаря малой задержке и высокой надежности. Эти функции обеспечивают исключительную эффективность вождения, позволяя автомобилям передвигаться в плотном потоке с малыми дистанциями, учитывая аэродинамическое сопротивление и скорость движения в режиме реального времени.

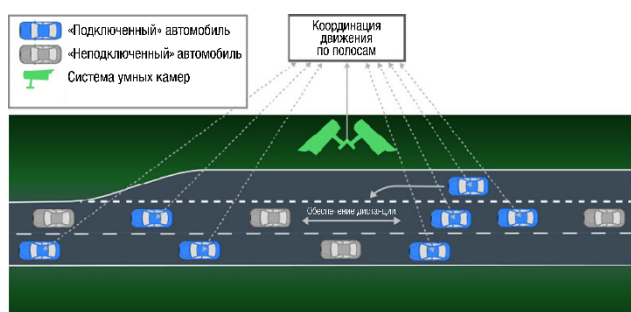
Кроме того, Релиз 16 обеспечит возможность удаленного управления транспортным средством с центральной сетевой станцией и/или взаимодействия с водителем при совместном маневрировании. Благодаря более высокой пропускной способности и меньшей задержке автомобили смогут обмениваться данными сенсоров и своими предполагаемыми перемещениями. Это по существу обеспечит самоорганизацию транспортных средств, позволяя им образовывать потоки или выполнять более сложные маневры на скоростях, допустимых на автомагистрали.

Благодаря сантиметровой точности, заложенной в спецификациях Релиза 16, становится возможным оказание услуг по автоматизированной парковке для клиентов ресторана или гостиницы. Автомобиль будет способен обнаруживать парковочные места и самостоятельно парковаться на стоянке. Затем водитель сможет дистанционно вызвать его с помощью смартфона.



Движение в колонне – несколько автомобилей едут друг за другом, связываясь между собой по радиointерфейсу с помощью коммуникационного протокола для контроля скорости, дистанции, направления и других параметров, чтобы обеспечить более экономичное движение и другие преимущества.

Источник: [FHWA](#)



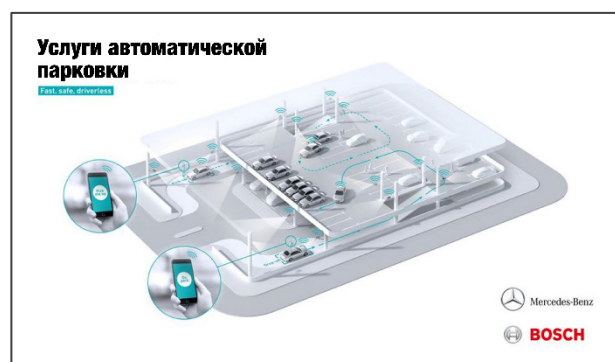
Совместное маневрирование – благодаря связи и интеллектуальному обмену данными автомобили могут обмениваться информацией с сенсоров и/или своими предполагаемыми перемещениями, что позволяет им выстраиваться таким образом, чтобы обеспечить возможность влиться в поток или более сложного маневрирования даже на скоростях, разрешенных на автомагистралях.

Источник: [ResearchGate.net](#)



Дистанционное управление движением – эта технология, уже используемая в глубоководных или космических исследованиях, по сути позволит удаленному оператору управлять движением транспортного средства в центре города. Дистанционное управление можно использовать при оказании услуг такси или водителя по вызову.

Источник: [Project Visio.M - Мюнхенский технический университет](#)



Автоматизированная парковка для клиентов ресторана или гостиницы – автомобиль сможет находить и занимать парковочные места, а пользователь получит возможность дистанционно вызвать автомобиль с помощью смартфона.

Источник: [Forbes.com](#)

Выпуск 17

Релиз 17 запланирован на 2022 г. После Релиза 16 распространение 5G ускоряется. Релиз 17 также декларирует несколько усовершенствований прямой связи NR, включая интерактивные услуги с сетевым управлением (NCIS), улучшенную передачу для большей энергоэффективности и зоны покрытия (REFEC), предоставление аудио- и видеослуж (AVPROD) и др.



Рис. 7. Прогнозируемое расширение 5G. Источник: **Qualcomm**

Стек ИТС (интеллектуальной транспортной системы) и его региональные различия

Стек ИТС состоит из нескольких элементов, расположенных над физическим уровнем. К элементам стека ИТС относятся транспортный уровень, уровень сообщений и уровень приложений, каждый из которых располагает функциями управления и безопасности. Хотя физический уровень C-V2X основан на технологии сотовой связи и отличается от других систем V2X, таких как DSRC, каждый уровень в стеке ИТС используется повторно и соответствует таким стандартам, как SAE, ETSI, C2C. Однако верхние уровни обладают региональными различиями.

Такие различия существуют для Северной Америки, Европы и Китая. Каждый уровень, независимо от региональных различий, по-прежнему выполняет аналогичные функции, но в каждом проекте следует учитывать стандарты региона, для которого предназначены продукты. Кроме того, контрольно-измерительное оборудование следует тоже выбирать в соответствии с этими стандартами.

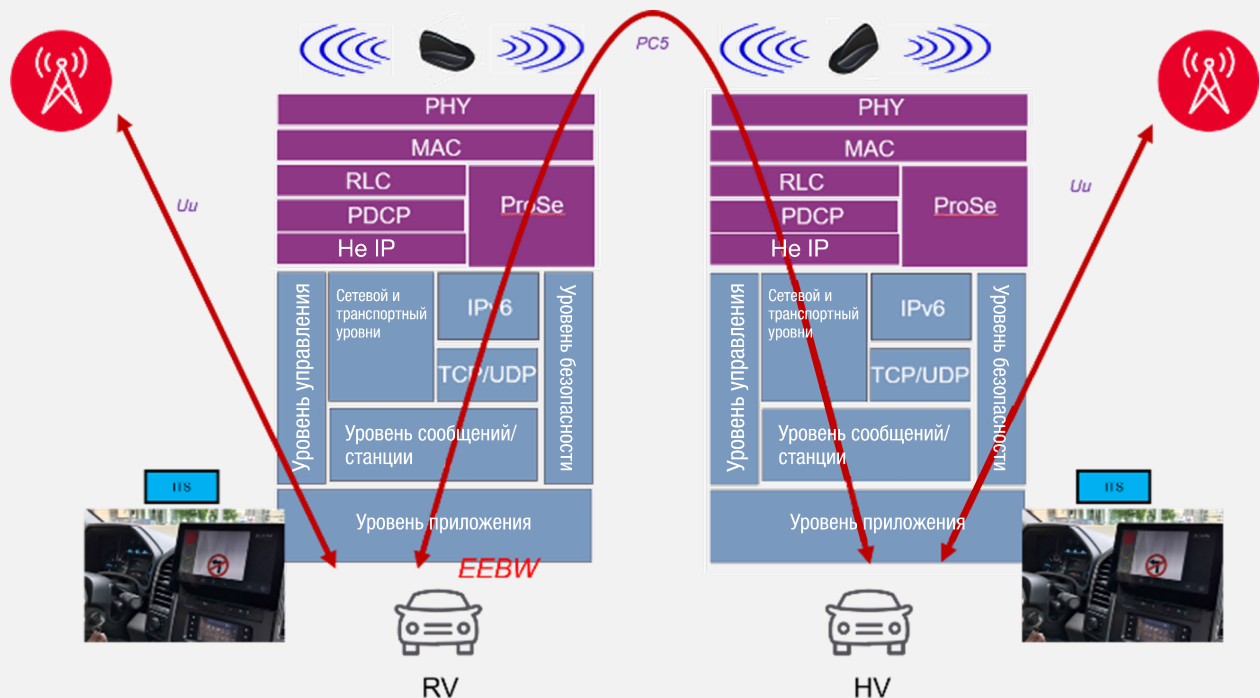


Рис. 8. Стек ИТС C-V2x

На приведенной выше схеме стек представлен перевернутым, чтобы показать расположение уровней в более удобном виде. Например, физический уровень, на котором осуществляется соединение с антенной на крыше автомобиля, показан на схеме вверху.

Изображенная на этом рисунке концепция позволяет проверить, может ли удаленный автомобиль (RV) отправлять и получать сообщения от ведущего автомобиля (HV). Например, один автомобиль хочет отправить сообщение «стоп-сигналы экстренного торможения». Нам нужно убедиться, что это предупреждающее сообщение проходит через физический уровень стека этого автомобиля, передается по радиоэффиру, принимается ведущим автомобилем и декодируется в исходный вид через уровень приложения. Этот рисунок помогает логически понять то, как сообщение инициируется в одном автомобиле, проходит через все уровни к антенне, принимается другим автомобилем на свою антенну, а затем обрабатывается и декодируется в исходный вид. Решение для тестирования должно быть способно точно регистрировать этот обмен сообщениями с учетом оговоренных региональных различий.

Стресс-тестирование для контроля использования спектра

Очень важным видом испытаний данных устройств является тестирование для контроля перегрузки частотных каналов. Этот стресс-тест предполагает размещение устройства в перегруженной среде, например, в условиях плотного дорожного движения, когда множество станций ИТС находится в пределах небольшой площади. Из этого следует, что совместное использование частотных ресурсов в диапазоне ИТС может вызвать проблемы, поэтому этот тест стал обязательным. Чтобы помочь смягчить влияние подобных ситуаций, были разработаны алгоритмы управления переиспользованием спектра. Благодаря им ресурсы распределяются поровну, чтобы каналы оставались как можно менее нагруженными.

Правильно работающие алгоритмы управления переиспользованием спектра необходимы для координации надлежащего использования каналов. Стандарт определяет два показателя, характеризующих состояние каналов. Это показанные на рисунке ниже коэффициент заполненности канала (CBR) и коэффициент занятости канала (COR).

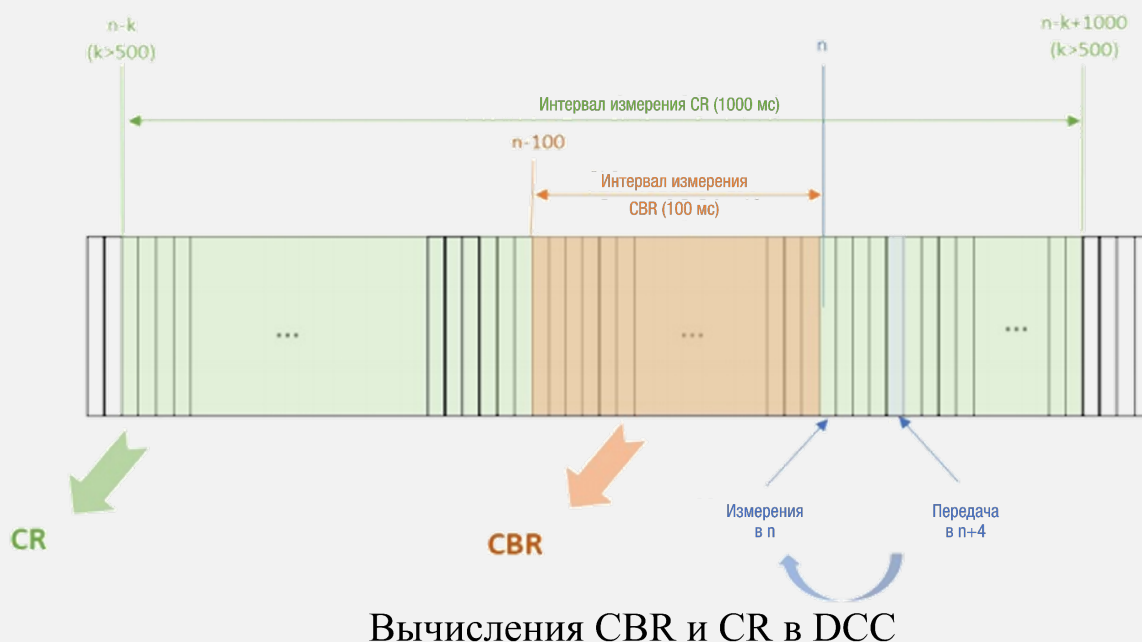


Рис. 9. Управление перегрузкой C-V2x. Источник: **A First Investigation of Congestion Control for LTE-V2X Mode 4**

Модули C-V2X будут в считанные секунды определять дорожную обстановку, и в том числе какие ресурсные блоки (RB) передаются соседними транспортными средствами. Устройство определит, есть ли резервный RB на определенной частоте или в определенном канале, а затем примет решение о передаче по наименее занятому или наименее энергозатратному сегменту спектра. Решения принимаются на основе информации коэффициенте заполненности канала (CBR) и коэффициенте занятости канала (COR), которая поступает через плоскость управления. В соответствии с этими параметрами выделяются ресурсы и передаются данные. Поэтому тесты на то, насколько хорошо работают алгоритмы управления перегрузкой, могут стать хорошими стресс-тестами для устройства.

Методы управления занятостью каналов

Как уже говорилось, алгоритмы управления частотным ресурсом принимают некоторые решения на основе различных показателей, наряду с коэффициентом занятости канала и коэффициентом заполненности канала. К этим параметрам относятся мощность, индикатор качества канала (CQI) и дальность связи. В зависимости от входных данных алгоритма (например, PER, CQI и плотность транспортных средств на участке дороги) станция или устройство могут выполнять следующие действия:

- Повторная передача пропущенных пакетов – если функция повторной передачи была включена, то станция может выключить её.
- Передача пропущенных пакетов – станция может просто выключить передачу пакетов (включая повторную передачу, если она была включена). Это один из простейших способов реагирования.
- Увеличение периода следования пакетов, то есть увеличение интервала между их передачей.
- Адаптация MCS – станция может уменьшить свой CR за счет увеличения используемого коэффициента MCS; это может уменьшить количество подканалов, используемых для передачи; однако увеличение MCS снижает помехоустойчивость сообщения и, таким образом, уменьшает дальность его передачи.
- Адаптация мощности передачи – станция может снизить свою мощность передачи. Следовательно, общий CBR в этой зоне будет снижен, а предельное значение CR может быть увеличено.

Стандарты не предписывают, какие из этих методов следует использовать. Поэтому хорошим стресс-тестом будет помещение тестируемого устройства в перегруженную среду и наблюдение за тем, какие механизмы, если таковые имеются, срабатывают и каким образом устройство обрабатывает сообщения и реагирует соответствующим образом.



Сценарии применения

Существует ряд базовых сценариев применения, связанных с безопасностью, которые можно использовать при тестировании устройств и приложений C-V2X. На рисунках справа показаны только шесть из пятидесяти базовых сценариев применения.

- Стоп-сигналы экстренного торможения (EEBL) – при срабатывании тормозов автомобиля посылается предупреждающий сигнал автомобилям поблизости.
- Индикация цвета и времени свечения сигнала светофора – полезна для определения подходящей скорости при приближении к светофору.
- Предупреждение об угрозе столкновения на перекрестке – автомобиль может отправить сообщение EEBL, чтобы предупредить о потенциальной угрозе столкновения.
- Предупреждение об угрозе столкновения при повороте – автомобиль может отправить сообщение EEBL, чтобы предупредить о потенциальной угрозе столкновения.
- Защита уязвимого участника дорожного движения – отправка предупреждения на смартфон пешеходу или другому участнику дорожного движения, не являющемуся автомобилем.
- Предупреждение о замедляющемся или остановившемся автомобиле – оповещение о потенциальном риске столкновения в пробке или с припаркованным или неподвижным транспортным средством.

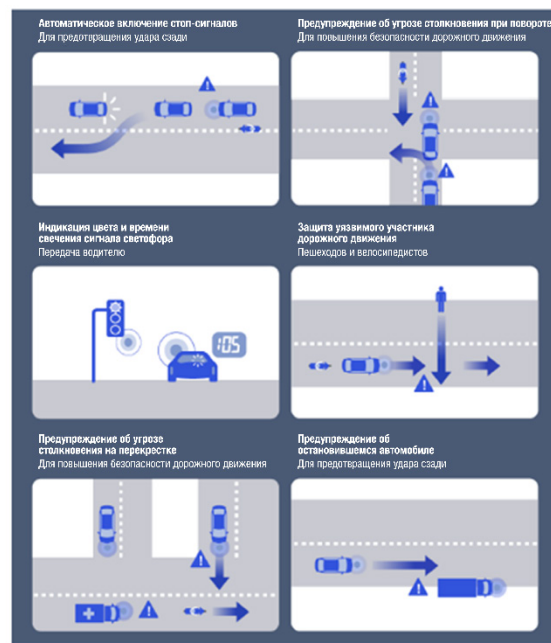


Рис. 10. Базовые сценарии применения C-V2X, связанные с безопасностью. Источник: Qualcomm

Существуют также обязательные сценарии применения. Они представляют собой наборы связанных с безопасностью сценариев, подобных упомянутым выше. Каждый регион имеет собственный перечень подобных обязательных сценариев применения. Например, в Китае имеется 17–20 обязательных сценариев применения. Другие регионы могут иметь похожие наборы, которые не всегда будут идентичными. В них могут входить, например, предупреждения об угрозе лобового столкновения, помощь при повороте налево и предупреждения об автомобиле в мёртвой зоне.



Рис. 11. История выхода на рынок сценариев применения C-V2X. Источник: 5G-ACIA

На приведенной выше временной шкале показано, когда планируется коммерческий выпуск различных функций организацией 5GAA Automotive Association. Например, сценарии применения, связанные с эффективностью дорожного движения и безопасностью, такие как информирование о локальных опасностях или дорожном движении, планируется начать выпускать с появлением Релиза 15 в 2020 году. Также перечислены доступные варианты применения предупреждения о включении стоп-сигналов и помощи при левом повороте. Усовершенствованные сценарии применения, связанные с безопасностью и беспилотным вождением, такие как автоматизированная парковка беспилотных автомобилей для клиентов ресторана или гостиницы

запланированы на 2024 год, а дополнительные расширенные функции безопасности – на 2029 год. Этот график должен оказаться полезным для получения представления о выходе будущих Релизов и планирования того, какие сценарии применения следует включить в программы тестирования C-V2X или подготовить к включению в них.

Решение Keysight для тестирования C-V2X

До сих пор в этой статье были рассмотрены преимущества, предлагаемые C-V2X. Также была представлена концепция развития технологий C-V2X, которые можно использовать сегодня: от достижений LTE до ожидаемых в ближайшее время захватывающих усовершенствований 5G NR. И наконец, было представлено несколько сценариев применения, использующих преимущества нижележащих физических уровней и верхних уровней. Также были указаны выявленные проблемы, связанные с обеспечением соответствия нормативам с учетом ряда региональных различий и непрерывного развития стандартов. Далее будет представлена система тестирования, которая поможет обеспечить требуемые функциональные характеристики устройств C-V2X и их соответствие действующим и перспективным стандартам.

Решение Keysight для тестирования C-V2X SA8700A

Компания Keysight первой среди производителей измерительных приборов получила подтверждение соответствия производимого ей радиочастотного оборудования требованиям 3GPP C-V2X. Кроме того, компания Keysight создала наибольшее в отрасли количество проверенных сценариев для сертификационного тестирования C-V2X и предлагает уникальное решение, соответствующее изменяющимся требованиям C-V2X.

В настоящее время решение SA8700A поддерживает радиочастотные измерения и осуществляет тестирование на уровне протокола и приложения. Кроме того, оно поддерживает будущие версии C-V2X 5G NR. Основой системы является платформа UXM для испытаний устройств 5G, выполняющая задачу эмулятора для трансивера в C-V2X. Она используется с приложением для тестирования C-V2X, пакетом приложений серии X для радиочастотных измерений C-V2X (C87320R1A), ПО для генерирования сигналов C-V2X (C87320R2A), стека интеллектуальной транспортной системы (ИТС) и тестирования на уровне приложения.



Рис. 12. Решение Keysight SA8700A.

Решение для тестирования поставляется с векторным ВЧ-генератором сигналов для эмуляции сигналов ГНСС. При тестировании C-V2X эмулятор ГНСС требуется по двум причинам: для имитации данных о местоположении и сигналов синхронизации. В обычной сотовой сети базовая станция синхронизирует мобильные устройства, но в режиме 4 сеть считается неработающей. Таким образом, синхросигнал должен поступать от ГНСС. В это решение для тестирования также входят несколько программных приложений, поставляемых с платформой для тестирования беспроводных устройств 5G UXM. Они позволяют выполнять тестирование от физического уровня до уровня приложения. Решение поддерживает сетевой интерфейс, интерфейс UU и интерфейс прямой связи PC5.

Всё это вместе помогает создавать сценарии применения (или сценарии тестирования), исследовать уровень протокола, ВЧ уровень или проводить стресс-тесты на перегрузку. В настоящее время это решение используется в испытательных лабораториях для проведения тестов на соответствие требованиям к радиоканалу GPP (RCT), управлению радиоресурсами (RRM), а также тестов на соответствие протокольному обмену (PCT).

Основные преимущества решения для тестирования SA8700A

Обеспечение строгих требований к качеству, производительности и безопасности

- Упрощение ВЧ измерений и тестирования протокола C-V2X с помощью интуитивного интерфейса пользователя
- Эмуляция сигналов ГНСС с помощью векторного ВЧ-генератора сигналов (Keysight N5182B MXG серии X)
- Применение усовершенствованной платформы для измерений 5G (комплект для тестирования средств беспроводной связи 5G UXM от Keysight)
- Измерения C-V2X в соответствии с Релизом 14 сегодня и готовность к будущей связи V2X 5G NR
- Готовность к тестированию на соответствие стандартам C-V2X
- Комплексный и целостный подход к тестированию
- Единая платформа для радиочастотных измерений, а также тестирования на уровне протокола и приложения
- Адресное тестирование протокола и функционирования интерфейсов UU и PC5
- Измерение характеристик передатчика: мощности, модуля вектора ошибок (EVM), стабильности частоты, внутриполосных излучений, относительного уровня мощности в соседнем канале (ACLR)
- Детальное тестирование приёмника: измерение чувствительности, максимального уровня на входе, селективности по соседнему каналу

Решение SA8700A для тестирования C-V2X первым получило статус сертифицированного OmniAir испытательного оборудования

OmniAir - отраслевая ассоциация, способствующая обеспечению совместимости и сертификации интеллектуальных транспортных систем (ИТС), разрешила к применению решение SA8700A для тестирования C-V2X компании Keysight для проверки соответствия физического уровня (PHY) и уровня протокольных сообщений требованиям стандартов. SA8700-C-V2X – единственное на сегодняшний день **решение, получившее статус сертифицированного OmniAir испытательного оборудования (OQTE)**. Оно включает сценарии тестирования на уровне протокола и приложения, позволяя авторизованным OmniAir испытательным лабораториям (OATLs) выполнять комплексные сертификационные испытания C-V2X.

Решения для тестирования на соответствие и сертификационных испытаний оборудования 3GPP C-V2X

Существуют две основных конфигурации для тестирования на соответствие требованиям к радиоканалу (RCT) и управлению радиоресурсами (RRM). Для RCT решение Keysight S8075A-H51 поддерживает тестирование на частотах до 6 ГГц. Для сценариев радиочастотного тестирования вне полосы (полнодиапазонного) имеется возможность использовать анализаторы спектра с диапазоном частот до 18 ГГц или дополнительные генераторы сигналов вместе с Keysight S8075A-H51. Также доступны решения, поддерживающие сценарии радиочастотного тестирования OmniAir.

Keysight S8704A также можно использовать в качестве системы тестирования на соответствие протокольному обмену сообщениями (PCT), для этого имеются несколько утвержденных сценариев тестирования. Этот инструментальный представляет собой ту же аппаратную платформу, что и для тестирования на соответствие требованиям к радиоканалу (RCT), но с другими программными приложениями.

Эти конфигурации предназначены для тестирования на физическом уровне. Для тестирования на верхних уровнях, вплоть до стека ИТС, можно использовать те же аппаратные платформы, но с интегрированным в тестовую систему стекком, разработанным на заказ.

Для создания сценариев трафика в автономном режиме можно использовать различные картографические приложения. Эти сценарии загружаются в эмулятор UXM и затем выдаются через радиоэфир с помощью интерфейса PC5 или UU, или обоих интерфейсов. Такое тестирование может быть выполнено совместно со сценарием использования ГНСС. Данный сценарий на основе приложения сможет имитировать взаимодействие с соседними автомобилями, передачу сообщений с помощью UXM 5G. При такой конфигурации можно проверить реакцию и соответствующее поведение тестируемого устройства (автомобиля) или отработать любой другой сценарий, который вы создадите в программном обеспечении, например, «предупреждение о лобовом столкновении» или «стоп-сигналы экстренного торможения».

Применение программно-аппаратного тестирования и программного обеспечения симуляции сценариев

В автомобильной отрасли обычно используют программно-аппаратные (HIL) способы для имитации систем автомобиля, которые полностью имитируют всю среду и соединяются с любым вновь разработанным компонентом (например, каким либо бортовым устройством). Это позволяет тестировать различные компоненты по отдельности, прежде чем система будет собрана из составных элементов. В конечном итоге создаётся полноценный виртуальный прототип автомобиля, который можно испытать без затрат и физических рисков, связанных с реальными испытаниями на трассе полигона или на дороге общего пользования.

Что касается применений V2X, то сам автомобиль является просто частью гораздо более крупной системы дорожного движения, которая предназначена для управления такими факторами, как занятость проезжей части, транспортный поток, общественная безопасность и эффективность (например, потребляемая энергия и выбросы). Несмотря на то, что функционал бортового блока и его соответствие стандартам можно всесторонне протестировать с использованием методик без обратной связи, работа и производительность всей системы всё равно могут быть ухудшены из-за нарушений в модуле беспроводной связи. Возникающие в результате проблемы проявятся при функциональном тестировании с обратной связью, когда бортовой блок будет испытываться в неблагоприятном режиме, включая перегруженный трафик, помехи радиосвязи и т. д.

Помимо этих сложностей, проведение тестирования без обратной связи, которое будет достаточно широким и глубоким, чтобы охватить все возможные критические условия и ситуации на дороге, может оказаться очень дорогостоящим. Наиболее рентабельной альтернативой является система с обратной связью или программно-аппаратная система, которая может учитывать реальные условия при испытаниях в лаборатории.

Несмотря на большую важность чисто программного моделирования, показанного ниже на рисунке слева, эмуляция реалистичных сценариев (например, дорожного движения и дорожных условий) обеспечивает более тщательное тестирование фактических характеристик какой-либо системы автомобиля. На рисунке 14 показан снимок экрана выполнения сценария, созданного с помощью программного моделирования.



Рис. 13. Снимок экрана созданного программного сценария.

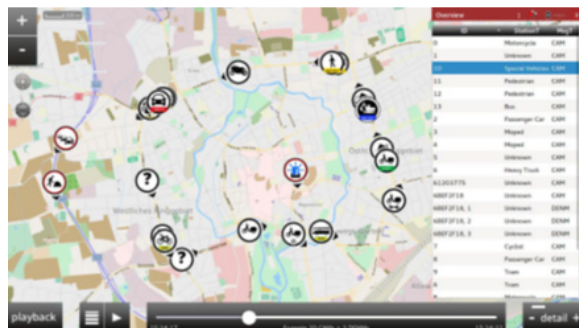


Рис. 14. Снимок экрана программного обеспечения мониторинга.

Создание сценария

- Простой доступ и быстрое создание визуального сценария с помощью сенсорных команд
- Поддержка всех типов сообщений V2X (касающихся дорожного движения и инфраструктуры)
- Множество объектов (автомобилей, светофоров и др.) и событий в одном сценарии
- Простая интеграция тестируемого устройства в сценарий
- Отсутствие необходимости вносить изменения во вспомогательные системы автомобиля (например, шину CAN)
- Включение заранее определенного набора обязательных сценариев
- Простое выполнение сценария

Выполнение сценария

- Запуск выполнения воспроизводимых сценариев одним касанием
- Симуляция и генерация сообщений «автомобиль-любой объект» (без предварительного кодирования) в режиме реального времени
- Реальная защищенная связь V2X «автомобиль-любой объект» для реалистичных сценариев
- Включает в себя симуляцию на сетевом и физическом уровне (с помощью ПО Keysight)

Это программное обеспечение также можно использовать для поддержки тестирования перегрузки путем создания нескольких сотен виртуальных соседних транспортных средств. Форму и контур этих элементов перегрузки можно варьировать для имитации таких событий, как, например, езда вслед за стадом овец по бездорожью. Можно контролировать и изменять скорость транспортных средств и дистанцию между ними, а также периодичность перегрузки.

Решение Keysight **C-V2X ADE** с платформой для тестирования беспроводных устройств 5G UXM обеспечивает эмулятор среды для тестирования в лабораторных условиях. Реалистичные дорожные сценарии посвящены различным событиям, от рядовых до чрезвычайно редких. Используя полномасштабную генерацию сцен, решение задействует программное обеспечение систем помощи водителю (ADAS), используя синхронизированные по времени входы для приема сигналов с реальных датчиков. Это позволяет пользователям:

- Проверять характеристики системы на ранних этапах цикла проектирования и улучшать проверку благодаря синхронному тестированию систем на уровне приложения с обменом данными и объединению сценариев C-V2X с программно-аппаратным тестированием.

- Воспользоваться гибкостью платформы, чтобы добавлять соответствующие типы датчиков и расширять их количество по мере развития систем датчиков и требований к испытаниям.
- Сократить затраты на интеграцию за счет использования существующей среды тестирования и рабочего процесса, защитить инвестиции в программно-аппаратные системы и средства трехмерного моделирования с помощью открытой архитектуры эмулятора беспилотного вождения (ADE).
- Проверить характеристики, относящиеся к стеку интеллектуальной транспортной системы (ИТС), обеспечивая точную связь с автомобилем и от него, охватывая сценарии для всех основных регионов: Китая, Европы и США.
- Использовать регрессионное тестирование в режиме 24/7, чтобы гарантировать качество будущих обновлений, а также последовательное тестирование функций и обновлений, которые добавляются после запуска в производство..

Заключение

Поскольку Релизы 3GPP продолжают выходить, то происходит редакция существующих и публикация новых протоколов и спецификаций. Поэтому критически важно иметь возможность быстро изменять и корректировать действующие процедуры тестирования, принимая во внимание региональные различия и различные сценарии применения. Беспилотные автомобили зависят от технологий, которые обеспечивают большую осведомленность о ситуации, то есть позволяющих вести наблюдение, осуществлять прогнозирование и автоматически принимать ответные меры. Сотовая связь автомобиля с любым объектом (C-V2X) – это беспроводная технология, с помощью которой разработчики могут обеспечить более высокий уровень автономности транспортного средства. Однако поскольку связь C-V2X следует за развитием стандартов 3GPP, требования к тестированию постоянно изменяются. Возможность идти в ногу со временем и гибко реагировать на эти динамически меняющиеся требования – единственный способ обеспечить соответствие функциональных характеристик вашего оборудования C-V2X требованиям 2021 года.

В настоящее время компания Keysight предлагает уникальное решение, соответствующее развивающимся требованиям к C-V2X. Наше решение SA8700A поддерживает радиочастотные измерения и осуществляет тестирование на уровне протокола и приложения. Кроме того, его базовая платформа поддерживает будущие версии C-V2X 5G NR. Система предоставляет виртуальный интерфейс для простого тестирования и сертификации устройств C-V2X.

Компания Keysight стремится поддерживать соответствие новейшим стандартами 3GPP, и клиенты могут быть уверены в том, что их устройства будут протестированы надлежащим образом. Чтобы узнать больше, **зайдите на страницу решения для тестирования C-V2X SA8700A на сайте Keysight.com**



Рис. 15. Решение для тестирования C-V2X SA8700A.

Более подробная информация приведена на сайте **www.keysight.com**

Для получения дополнительной информации о продукции Keysight, прикладном программном обеспечении и предоставляемых услугах обращайтесь в Российское представительство компании Keysight Technologies. Полный перечень представительств приведен на сайте www.keysight.com/find/contactus

