

УДК 004.057.4; 004.057.7
DOI: 10.15827/0236-235X.135.489-495

Дата подачи статьи: 23.06.21
2021. Т. 34. № 3. С. 489–495

Анализ производительности протоколов проактивной маршрутизации в VANET на базе NS3

Амани Ахмад Саббаг¹, аспирант, amanisabbagh86@gmail.com

М.В. Щербаков¹, д.т.н., профессор, maxim.shcherbakov@gmail.com

¹ Волгоградский государственный технический университет,
г. Волгоград, 400005, Россия

Протоколы маршрутизации играют важную роль в сетях Ad-hoc для направления данных от источника к цели, используя как можно меньше доступных сетевых ресурсов и за минимально возможное время, при этом выбирая лучший путь. Для решения данной задачи исследователи постоянно совершенствуют протоколы, стремясь достигнуть максимальной производительности сети.

Цель настоящего исследования – оценка производительности протоколов маршрутизации, отвечающих за передачу данных между узлами, и их влияния на производительность сетей VANET с помощью расширенных программ моделирования среды, дающих близкие к реальным результаты, чтобы снизить высокие затраты на оценку. Скорость изменений – основная проблема, с которой приходится сталкиваться в сетях VANET при разработке соответствующих протоколов, отвечающих требованиям стабильной работы при постоянном изменении количества узлов и их скорости. Следовательно, нельзя не экспериментировать с традиционными протоколами, чтобы определить лучшие и в дальнейшем рассчитывать на их разработку. Авторы предлагают проанализировать производительность протокола в VANET с большим количеством узлов и разными скоростями движения транспорта и оценить сеть по таким показателям, как коэффициент доставки пакетов, пропускная способность, средняя задержка, накладные расходы и коэффициент потери пакетов.

В работе представлены два протокола маршрутизации в сетях VANET – Destination Sequenced Distance Vector (DSDV) и Optimized Link State Routing (OLSR). Моделирование выполнено в симуляторе NS3 для создания топологии сети VANET и протокола маршрутизации, а также в инструменте Bonnmotion для создания реалистичных сценариев мобильности. На основании полученных результатов сделан вывод о том, что в случае увеличения количества узлов протокол OLSR более эффективен, чем протокол DSDV в VANET-сетях.

Ключевые слова: протоколы проактивной маршрутизации, VANET, NS3, Bonnmotion, производительность сети.

Значительное увеличение на дорогах количества транспортных средств в последние десятилетия обусловило существенный рост дорожно-транспортных происшествий. Это побудило ученых искать новые технологии для обеспечения более высокого уровня безопасности, дающие возможность получать полную информацию о дорожных условиях (загруженных или пустых) и о чрезвычайных ситуациях, требующих быстрого вмешательства для оказания помощи. В силу значительного расширения наземных дорог во всех точках мира на построение традиционных сетей для достижения этой цели необходимы серьезные материальные ресурсы, что делает создание традиционной сети практически невозможным. Все это обусловило появление сетей VANET в составе Ad-hoc-сети [1]. VANET – децентрализованные сети, не нуждающиеся в предварительно установленных устройствах на дорогах, скорее, они создаются самими автомобилями. Их

стоимость очень низкая, но они страдают от проблемы выбора соответствующего протокола, который должен успешно управлять этой сетью. Поэтому были выбраны протоколы маршрутизации, применяемые в сетях MANET, изучены их производительность и работа в среде VANET [2]. Сравним производительность некоторых протоколов маршрутизации MANET в среде VANET.

В большинстве исследований производительность протоколов оценивалась на малом количестве узлов и не учитывалось, что большой размер сети может изменить результаты и снизить ее производительность. Кроме того, лучший протокол в MANET необязательно будет лучшим в VANET. Следовательно, предыдущие исследования не дают точной оценки протоколов в VANET. В [3] автор оценил производительность некоторых традиционных протоколов маршрутизации – AODV, DSDV, OLSR и GPSR. Результаты показали, что OLSR

превосходит AODV, DSDV и GPSR в предложенном сценарии с использованием сетевого симулятора 2 (NS2). В работе [4] оцениваются четыре показателя производительности с помощью сетевого симулятора 2 (NS2) в зависимости от различных условий (мобильность узлов, плотность сети). Результаты показали, что OLSR имеет самую низкую производительность с точки зрения коэффициента доставки пакетов, чем AODV, во всех моделях и в целом AODV имеет лучшую производительность в сетях с более высокой мобильностью и большим количеством узлов. В [5] автор использовал SUMO и NS3 для оценки производительности протоколов маршрутизации VANET. Судя по результатам, производительность OLSR была лучшей для предложенного сценария с точки зрения PDR и пропускной способности, в то время как GPSR и GPCR – лучшими двумя маршрутами в случае накладных расходов и задержки E2E.

Обзор существующих протоколов маршрутизации

Протоколы маршрутизации определяют способы обмена пакетами между узлами в приемлемый период времени. В Ad-Нос-сетях протоколы маршрутизации делятся на три основные группы: проактивные, реактивные и гибридные. В статье [5] авторы рассмотрели протоколы проактивной маршрутизации, чтобы изучить влияние реализации протоколов DSDV и OLSR на производительность сети VANET, и сравнили показатели их производительности.

Принцип работы упреждающих протоколов маршрутизации заключается в том, чтобы сохранять информацию об узлах, составляющих сеть, в виде таблиц маршрутизации, а затем каждым узлом периодически отправлять свою таблицу маршрутизации соседним узлам, что заставляет все связанные узлы в сети получать полную карту сети и расположение связанных узлов распределения. Каждый узел обновляет свою таблицу маршрутизации и отправляет управляющие сообщения всем связанным узлам, а потом периодически и без предварительного запроса маршрутизации отправляет обновленное расписание остальным узлам, что обеспечивает постоянное обновление таблиц маршрутизации, присутствующих на всех узлах. Постоянное периодическое обновление таблиц маршрутизации узлами потребляет пропускную способность сети, и, таким образом,

основным недостатком проактивных протоколов является большая нагрузка, возникающая из-за необходимости наводнять сеть управляющими сообщениями [3, 6].

Некоторые особенности проактивных протоколов [3, 4]:

- большинство узлов имеют обновленную таблицу маршрутизации, то есть они знают топологию сети и распределение узлов в ней;
- нет необходимости в сетевых ресурсах, чтобы обнаружить маршрут от источника до пункта назначения;
- периодически обновляется информация о маршрутах с целью избежания больших задержек при обнаружении маршрута к назначению в случае необходимости.

Основными слабыми сторонами этих протоколов являются следующие [3, 4]:

- периодическое обновление таблиц маршрутизации приводит к большому расходу пропускной способности сети;
- не подходят для Ad-Нос-сетей с высокой плотностью, поскольку это может привести к увеличению трафика.

Проактивные протоколы – OLSR, DSDV, маршрутизация состояния «рыбий глаз» (FSR) и протокол беспроводной маршрутизации (WRP).

Проактивный протокол маршрутизации DSDV построен на традиционном алгоритме Беллмана–Форда, при этом улучшены методы маршрутизации для адаптации к специальным мобильным сетям. Узлы сохраняют таблицу маршрутизации для всех узлов в сети, чтобы помочь узлу узнать топологию сети [7].

Таблица маршрутизации содержит информацию о каждом узле [8]:

- IP-адрес;
- последний порядковый номер;
- количество прыжков до узла назначения;
- информация о первом хопе для достижения узла назначения;
- время последнего обновления таблицы маршрутизации узла.

Существуют два типа обновления узлом своей таблицы маршрутизации: добавочное и периодическое [1, 8].

Добавочные обновления выполняются, чтобы гарантировать отсутствие серьезных изменений в таблицах маршрутизации, которые они поддерживают, поэтому сообщение об обновлении в этом случае состоит из трех полей: узла назначения, порядкового номера, количества переходов для достижения назначенного узла.

Периодические обновления выполняются узлами при значительных изменениях топологии сети, затем каждый узел отправляет всю таблицу маршрутизации своим соседним узлам.

OLSR – это протокол упреждающей маршрутизации на основе таблиц для мобильных Ad-Нос-сетей. Протокол использует алгоритм состояния канала и имеет преимущество сохранения предварительно доступных путей, которые используются при необходимости из-за их проактивного характера [7].

OLSR характеризуется выбором промежуточных узлов, называемых многоточечными ретрансляторами (MPR). Этот узел выполняет задачу пересылки данных в сети для уменьшения накладных расходов узлов, отправляющих обновленные данные в сети, чтобы предотвратить их сброс, что считается одним из наиболее важных недостатков протоколов проактивной маршрутизации. MPR выбираются некоторыми из соседних узлов. MPR-узлы периодически публикуют информацию, которая связывает их с остальными узлами в своих управляющих сообщениях. Таким образом, все узлы имеют информацию о том, как получить доступ к узлу назначения через MPR. Узлы, использующие протокол проактивной маршрутизации OLSR, отправляют информацию на узел назначения через MPR промежуточного ПО и находятся в контакте со всеми сетевыми узлами. Таким образом, промежуточные узлы изучают путь к узлам назначения и его эффективность среди других доступных опций: передать данные по старому пути как есть или скорректировать его на лучший путь в случае изменения топологии сети [4].

Для выполнения этих задач узлы рассылают несколько типов сообщений [4].

- Сообщения HELLO. Задача этих сообщений – собрать информацию о соседних узлах. Они представляют собой только один переход.

- Сообщения управления топологией (ТС). Периодически транслируются для отправки информации об узлах MPR и способах связи с остальными узлами. Узлы используют эти сообщения для пересчета своей таблицы маршрутизации, последовательный номер для этих сообщений ставится, чтобы различать современные и старые сообщения.

- Сообщения множественного объявления интерфейса (MID). Передаются всеми сетевыми узлами, чтобы объявить их множественные интерфейсы с их обновленными адресами в сети.

- Сообщения хоста и сетевой ассоциации (HNA). Это сообщения о внешней маршрутизации, например, о сетевых и других адресах.

Методология моделирования и сценариев

Авторы данного исследования стремились смоделировать поведение протоколов маршрутизации при различных условиях, количестве узлов и скоростной мобильности в транспортных средствах для изучения показателей производительности сети: отношение пакетов к доставке (PDR), пропускная способность, накладные расходы, коэффициент потери пакетов и задержка в сети VANET. Все симуляции проводились с помощью сетевого симулятора NS3. Была также использована модель мобильности Manhattan Grid с помощью инструмента Vonnmotion, который широко применяется для описания мобильности узлов VANET.

Для измерения эффективности двух протоколов в сетях VANET необходимо измерить ряд показателей.

1. Коэффициент доставки пакетов (PDR). Это отношение количества пакетов, успешно достигших своей цели, о которых знает отправляющий узел:

$$\text{коэффициент доставки пакетов} = \left(\frac{\text{количество полученных пакетов}}{\text{общее количество отправленных пакетов}} \right) \cdot 100.$$

2. Коэффициент потери пакетов (PLR). Это количество пакетов, не полученных адресатом. Они теряются во время передачи от источника к месту назначения. Отбрасывание пакета может быть связано с ухудшением качества сигнала, поврежденными пакетами или перегрузкой. Чем меньше отсутствующих пакетов, тем лучше протокол маршрутизации:

$$\text{коэффициент потери пакетов} = \left(\frac{\text{количество потерянных пакетов}}{\text{общее количество отправленных пакетов}} \right) \cdot 100.$$

3. Пропускная способность. Определяется как количество пакетов, полученных в пункте назначения, из общего числа переданных пакетов (используемая единица – кбит/с):

$$\text{пропускная способность} = \frac{\text{Размер пакета} \cdot \text{полученные пакеты}}{8} \cdot 100.$$

4. Средняя задержка. Общее время передачи пакета от источника к узлу назначения известно как сквозная задержка. Показатель производительности задержки включает задержки из-за обнаружения маршрута, распространения и отправки пакета, а также время ожидания пакета в очереди:

средняя задержка = Σ (время получения пакета данных – время отправления пакета данных) ÷ общее количество полученных пакетов.

5. Накладные расходы. Это отношение количества пакетов, которым не удалось достичь своей цели, то есть они не достигли целевого узла или достигли, но не могут знать отправляющий узел, что связано с несколькими причинами, включая потерю сигнала или неожиданную перегрузку:

накладные расходы = общее количество пакетов маршрутизации / общее количество полученных пакетов данных.

Анализ производительности

Авторы проанализировали производительность протоколов DSDV и OLSR при изменении количества узлов и их скорости.

1. Влияние количества автомобилей.

Осуществлена оценка производительности протоколов DSDV и OLSR в VANET для различных сценариев с 50, 100, 150, 200, 250 автомобилями.

На рисунке 1 показаны коэффициенты доставки пакетов (PDR) для протоколов маршрутизации DSDV и OLSR при разном количестве транспортных средств. Все протоколы имеют одинаковый коэффициент доставки пакетов при изменении количества узлов, но в случае 250 узлов производительность OLSR немного лучше, чем DSDV.

Анализ общей кривой оценки производительности (рис. 2) показал, что более высокая пропускная способность достигается протоколом маршрутизации OLSR. Он превосходит DSDV с точки зрения пропускной способности

благодаря хорошему управлению маршрутизацией с использованием метода многоточечной ретрансляции (MPR) [4]. Оба протокола обеспечивают лучшую пропускную способность для меньшего количества узлов при мобильности.

На рисунке 3 представлена средняя задержка для разного количества транспортных средств и протоколов маршрутизации. Можно заметить, что наименьшая средняя задержка у OLSR. При этом DSDV достиг на 27 % большего значения задержки, чем OLSR, с увеличенным размером в сети на 250 автомобилей.

Накладные расходы для различного количества транспортных средств и протоколов маршрутизации показаны на рисунке 4. Как видим, они растут с увеличением количества транспортных средств как для протокола DSDV, так и OLSR, поскольку генерируют большое количество накладных расходов пакетов. DSDV имеет большие накладные расходы на маршрутизацию из-за дополнительных сообщений управления маршрутизацией для обновления таблиц маршрутизации, в то время как OLSR имеет меньшие накладные расходы на маршрутизацию из-за меньшего количества повторных передач [8] и использования метода MPR, который снижает накладные расходы на маршрутизацию [5].

На рисунке 5 отображены коэффициенты потери пакетов для протоколов проактивной маршрутизации DSDV и OLSR и разного количества транспортных средств в сети. Можно наблюдать, что коэффициент потери пакетов увеличивается с ростом количества узлов в сети. Анализ результатов показал, что PLR VANET резко возрастает по мере увеличения количества узлов.

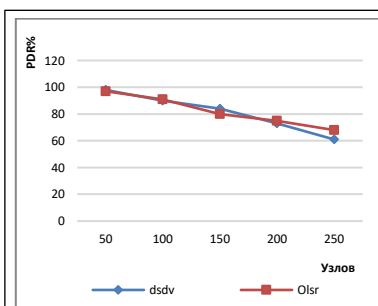


Рис. 1. Коэффициент доставки пакетов в зависимости от размера сети

Fig. 1. Packet delivery ratio depending on network size

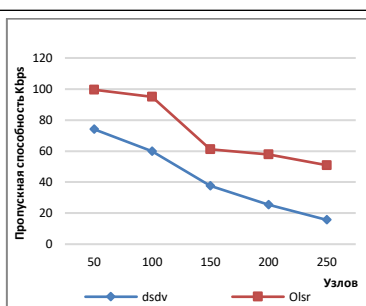


Рис. 2. Пропускная способность в зависимости от размера сети

Fig. 2. Throughput depending on network size

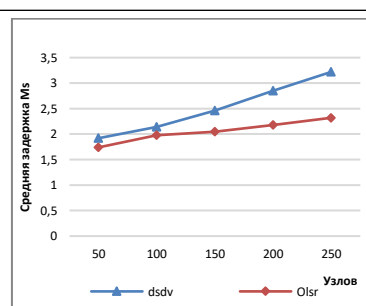


Рис. 3. Средняя задержка в зависимости от размера сети

Fig. 3. Average delay depending on network size

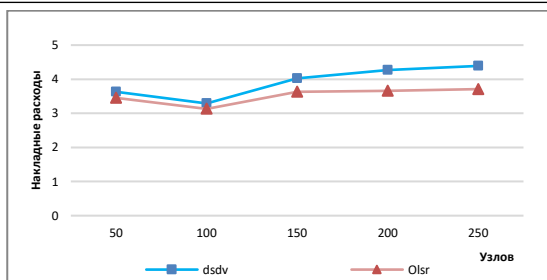


Рис. 4. Накладные расходы в зависимости от размера сети

Fig. 4. Overhead depending on network size

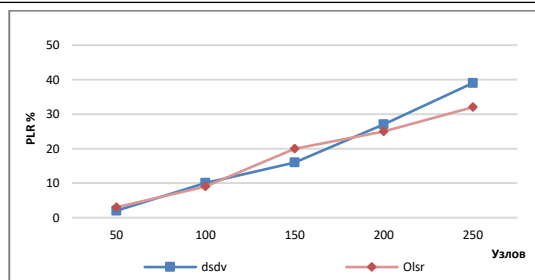


Рис. 5. Коэффициент потери пакетов в зависимости от размера сети

Fig. 5. Packet loss ratio depending on network size

На основании приведенных результатов можно сделать вывод, что протокол OLSR более эффективен, чем протокол DSDV, в случае предлагаемого авторами VANET для реалистичного сценария мобильности транспортных средств (модель Манхэттена). К тому же это подходящее решение для приложений безопасности, которые требуют надежной передачи пакетов данных и чувствительны к задержкам.

2. Влияние скорости автомобиля.

Авторы проанализировали и оценили производительность протоколов AODV и DSR в VANET для различных сценариев с 50 автомобилями и скоростью 10, 20, 30, 40 и 50 м/с.

Результаты изменения скорости с 50 узлами показали, что увеличение скорости узла влияет на все параметры производительности сети, то есть увеличение скорости приводит к снижению эффективности протоколов. Что касается производительности DSDV в зависимости от скорости автомобиля, то коэффициент доставки пакетов снизился на 9 %, таким образом, коэффициент потери пакетов увеличился на 9 %. Средняя задержка в сети увеличилась почти на 125 %, накладные расходы – на 86 %, тогда как пропускная способность снизилась на 6 %. Относительно OLSR коэффициент доставки пакетов снизился на 10 %, что увеличило коэффициент потери пакетов на 10 %. Средняя задержка в сети увеличилась почти на 150 %, накладные расходы – на 89 %, тогда как пропускная способность снизилась на 4 % (см. <http://www.swsys.ru/uploaded/image/2021-3/2021-3-dop/1.jpg>).

Заключение

Основная ценность данной работы состоит в аргументированной сравнительной характеристике эффективности применения распространенных протоколов маршрутизации для сетей VANET с использованием симуляторов Vonnmotion и NS3. Выявлены различия между популярными протоколами проактивной маршрутизации – DSDV и OLSR, проведено сравнение протоколов маршрутизации друг с другом в VANET. Авторы исследования сосредоточились на оценке влияния изменения количества узлов и скорости узла на производительность сети, изучили зависимость протокола маршрутизации от большого размера сети и высокой мобильности VANET.

Выяснено, что производительность двух протоколов в случае изменения скорости и стабильность количества узлов незначительно пострадали, но в случае увеличения количества узлов протокол OLSR оказался более эффективным, чем протокол DSDV в VANET. Хотя эти протоколы основаны на двух разных методах работы – протокол OLSR полагается на алгоритм состояния канала, а DSDV на алгоритм Беллмана–Форда, их производительность очень схожа. Ряд особенностей, пересекающихся со множеством малоизученных вопросов непостоянства структуры и состава сетей VANET, представляют собой основу для будущих исследований.

Литература

- Spaho E., Ikeda M., Barolli L., Xhafa F., Younas M., Takizawa M. Performance evaluation of OLSR and AODV protocols in a VANET. Proc. IEEE XXVII AINA Conf., 2013, pp. 577–582.
- Jain M., Saxena R. Overview of VANET: Requirements and its routing protocols. Proc. ICCSP, 2017, pp. 1957–1961. DOI: 10.1109/ICCSP.2017.8286742.

3. Bhangwar N., Halepoto I., Sadhaya I., Khokhar S., Laghari A. On routing protocols for high performance. *Studies in Informatics and Control*, 2017, vol. 26, no. 4, pp. 441–448. DOI: 10.24846/v26i4y201708.
4. Zougagh H., Toumanari A., Rachid L., Idboufker N., Yousef M. A performance comparison of routing protocols for ad hoc networks. *IJERA*, 2014, vol. 4, no. 9, pp. 124–131.
5. Bengag A., Elboukhari M. Performance evaluation of VANETs routing protocols using SUMO and NS3. *Proc. Intern. IEEE CiSt*, 2018, pp. 525–530. DOI: 10.1109/CIST.2018.8596531.
6. Afolayan A., Oyenike M. Review of Mobile Ad Hoc Network Protocols. *IOSR-JCE*, 2015, vol. 17, no. 2, pp. 1–12.
7. Gómez C., García D., Paradells J. Improving performance of a real ad hoc network by tuning OLSR parameters. *Proc. X IEEE ISCC*, 2005, pp. 16–21. DOI: 10.1109/iscc.2005.83.
8. Rao G., Jagadeeswararao E., Priyanka U., Indira T. Performance analysis of MANET routing protocols – DSDV, DSR, AODV, AOMDV using Ns-2. *GJCST*, 2015, vol. 15, no. 6, pp. 1380–1384.

Software & Systems
DOI: 10.15827/0236-235X.135.489-495

Received 23.06.21
2021, vol. 34, no. 3, pp. 489–495

Performance comparison of proactive routing protocols in VANET based on NS3

Amani A. Sabbagh¹, *Postgraduate Student, amanisabbagh86@gmail.com*

M.V. Shcherbakov¹, *Dr.Sc. (Engineering), Professor, maxim.shcherbakov@gmail.com*

¹ *Volgograd State Technical University, Volgograd, 400005, Russian Federation*

Abstract. Routing protocols play a major role in computer networks in order to direct data from the source to the target using the least possible network resources available and in the least possible time by choosing the best path for this data. Therefore, researchers continuously develop these protocols in order to reach the network to the best possible performance.

The purpose of the study is to evaluate the performance of the routing protocols responsible for transferring data between nodes and their impact on the performance of VANETs using advanced simulations that simulate the environment and produce near-real results to reduce high evaluation costs. The change rate is the main problem for researchers to face in VANET networks when developing appropriate protocols to meet the requirements of stable operation with a constant change in the number of nodes and the speed of these nodes. Therefore, it is reasonable to experiment with traditional protocols to determine the best ones, and then look forward to their further development in the future. Therefore, one of the main research objectives is to determine the appropriate routing protocol for VANETs in order to have a safe traffic environment. The paper analyses the impact of network size at a large number of nodes and different vehicle speeds on network performance metrics like packet delivery ratio, throughput, average delay, overhead and packet loss ratio and assesses the level of network performance at realistic mobility scenarios for vehicle movement in the street generated by Bonnmotion tool.

The paper selects two routing protocols in VANET networks, namely Destination Sequenced Distance Vector (DSDV) and Optimized Link State Routing (OLSR). Also, the simulation is carried out in NS3 simulator to create VANET network topology and routing protocols. Based on the results, it is established that OLSR is more efficient than DSDV in VANET networks when the number of nodes increases.

Keywords: proactive routing protocols, VANET, NS3, Bonnmotion, network performance.

References

1. Spaho E., Ikeda M., Barolli L., Xhafa F., Younas M., Takizawa M. Performance evaluation of OLSR and AODV protocols in a VANET. *Proc. IEEE XXVII AINA Conf.*, 2013, pp. 577–582.
2. Jain M., Saxena R. Overview of VANET: Requirements and its routing protocols. *Proc. ICCSP*, 2017, pp. 1957–1961. DOI: 10.1109/ICCSP.2017.8286742.
3. Bhangwar N., Halepoto I., Sadhaya I., Khokhar S., Laghari A. On routing protocols for high performance. *Studies in Informatics and Control*, 2017, vol. 26, no. 4, pp. 441–448. DOI: 10.24846/v26i4y201708.

4. Zougagh H., Toumanari A., Rachid L., Idboufker N., Yousef M. A performance comparison of routing protocols for ad hoc networks. *IJERA*, 2014, vol. 4, no. 9, pp. 124–131.
5. Bengag A., Elboukhari M. Performance evaluation of VANETs routing protocols using SUMO and NS3. *Proc. Intern. IEEE CiSt*, 2018, pp. 525–530. DOI: 10.1109/CIST.2018.8596531.
6. Afolayan A., Oyenike M. Review of Mobile Ad Hoc Network Protocols. *IOSR-JCE*, 2015, vol. 17, no. 2, pp. 1–12.
7. Gómez C., García D., Paradells J. Improving performance of a real ad hoc network by tuning OLSR parameters. *Proc. X IEEE ISCC*, 2005, pp. 16–21. DOI: 10.1109/iscc.2005.83.
8. Rao G., Jagadeeswararao E., Priyanka U., Indira T. Performance analysis of MANET routing protocols – DSDV, DSR, AODV, AOMDV using Ns-2. *GJCST*, 2015, vol. 15, no. 6, pp. 1380–1384.

Для цитирования

Амани Ахмад Саббаг, Щербачков М.В. Анализ производительности протоколов проактивной маршрутизации в VANET на базе NS3// Программные продукты и системы. 2021. Т. 34. № 3. С. 489–495. DOI: 10.15827/0236-235X.135.489-495.

For citation

Amani A. Sabbagh, Shcherbakov M.V. Performance comparison of proactive routing protocols in VANET based on NS3. *Software & Systems*, 2021, vol. 34, no. 3, pp. 489–495 (in Russ.). DOI: 10.15827/0236-235X.135.489-495.