

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ
ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МАШИН,
КОМПЛЕКСОВ И КОМПЬЮТЕРНЫХ СЕТЕЙ**

DOI 10.21672/2074-1707.2021.55.3.090-097
УДК 004.057.4; 004.057.7

**АНАЛИЗ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ПРОТОКОЛОВ
РЕАКТИВНОЙ МАРШРУТИЗАЦИИ В VANET НА БАЗЕ NS3**

Статья поступила в редакцию 21.04.2021, в окончательном варианте – 27.06.2021.

Амани Ахмад Саббаг, Волгоградский государственный технический университет, 400005, Российская Федерация, г. Волгоград, проспект им. В. И. Ленина, 28, аспирант, ORCID: 0000-0002-1558-9204, e-mail: amanisabbagh86@gmail.com

Шчербаков Максим Владимирович, Волгоградский государственный технический университет, 400005, Российская Федерация, г. Волгоград, проспект им. В. И. Ленина, 28, доктор технических наук, профессор, ORCID: 0000-0001-7173-4499, e-mail: maxim.shcherbakov@gmail.com

Внимание к важности улучшения интеллектуальной транспортной системы (ИТС) всегда соответствует современным тенденциям использования новых технологий беспроводной связи, поэтому тенденция последних тем исследований сосредоточена на автомобильной специальной сети (VANET). Сети VANET играют жизненно важную роль в ИТС благодаря их растущему значению для построения ИТС. VANET – это подкласс мобильных одноранговых сетей (MANET). VANET зависит от беспроводных технологий для установления связи между движущимися транспортными средствами (узлами). Соответствующий и эффективный протокол маршрутизации помогает успешно обмениваться данными между мобильными узлами в автомобильных одноранговых сетях. VANET имеет множество функций, аналогичных MANET, таких как ограниченная полоса пропускания, самоорганизация, самоуправление и нестабильная топология сети. Сверх того, он имеет некоторые важные характеристики, такие как очень высокая мобильность узлов, ограничения задержек и частых сбоев в сети связи. По этой причине маршрутизация в сетях VANET намного сложнее, чем маршрутизация в сетях MANET. Цель настоящего исследования – оценка производительности протоколов AODV (Ad hoc On-demand Distance Vector) и DSR (Dynamic Source Routing) и их влияния на производительность сетей VANET. Актуальность данной статьи состоит в том, что в ней на большом количестве узлов и различных скоростей транспортных средств анализируется влияние размера сети на такие показатели производительности сети, как коэффициент доставки пакетов, пропускная способность, средняя задержка, накладные расходы и коэффициент потери пакетов. Оценивается уровень производительности сети для движения транспортных средств по улице при реалистичных сценариях мобильности, созданных с помощью инструмента Bonnmotion. Также проводится моделирование в симуляторе NS-3 для создания топологии сети VANET и протоколов маршрутизации.

Ключевые слова: протоколы реактивной маршрутизации, VANET, NS-3, Bonnmotion, производительность сети

**ANALYSIS OF THE PERFORMANCE
OF REACTIVE ROUTING PROTOCOLS IN VANET BASED ON NS3**

The article was received by the editorial board on 21.04.2021, in the final version – 27.06.2021.

Amani Ahmad Sabbagh, Volgograd State Technical University, 28 V.I. Lenin Ave., Volgograd, 400005, Russian Federation, post-graduate student, ORCID: 0000-0002-1558-9204, e-mail: amanisabbagh86@gmail.com

Shcherbakov Maxim V., Volgograd State Technical University, 28 V.I. Lenin Ave., Volgograd, 400005, Russian Federation,

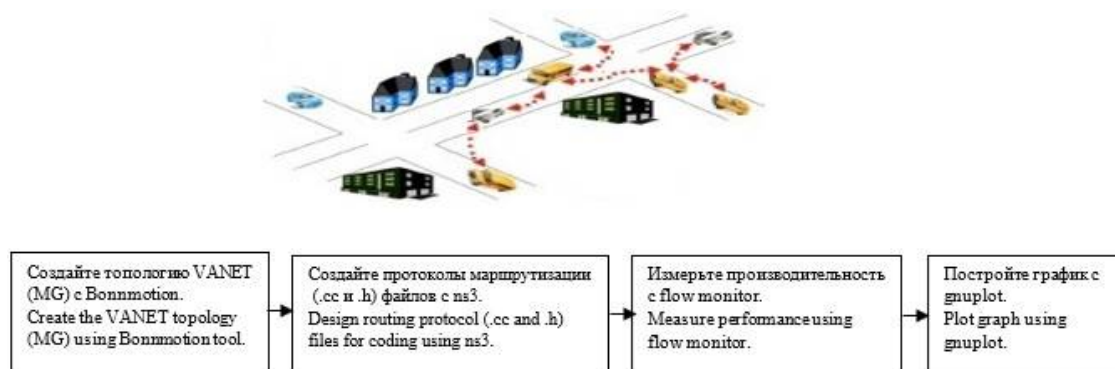
Doct. Sci. (Engineering), Professor, ORCID: 0000-0001-7173-4499, e-mail: maxim.shcherbakov@gmail.com

Since importance of improving of Intelligent Transportation System (ITS) always follow modern trends by using new wireless communication technologies, the trend of latest research topics is focusing on Vehicular Ad Hoc Network (VANET). VANET networks play a vital role in ITS due to their increasing importance for the building of ITS. VANET is a subclass of mobile ad-hoc networks (MANET). VANET depends on wireless technologies to establish communication between moving vehicles (nodes). An appropriate and efficient routing protocol helps to successful exchange data between mobility nodes in vehicular ad-hoc networks. VANET has a lot of similar features to MANETs such as finite bandwidth, self-arrangement, self-administration, and unstable network topology. Except it has some important features of its characteristic such as very high node mobility, delay restrictions, and frequent

network outages. For this reason, routing in VANET networks is much more complex than routing in MANET networks. The purpose of this study - to evaluate the performance of protocols AODV (Ad hoc On-Demand Distance Vector) and DSR (Dynamic Source Routing) and their impact on the performance of networks VANET. This paper differs in that it 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 assessing the level of network performance at realistic mobility scenarios for the movement of vehicles in the street generated by Bonnmotion tool. Also, the simulation is carried out in NS-3 simulator to create VANET network topology and routing protocols.

Keywords: reactive routing protocols, VANET, NS-3, Bonnmotion, network performance

Graphical annotation (Графическая аннотация)



Введение. Автомобильная специальная сеть (VANET) – это технология интеллектуальной транспортной системы (ITS), которая обеспечивает множество приложений, таких как трансляция сообщений безопасности, динамическое планирование путешествий, игры, развлечения и другие приложения [1].

Автомобильные сети Ад-Нос (VANET) – это тип специальной сети, в настоящее время привлекающей внимание исследователей благодаря некоторым важным характеристикам, которые отличают ее от других сетей, поскольку она характеризуется часто изменяющейся топологией сети и саморегулирующейся связью. Следовательно, методы маршрутизации VANET представляют собой серьезную исследовательскую проблему из-за характера топологии сети, поэтому традиционные протоколы маршрутизации должны постоянно развиваться, чтобы приспособиться к этим ненадежным условиям. Таким образом, прилагаются все большие усилия по разработке протоколов маршрутизации [2]. В данной статье изучается производительность двух протоколов реактивной маршрутизации, чтобы ответить на следующие три вопроса:

1. В чем основные различия между AODV и DSR?
2. Какой протокол маршрутизации обеспечивает лучшую производительность в сети VANET?
3. Какое влияние оказывают некоторые факторы (количество узлов, скорость узла) на производительность этих протоколов маршрутизации?

Пытаясь ответить на вышеуказанные вопросы, мы использовали ns3 для сравнения производительности двух протоколов AODV и DSR, чтобы изучить влияние мобильности и размера сети на поведение этих протоколов.

В последние годы были предприняты значительные усилия для оценки производительности традиционных протоколов маршрутизации в автомобильных специальных сетях и определения их сильных и слабых сторон в соответствии с одноранговыми сетями. В [3] Н. Чандель и В. Гупта использовали SUMO и NS2 для моделирования протоколов маршрутизации AODV, DSDV и DSR с реалистичной моделью мобильности. Они показали, что AODV лучше для коэффициента доставки пакетов, чем DSR и DSDV, тогда как DSR имеет в основном более высокую пропускную способность, чем DSDV и AODV. П. Ракхи и другие [4] использовали симулятор NS-2 для сравнения проактивных DSDV и реактивных протоколов DSR на основе двух показателей производительности сетевой пропускной способности и коэффициента доставки пакетов. Результаты показали, что DSR является более предпочтительным и более эффективным протоколом. А. Мохамед и другие [5] оценили производительность AODV, DSR и OLSR в городских сценариях с различными показателями, такими как мобильность узлов, плотность транспортных средств, и с различными скоростями трафика. Результаты показали, что OLSR лучше всего работает в большинстве смоделированных дорожных ситуаций.

Обзор существующих протоколов маршрутизации. Протоколы маршрутизации. Протоколы специальной маршрутизации определяют подходящий маршрут между источником и пунктом назначения. В одноранговых сетях протоколы маршрутизации делятся на три основные группы: проактивные, реактивные и гибридные [2]. В этой статье мы сосредоточились на протоколах реактивной маршрутизации, чтобы изучить влияние реализации двух протоколов AODV и DSR на производительность сети в VANET, и сравнили показатели производительности между ними. Остановимся на протоколах реактивной маршрутизации более подробно.

Протоколы реактивной маршрутизации. Этот метод протоколов имеет две особенности, которые отличаются от проактивного метода. Во-первых, они не хранят информацию обо всей сети, а хранят информацию только об узлах используемого маршрута. Вторая особенность заключается в том, что они не запускают обнаружение маршрута сами, пока исходный узел не потребует маршрут к узлу назначения [6].

Некоторые особенности реактивных протоколов [7, 8]:

1. Узел источника требует маршрута к месту назначения, когда это необходимо.
2. Узел источника использует метод лавинной рассылки при обработке обнаружения маршрута путем распространения сообщения запроса маршрута, пока запрос не достигнет пункта назначения.

3. В связи с поддержанием только активного маршрута накладные расходы в сети уменьшаются.

Напротив, основными недостатками этих протоколов являются [9]:

1. Большое время задержки для обнаружения маршрута.
2. Засорение сети из-за чрезмерного затопления.

Существуют различные типы протоколов реактивной маршрутизации, такие как Dynamic Source Routing (DSR), Ad hoc On-Demand Distance Vector (AODV), Temporarily Ordered Routing Algorithm (TORA). Протоколы реактивной маршрутизации можно разделить на два типа: маршрутизация источника и хоп за хопом [10, 11].

Протокол маршрутизации Ad hoc On-Demand Distance Vector (AODV). AODV – это протокол реактивной маршрутизации по требованию, основанный на принципах протоколов маршрутизации с вектором расстояния. Это протокол пошаговой маршрутизации. Каждый узел в сети периодически отправляет приветственные сообщения, чтобы узнать своих соседей. Когда узел должен отправить пакет в пункт назначения, который не является соседом и еще не имеет маршрута в его таблице маршрутизации, если у него нет маршрута к месту назначения, он транслирует пакет запроса маршрута (RREQ) своим соседям, которые, в свою очередь, повторно отправляют запрос, пока пакет не достигнет места назначения. Затем пункт назначения пересылает ответный пакет маршрута (RREP). AODV хранит только активные маршруты и отправляет запрос маршрутизации именно тогда, когда он нужен узлу [2, 5, 11].

Динамическая маршрутизация от источника (DSR). DSR – это протокол реактивной маршрутизации по запросу, основанный на концепции маршрутизации от источника. Когда узлу нужен маршрут к месту назначения, он отправляет сообщение с запросом маршрута. Затем этот запрос маршрута транслируется с адресом источника и пункта назначения. Затем он передает сообщение своим соседям, которые, в свою очередь, повторно отправляют запрос, пока пакет не достигнет пункта назначения, и каждый узел добавляет свой адрес. Таким образом, маршрут, по которому проходит пакет, включается в заголовок пакета данных от источника до пункта назначения. Наконец, пункт назначения получает сообщение запроса маршрута и отправляет обратно сообщение ответа маршрута, которое состоит из информации о маршруте, прикрепленной к сообщению запроса маршрута [4, 10].

DSR аналогичен AODV с некоторыми отличиями. Сначала на этапе обнаружения маршрута каждый узел передает весь путь, в отличие от AODV, который отправляет только следующий переход. Во-вторых, обнаруженный маршрут сохраняется в течение определенного периода времени. Другое дело, что узел-источник отправляет пакет RREQ путем лавинной рассылки сети, в отличие от AODV, который периодически отправляет приветственные сообщения, чтобы узнать своих соседей. Кроме того, каждый узел отвечает за подтверждение того, что следующий переход получит пакет. Если пакет не может быть получен узлом, он повторно передается до некоторого максимального числа раз, пока не будет получено подтверждение от следующего перехода.

Таблица – Протоколы маршрутизации AODV и DSR

год	Протокол маршрутизации	Основные термины
2003 RFC 3561	AODV Ad hoc дистанционно-векторный алгоритм маршрутизации	порядковый номер, три типа сообщений; RREQ, RREP, и RERR, поиск маршрута, информация о маршрутизации в таблице маршрутизации
2007 RFC 4728	DSR динамическая маршрутизация от источника	порядковый номер, три типа сообщений; RREQ, RREP, и RERR, поиск маршрута, информация о маршрутизации в заголовке пакета

Методология моделирования. Все симуляции проводились с помощью сетевого симулятора NS3. В результатах, полученных после сравнения с двумя протоколами реактивной маршрутизации, AODV и DSR, характеристики протоколов оцениваются путем измерения четырех хорошо известных показателей: отношения пакетов к доставке (PDR), пропускной способности, накладных расходов, коэффициента потери пакетов и задержки. Мы оценили производительность и изучили влияние изменения количества узлов и скорости узла с различными сценариями с помощью этого моделирования.

Метрики производительности. Для оценки протоколов маршрутизации и их влияния на производительность VANET рассматриваются следующие показатели производительности:

1. Коэффициент доставки пакетов (PDR): это количество пакетов, доставленных в пункт назначения. Чем выше коэффициент доставки пакетов, тем лучше протокол маршрутизации.

$$\text{коэффициент доставки пакетов} = \frac{\text{количество полученных пакетов}}{\text{общее количество отправленных пакетов}} * 100 \%$$

2. Коэффициент потери пакетов (PLR): это количество пакетов, которые не были получены адресатом. Эти пакеты теряются во время передачи от источника к месту назначения. Отсутствие пакета может быть связано с ухудшением качества сигнала, поврежденными пакетами или перегрузкой. Чем меньше отсутствующих пакетов, тем лучше протокол маршрутизации.

$$\text{коэффициент потери пакетов} = \frac{\text{количество потерянных пакетов}}{\text{общее количество отправленных пакетов}} * 100.$$

3. Пропускная способность: определяется как количество пакетов, полученных в пункте назначения, из общего числа переданных пакетов.

$$\text{пропускная способность} = \frac{\text{размер пакета}}{\text{полученные пакеты}} * \frac{8}{100}$$

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 времени ожидания пакета в очереди.

$$\begin{aligned} \text{средняя задержка} &= \frac{\text{время получения пакета данных} - \text{время отправления пакета данных}}{\text{общее количество полученных пакетов}} \\ &= \sum \end{aligned}$$

5. Накладные расходы: показатель представляет количество байтов маршрутизации, требуемых протоколами маршрутизации для построения и обслуживания своих маршрутов. Он включает все типы пакетов маршрутизации (запрос, ответ, ошибка) в сети.

$$\text{накладные расходы} = \frac{\text{общее количество пакетов маршрутизации}}{\text{общее количество полученных пакетов данных}}$$

Системная модель. Мы использовали инструмент Bonnmotion, чтобы получить модель Манхэттена для реалистичного сценария мобильности автомобилей для имитации модели движения мобильных узлов на улицах. После этого будет создан файл мобильности (сценарий ns_movements), который используется в качестве входных данных для программы ns3 для изучения влияния реализации протоколов маршрутизации в VANET на реалистичную мобильность транспортных средств.

В своей работе мы выбрали модель мобильности Manhattan Grid, которая моделирует движение в среде городских улиц. Модель MG использует топологию сетки, которая представляет улицы в городе, чтобы имитировать движение в городской зоне. В этой модели узлы перемещаются в вертикальном или горизонтальном направлении на карте города.

Моделирование и анализ производительности. Мы проанализировали производительность протоколов AODV и DSR по отдельности с изменением количества узлов и изменением скорости узла.

1. Влияние количества автомобилей.

Мы проанализировали и оценили производительность протокола AODV и DSR в VANET для различных сценариев с 50, 100, 150, 200, 250 автомобилями.

На рисунке 1 показаны результаты коэффициента доставки пакетов (PDR) для протокола маршрутизации AODV и DSR при разном количестве транспортных средств. Можно заметить, что AODV достиг на 7 % большего значения PDR, чем DSR, с повышенной плотностью трафика в сети с точки зрения 50 и 250 транспортных средств. Протокол AODV обеспечивает более высокий коэффициент доставки пакетов по сравнению с протоколами DSR. Это связано с тем, что в протоколе AODV все промежуточные узлы разделяют нагрузку маршрутизации, то есть каждый узел на пути использует самую последнюю информацию маршрутизации для пересылки пакетов. Высокий PDR отражает эффективность специальных протоколов маршрутизации.

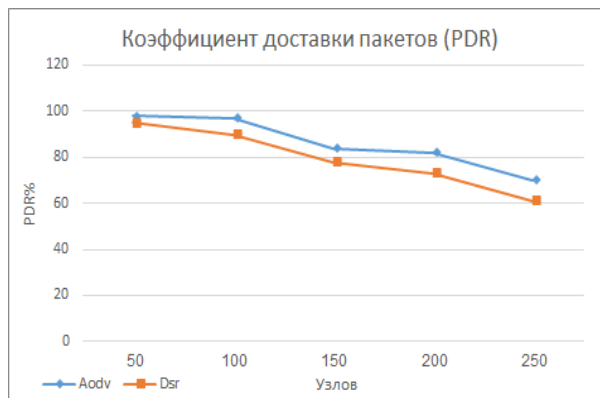


Рисунок 1 – Коэффициент доставки пакетов в зависимости от размера сети

Изучая общую кривую оценки производительности на рисунке 2, мы видим, что более высокая пропускная способность достигается протоколом маршрутизации DSR. Оба протокола обеспечивают лучшую пропускную способность для меньшего количества узлов при мобильности. Анализируя результаты, можно заметить, что пропускная способность VANET снижается при увеличении количества узлов в обоих протоколах маршрутизации.

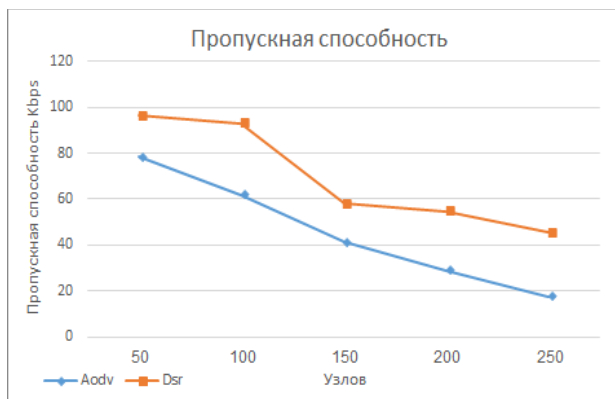


Рисунок 2 – Пропускная способность в зависимости от размера сети

На рисунке 3 представлена средняя задержка для разного количества транспортных средств и протоколов маршрутизации. Можно заметить, что самая низкая средняя задержка у AODV, что показывает лучшую производительность по сравнению с протоколом DSR. Более высокое значение задержки в DSR в основном связано с кешированием и отсутствием механизмов истечения срока действия устаревших маршрутов, что может вызвать повторные передачи и вызвать чрезмерные задержки.

Объемы накладных расходов показаны на рисунке 4 для различного количества транспортных средств и протоколов маршрутизации. Мы можем наблюдать, что накладные расходы увеличиваются с увеличением количества транспортных средств как для протокола AODV, так и для протокола DSR, поскольку оба протокола генерируют большое количество накладных расходов, можно сделать вывод, что DSR генерирует больше накладных расходов и не подходит для больших сетей.

На рисунке 5 показан коэффициент потери пакетов для двух протоколов реактивной маршрутизации (AODV, DSR) и различного количества транспортных средств в сети. Мы можем наблюдать, что коэффициент потери пакетов увеличивается с увеличением количества узлов в сети. В протоколе AODV он увеличивается с 2 до 30 % при сценарии с 250 автомобилями, тогда как протокол DSR уве-

личивается до 39 % для сценария с таким же количеством транспортных средств. Также интересно отметить, что потеря пакетов будет ниже для меньшего количества транспортных средств в сети. Протокол маршрутизации AODV показывает более низкий коэффициент потери пакетов по сравнению с DSR для равного количества транспортных средств. Анализируя эти результаты, можно заметить, что PLR резко возрастает по мере увеличения количества узлов.

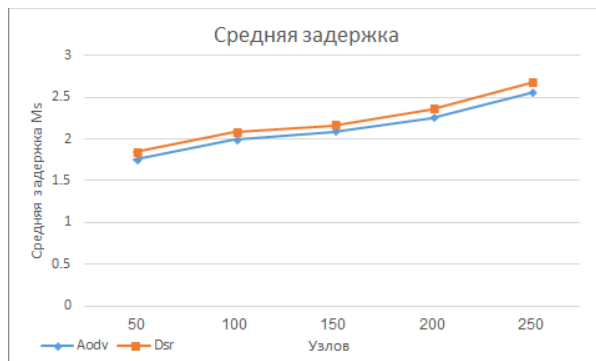


Рисунок 3 – Средняя задержка в зависимости от размера сети

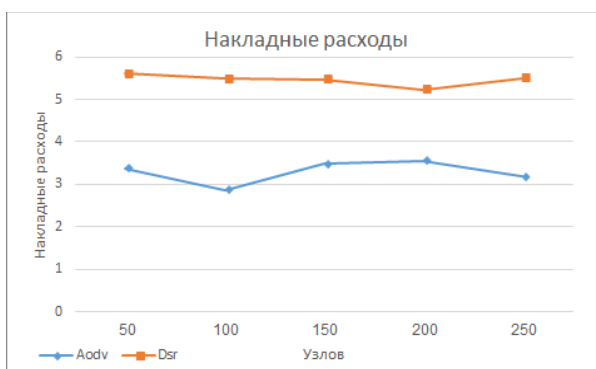


Рисунок 4 – Накладные расходы в зависимости от размера сети

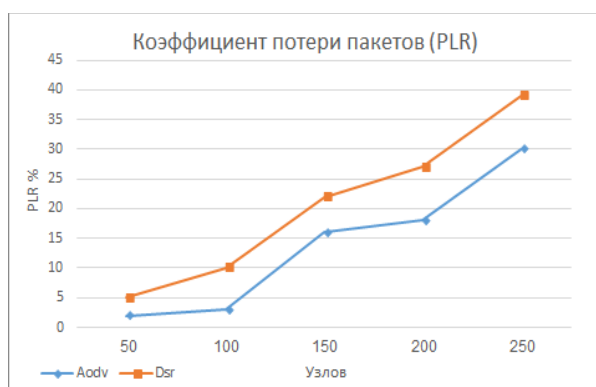


Рисунок 5 – Коэффициент потери пакетов в зависимости от размера сети

Основываясь на вышеприведенных результатах, мы можем сделать вывод, что протокол AODV более эффективен, чем протокол DSR, для предлагаемого нами VANET для реалистичного сценария мобильности транспортных средств (модель Манхэттена). Также это подходящее решение для приложений безопасности, которые требуют надежной передачи пакетов данных и чувствительны к задержкам.

2. Влияние скорости автомобиля.

Мы проанализировали и оценили производительность протокола AODV и DSR в VANET для различных сценариев с 50 автомобилями и со скоростями автомобиля 10, 20, 30, 40 и 50 (м/с).

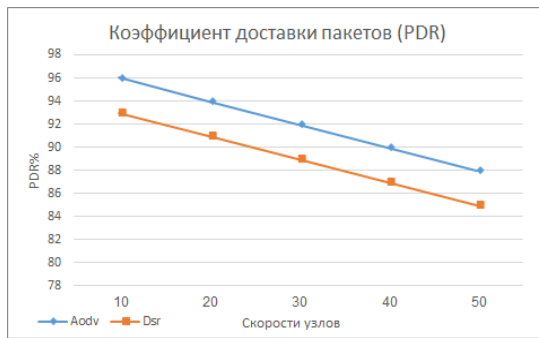


Рисунок 6 – Коэффициент доставки пакетов в зависимости от скорости автомобиля

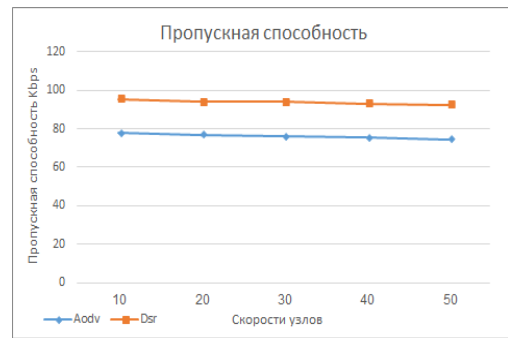


Рисунок 7 – Пропускная способность в зависимости от скорости автомобиля

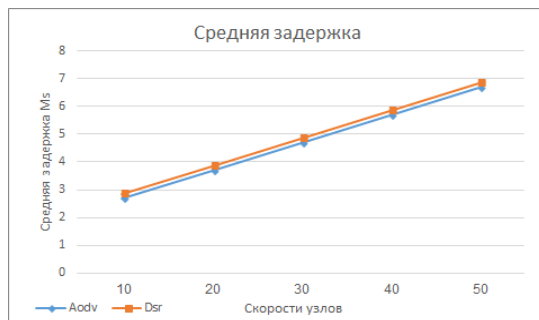


Рисунок 8 – Средняя задержка в зависимости от скорости автомобиля

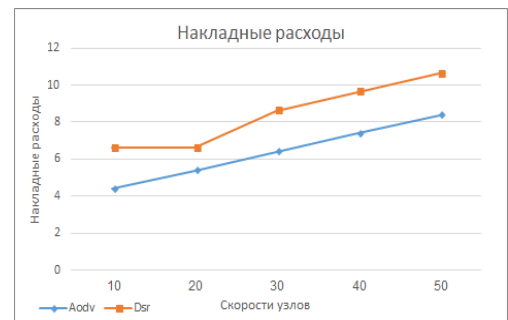


Рисунок 9 – Накладные расходы в зависимости от скорости автомобиля

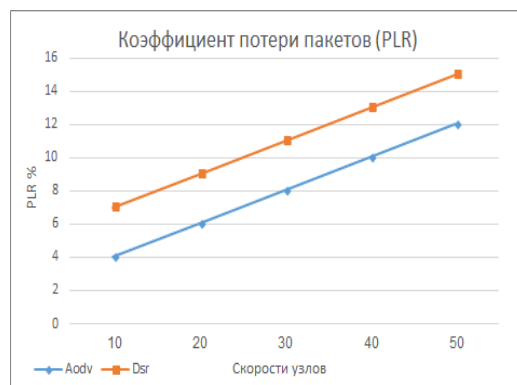


Рисунок 10 – Коэффициент потери пакетов в зависимости от скорости автомобиля

Из предыдущих результатов изменения скорости узлов с количеством узлов 50 видно, что увеличение скорости узла влияет на все значения параметров производительности сети, то есть увеличение скорости приводит к снижению эффективности протоколов. Для производительности AODV в зависимости от скорости транспортного средства коэффициент доставки пакетов снизился на 8 %, таким образом увеличивая коэффициент потери пакетов на 8 %. Средняя задержка в сети увеличилась почти на 150 %. А накладные расходы увеличились на 91 %, тогда как пропускная способность снизилась на 4 %. в то время как в DSR, коэффициент доставки пакетов снизился на 8 %, что увеличило коэффициент потери пакетов на 8 %. Средняя задержка в сети увеличилась почти на 140 %. Накладные расходы увеличились на 60 %, тогда как пропускная способность снизилась на 3 %.

Заключение. Научная значимость работы состоит в аргументированной сравнительной характеристике эффективности применения распространенных протоколов маршрутизации для сетей VANET с использованием симуляторов Bonnmotion и NS3. В статье выявлены различия между двумя популярными протоколами реактивной маршрутизации (AODV, DSR) и проведено сравнение протоколов маршрутизации друг с другом в VANET. В этом исследовании мы сосредоточились

на оценке влияния изменения количества узлов и скорости узла на производительность сети. Мы изучили зависимость протокола маршрутизации от большого размера сети и высокой мобильности VANET. Область применения этого исследования – программы и приложения интеллектуальных транспортных систем для улучшения дорожного движения и предотвращения аварий за счет своевременного обмена данными между транспортными средствами и обеспечения доставки данных. Поэтому было проведено сравнение двух протоколов, чтобы определить лучший и наиболее подходящий протокол для сетевой среды VANET.

Основываясь на приведенных выше результатах, можно сделать вывод, что выбор протокола в VANET усложняется из-за высокой скорости узлов, что отрицательно сказывается на производительности обоих протоколов. Выделение ряда преимуществ и выявление проблем каждого из алгоритмов дает основания судить, что AODV превосходит DSR по производительности. При этом негативное влияние на производительность протоколов за счет увеличения количества узлов гораздо больше, чем от увеличения скорости узлов. В уточнение к вышесказанному: ряд особенностей, пересекающихся с множеством малоизученных вопросов непостоянства структуры и состава сетей VANET, оставляет место для будущих исследований по улучшению протокола.

Библиографический список

1. Akhtar, N. VANET Topology Characteristics under Realistic Mobility and Channel Models / N. Akhtar, O. Ozkasap // *IEEE Wireless Communications and Networking Conference (WCNC)*. – 2013. – P. 1774–1779.
2. Jain, M. Overview of VANET: Requirements and its routing protocols / M. Jain, R. Saxena // *2017 International Conference on Communication and Signal Processing (ICCSP)*. – 2017. – P. 1957–1961.
3. Chandel, N. Comparative Analysis of AODV, DSR and DSDV Routing Protocols for VANET City Scenario / N. Chandel, V. Gupta // *International Journal on Recent and Innovation Trends in Computing and Communication*. – 2014. – Vol. 2, № 6. – P. 1380–1384.
4. Purohit, R. Performance Evaluation of Ad Hoc Network Routing Protocols with NS2. / R. Purohit, H. Choudhary, V. Choudhary // *IJCSET*. – 2012. – Vol. 2, № 1. – P. 787–791.
5. Ahmed, M. Performance Study of Various Routing Protocols in VANET Case of Study / M. Ahmed, A. B. Anouar, M. Bouhorma, K. Ben Ahmed // *International Journal of Future Generation Communication & Networking*. – 2014. – Vol. 7, № 6. – P. 231–240.
6. Kalwar, S. Introduction to reactive protocol / S. Kalwar // *IEEE Potentials*. – 2010. – Vol. 29, № 2. – P. 34–35.
7. Shobha, K. R. Efficient flooding using relay routing in on-demand Routing protocol for Mobile Adhoc Networks / K. Shobha R., K. Rajanikanth // *IEEE 9th Malaysia International Conference on Communications (MICC)*. – 2009. – P. 316–321.
8. Watfa, M. Advances in vehicular ad-hoc networks: developments and challenges / M. Watfa. – University of Wollongong, UAE, 2010. – 384 p.
9. Bijan, P. VANET Routing Protocols: Pros and Cons / P. Bijan, Md. Ibrahim, Md. Bikas // *International Journal of Computer Applications*. – 2011. – Vol. 20, № 3. – P. 28–34.
10. Khatri, P. Performance Study of Ad-Hoc Reactive Routing Protocols / P. Khatri, R. Rajput, A. Shastri // *Journal of Computer Science*. – 2010. – Vol. 6, № 10. – P. 1159–1163.
11. El-Sayed, H. Hop by Hop Routing Problems in MANETs / H. El-Sayed // *Mathematics & Information Sciences Letters an International Journal*. – 2017. – Vol. 2. – P. 1–5.

References

1. Akhtar, N., Ozkasap, O. VANET Topology Characteristics under Realistic Mobility and Channel Models. *IEEE Wireless Communications and Networking Conference (WCNC)*, 2013, pp. 1774–1779.
2. Jain, M., Saxena, R. Overview of VANET: Requirements and its routing protocols. *2017 International Conference on Communication and Signal Processing (ICCSP)*, 2017, pp. 1957–1961.
3. Chandel, N., Gupta, V. Comparative Analysis of AODV, DSR and DSDV Routing Protocols for VANET City Scenario. *International Journal on Recent and Innovation Trends in Computing and Communication*, 2014, vol. 2, no. 6, pp. 1380–1384.
4. Purohit R., Choudhary, H., Choudhary, V. Performance Evaluation of Ad Hoc Network Routing Protocols with NS2. *IJCSET*, 2012, vol. 2, no. 1, pp. 787–791.
5. Ahmed, M., Anouar, A. B., Bouhorma, M., Ben, Ahmed K. Performance Study of Various Routing Protocols in VANET Case of Study. *International Journal of Future Generation Communication & Networking*, 2014, vol. 7, no. 6, pp. 231–240.
6. Kalwar, S. Introduction to reactive protocol. *IEEE Potentials*, 2010, vol. 29, no. 2, pp. 34–35.
7. Shobha, K. R., Rajanikanth, K. Efficient flooding using relay routing in on-demand Routing protocol for Mobile Adhoc Networks. *IEEE 9th Malaysia International Conference on Communications (MICC)*, 2009, pp. 316–321.
8. Watfa, M. *Advances in vehicular ad-hoc networks: developments and challenges*. University of Wollongong, UAE, 2010. 384 p.
9. Bijan, P., Ibrahim, Md., Bikas, Md. VANET Routing Protocols: Pros and Cons. *International Journal of Computer Applications*, 2011, vol. 20, no. 3, pp. 28–34.
10. Khatri, P., Rajput, R., Shastri, A. Performance Study of Ad-Hoc Reactive Routing Protocols. *Journal of Computer Science*, 2010, vol. 6, no. 10, pp. 1159–1163.
11. El-Sayed, H. Hop by Hop Routing Problems in MANETs. *Mathematics & Information Sciences Letters An International Journal*, 2017, vol. 2, pp. 1–5.