

# Анализ методов миграции сервисов в сетях автотранспорта на основе системы распределенных вычислений

И. И. Комаров, А.С.А. Мутханна, М. В. Модель

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций  
им. проф. М.А. Бонч-Бруевича

Komaroff.ivan@yandex.ru, Muthanna.asa@sut.ru, Modelmv97@gmail.com

**Аннотация.** В этой работе рассмотрена возможность миграции мультимедийных сервисов в сети беспилотного транспорта, базирующейся на основе технологии V2X, с использованием граничных вычислений. Информация из этой работы может быть использована в рамках практических исследований и разработке модели и реальных сетей для технологии V2X.

**Ключевые слова:** V2X; MEC; граничные вычисления; миграция сервисов

## I. СТРУКТУРА ТРАНСПОРТНОЙ СЕТИ

В век глобальной цифровизации вопросы инфокоммуникационных технологий стали одними из важнейших для современного человека. Инфокоммуникации все глубже проникают во все сферы жизнедеятельности. Все стараются использовать их преимущества для оптимизации процессов, повышения эффективности и комфорта.

Интеграция новых сетевых технологий становится одним из важнейших факторов для улучшения безопасности на дорогах. Для этих целей была разработана технология V2X (Vehicle-to-Everything), позволяющая транспортному средству обмениваться информацией с окружающей дорожной инфраструктурой, в том числе и другими такими же автомобилями [1] [2].

### A. Технология V2X

Эта технология позволяет водителю и беспилотному автомобилю получать информацию обо всех дорожных условиях.

Эта технология в свою очередь делится на несколько составных частей, которые можно увидеть на рис. 1:

- V2V (Vehicle-to-Vehicle) позволяет двум автомобилям обмениваться информацией между собой, например: передают сигналы о перестроении на другую полосу движения. Такой вид соединения особенно помогает в ситуациях, когда два транспортных средства находятся вне прямой видимости между собой, например: на перекрестке в большом городе.
- V2I (Vehicle-to-Infrastructure) обеспечивает обмен данными между автомобилем и дорожной инфраструктурой, посредством RSU (Roadside Unit), устанавливаемом на светофорах, дорожных

знаках. V2I с точки зрения сигналов с дорожных объектов обычно включает в себя предупреждения о цвете сигнала светофора, о погодных условиях, превышении скорости, которое должно привести к ее снижению. Взаимодействие этой компоненты вместе с V2V дает более глубокое понимание ситуации на дороге.

- V2P (Vehicle-to-Pedestrian) реализует обмен информацией между транспортным средством и мобильным телефоном или смарт-устройством таким, как смарт-часы, пешехода или велосипедиста [3]. Делается это для того, чтобы машина могла отслеживать направление и скорость передвижения пешехода в независимости от его прямой видимости. В случае возможности аварийной ситуации, кроме того, что автомобиль начнет ее избегать, начав тормозить, на смарт-устройство будет послан сигнал, сопровождаемый громким звуком для привлечения внимания пешехода.

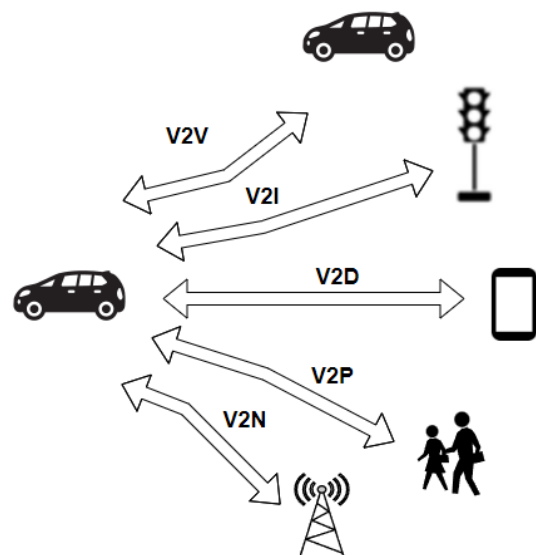


Рис. 1. Схема соединений V2X

- V2N (Vehicle-to-Network) делает возможным связь между автомобилем и сетевой инфраструктурой серверов обработки информации, облаком.
- V2D (Vehicle-to-Device) обеспечивает обмен данными между умным транспортом и смарт-устройством, которое к нему подключено и/или

Научная статья подготовлена в рамках прикладных научных исследований СПбГУТ, регистрационный номер 1023031600087-9 в ЕГИСУ НИОКТР.

обладает особым приложением. С помощью этого устройства водителю будет проще воспринять информацию о дорожной ситуации, которая становится интуитивно понятной, он сможет управлять функционалом автомобиля.

Такая технология может применяться для оптимизации маршрута транспортного средства. Автомобиль может быть еще на довольно большом расстоянии, например, от места ДТП, и благодаря тому, что у него еще есть варианты перестроения маршрута, транспортное средство может его поменять.

При организации сети беспилотного транспорта возникают проблемы неравномерного, несбалансированного трафика. На каких-то участках сети ездит много транспорта, генерируется большое количество трафика, а в других участках наоборот транспорта почти нет, соответственно мало трафика, требующего обработки. Также трафик, передаваемый в сети беспилотного транспорта, довольно зависим от задержек. Для решения описанной проблемы можно использовать граничные вычисления.

### *В. Граничные вычисления*

Технология МЕС (Multi-access Edge Computing) подразумевает размещение серверов обработки информации в непосредственной близости к оконечным устройствам, что позволяет сильно снизить задержку сигнала для трафика, которому необходима оперативная обработка. Таким образом, мы можем добиться уровня круговой задержки, необходимого для работы беспилотного транспорта – 20 мс. За это время информация с автомобиля должна быть отправлена на сервер, обработана и послана обратно для выполнения маневров. Также благодаря тому, что трафик не проходит полный путь до главного облака, а обрабатывается на периферии, повышается уровень безопасности, снижается риск утечки данных или их подмены для вывода из строя беспилотного автомобиля.

Таким образом, может быть реализовано несколько уровней граничных вычислений. Для большого города можем взять 2 уровня. Первый уровень будет обрабатывать информацию, нуждающуюся в максимальной оперативности с минимальными задержками, таким образом такой сервер будет обрабатывать довольно небольшое количество информации, но оперативнее всего. Такие сервера необходимо располагать от нескольких сотен метров до километра от дороги с оконечными устройствами. Второй уровень объединяет несколько серверов граничных вычислений более низкого уровня, а также обладает большими вычислительными мощностями. Но из-за того, что такие сервера находятся более удаленно, задержка возрастет. Соответственно на таких серверах можно обработать больше информации, но эти данные не должны быть зависимы от задержек, то есть не должны требоваться для оперативных маневров.

Приведем достоинства и недостатки использования такой технологии.

#### Достоинства:

- Снижение задержки. Сервера граничных вычислений располагаются ближе к оконечным устройствам. С помощью них можно выполнить необходимые вычисления, не отправляя при этом

все данные на главное облако. Под главным облаком понимается кластер серверов, которые нужны для обработки данных, посылаемых с транспортного средства или объектов дорожной инфраструктуры. Этот кластер обладает большими вычислительными мощностями, но как уже сказано выше, из-за своего расположения отправление данных на него приведет к большому значению параметра задержки.

- Снижение объема трафика, проходящего по сети. Из-за того, что часть обработки берут на себя сервера МЕС, нет больше необходимости отправлять весь трафик на удаленный сервер. На него будет отправляться либо данные, менее зависимые от задержки, либо данные, которые не получилось обработать вычислительными мощностями граничного сервера, например: если этот сервер был переполнен вследствие большого количества автомобилей. На сервер также могут посылаться результаты обработки, которые будут кардинально меньше данных, нуждающихся в обработке.
- Устойчивость сети. Так как благодаря граничным вычислениям обработка информации будет являться распределенной, данные смогут быть обработаны даже в случае недоступности главного облака. И, наоборот, в случае выхода из строя МЕС-сервера, данные могут быть переданы по вертикали на более мощные сервера или обработаны таким же сервером МЕС в случае, если автомобиль находится в его зоне взаимодействия.
- Масштабируемость и доступность. Благодаря тому, что теперь появился еще один или более уровней кроме главного облака, можно располагать сервера на участки, на которых появилась необходимость в обработке данных от транспортных средств, например: при строительстве новой дороги.

#### Недостатки [4]:

- Возможности обработки граничных серверов. Сервера, необходимые для оперативных вычислений, обладают малыми оперативными мощностями по сравнению с главными облаком. Это объясняется тем, что они должны обрабатывать информацию только на участке со сравнительно небольшим радиусом.
- Стоимость. Так как такие сервера находятся близко к оконечным устройствам, это предполагает, что их будет довольно много. В случае если в какой-то местности очень часто находится большое количество транспорта, например: частые пробки автомобилей. Необходимо ставить больше таких серверов или наращивать их возможности. Такое решение, конечно, потребует дополнительных средств.

Таким образом, архитектура МЕС помогает реализовывать сервисы, чувствительные к задержкам, за счет переноса некоторых облачных сервисов на периферию.

Теперь мы сталкиваемся с другой проблемой: постоянное размещение сервисов на таких серверах

является неэффективным. Некоторые участки сети могут длительное время не использоваться. Это редко случается, когда мы говорим о густонаселенных городах. В них, как правило, большое количество машин, поэтому случаи, когда сервера длительное время не обслуживают ни одного транспортного средства, очень редки. Но если говорить о трассе между маленькими городами, могут случаться простои сети. Для эффективного использования ресурса можно использовать миграцию сервисов.

### С. Миграция сервисов

Миграция сервисов дает возможность экономить системные ресурсы, позволяя использовать их для других необходимых приложений. Суть технологии состоит в миграции необходимых сервисов только на участки, на которых они будут использоваться. В случае если на участке данный сервис будет неактивен, он будет мигрирован обратно на главное облако или более высокий уровень Edge Computing. Под сервисом понимается контейнер с приложением для обработки необходимого трафика.

Предполагается также использование платформы миграции сервисов не только при возникновении необходимости, но также и в автоматизированном режиме. В процессе работы такого режима заранее прогнозируются потребности серверов в обработке трафика. Для этого в течение длительного времени должны собираться данные о виде предоставляемых

услуг. Эти данные будут собираться в специальное хранилище, анализироваться и затем делать прогноз.

Также необходимо осуществлять балансировку нагрузки между узлами МЕС. Это позволит равномерно распределить сервисы и обеспечить оптимальное использование ресурсов, особенно это относится к участкам с плотным дорожным движением, так как там несколько серверов могут обслуживать одну местность.

Такой режим обеспечит предотвращение простоев, заранее предугадывая потребности в сервисах и мигрируя их на узлы граничных вычислений, что снизит задержки в обработке запросов

Под сервисами понимаются приложения для обработки того или иного трафика мультимедиа. Это может быть трафик потокового аудио, используемый для внутренних медиацентров системы автомобиля. Потоковое видео будет получено с камер, которые расположены на беспилотном автомобиле для получения информации об окружающей среде или объемное видео, полученное с лидара на транспорте. Это могут быть аварийные сервисы, которые будут отправлять информацию в случае аварийной ситуации. Это могут коммуникации, которые используются в V2I, необходимые для получения информации от дорожной инфраструктуры. Также под сервисом могут иметься в виду данные о навигации (GPS, ГЛОНАСС), которые критично важны для управления транспортным средством.



Рис. 2. Миграция мультимедийных сервисов

Также одной из интересных сфер предоставления мультимедийных сервисов является дополненная реальность. Рассмотрим использование мультимедийных сервисов на примере головных дисплеев или HUD (Heads-up Display) [5].

Транспортное средство запрашивает данные об окружающей среде (других автомобилях и т.д.) у серверов граничных вычислений, сеть предоставляет данные пользователю. Эта информация в отличие от бортовой сети обладает характеристиками полноты. Это означает, что транспортное средство теперь имеет больше информации об окружающей среде, чем генерируют собственные бортовые системы автомобиля.

Внедрение технологии головных дисплеев позволяет водителю иметь доступ ко всей необходимой

информации, не глядя вниз на приборную панель, что помогает не отвлекаться от дороги, а следовательно, снижает вероятность аварийной ситуации.

Такие дисплеи можно поделить на несколько типов:

- Проекционные. Используются светодиодные лампы или, в последнее время, лазеры для проецирования такой информации, как скорость, пошаговая навигация, счетчик оборотов и расход топлива в реальном времени на специально обработанную часть ветрового стекла.
- Основанные на отражении. Используют цифровой дисплей, который отображает желаемую информацию об автомобиле и окружающей среде, отражающуюся на специально разработанном стеклянном экране, который может располагаться

Потоковое аудио	Потоковое видео	Коммуникации
Аварийные сервисы	Дополненная реальность	
V2I коммуникации	Навигация	

также на лобовом стекле. Этот способ является самым распространенным.

- Голографические изображения. Преимуществами голографических изображений являются глубина информации и возможность проецировать объекты дополненной и смешанной реальности в 3D в поле зрения водителя транспортного средства. Такие изображения можно использовать для более понятной визуализации препятствий на дороге или показать на объемной модели автомобиля возникшую неисправность.



Рис. 3. Технология HUD

Возможности безопасности повышаются благодаря системам AR-HUD внутри транспортного средства или на обочине для предоставления водителям расширенных предупреждений о геометрии дороги. Также HUD могут включать в себя дополнительные функции, например: распознавание дорожных знаков

Эффективность отслеживания может быть улучшена за счет установления связи с другими транспортными средствами в AR-системах, а наблюдаемое прогнозирование и обнаружение критических событий становится более эффективным.

## II. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Подводя итоги, следует подчеркнуть важность рассмотренных технологий и методов для развития беспилотного транспорта и оптимизации его работы. В этой работе была рассмотрена технология V2X, а также

ее составляющие части. Была описана работа MEC, которую можно использовать для оптимизации работы сети для технологии V2X, обеспечивая быструю и эффективную обработку данных на ближайших к конечным устройствам серверах, что снижает задержку и повышает безопасность. Методы миграции сервисов: по необходимости и автоматизированный предоставляют возможности по оптимальному использованию ресурсов серверов, а также повышая гибкость сети. Были рассмотрены виды мультимедийного трафика, которые обрабатывают мигрируемые сервисы, а также подробнее разобран один из способов использования этого трафика.

В целом интеграция технологий V2X, миграции сервисов и граничных вычислений является важным шагом в развитии беспилотного транспорта.

## БЛАГОДАРНОСТЬ

Авторы выражают благодарность доктору технических наук, заведующему кафедрой сетей связи и передачи данных СПбГУТ Кучерявому Андрею Евгеньевичу за предоставленную возможность участия в 79-й Научно-технической конференции СПб НТО им. А.С. Попова, посвященной Дню радио.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Рекомендация МСЭ-Т X.1372 (03/2020). Серия X: Сети передачи данных, взаимосвязь открытых систем и безопасность. Безопасные приложения и услуги (2) – Безопасность интеллектуальных транспортных систем (ИТС). Руководящие указания по безопасности систем связи транспортного средства с различными объектами (V2X). – URL: <https://www.itu.int/rec/T-REC-X.1372-202003-1/en>
- [2] Бачманов М.Д., Воробьев А.И. Перспективы использования кооперативных транспортных систем в задачах светофорного регулирования // Автоматизация и управление в технических системах. 2016. № 4. С. 1–9.
- [3] Bagheri M. Cellular-based Vehicle to Pedestrian (V2P) Adaptive Communication for Collision Avoidance // International Conference on Connected Vehicles and Expo (ICCVE), Espoo. 2014. С. 1–5.
- [4] Yu W. A Survey on the Edge Computing for the Internet of Things // IEEE Access. 2017. Vol.6. P. 1–18.
- [5] Горячкин Б.С., Гаранов К.В., Братцев А.В. Повышение эргономичности транспортных средств путем внедрения проекционных дисплеев // E-Scio. 2020. С. 2–4.