

Труды МАИ. 2022. № 123  
Trudy MAI, 2022, no. 123

Научная статья

УДК 621.391

DOI: [10.34759/trd-2022-123-13](https://doi.org/10.34759/trd-2022-123-13)

## РАЗРАБОТКА АДАПТИВНОЙ ВЕРСИИ ПРОТОКОЛА МАРШРУТИЗАЦИИ OLSRV2 В СЕТЯХ MANET

Султансаид Султанханович Муратчаев<sup>1✉</sup>, Алексей Станиславович Волков<sup>2</sup>,

Роберт Арцрунович Маргарян<sup>3</sup>, Александр Александрович Бахтин<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup>Национальный исследовательский университет «Московский институт  
электронной техники»,

Москва, Россия

<sup>1</sup>[said.muratchaev@gmail.com](mailto:said.muratchaev@gmail.com)✉

<sup>2</sup>[leshvol@mail.ru](mailto:leshvol@mail.ru)

<sup>3</sup>[robertomargaryan1998@list.ru](mailto:robertomargaryan1998@list.ru)

<sup>4</sup>[bah@miee.ru](mailto:bah@miee.ru)

*Аннотация.* В работе рассмотрен алгоритм подбора метода маршрутизации на основе метрики сети, для применения в сценариях с различной динамикой изменения топологии сети. За основу взят протокол маршрутизации OLSRv2 располагающий алгоритмами подбора кратчайшего пути между узлами на основе остаточной энергии узлов, что в среднем увеличивает время жизни сети.

При анализе полученных результатов имитационного моделирования были выявлены сценарии, при которых разработанный алгоритм выигрывал в параметрах

средней задержки и коэффициента доставки пакетов данных у классических протоколов маршрутизации. Также был выявлен недостаток, связанный с большим количеством добавленных метрик, что приводит к увеличению количества генерируемых служебных сообщений в сети. Однако, благодаря стабильной работе протокола и его эффективности в различных сценариях моделирования, данные недостатки компенсируются параметрами основанных на остаточной энергии в узлах.

**Ключевые слова:** MANET, протоколы маршрутизации, OLSR, AODV, ad hoc.

**Для цитирования:** Муратчаев С.С., Волков А.С., Маргарян Р.А., Бахтин А.А.

Разработка адаптивной версии протокола маршрутизации OLSRv2 в сетях MANET //

Труды МАИ. 2022. № 123. DOI: [10.34759/trd-2022-123-13](https://doi.org/10.34759/trd-2022-123-13)

<sup>1</sup>[said.muratchaev@gmail.com](mailto:said.muratchaev@gmail.com)✉

<sup>2</sup>[leshvol@mail.ru](mailto:leshvol@mail.ru)

<sup>3</sup>[robertomargaryan1998@list.ru](mailto:robertomargaryan1998@list.ru)

<sup>4</sup>[bah@micee.ru](mailto:bah@micee.ru)

## DEVELOPMENT OF AN ADAPTIVE VERSION OF THE OLSRV2 ROUTING PROTOCOL IN MANET NETWORKS

**Sultansaid S. Muratchaev**<sup>1✉</sup>, **Alexey S. Volkov**<sup>2</sup>,

**Robert A. Margaryan**<sup>3</sup>, **Alexandr A. Bakhtin**<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup>National Research University of Electronic Technology,

Moscow, Russia

<sup>1</sup>[said.muratchaev@gmail.com](mailto:said.muratchaev@gmail.com)✉

<sup>2</sup>[leshvol@mail.ru](mailto:leshvol@mail.ru)

<sup>3</sup>[robertomargaryan1998@list.ru](mailto:robertomargaryan1998@list.ru)

<sup>4</sup>[bah@micee.ru](mailto:bah@micee.ru)

**Abstract.** In this section, the results of simulation modeling of a MANET network based on the OLSR routing protocol were demonstrated. Two versions were taken: the standard OLSR routing protocol and the energy efficient OLSRv2 routing protocol, as well as the reactive AODV routing protocol. The developed algorithm for selecting routing protocols based on channel metrics was also implemented in the NS-3 simulation environment. Simulation was carried out for various speed parameters, as well as for various network density parameters. When developing the algorithm for selecting routing protocols, the standard formats of broadcast data packets were changed to be integrated into the overall structure, since the algorithm involves switching between routing protocols based on the current network metric.

First of all, to test the operation of the energy-efficient algorithm in the model, a comparison was made of the residual energy parameters in the network models. Thanks to the energy-efficient algorithm, the developed network model with an energy-efficient protocol saves more residual energy than a model with a standard routing protocol.

The simulation results are presented in the form of diagrams demonstrating the effectiveness of the modified protocol over the standard one in terms of network lifetime and packet delivery rate, as well as average delay. In a scenario with low node mobility, there is a 7% increase in the parameter compared to the standard routing protocol. When analyzing the results of simulation modeling, scenarios were identified in which the developed algorithm outperformed classical routing protocols in terms of average delay and data packet delivery

rate. Also, a drawback was identified associated with a large number of added metrics, which leads to an increase in the number of generated service messages in the network. However, due to the stability of the protocol and its efficiency in various simulation scenarios, these shortcomings are compensated by parameters based on the residual energy in the nodes.

**Keywords:** MANET, routing protocols, OLSR, AODV, ad hoc.

**For citation:** Muratchaev S.S., Volkov A.S., Margaryan R.A., Bakhtin A.A. Development of an adaptive version of the OLSRv2 routing protocol in MANET networks. *Trudy MAI*, 2022, no. 123. DOI: [10.34759/trd-2022-123-13](https://doi.org/10.34759/trd-2022-123-13)

## Введение

В настоящее время стремительно развиваются мобильные сети связи, узким классом которых являются мобильные ad hoc сети [1-4]. Недостатком таких сетей является сложность масштабирования, которая возрастает пропорционально скорости и неравномерности движения узлов в сети.

Предлагаемый алгоритм маршрутизации в данной работе решает проблему, связанную с поиском оптимальных путей для передачи данных между узлами. Используя модифицированный протокол маршрутизации OLSRv2, как протокол по умолчанию в сети, при помощи широковещательных рассылок сообщений распространяется информация о топологии сети и необходимым метрикам. Передавая эти данные заранее выбранному узлу (контрольный узел), контрольный узел осуществляет выбор используемого протокола маршрутизации. Выбор основан на

получаемых метриках с узлов участвующих в сетевом взаимодействии. За счет данных изменений улучшается не только устойчивость сети к внешним условиям, но и соответствующие характеристики сети, такие как пропускная способность, скорость передачи данных, средняя задержка и остаточная энергия на узлах.

### **Протоколы маршрутизации**

Проактивные протоколы маршрутизации. Регулярно реализовывая широковещательную рассылку HELLO и TC пакетов по всей сети, всегда есть доступ к актуальной информации о текущей топологии и графе сети. Благодаря широковещательной рассылке, которая передает всем узлам характеристики канала, информацию о соседних узлах, а также метрикам канала, каждый узел строит граф сети и в курсе всех изменений в сети [4-5]. Все описанные операции помогают строить оптимальный путь для доставки пакетов от одного узла к другому, минимизируется задержка доставки пакетов, повышается пропускная способность в каналах сети. Такого рода протоколы маршрутизации в основном используются в топологиях с низкой и средней мобильностью узлов.

Реактивные протоколы маршрутизации. Также называемые маршрутизацией по требованию, предназначены для работы в сетях с высокой мобильностью узлов. Реактивные протоколы маршрутизации строят маршрут от узла-отправителя к узлу-адресату только в том случае, когда непосредственно начинает генерироваться трафик [6-7]. В таких протоколах маршрутизации отсутствует широковещательная рассылка сообщений для анализа состояния сети, вместо этого, перед отправкой данных,

посылается сообщение-запрос к узлу-адресату. Узел-адресат, получивший сообщение-запрос, посылает обратно сообщение-ответ по наикратчайшему пути, данный маршрут запоминается узлами в течение некоторого времени. Если маршрут не используется в течение определенного времени, он удаляется из памяти узлов.

Гибридные протоколы маршрутизации. Такие протоколы обычно представляют универсальные протоколы, совмещающие реактивные и проактивные протоколы маршрутизации, либо протоколы, основанные на машинном обучении (обычно используются для работы с кластерами и секторами), интеллектуальных алгоритмов (управление параметрами при помощи контрольных модулей и блоков). Обычно, подобные протоколы применяются для выполнения определенного узкого круга задач.

Разработка адаптивного алгоритма маршрутизации может решить ряд проблем, связанных с ограничениями реактивных и проактивных протоколов, давая возможность использовать преимущества обоих классов протоколов.

### **Применение адаптивного алгоритма маршрутизации**

Для наиболее эффективной и своевременной работы адаптивного алгоритма необходимо выбрать протокол, который будет запущен с самого начала работы сети. Важным компонентом будет являться регулярная широковещательная отправка сообщений для поддержания маршрутов и актуальной топологии сети, ввиду чего необходимо выбрать проактивный протокол маршрутизации [8-9]. Несмотря на систему присвоения порядковых номеров и решение проблем с петлями в протоколе DSDV [4,8], система MPR в протоколе OLSRv2 является более эффективной с точки

зрения быстрой доставки пакетов, так же и решается проблема с петлями в сети, так как каждый узел имеет информацию о топологии сети и получает регулярные сообщения с обновленной информацией [12-15].

Протокол, на который будет переключаться OLSRv2 при необходимых условиях, является AODV, в связи со своей простой и достаточно эффективной системой хранения и обслуживания маршрутов и кэширования трафика. В данном протоколе реализована широковещательная рассылка HELLO сообщений, что поможет в случае необходимости передачи метрик для переключения протокола.

Основная задача адаптивного алгоритма заключается в получении и анализе полученных метрик каналов и выборе контрольного узла, которому необходимо переслать эти метрики [10]. Так как данные операции должны проходить на протяжении всего времени работы сети, данные метрик канала можно записать в широковещательные TC пакеты. Данный тип сообщений особенно удобен, так как используется для обмена информацией о MPR узлов и также передает метрики по умолчанию [11]. Будет гораздо удобнее, если контрольным узлом станет такой узел, который симметричен как можно к наибольшему количеству узлов в сети, соответственно, потребуется меньше времени для сбора данных о метриках и последующих передач сообщений остальным узлам.

Количество передаваемых метрик канала и их значения зависят преимущественно от узла, который используется в сети. По этим соображениям, можно поставить определенное количество узлов внутри территории, где

предположительно будет развертываться сеть. Количество и остальные основные метрики, установленное в самом протоколе маршрутизации описаны ниже. Метрики канала:

- `MINIMUM_METRIC := 1`
- `MAXIMUM_METRIC := 16776960`

Метрика веса. Данная метрика распространяется также через TC пакеты и указывает на готовность узла принимать и ретранслировать трафик:

- `WILL_NEVER := 0`
- `WILL_DEFAULT := 7`
- `WILL_ALWAYS := 15`

Константа времени (разделение на интервалы времени):

- `"C=" "1"/"1024" секунды`

Метрики канала могут передаваться также через HELLO пакеты, благодаря расширяемому формату сообщений (ссылка на RFC5444). В OLSRv2 метрики добавляются дополнительно к метрикам потоков (link) путем добавления соответствующего значения ко всем метрикам входящего канала соответствующим узлом.

Узел в OLSRv2 [15] получает инструкции, какой тип метрики канала использовать и распознавать (без конкретного обозначения метрики). Распознанный номер типа метрики канала является параметром узла и может быть изменен в случае



реконфигурации. Благодаря использованию нумерации типов метрик каналов, появляется возможность передачи нескольких типов метрик каналов и топологий сети.

Основные метрики, которые будут передаваться контрольному узлу:

- Средняя мобильность узлов, участвующих в сети ( $V$ , м/с).
- Общее количество узлов, участвующих в сети ( $N$ ).
- Остаточная энергия узлов, участвующих в сети.

Данный выбор обусловлен тем, что эти метрики имеют непосредственные зависимости с параметрами пропускной способности и средней задержкой скорости передачи трафика. Чем выше мобильность узлов, тем выше средняя задержка передачи трафика, в то же время пропускная способность сети тем выше, чем ниже средняя задержка. В связи с тем, что в протоколе маршрутизации AODV есть проблема в генерации служебного трафика, соответственно, в большинстве спорных случаев, кроме случаев, когда мобильность узлов высока, а количество узлов в сети мало, будет выбран протокол маршрутизации OLSRv2 [16-17]. Также, благодаря использованию информации об остаточной энергии узлов, повышается параметр времени жизни сети.

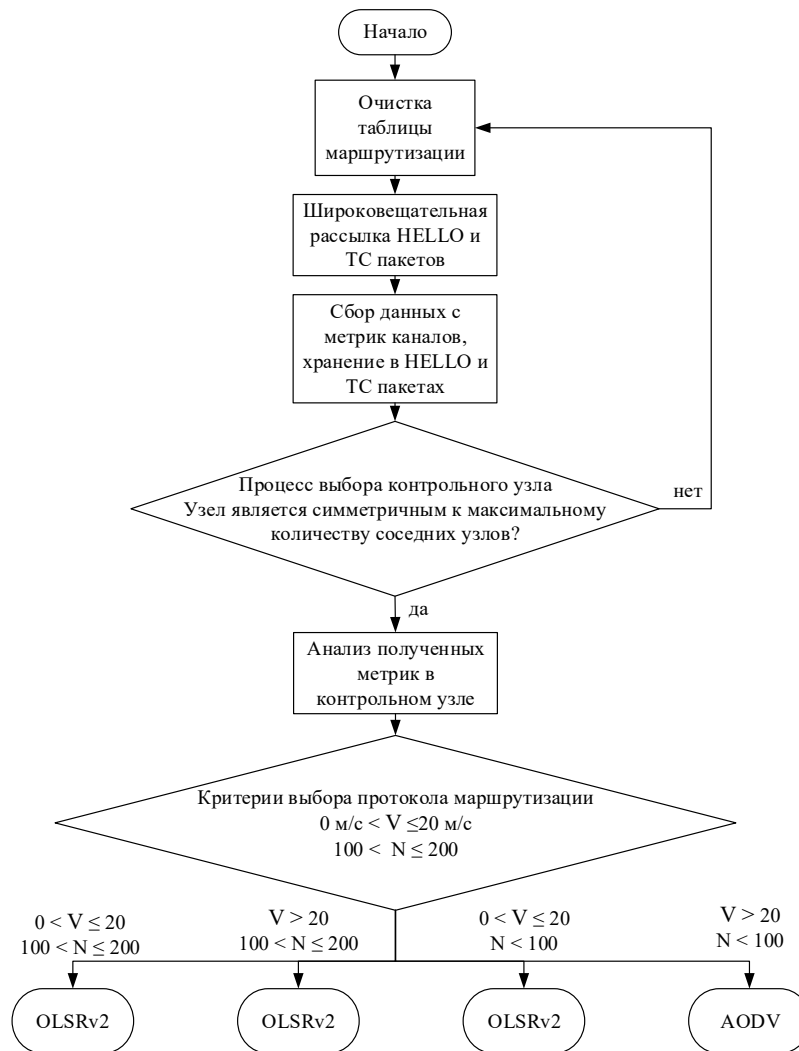


Рис. 1. – Процесс передачи метрик и выбора протокола маршрутизации в адаптивном протоколе маршрутизации

### Имитационное моделирование адаптивного алгоритма маршрутизации

Разработав адаптивный алгоритм маршрутизации, необходимо экспериментально проверить его эффективность в сравнении с остальными протоколами маршрутизации. В связи с этим сценарии моделирования разработаны в среде имитационного моделирования Network Simulator 3 [18]. NS-3 является сборником большого количества различных библиотек и модулей, в данной имитационной среде

моделируются различные протоколы и сети, как проводные, так и беспроводные, в том числе и MANET [19]. NS-3 находится в открытом доступе, все библиотеки и модули, написанные в нем, являются результатом работы многих ученых, исследователей и профессоров. Также большим плюсом являются различные инструменты (такие как Flowmon и NetAnim) позволяющие эффективно собирать информацию о трафике в процессе всего времени моделирования для последующего анализа [20]. В таблице 1 указаны параметры моделирования алгоритма маршрутизации в среде NS-3.

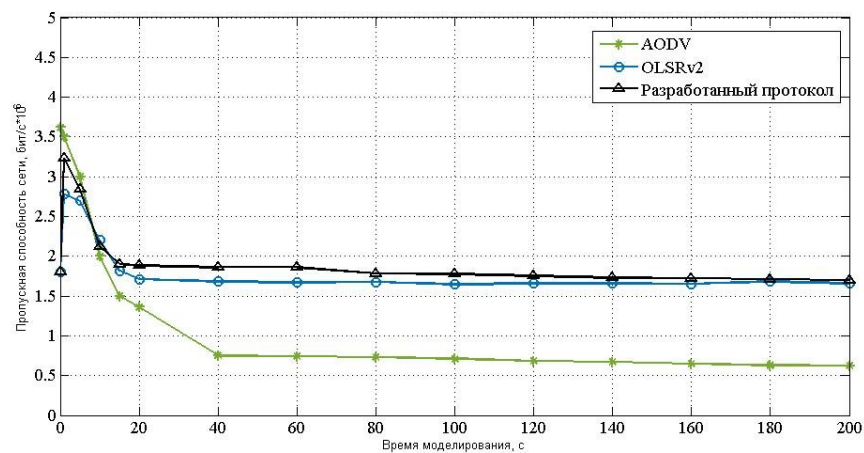
Таблица 1

Параметры моделирования в среде NS-3

<b>Параметр</b>	<b>Значение</b>
Площадь	1500 x 1500
Количество узлов	50, 150
Источники трафика	5
Тип пакета	UDP
Размер пакета	512 байт
Пропускная способность канала	2 Мбит/с
Начальная энергия узла	0,4 Дж
Общее время моделирования	200 с
Модель передвижения узлов	Random Waypoint Mobility Model

После проведения имитационного моделирования формируются файлы с расширениями «.pcap», «.flowmon» и «.sav». Далее, строятся графики и диаграммы, в которых показаны зависимости, определенные в модели сети.

В ходе работы была смоделирована сеть MANET в среде NS-3, в основе протокол маршрутизации OLSRv2. Для получения наглядных результатов были построены графики с зависимостями при количестве узлов 50 и 150 соответственно.



Рису. 2 – Пропускная способность сети

Протокол маршрутизации, реализованный на основе адаптивного алгоритма маршрутизации, имеет пропускную способность значительно более высокую, чем у протоколов AODV и OLSRv2. При подключенных пятидесяти узлах, в случае с OLSRv2, увеличение пропускной способности составляет в среднем 8%, но в случае с AODV, значение превышает 60%. При подключении ста пятидесяти узлов, повышение составляет 9% и 68% при сравнении с протоколами OLSRv2 и AODV соответственно.

Данные результаты можно объяснить тем, что протокол, основанный на адаптивном алгоритме, переключает протоколы маршрутизации между собой, получая

преимущества обоих протоколов маршрутизации, что видно на рисунке 2, где кривая сначала повторяет результат протокола AODV, после чего переключается на протокол OLSRv2.

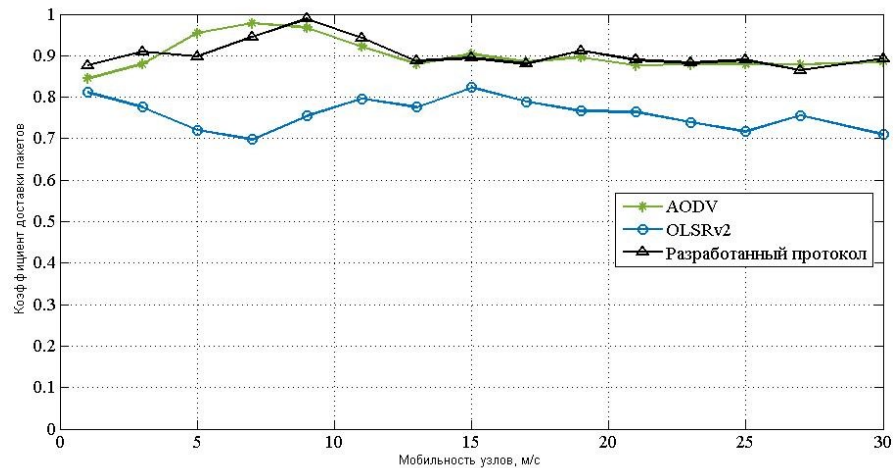


Рисунок 3 – Коэффициент доставки пакетов данных при количестве узлов 50

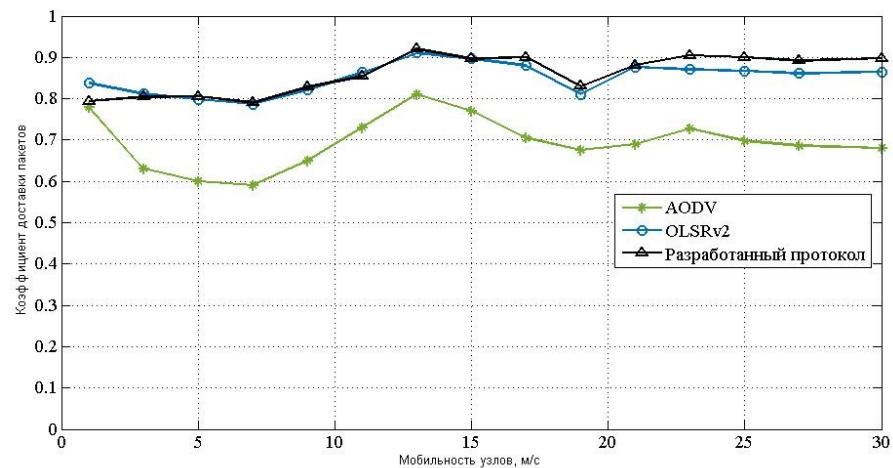


Рисунок 4 – Коэффициент доставки пакетов данных при количестве узлов 150

Результаты показали, что протокол, основанный на адаптивном алгоритме маршрутизации, переключился на протокол OLSRv2 и сократил показатели задержки передачи трафика на 5% в случае с протоколом OLSRv2 и на 36% в случае с стандартным протоколом AODV.

Протокол, основанный на адаптивном алгоритме маршрутизации, повысил параметр коэффициента доставки пакетов на 4% в сравнении с протоколом AODV и на 20% в сравнении с протоколом OLSRv2.

Результаты, показанные на рисунках 3-4, демонстрируют, что протокол маршрутизации AODV стал работать менее эффективно, чем остальные представленные протоколы маршрутизации, что связано с увеличением количества работающих узлов в сети. При этом протокол, основанный на адаптивном алгоритме маршрутизации, увеличил показатель коэффициента доставки пакетов на 8% в сравнении с OLSRv2 и на 24% в сравнении с протоколом AODV.

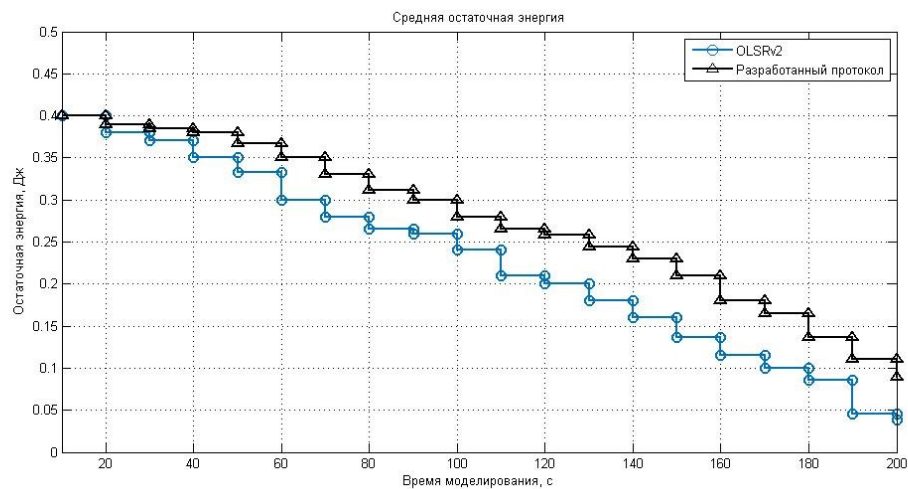


Рисунок 5 – Средняя остаточная энергия в узлах

Результаты моделирования на рисунке 5 показывают, что оптимизированный протокол превосходит стандартный протокол маршрутизации по параметру конечной средней остаточной энергии на узлах. Оптимизированный протокол позволяет сэкономить остаточную энергию на узлах связи при выборе маршрута на 36% по сравнению с протоколом OLSRv2.

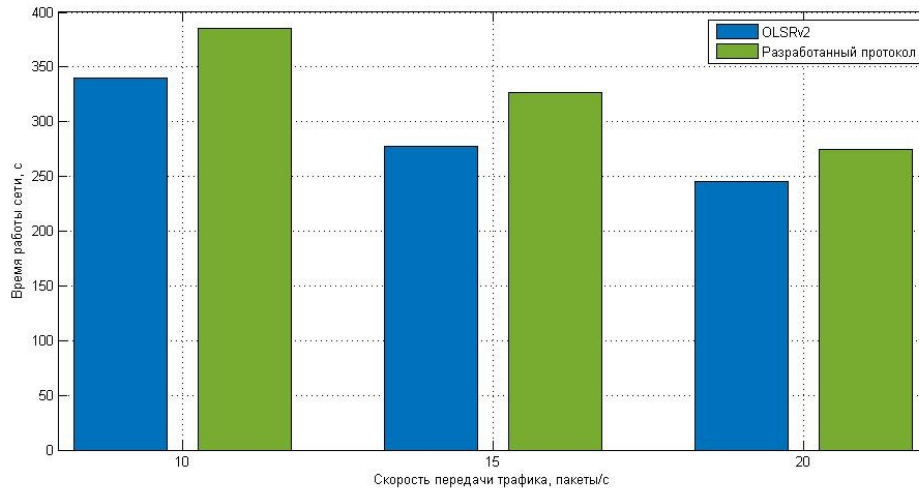


Рисунок 6 – Время работы сети при скорости мобильных узлов 30 м/с

Разработанный протокол превосходит другие по времени жизни сети, в случае сценария низкой мобильности, таким образом усиление достигает порядка 27% по сравнению с протоколом маршрутизации OLSRv2. Это объясняется выбором альтернативных путей, и предпочтением большего значения узла остаточной энергии при выборе узлов MPR в разработанном протоколе маршрутизации, хотя выбранный путь может быть длиннее, чем тот, который имеет меньшую суммарную остаточную энергию своих узлов. В сценариях высокой мобильности узлов прирост времени работы сети уменьшился, но все равно достигает 15% при низкой скорости передачи пакетов. Это может быть связано с проактивным характером протокола OLSR, который предназначен, в большинстве своем, для топологий с низкой мобильностью.

Работа оптимизированного протокола показывает лучшие результаты в сценарии с низкой мобильностью узлов, которая составляет приблизительно 7%. Это показывает, что измененная концепция перегрузки сети была принята во внимание, когда мы

определяем вес узла через использование очереди MAC, таким образом, больший вес был назначен узлам с высоким использованием очереди MAC. В случае сценария со средней мобильностью были достигнуты почти те же результаты, что и при низкой скорости мобильности.

В сценарии с высокой мобильностью, как и ожидалось, производительность будет ниже по сравнению с предыдущими случаями, особенно в оптимизированном протоколе маршрутизации, потому что он не может узнать вес и остаточную энергию в узлах достаточно быстро, чтобы принимать решения о составлении маршрута маршрутизации в условиях высокой мобильности.

### **Заключение**

Были проведены исследования по использованию разработанного адаптивного алгоритма маршрутизации в сетях MANET. Как показали результаты моделирования, протокол, основанный на разработанном алгоритме маршрутизации, показал лучшие результаты с точки зрения пропускной способности сети, средней задержки передачи трафика, коэффициента передачи данных, времени жизни сети. В процессе анализа результатов работы протокола, основанного на адаптивном алгоритме маршрутизации, было выявлено, что алгоритм исправно переключается между протоколами, повышая эффективность работы сети с точки зрения всех параметров, которые были использованы в работе.

Несмотря на ожидаемые задержки, связанные с переключением протоколов между собой, в связи с тем, что оба протокола используют один тип



широковещательных пакетов для передачи информации о метриках и узлах, существенных изменений во время проведения экспериментов не последовало. Также было выявлено, что случай с переключением протокола на AODV в сценарии с высокой мобильностью узлов (более 20 м/с) и их малым количеством (не более 50 узлов), является эффективным решением алгоритма, так как протокол AODV в таких условиях работает эффективнее, чем OLSRv2. В разработанном алгоритме выявился недостаток, связанный с большим количеством добавленных метрик, что приводит к увеличению количества генерируемых служебных сообщений в сети. Однако, благодаря стабильной работе протокола и его эффективности в различных сценариях моделирования, данные недостатки являются несущественными.

### **Список источников**

1. Казак П.Г., Шевцов В.А. Принципы построения энергоэффективной системы сотовой связи и беспроводного широкополосного доступа в Интернет для Арктики // Труды МАИ. 2021. № 118. URL: <https://trudymai.ru/published.php?ID=158239>. DOI: [10.34759/trd-2021-118-06](https://doi.org/10.34759/trd-2021-118-06)
2. Бородин В.В., Петраков А.М., Шевцов В.А. Анализ эффективности передачи данных в сети связи группировки беспилотных летательных аппаратов // Труды МАИ. 2015. № 81. URL: <https://trudymai.ru/published.php?ID=57894>

3. Бородин В.В., Петраков А.М., Шевцов В.А. Моделирование служебного канала передачи маршрутной информации адаптивной летающей сети связи // Электросвязь. 2016. № 11. С. 41 – 45.
4. Perkins C. E., Bhagwat P. Highly dynamic destination-sequenced distance-vector routing (DSDV) for mobile computers // ACM SIGCOMM computer communication review – ACM, 1994, vol. 24, no. C. 234-244.
5. Jacquet P. Optimized link state routing protocol (OLSR), 2003.
6. Marina M.K., Das S.R. On-demand multipath distance vector routing in ad hoc networks // Proceedings Ninth International Conference on Network Protocols. ICNP 2001. IEEE, 2001, С. 14-23. DOI:[10.1109/ICNP.2001.992756](https://doi.org/10.1109/ICNP.2001.992756)
7. Perkins C., Belding-Royer E., Das S. Ad hoc on-demand distance vector (AODV) routing // IEEE, 2003. DOI: [10.1109/MCSA.1999.749281](https://doi.org/10.1109/MCSA.1999.749281)
8. Johnson D.B., Maltz D.A. Dynamic Source Routing in Ad-Hoc Ad hoc Networks // Mobile Computing, 1994, pp. 153-181. DOI:[10.1007/978-0-585-29603-6\\_5](https://doi.org/10.1007/978-0-585-29603-6_5)
9. Kowalik K., Keegan B., Davis M. Making OLSR aware of resources // 2007 International Conference on Wireless Communications, Networking and Mobile Computing, IEEE, 2007, pp. 1488-1493. DOI: [10.1109/WICOM.2007.376](https://doi.org/10.1109/WICOM.2007.376)
10. Paraskevas E. et al. Multi-metric energy efficient routing in mobile ad-hoc networks // 2014 IEEE Military Communications Conference, IEEE, 2014, pp. 1146-1151. DOI:[10.1109/MILCOM.2014.193](https://doi.org/10.1109/MILCOM.2014.193)

11. De Rango F., Fotino M., Marano S. EE-OLSR: Energy Efficient OLSR routing protocol for Mobile ad-hoc Networks // Military Communications Conference. MILCOM – 2008, IEEE, 2008. DOI:[10.1109/MILCOM.2008.4753611](https://doi.org/10.1109/MILCOM.2008.4753611)
12. De Rango F., Fotino M. Energy efficient OLSR performance evaluation under energy aware metrics // 2009 International Symposium on Performance Evaluation of Computer & Telecommunication Systems, IEEE, 2009, vol. 41, pp. 193-198.
13. Ghanem N., Boumerdassi S., Renault É. New energy saving mechanisms for mobile ad-hoc networks using OLSR // Proceedings of the 2nd ACM international workshop on Performance evaluation of wireless ad hoc, sensor, and ubiquitous networks, ACM, 2005, pp. 273-274. DOI:[10.1145/1089803.1090006](https://doi.org/10.1145/1089803.1090006)
14. Clausen T., Herberg U. Router and Link Admittance Control in the Optimized Link State Routing Protocol Version 2 (OLSRv2) // 2010 Fourth International Conference on Network and System Security, 2010, pp. 40-46. DOI:[10.1109/NSS.2010.20](https://doi.org/10.1109/NSS.2010.20)
15. Jabbar W.A., Ismail M., Nordin R., Ramli R.M. EMA-MPR: Energy and mobility-aware multi-point relay selection mechanism for multipath OLSRv2 // 2017 IEEE 13th Malaysia International Conference on Communications (MICC), 2017, pp. 1-6. DOI:[10.1109/MICC.2017.8311721](https://doi.org/10.1109/MICC.2017.8311721)
16. Marcus K. et al., Evaluation of the scalability of OLSRv2 in an emulated realistic military scenario // 2017 International Conference on Military Communications and Information Systems (ICMCIS), 2017, pp. 1-8. DOI: [10.1109/ICMCIS.2017.7956503](https://doi.org/10.1109/ICMCIS.2017.7956503)

17. Herberg U., Clausen T. Delay Tolerant Networking with OLSRv2 // 2011 IFIP 9th International Conference on Embedded and Ubiquitous Computing, 2011, pp. 144-149. DOI: [10.1109/EUC.2011.27](https://doi.org/10.1109/EUC.2011.27)
18. Rudenkova M. A Methodology of Modeling The IEEE 802.11 Wireless LAN Using ns-3 // 2020 V International Conference on Information Technologies in Engineering Education (Inforino), 2020, pp. 1-4. DOI: [10.1109/Inforino48376.2020.9111782](https://doi.org/10.1109/Inforino48376.2020.9111782)
19. Bugarcic P.D., Malnar M.Z., Jevtic N.J. Modifications of AODV protocol for VANETs: performance analysis in NS-3 simulator // 2019 27th Telecommunications Forum (TELFOR), 2019, pp. 1-4. DOI: [10.1109/TELFOR48224.2019.8971283](https://doi.org/10.1109/TELFOR48224.2019.8971283)
20. Gupta S.K., Sharma R., Saket R.K., Diwedi R.P. Simulation and analysis of reactive protocol around default values of route maintenance parameters via NS-3 // 2013 International Conference on Information Systems and Computer Networks, 2013, pp. 155-160. DOI: [10.1109/ICISCON.2013.6524193](https://doi.org/10.1109/ICISCON.2013.6524193)

## References

1. Kazak P.G., Shevtsov V.A. *Trudy MAI*, 2021, no. 118. URL: <https://trudymai.ru/eng/published.php?ID=158239>. DOI: [10.34759/trd-2021-118-06](https://doi.org/10.34759/trd-2021-118-06)
2. Borodin V.V., Petrakov A.M., Shevtsov V.A. *Trudy MAI*, 2015, no 81. URL: <https://trudymai.ru/eng/published.php?ID=57894>
3. Borodin V.V., Petrakov A.M., Shevtsov V.A. *Elektrosvyaz'*, 2016, no. 11, pp. 41 – 45.

4. Perkins C.E., Bhagwat P. Highly dynamic destination-sequenced distance-vector routing (DSDV) for mobile computers, *ACM SIGCOMM computer communication review – ACM*, 1994, vol. 24, no. pp. 234-244.
5. Jacquet P. Optimized link state routing protocol (OLSR), 2003.
6. Marina M.K., Das S.R. On-demand multipath distance vector routing in ad hoc networks, *Proceedings Ninth International Conference on Network Protocols. ICNP 2001*. IEEE, 2001, pp. 14-23. DOI:[10.1109/ICNP.2001.992756](https://doi.org/10.1109/ICNP.2001.992756)
7. Perkins C., Belding-Royer E., Das S. Ad hoc on-demand distance vector (AODV) routing, *IEEE*, 2003. DOI: [10.1109/MCSA.1999.749281](https://doi.org/10.1109/MCSA.1999.749281)
8. Johnson D.B., Maltz D.A. Dynamic Source Routing in Ad-Hoc Ad hoc Networks, *Mobile Computing*, 1994, pp. 153-181. DOI:[10.1007/978-0-585-29603-6\\_5](https://doi.org/10.1007/978-0-585-29603-6_5)
9. Kowalik K., Keegan B., Davis M. Making OLSR aware of resources, *2007 International Conference on Wireless Communications, Networking and Mobile Computing*, IEEE, 2007, pp. 1488-1493. DOI: [10.1109/WICOM.2007.376](https://doi.org/10.1109/WICOM.2007.376)
10. Paraskevas E. et al. Multi-metric energy efficient routing in mobile ad-hoc networks, *2014 IEEE Military Communications Conference*, IEEE, 2014, pp. 1146-1151. DOI:[10.1109/MILCOM.2014.193](https://doi.org/10.1109/MILCOM.2014.193)
11. De Rango F., Fotino M., Marano S. EE-OLSR: Energy Efficient OLSR routing protocol for Mobile ad-hoc Networks, *Military Communications Conference. MILCOM – 2008*, IEEE, 2008. DOI:[10.1109/MILCOM.2008.4753611](https://doi.org/10.1109/MILCOM.2008.4753611)

12. De Rango F., Fotino M. Energy efficient OLSR performance evaluation under energy aware metrics, *2009 International Symposium on Performance Evaluation of Computer & Telecommunication Systems*, IEEE, 2009, vol. 41, pp. 193-198.
13. Ghanem N., Boumerdassi S., Renault É. New energy saving mechanisms for mobile ad-hoc networks using OLSR, *Proceedings of the 2nd ACM international workshop on Performance evaluation of wireless ad hoc, sensor, and ubiquitous networks*, ACM, 2005, pp. 273-274. DOI:[10.1145/1089803.1090006](https://doi.org/10.1145/1089803.1090006)
14. Clausen T., Herberg U. Router and Link Admittance Control in the Optimized Link State Routing Protocol Version 2 (OLSRv2), *2010 Fourth International Conference on Network and System Security*, 2010, pp. 40-46. DOI:[10.1109/NSS.2010.20](https://doi.org/10.1109/NSS.2010.20)
15. Jabbar W.A., Ismail M., Nordin R., Ramli R.M. EMA-MPR: Energy and mobility-aware multi-point relay selection mechanism for multipath OLSRv2, *2017 IEEE 13th Malaysia International Conference on Communications (MICC)*, 2017, pp. 1-6. DOI:[10.1109/MICC.2017.8311721](https://doi.org/10.1109/MICC.2017.8311721)
16. Marcus K. et al., Evaluation of the scalability of OLSRv2 in an emulated realistic military scenario, *2017 International Conference on Military Communications and Information Systems (ICMCIS)*, 2017, pp. 1-8. DOI: 10.1109/ICMCIS.2017.7956503
17. Herberg U., Clausen T. Delay Tolerant Networking with OLSRv2, *2011 IFIP 9th International Conference on Embedded and Ubiquitous Computing*, 2011, pp. 144-149. DOI:[10.1109/EUC.2011.27](https://doi.org/10.1109/EUC.2011.27)

18. Rudenkova M. A Methodology of Modeling The IEEE 802.11 Wireless LAN Using ns-3, *2020 V International Conference on Information Technologies in Engineering Education (Inforino)*, 2020, pp. 1-4. DOI: [10.1109/Inforino48376.2020.9111782](https://doi.org/10.1109/Inforino48376.2020.9111782)
19. Bugarcic P.D., Malnar M.Z., Jevtic N.J. Modifications of AODV protocol for VANETs: performance analysis in NS-3 simulator, *2019 27th Telecommunications Forum (TELFOR)*, 2019, pp. 1-4. DOI: [10.1109/TELFOR48224.2019.8971283](https://doi.org/10.1109/TELFOR48224.2019.8971283)
20. Gupta S.K., Sharma R., Saket R.K., Diwedi R.P. Simulation and analysis of reactive protocol around default values of route maintenance parameters via NS-3, *2013 International Conference on Information Systems and Computer Networks*, 2013, pp. 155-160. DOI: [10.1109/ICISCON.2013.6524193](https://doi.org/10.1109/ICISCON.2013.6524193)

Статья поступила в редакцию 14.03.2022; одобрена после рецензирования 01.04.2022; принята к публикации 20.04.2022.

The article was submitted on 14.03.2022; approved after reviewing on 01.04.2022; accepted for publication on 20.04.2022.