

РАЗРАБОТКА МЕТОДА ОРГАНИЗАЦИИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ГРАНИЧНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ В СЕТЯХ VANET

А. А. Хакимов*, А. В. Суминов, А. С. А Мутханна

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций
им. проф. М. А. Бонч-Бруевича,
Санкт-Петербург, 193232, Российская Федерация

*Адрес для переписки: abdukadir94@gmail.com

Аннотация

Предмет исследования. Статья посвящена разработанной авторами архитектуре VANET сети, основанная на SDN/MEC (программно-конфигурируемые сети/мобильные граничные вычисления) системах, позволяющих уменьшить нагрузку на сеть и плотность трафика. **Метод.** Рассмотрен алгоритм разработанного программного обеспечения. Проведен натурный эксперимент на основе модельной сети. **Основные результаты.** В статье была рассмотрена возможность временного размещения заявки в RSU для снижения нагрузки на транзитную сеть. Условие временного размещения заявки основано на данных о загруженности участка дорог из систем мониторинга Google Map & Yandex и текущей статистике интернет-трафика. **Практическая значимость.** Предложенная архитектура позволяет оптимально использовать ресурсы RSU/MEC и значительно снижает задержку и нагрузку на передачу данных.

Ключевые слова:

Граничные облачные вычисления, VANET, миграция, нагрузка.

Информация о статье

УДК 004.7

Язык статьи – русский.

Поступила в редакцию 17.11.19, принята к печати 30.12.19.

Ссылка для цитирования: Хакимов А. А., Суминов А. В., Мутханна А. С. А Разработка метода организации распределения граничных вычислений в сетях VANET // Информационные технологии и телекоммуникации. 2019. Том 7. № 2. С. 47–55. DOI 10.31854/2307-1303-2019-7-2-47-55.

DEVELOPMENT OF EDGE COMPUTING DISTRIBUTION METHOD IN VANET

A. Khakimov*, A. Suminov, A. Muthanna

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunications,
St. Petersburg, 193232, Russian Federation

*Corresponding author: abdukadir94@gmail.com

Abstract—Research subject. Devoted the VANET network architecture, based on SDN / MEC (software-defined networks / mobile edge computing) systems that can reduce network load and traffic density. **Method.** The developed algorithm is considered. A testbed experiment based on a model network was done. **Core results.** The article examined the possibility of temporarily placing an application in RSU to reduce the load on the transit network. The condition for temporary placement of an application is based on data on congestion of road sections from Google Map & Yandex monitoring systems and current statistics on Internet traffic. **Practical relevance.** The proposed architecture allows to optimal use of RSU/MEC resources and significantly reduces the delay and load on data transmission.

Keywords—Edge computing, VANET, Migration, load.

Article info

Article in Russian.

Received 17.11.19, accepted 30.12.19.

For citation: Khakimov A., Suminov A., Muthanna A.: Development of Edge Computing Distribution Method in Vanet // Telecom IT. 2019. Vol. 7. Iss. 2. pp. 47-55 (in Russian). DOI 10.31854/2307-1303-2019-7-2-47-55.

Введение

В последнее время продвижение и развитие автономных систем управления автомобилями, проектирование и развитие надежной инфраструктуры и сети связи становятся востребованными. Выпуск связи пятого поколения (5G) [1] обеспечивает следующий шаг в развитии автономных транспортных сетей, однако для проектирования таких сетей предъявляются дополнительные требования. Это связано с высокой мобильностью и плотностью трафика, а также требованиями к задержке и надежности заявок, запускаемых в автономных транспортных сетях. Активно растущие города, в свою очередь, ведут не только к увеличению территории, но и к параллельному расширению дорожных сетей. В связи с этим могут быть широко распространены неблагоприятные условия, например, постоянное увеличение транспортных потоков и рост количества автомобилей на автостоянке. Все вопросы посвящены этим фактам и научному сообществу. Совсем недавно концепция Интернета вещей заложила основу для разработки инфокоммуникационной структуры, которая могла бы обеспечить многих автомобилистов не только необходимой безопасностью, но и новыми видами информационных услуг. Это направление получило название Интеллектуальные транспортные сети (ИТС) [2].

Одним из фундаментальных компонентов ИТС, который может отвечать за развитие структуры сети, являются автомобильные самоорганизующиеся сети VANET (Автомобильные специальные сети). Для построения этой сети был разработан специальный стандарт IEEE 802.11р. В настоящее время все большее распространение беспроводных устройств, таких как смартфоны, датчики, тактильные устройства и другой электроники, приводит к появлению разных проблем, связанных с разработкой систем пятого поколения (5G). Эти проблемы включают в себя: управление большим трафиком данных, охват, высокие скорости передачи данных и ограничение задержки [6, 7]. К 2020 году будет запущен первый коммерческий запуск совершенно новой сотовой системы пятого поколения (5G). Сети VANET – это радиосети со спонтанными мобильными абонентами, которые имеют полностью децентрализованное управление без базовых станций и опорных узлов, и основная топология такой сети быстро меняется при случайном соединении узлов [8]. Перед транспортными сетями VANET стоит четкая задача – создать сетевой интерфейс для автомобилей, поддерживающий четыре основные группы соединений: Транспортное средство-транспортное средство (V2V) – Транспортные средства сегодня применимы повсеместно, независимо от условий эксплуатации, поэтому решение, которое позволило бы контролировать транспортный поток, например, в мегаполисе, пользуется повышенным спросом. На данный момент довольно высокая плотность и низкая скорость движения транспортных средств в современном мегаполисе считается нормой. Мегаполис, как правило, характеризуется достаточно развитой инфраструктурой: от дорог до коммуникаций. В частности, нас интересуют такие сети, как беспроводные сети, сети широкополосного доступа, дорожная инфраструктура, VANET. Высокая плотность транспорта создает значительный риск перегрузки всего этого оборудования связи. Например, потоковая информация между транспортными средствами, количество которых может составлять сотни или даже тысячи. На рис. 1 представлена ситуация, связанная с разгрузкой трафика, в случае большого количества транспортных средств, где базовая станция (БС), расположенная в зоне обслуживания, не может справиться с входящим потоком данных. Такой тип взаимодействия может использоваться при отсутствии БС, что позволяет организовать обмен информацией между участниками в транспортных средствах. Объектами взаимодействия являются бортовые устройства OBU, которые обеспечивают беспроводную связь между транспортными средствами и их средой; Транспортное средство-инфраструктура (V2I) – информация передается через существующую инфраструктуру для разгрузки беспроводных интерфейсов, а также позволяет организовать сбор информации в зонах контроля и создать системы контроля и регулирования потока трафика. Поток данных идет от OBU к RSU [9]; Детерминированные транспортные сети с малыми потерями. Однако большая часть пакета данных занята служебной информацией, а полезная информация занята меньшей частью. Чтобы уменьшить нагрузку на VANET, необходимо предварительно обработать данные перед отправкой пакетов с устройства. В результате были построены модели двух сетей. Первая – это модель, которая позволяет отслеживать трафик с использованием коммуникационных технологий MEC и D2D. В этой модели машина будет генерировать некоторый трафик, например, был выбран служебный трафик в 300 байтов и мультимедийный трафик размером одного пакета в 1200 байтов. Далее пакеты будут отправлены на устройство, ко-

торое собирает трафик. Это устройство будет служить шлюзом для передачи данных, генерируемых устройствами каждой отдельной машины, на базовую станцию дороги. Во второй модели сети трафик будет идти непосредственно к ближайшей станции, а обработка будет осуществляться не на уровне мини-облака, то есть не на самой базовой станции, а на главном сервере, то есть на основном облаке в сочетании с SDN [5]. Эта модель позволит отслеживать трафик и визуально показывать разницу в скорости обработки данных, а также видеть разницу в задержке [10].

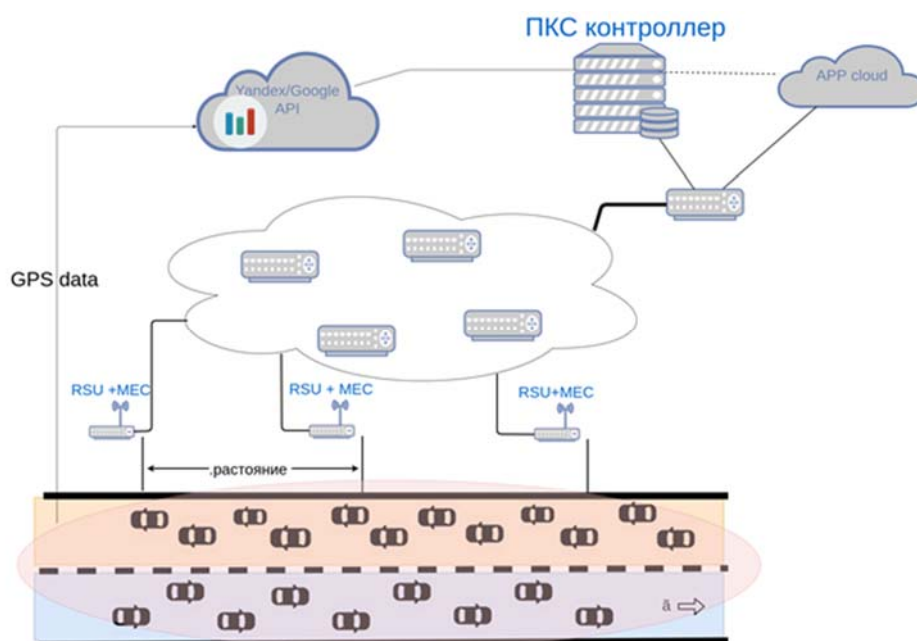


Рис. 1. Общая структура системы

Постановка задачи

С быстрым ростом автомобильного транспорта растет спрос на сетевую инфраструктуру, которая может обслуживать большой объем автомобильного трафика. Существует много принципов обеспечения доступа к Интернету на автомагистралях. Одна из предпочтительных систем обслуживания – граничные облачные вычисления (МЕС) [3, 4]. Граничные вычисления сам по себе очень перспективен и предлагает больше решений для оптимизации эффективного использования сетевых ресурсов. В предложенной системе мы пытались смоделировать миграцию сервера заявок, установленного на докерах, из удаленных облаков на хосты МЕС, чтобы обеспечить необходимый уровень QoS для служб заявок. В качестве приложения был использован генератор Iperf3. Транспортные средства сегодня применимы повсеместно, независимо от условий эксплуатации, поэтому задача, которая позволила бы контролировать движение транспорта, например, в мегаполисе, пользуется большим спросом. На сегодняшний момент, довольно высокая плотность и низкая скорость движения транспортных средств в современном мегаполисе считается нормой. Мегаполис, как правило, характеризуется достаточно развитой [2] инфраструктурой: от дорог до коммуникаций. В частности, интересны такие сети, как беспроводные сети, сети широкополосного доступа, дорожная инфраструктура, VANET. Однако высокая плотность транспорта создает значительный риск перегрузки всего этого оборудования

связи. Например, потоковая информация от одного транспортного средства к другому, и такая информация может быть от сотен или даже тысяч транспортных средств. На рис. 1 можно наблюдать ситуацию, связанную с разгрузкой трафика, в случае большого количества транспортных средств расположенная в зоне обслуживания БС не может справиться с входящим потоком данных.

Блок-схема предлагаемого алгоритма представлена на рис. 2, где:

1. Сначала удаленный сервер регистрируется в сетевом оркестраторе, предоставляя данные о типе заявке, конфигурации докера (все заявки обрабатываются в контейнерах) и необходимых ресурсах для размещения MEC.

2. Далее, оркестратор запрашивает состояние дороги через интерфейс API карт Google. Поскольку один хост MEC обслуживает несколько RSU, логически оркестратор автоматически группирует группу RSU в хосты, обслуживающие MEC.

3. Запрашиваемые данные хранятся в таблице статистики. И если на участке дороги трафик превышает способность обеспечить требуемый уровень QoS на удаленном облаке, оркестратор начинает процесс переноса контейнеров запроса на хост MEC.

4. Перед загрузкой контейнера в MEC, оркестратор проверяет сходство текущих данных за последний год и неделю в этом разделе. Это необходимо для создания точных прогнозов размещения заявок в MEC.

5. Устанавливается продолжительность заявки, а также процесс установки заявки на MEC.

Описание эксперимента

Сначала сервер iperf3 был помещен в контейнер докера, а затем в удаленное облако. Далее копия контейнера была перемещена на локальный хост MEC (приблизительно хост MEC обслуживает 10 RSU одновременно). Контейнер был запущен на хосте MEC, и в то же время был отключен от удаленного облака, логический канал был проложен из удаленного облака в MEC. Для создания логических каналов использовался SDN OpenFlow.

В исследовании была измерена скорость передачи и установки контейнеров. От облака до хоста MEC (рис. 3) наблюдалась средняя зависимость количества запросов от времени передачи контейнеров. На основе этого наблюдения был сделан вывод, что с помощью стороннего картографического сервиса Google



Рис. 2. Предлагаемый алгоритм организации передачи

можно было бы заранее определить загруженность дорог. Таким образом, возможно заранее выгрузить контейнер на хост MEC и в свою очередь обеспечить требуемый уровень QoS [9].

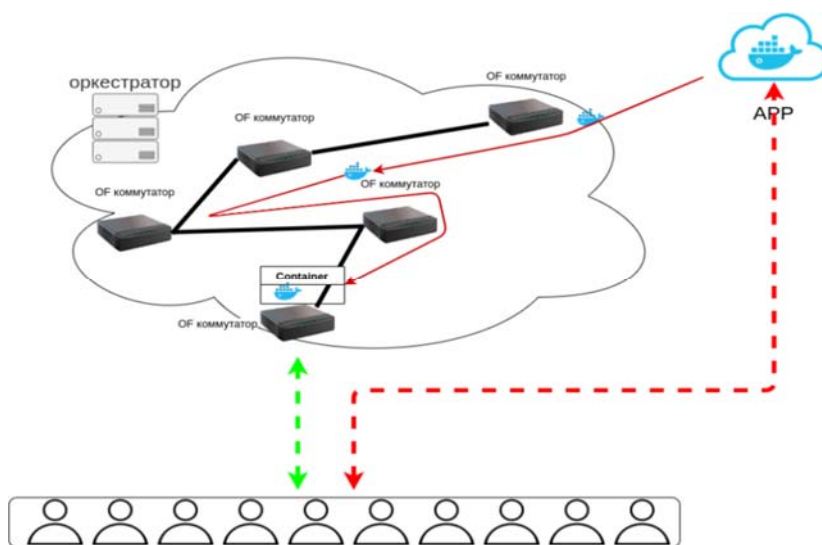


Рис. 3. Реализация структуры системы

На рис. 4 представлен график, демонстрирующий работу переключателей OF в режиме обычного переключателя, к которому подключены группы RSU. В работе были смоделированы запросы для заявки VANET. С увеличением количества запросов на один RSU видно, что, когда количество запросов становится больше 20 000, использование используемой оперативной памяти начинает быстро увеличиваться. Средняя задержка увеличивается в среднем на 30 %. Одним из решений является использование MEC.

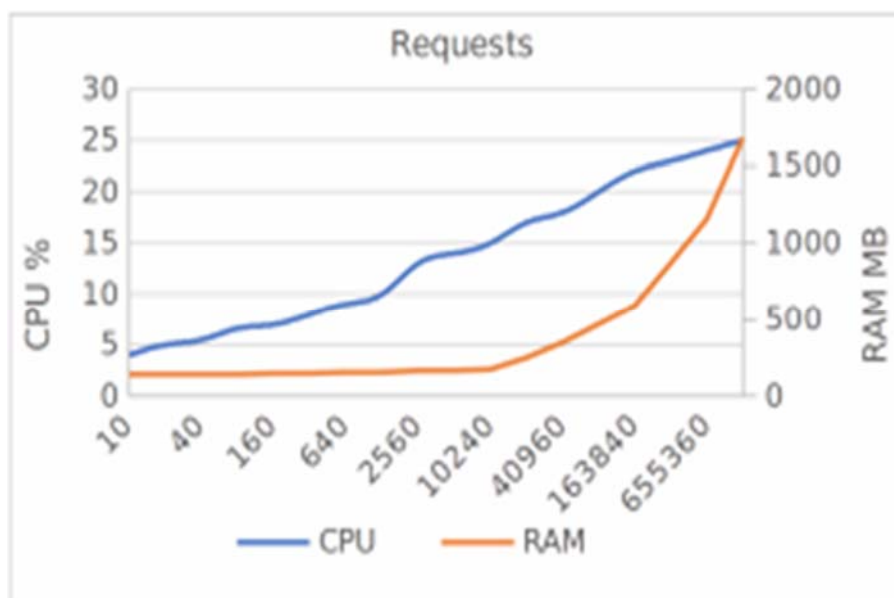


Рис. 4. Запросы заявок VANET

Это позволит лучше использовать ресурс коммутаторов OF. После тестирования времени миграции приложения на хост MEC были получены следующие

результаты (рис. 5): на графике показано время загрузки заявки, размещенной на докере, и установки на хосте MEC, поскольку загрузка и установка могут занять до 10 минут при большой нагрузке. Этот показатель заставил нас задуматься об использовании сторонних систем дорожного навигатора. Благодаря использованию статистики и карт Google, оркестровщик сможет предвидеть необходимость и разместить контейнер заявок на хосте ME.



Рис. 5. Время загрузки заявки, размещенной на докере

Заключение

В статье была предложена архитектура построения сети VANET на основе SDN / MEC, которая позволяет снизить нагрузку на сеть и уменьшить общую задержку передачи данных. Был разработан алгоритм, позволяющий временное размещение заявок рядом с RSU для снижения нагрузки на транспортную сеть, основанный на загруженности данных участков дорог из систем мониторинга Google Map & Yandex.

Литература

1. Атея А. А., Мутханна А. С., Кучерявый А. Е. Интеллектуальное ядро для сетей связи 5G и тактильного интернета на базе программно-конфигурируемых сетей // Электросвязь. 2019. № 3. С. 34–40.
2. Vladyko A., Khakimov A., Muthanna A., Ateya A. A., Koucheryavy A. Distributed edge computing to assist ultra-low-latency vanet applications // Future Internet. 2019. Т. 11. № 6. Н. 128.
3. Мухизи С., Атея А. А., Мутханна А. С., Киричк Р. В. Модели сегментации и кластеризации ресурсов в программно-конфигурируемых сетях // Электросвязь. 2019. № 4. С. 26–31.
4. Маколкина М. А., Атея А. А., Мутханна А. С. А., Кучерявый А. Е. Метод выгрузки трафика приложений дополненной реальности в многоуровневой системе граничных вычислений // Электросвязь. 2019. № 6. С. 36–42.
5. Мухизи С., Мутханна А. С., Киричек Р. В., Кучерявый А. Е. Исследование моделей балансировки нагрузки в программно-конфигурируемых сетях // Электросвязь. 2019. № 1. С. 23–29.
6. Ateya A. A., Muthanna A., Vybornova A., Koucheryavy A. Multi-Level Cluster Based Device-to-Device (D2D) Communication Protocol for the Base Station Failure Situation // Lecture Notes in Computer Science. 2017. P. 10531.
7. Cooper C., Franklin D., Ros M., Safaei F., Abolhasan M. A comparative survey of VANET clustering techniques // IEEE Communications Surveys & Tutorials, V. 19, № 1, 2016, pp. 657–681.

8. Belghol H. A., Idrissi A. MEC towards 5G: A Survey of Concepts, Use Cases, Location Tradeoffs // Transactions on Machine Learning and Artificial Intelligence, 5. 10.14738/tmlai.54.3215. 2017.
9. Abdelhamied A. Ateya, Ammar Muthanna, Maria Makolkina, Andrey Koucheryavy. Study of 5G services standardization: specifications and requirements // 2018 10th International Congress on Ultra Modern Telecommunications and Control Systems and Workshops (ICUMT). pp. 1–6.
10. Talib Mohammed, Hussin Burairah, Hassan Aslinda. Converging VANET with Vehicular Cloud Networks to reduce the Traffic Congestions: A review // International Journal of Applied Engineering Research. 12. 2017. pp. 10646–10654.
11. Abdellah A. R., Muthanna A., Koucheryavy A. Robust estimation of vanet performance-based robust neural networks learning // Internet of Things, Smart Spaces, and Next Generation Networks and Systems 2019. pp. 402–414.

References

1. Ateya, A. A., Muthanna, A., Koucheryavy, A. Intelligent Core Network for 5G and Tactile Internet Systems Based on Software Defined Networks // *Elektrosvyaz*'. 2019. No. 3. Pp. 34–40.
2. Vladyko, A., Khakimov, A., Muthanna, A., Ateya, A. A., Koucheryavy, A. Distributed Edge Computing to Assist Ultra-Low-Latency VANET Applications // *Future Internet*. 2019. Vol. 11. Iss. 6.
3. Muhizi, S., Ateya, A. A., Muthanna, A., Kirichek, R. Models of Resource Segmentation and Clustering in Software-Defined Networks // *Elektrosvyaz*'. 2019. No. 4. Pp. 26–31.
4. Makolkina, M., Ateya, A. A., Muthanna, A., Koucheryavy, A. A New Multilevel MEC Based Scheme for Traffic Management in AR Based Networks // *Elektrosvyaz*'. 2019. No 6. Pp. 36–42.
5. Muhizi, S., Muthanna, A., Kirichek, R., Koucheryavy, A. Analysis and Modeling of Load Balancing in Software-Defined Networks // *Elektrosvyaz*'. 2019. No. 1. Pp. 23–29.
6. Ateya, A. A., Muthanna, A., Vybornova, A., Koucheryavy, A. Multi-Level Cluster Based Device-to-Device (D2D) Communication Protocol for the Base Station Failure Situation // *Lecture Notes in Computer Science*. 2017. Vol. 10531. Pp. 755–765.
7. Cooper, C., Franklin, D., Ros, M., Safaei, F., Abolhasan, M. A Comparative Survey of VANET Clustering Techniques // *IEEE Communications Surveys & Tutorials*. 2016. Vol. 19. Iss. 1. Pp. 657–681.
8. Belghol, H. A., Idrissi, A. MEC towards 5G: A Survey of Concepts, Use Cases, Location Tradeoffs // *Transactions on Machine Learning and Artificial Intelligence*. 2017. Vol. 5. No. 4. Pp. 438–447.
9. Ateya, A. A., Muthanna, A., Makolkina, M., Koucheryavy, A. Study of 5G Services Standardization: Specifications and Requirements // *10th International Congress on Ultra Modern Telecommunications and Control Systems and Workshops (ICUMT)*. 2018. Pp. 1–6.
10. Mohammed, T., Burairah, H., Aslinda, H. Converging VANET with Vehicular Cloud Networks to Reduce the Traffic Congestions: A Review //
11. Abdellah, A. R., Muthanna, A., Koucheryavy, A. Robust Estimation of VANET Performance-Based Robust Neural Networks Learning // *Lecture Notes in Computer Science*. 2019. Iss. 11660. Pp. 402–414.

**Хакимов
Абдукодир Абдукаримович**

– аспирант, СПбГУТ, Санкт-Петербург, 193232,
Российская Федерация, abdukadir94@gmail.com

**Суминов
Алексей Владимирович**

– магистрант, СПбГУТ, Санкт-Петербург, 193232,
Российская Федерация, fantom.74.96@gmail.com

**Мутханна
Аммар Салех Али**

– кандидат технических наук, доцент, СПбГУТ,
Санкт-Петербург, 193232, Российская Федерация,
ammarexpress@gmail.com

Khakimov Abdulkodir

– Postgraduate, SUT, St. Petersburg, 193232,
Russian Federation, abdukadir94@gmail.com

Suminov Alexey

- Undergraduate student, SUT, St. Petersburg, 193232, Russian Federation, fantom.74.96@gmail.com

Muthanna Ammar

- Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, SUT, St. Petersburg, 193232, Russian Federation, ammarexpress@gmail.com