

УДК 621.391

DOI: 10.22213/2413-1172-2024-1-113-120

## Имитационное моделирование работы протокола маршрутизации Optimized Link - State Routing при передаче видеоданных с борта беспилотного воздушного судна с использованием различных моделей мобильности

Р. Э. Шибанов, аспирант, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, Ижевск, Россия

И. А. Кайсина, кандидат технических наук, доцент, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, Ижевск, Россия

А. И. Нистюк, доктор технических наук, профессор, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, Ижевск, Россия

А. В. Абилов, кандидат технических наук, доцент, Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций имени проф. М. А. Бонч-Бруевича, Санкт-Петербург, Россия

*Представлены результаты имитационного моделирования процесса передачи данных в сетевом симуляторе в режиме реального времени. Основной целью статьи является оценка работы протокола маршрутизации Optimized Link-State Routing (OLSR) при передаче видеоданных с борта беспилотного воздушного судна (БВС) к наземной станции через узел-ретранслятор при использовании различных моделей мобильности сетевого симулятора Network Simulator3. Рассматривается два сценария: в первом случае летающий узел-источник, передающий видеоданные, удалялся от наземной станции с заданной скоростью, во втором – летающий узел-источник, передающий видеоданные в режиме реального времени, удалялся от узла-получателя с заданной скоростью и начинал передавать потоковые видеоданные через узел-ретранслятор. В исследовании фиксировался момент переключения с прямой передачи (узел-источник – узел-получатель) на передачу через узел-ретранслятор (узел-источник – узел-ретранслятор – узел-получатель), основной метрикой при этом являлся коэффициент доставки пакетов (QoS/PDR). По результатам анализа сделаны выводы о негативном влиянии увеличения скорости движения узла источника на передачу видеоданных наземной станции по предполагаемой работе протокола маршрутизации OLSR при реальном выполнении миссии с применением узла-ретранслятора с целью увеличения зоны охвата сети между узлом-источником (в виде беспилотного воздушного судна) и узлом-получателем (в виде наземной станции). Также даны рекомендации по улучшению показателей PDR – использование метода ретрансляции потерянных фрагментов на прикладном уровне MS-AL-ARQ. Дальнейшие планируемые исследования направлены на изучения реактивных протоколов маршрутизации, таких как Adhoc On-Demand Distance Vector (AODV).*

**Ключевые слова:** беспилотное воздушное судно, NS-3, маршрутизация, Wi-Fi, PDR, OLSR.

### Введение

Беспилотные воздушные судна (БВС) взлетной массой до 30 кг нашли применение в самых разных отраслях. Одним из основных направлений использования является проведение различного мониторинга, например, сельскохозяйственных угодий, линий электропередач, нефтегазопроводов и др. При этом в качестве датчиков, предоставляющих данные конечному заказчику, могут рассматриваться фото- и видеокамеры, системы лазерного сканирования и др. Видеоданные остаются одним из приоритетных видов предоставляемой информации. Качество видео зависит от множества факторов, как аппаратных, так и программных. Помимо качества видео важным критерием является охват обследуемой территории с помощью БВС. Для увеличения зоны съемки часто используются промежуточные узлы-ретрансляторы, которые могут обеспечить перенаправле-

ние данных. Отдельно стоит выделить направление mesh-сетей из группы БВС. Martin Andreoni Lopez, Michael Baddeley, William T. Lunardi, Anshul Pandey and Jean-Pierre Giacalone рассмотрели в своей статье перспективы развития современных mesh-сетей для роя БВС [1]. Также имеются коммерческие решения с реализацией mesh-топологии, например, EVO Max 4T компании Autel Robotics [2, 3]. Важной задачей является возможность обеспечения качественной съемки с помощью БВС больших наземных территорий.

В статье подразумевается, что работа приемно-передающих устройств (включая антенны) на узле-источнике в виде БВС, узле-ретрансляторе и узле-получателе в виде наземных станций обеспечивает приемлемое качество принимаемого сигнала. Рассматривается работа протокола маршрутизации, который реализован на сетевом уровне и совместно с уже имеющимися

комплексами может повысить долю успешно доставленных пакетов данных до наземной станции через узел-ретранслятор.

**Целью** исследования является оценка работы протокола маршрутизации OLSR при передаче видеоданных с БВС к наземной станции через узел-ретранслятор.

### Маршрутизация данных

Среди протоколов маршрутизации выделяются четыре класса: статические, проактивные, реактивные и гибридные (рис. 1).

Особенностью статической маршрутизации является загрузка таблицы маршрутизации на БВС и другие узлы сети до выполнения миссии. Вследствие этого она используется в сценариях с определенным количеством узлов, так как не может изменяться динамически, что позволяет использовать ее только с заранее известным количеством узлов в сети. При использовании статической маршрутизации в каждом узле хранится информация о нескольких соседних летающих узлах [4–6].

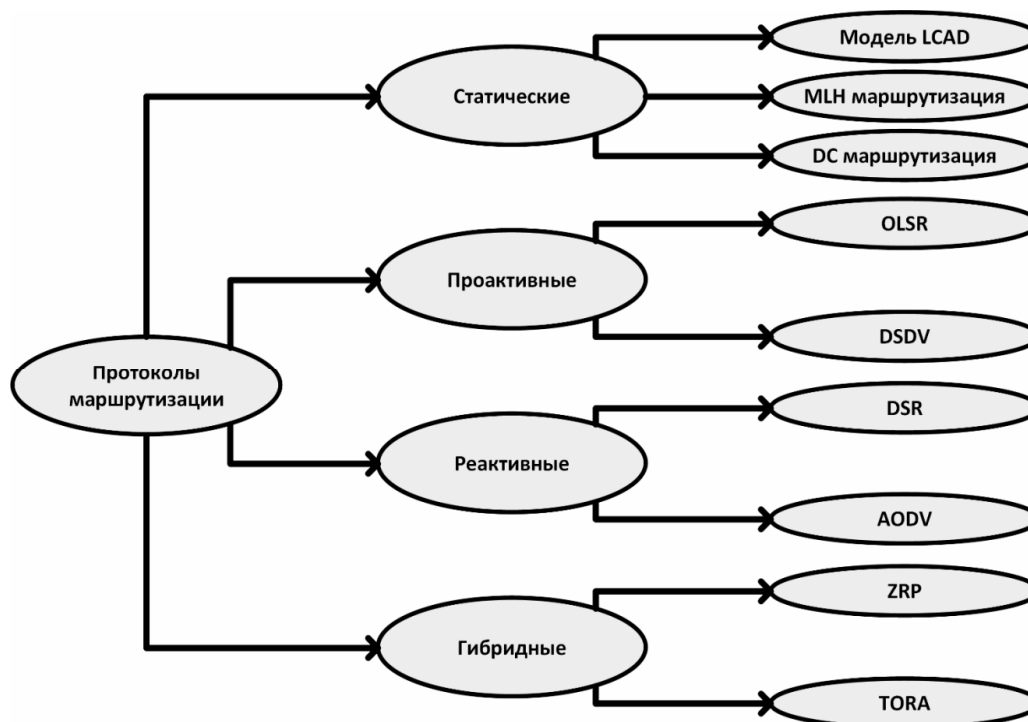


Рис. 1. Протоколы маршрутизации в самоорганизующихся сетях

Fig. 1. Routing protocols in self-organizing networks

В отличие от статической маршрутизации проактивные протоколы способны обновлять таблицу маршрутизации динамически, что позволяет использовать их в самых различных сценариях для БВС. Основным преимуществом проактивных протоколов является хранение в летающих узлах последней информации о маршрутах, вследствие чего облегчается выбор оптимального маршрута от источника до получателя [7–9]. Но у такого вида маршрутизации есть значительный недостаток – неэффективное использование полосы пропускания сети, поэтому проактивные протоколы маршрутизации не подходят для высокомобильных и/или крупных сетей. Среди проактивных протоколов маршрутизации можно выделить следующие: OLSR, DSDV, WRP, Babel, B.A.T.M.A.N [10, 11].

Реактивные протоколы маршрутизации, как и проактивные, могут динамически изменять таблицу маршрутизации, но в отличие от них выполняются «по требованию». Также вместо периодической рассылки сообщений с активными маршрутами реактивными протоколами используются два типа сообщений: Route Reques – сообщение от узла-источника – и Route Reply – сообщение-ответ на Route Request от узла-получателя. Недостатком является затрачиваемое время на поиск маршрута, поэтому в реактивных протоколах может возникать задержка. Можно выделить следующие реактивные протоколы маршрутизации: AODV, DSR, DYMO [12–14].

Гибридные протоколы маршрутизации включают в себя особенности реактивных и проактивных протоколов маршрутизации и подходят

для сценариев с большим количеством конечных узлов. Основой работы гибридных протоколов является кластеризация; когда узел в кластере, на него распространяются принципы проактивной маршрутизации, когда узел за пределами кластера – принципы реактивной маршрутизации. Среди протоколов маршрутизации можно выделить: HWMP, ZHLS, TORA [15, 16].

Также стоит выделить обзорную статью Haruki Gunji, Taku Yamazaki, Ryo Yamamoto, Takumi Miyoshi, Kiyoshi Ueda «Методы построения маршрута для нескольких BBC с использованием иерархии каналов на основе OLSR» [17]. В данной статье исследуется эффективность работы протокола OLSR в сети FANET для построения оптимальных маршрутов с целью минимизации пересечения с рай-

онами высокой плотностью сети, в которых может нарушаться стабильность передачи сигнала.

Исходя из вышеописанного можно сделать вывод о применимости проактивных и реактивных протоколов маршрутизации в миссиях BBC. Стоит упомянуть, что протокол OLSRv2 был программно реализован для семейства Linux как приложение/пакет olsrd.

### Постановка задачи

Основной задачей являлась разработка программ для проведения имитационного моделирования процесса передачи видеоданных с борта BBC на наземную станцию через узел-ретранслятор. При проведении имитационного моделирования в разрабатываемых программах изменялись параметры, близкие к BBC COEX Clever, представленные в таблице.

### Параметры имитационной модели

#### Simulation Model Parameters

Наименование параметров	Значения
Tx Power, дБм	16
Rx Noise Figure, дБм	7
Channel Width, МГц	80
Frequency, Гц	5210
Propagation Loss Model	Friis Propagation Loss Model
Data Mode	Very High Throughput (VHT)
Packet Size, байт	1250
Simulation Time, с	100
Transport Layer	UDP
Data Rate, Мбит/с	10
Tx Power, дБм, – мощность передатчика; Rx Noise Figure, дБ, – коэффициент шума; Channel Width, МГц, – ширина канала для стандартов семейства Wi-Fi 802.11 (на которой проводилось имитационное моделирование); Frequency, Гц, – рабочие частоты для стандартов семейства Wi-Fi 802.11 (на которой проводилось имитационное моделирование); Propagation Loss Model – модель распространения радиосигнала в открытой среде (модель распространения была выбрана исходя из того, что BBC в основном выполняют миссию в открытом пространстве); Data Mode – индекс модуляции присваивается каждому стандарту Wi-Fi (ht/vht/he); Packet Size, байт, – размер пакета в байтах; Simulation Time, с, – время симуляции, за которое беспилотники отдалялись друг от друга; Transport Layer– транспортный уровень модели OSI (протокол UDP был выбран в связи с высокой скоростью передачи данных); Data Rate, Мбит/с, – скорость передачи данных (скорость передачи 10 Мбит/с имитирует передачу видеосигнала высокого качества)	

Полученные данные могут носить рекомендательный характер по использованию протокола маршрутизации OLSR при выполнении задач мониторинга.

Дальнейшим шагом исследований является постановка эксперимента с использованием BBC Clever, в набор которого входит полетный контроллер COEX Pix с полетным стеком PX4, Raspberry Pi 4 в качестве управляющего бортового компьютера, модуль камеры и набор датчиков [18, 19]. Конечным результатом может

быть реализация протоколов маршрутизации на базе линейки различных отечественных производителей.

### Сценарий имитационного моделирования, первая итерация

Для анализа работы протокола маршрутизации OLSR и выявления зависимостей его работы от скорости движения летающего узла-источника было проведено несколько итераций имитационного моделирования в сетевом симуляторе NS-3. В первую итерацию имитационного

моделирования была определена точка расположения узла-ретранслятора. Была задействована модель мобильности с постоянной скоростью. По условиям эксперимента узел-ретранслятор должен находиться на граничной точке покрытия сети, где коэффициент потери пакетов равен 1. Для вычисления PDR была использована следующая формула:

$$PDR = \frac{R_x}{T_x}. \quad (1)$$

После серии тестовых запусков имитационной модели без использования протоколов маршрутизации был найден граничный интервал между 58...61 м, после прохождения которого начинались первые потери пакетов на узле-получателе. На рисунке 2 представлен график

усредненных показателей PDR от расстояния для минимальной скорости (1 м/с) движения узла-источника.

По результатам имитационного моделирования сделан вывод об установке узла-ретранслятора на расстоянии 58 м для достижения более точных конечных показателей.

#### Сценарий имитационного моделирования, вторая итерация

Сценарий имитационной модели выглядит следующим образом. Летающий узел-источник отдалялся от наземной станции управления (НСУ) с определенной заданной скоростью, передавая данные со скоростью 10 Мбит/с, что имитирует передачу видеоданных в разрешении fullHD с высокой кадровой частотой [20, 21]. Схема имитационной модели представлена на рисунке 3, а, б.

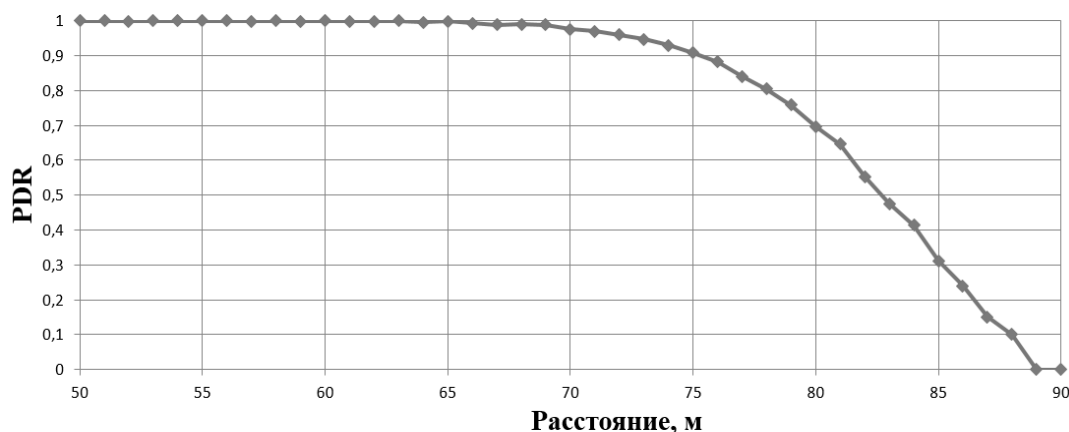


Рис. 2. График PDR от расстояния

Fig. 2. Graph of PDR versus distance

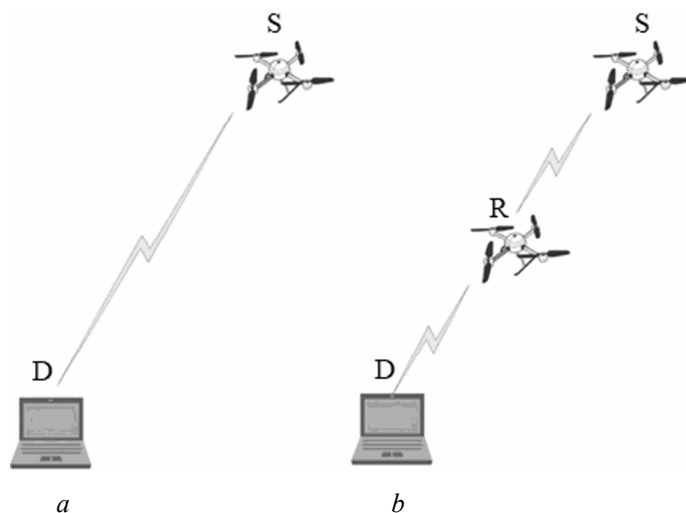


Рис. 3. Схема имитационной модели: а – без летающего узла-ретранслятора; б – с летающим узлом-ретранслятором (S – летающий узел-источник; D – наземная станция управления; R – летающий узел-ретранслятор)

Fig. 3. Scheme of the simulation model: а - without a flying repeater node; б - with a flying node repeater (S - flying source node; D - ground control station; R - flying relay node)

На расстоянии 58 м (граничное расстояние, где коэффициент доставки пакетов равен 1) находится узел-ретранслятор с включенным протоколом маршрутизации (рис. 4, *b*). Общее количество доставленных пакетов фиксировалось каждую секунду для скоростей 1 и 5 м/с и 0,1 секунду – для скоростей 10, 15, 20, 25, 30, 35 м/с.

### Результаты моделирования

Результаты моделирования для сценария с использованием узла ретранслятора представлены на рисунке 4, *b*.

Как можно видеть из рисунка 4, с возрастанием скорости увеличивается расстояние ухудшения и полного восстановления связи. Так, на

рисунке 5, *a*, ухудшение начинается с 65 м, а полное восстановление – с 97 м; на рисунке 5, *b*, ухудшение начинается с 68 м, а полное восстановление – со 103 м; при этом на рисунке 5, *b* падения начинаются с 74 м, а полное восстановление – со 114 м.

Для оценки качества передачи видеоданных было принято решение использовать следующий критерий: дистанция приемлемого качества передаваемого видеопотока, пройденная БВС со значением PDR, превышающим 0,95.

Результат моделирования для данной метрики представлен на рисунке 5 (802.11ac, 80 МГц, 1 источник, mcs 7).

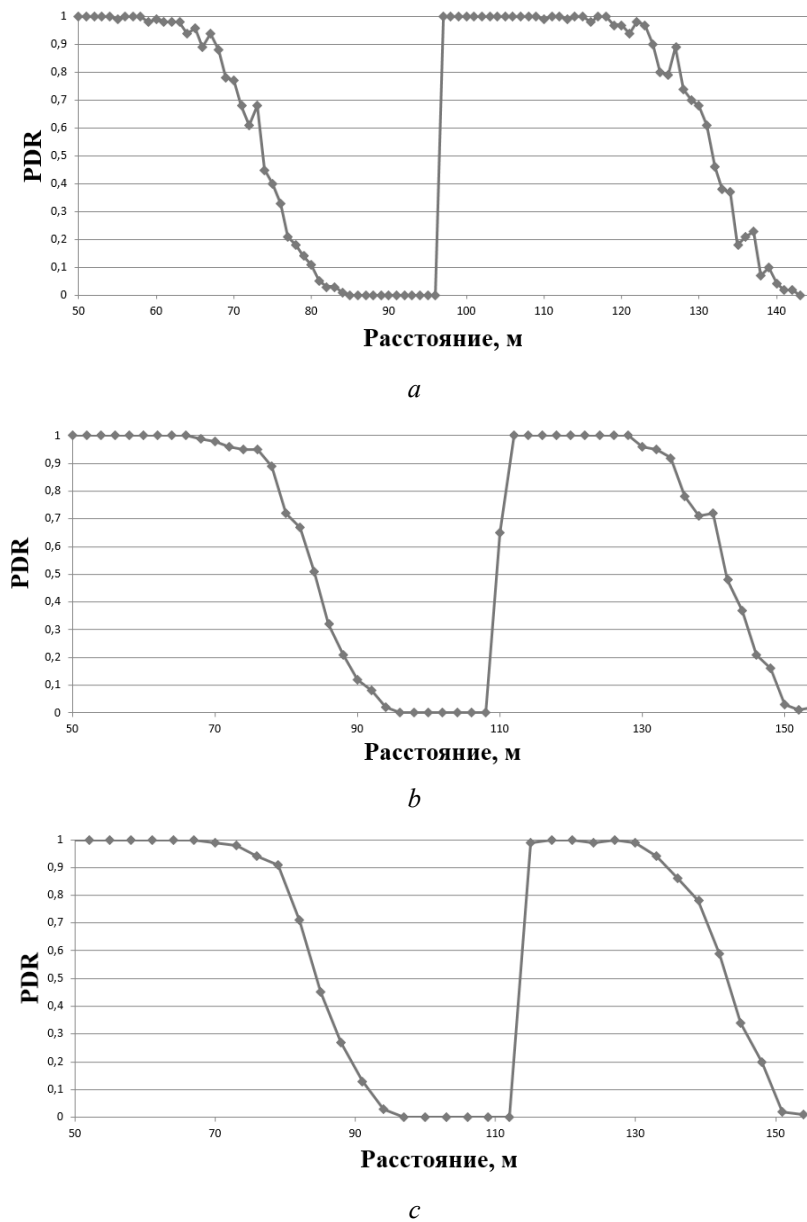


Рис. 4. Зависимость PDR от расстояния при разных скоростях движения узла источника:  
*a* – 10 м/с; *b* – 20 м/с; *c* – 30 м/с

Fig. 4. Dependence of PDR on distance at different speeds of the source node: *a* - 10 m/s; *b* - 20 m/s; *c* - 30 m/s

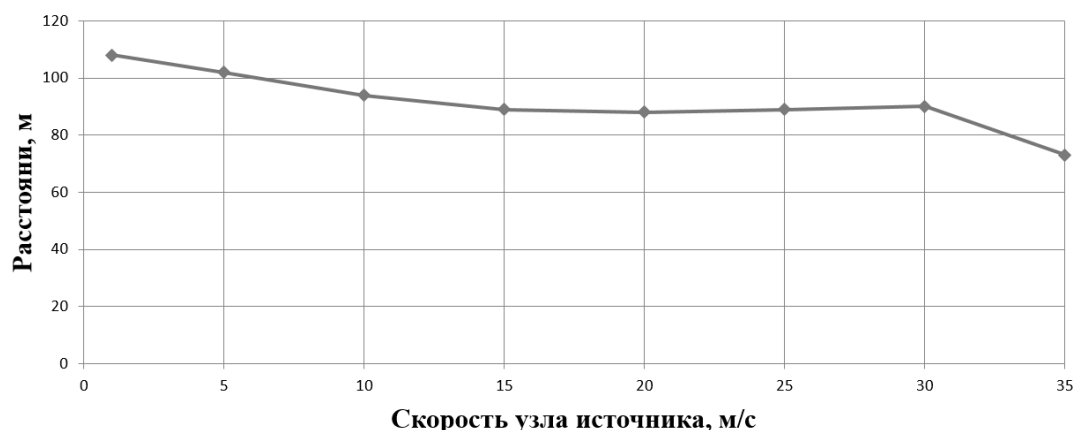


Рис. 5. Расстояние, пройденное БВС с приемлемым качеством передаваемого изображения

Fig. 5. The distance covered by the UAV with acceptable quality of the transmitted image

Из рисунка 5 следует, что увеличение скорости узла источника негативно влияет на передачу видео высокого разрешения, однако при скоростях узла источника от 15 до 30 м/с не происходит резких изменений. При моделировании передачи данных для скорости узла 35 м/с наблюдалась некорректная работа протокола маршрутизации OLSR, что может говорить о невозможности применения данного протокола в сетях высокой мобильности.

### Выводы

Разработана программа для имитационного моделирования на языке программирования C++ в программном симуляторе NS-3, с использованием которой стало возможно реализовать сценарий процесса передачи данных с движущегося узла-источника на наземную станцию управления. Передача данных происходила напрямую от БВС к НСУ с использованием модели распространения Фрииса, основанной на формуле распространения сигнала Гарольда Фрииса в открытом пространстве. После получения результатов эксперимента выявлено негативное воздействие увеличения скорости летящего узла-источника метрики передачи потоковых видеоданных QoS – PDR. Так, при скорости 35 м/с с приемлемым качеством связи (PDR > 0,95) пройдено 73 м, что на 47 % меньше количества метров, пройденных летающим узлом-источником со скоростью 1 м/с. Улучшить показатели возможно, например, с помощью методов ретрансляции потерянных фрагментов на прикладном уровне MS-AL-ARQ. Также сделан вывод, что протокол OLSR крайне неэффективен для систем с высокой мобильностью, и в дальнейшем планируется изучение работы протокола Ad-hoc On-Demand Distance Vector (AODV).

### Библиографические ссылки

1. Lopez M.A. (2021) Towards secure wireless mesh networks for uav swarm connectivity: Current threats, research, and opportunities: 17th International Conference on Distributed Computing in Sensor Systems (DCOSS). IEEE, 2021, pp. 319-326.
2. Ouyang Q. (2023) Formation control of unmanned aerial vehicle swarms: A comprehensive review. Asian Journal of Control, vol. 25, no. 1, pp. 570-593.
3. Zhou R. (2023) Topology Duration Optimization for UAV Swarm Network under the System Performance Constraint. Applied Sciences, vol. 13, no. 9, p. 5602.
4. Cui W., Yang Y., Di L. (2023) Modeling and optimization for static-dynamic routing of a vehicle with additive manufacturing equipment. International Journal of Production Economics, vol. 257, p. 108756.
5. Разработка метода принятия решений об эффективных маршрутах передачи информации в гетерогенной среде приемников-передатчиков / Г. А. Благодатский, А. Н. Копысов, В. В. Хворенков, А. С. Батурин // Молодежь и инновации: развитие научно-инновационного потенциала региона: сб. материалов Второго республиканского форума, Ижевск, 28–29 окт. 2020 г. Ижевск : Изд-во ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, 2021. С. 11–20.
6. Sun Z. (2011) Border Sense: Border patrol through advanced wireless sensor networks. Ad Hoc Networks, vol. 9, no. 3, pp. 468-477.
7. Cheng C.M. (2007) Maximizing throughput of UAV-relaying networks with the load-carry-and-deliver paradigm. IEEE Wireless Communications and Networking Conference, pp. 4417-4424.
8. Kout A. (2023) A Hybrid Optimization Solution for UAV Network Routing. Engineering, Technology & Applied Science Research, vol. 13, no. 2, pp. 10270-10278.
9. Brown T. (2004) A d-hoc ground network (augnet). AIAA 3rd Unmanned Unlimited Technical Conference, Workshop and Exhibit, pp. 6321.
10. Маршрутизация в беспроводных мобильных Adhoc-сетях / В. М. Винокуров [и др.] // Доклады

Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. 2010. № 2-1. С. 22.

11. Wheeb A. H. (2023) Performance Evaluation of Standard and Modified OLSR Protocols for Uncoordinated UAV Ad-Hoc Networks in Search and Rescue Environments. *Electronics*, vol. 12, no. 6, p. 1334.

12. Sehrawat P., Chawla M. (2023) Interpretation and investigations of topology based routing protocols applied in dynamic system of VANET. *Wireless Personal Communications*, vol. 128, no. 3, pp. 2259-2285.

13. Clausen T. (1994) Optimized link state routing protocol (OLSR). 2003. C.E. Perkins, P. Bhagwat. Highly dynamic destination-sequenced distance-vector routing (DSDV) for mobile computers. *ACM SIGCOMM computer communication review*, ACM, vol. 24, no. 4, pp. 234-244.

14. Shaban A.M., Kurnaz S., Shantaf A.M. (2020) Evaluation DSDV, AODV and OLSR routing protocols in real live by using SUMO with NS3 simulation in VANET. *International Congress on Human-Computer Interaction, Optimization and Robotic Applications (HORA)*. IEEE, pp. 1-5.

15. Cheng D. (2023). Hybrid routing transformer for zero-shot learning, *Pattern Recognition*, vol. 137, p. 109270.

16. Haas Z.J. (2002) A hybrid framework for routing in ad hoc networks. *Ad hoc networking*, pp. 221-253.

17. Gunji H. (2022) A Method for Constructing Collision Avoidance Route for Multiple UAVs Using OLSR-Based Link Hierarchization: Proc. of the 10th International Conference on Computer and Communications Management, pp. 169-174.

18. Myjak M.V.K., Ranganathan P. (2022) Unmanned aerial system (UAS) swarm design, flight patterns, communication type, applications, and recommendations. *IEEE International Conference on Electro Information Technology (eIT)*. IEEE, pp. 586-594.

19. Cheklat L. (2021) Cheap: Chord-based hierarchical energy-aware routing protocol for wireless sensor networks. *Computer Science and Information Systems*, vol. 18, no. 3, pp. 813-834.

20. Ray H.S. (2023) A cross-layer fragmentation approach to video streaming over mobile ad-hoc network using BATMAN-Adv. *Multimedia Tools and Applications*, pp. 1-21.

21. Taha M., Ali A. (2023) Smart algorithm in wireless networks for video streaming based on adaptive quantization. *Concurrency and Computation: Practice and Experience*, vol. 35, no. 9, p. e7633.

## References

1. Lopez M.A. (2021) Towards secure wireless mesh networks for uav swarm connectivity: Current threats, research, and opportunities: 17th International Conference on Distributed Computing in Sensor Systems (DCOSS). IEEE, 2021, pp. 319-326.

2. Ouyang Q. (2023) Formation control of unmanned aerial vehicle swarms: A comprehensive review. *Asian Journal of Control*, vol. 25, no. 1, pp. 570-593.

3. Zhou R. (2023) Topology Duration Optimization for UAV Swarm Network under the System Performance Constraint. *Applied Sciences*, vol. 13, no. 9, p. 5602.

4. Cui W., Yang Y., Di L. (2023) Modeling and optimization for static-dynamic routing of a vehicle with additive manufacturing equipment. *International Journal of Production Economics*, vol. 257, p. 108756.

5. Blagodatskiy G.A., Kopysov A.N., Khvorenkov V.V., Baturin A.S. (2021) [Development of a Decision-Making Method for Efficient Information Transmission Routes in a Heterogeneous Environment of Transceivers]. *Youth and Innovation: Developing the Scientific and Innovative Potential of the Region*. Sat. materials of the Second Rep. Forum, Izhevsk, October 28-29, 2020, Izhevsk, Kalashnikov ISTU, 2021, pp. 11-20 (in Russ.).

6. Sun Z. (2011) Border Sense: Border patrol through advanced wireless sensor networks. *Ad Hoc Networks*, vol. 9, no. 3, pp. 468-477.

7. Cheng C.M. (2007) Maximizing throughput of UAV-relaying networks with the load-carry-and-deliver paradigm. *IEEE Wireless Communications and Networking Conference*, pp. 4417-4424.

8. Kout A. (2023) A Hybrid Optimization Solution for UAV Network Routing. *Engineering, Technology & Applied Science Research*, vol. 13, no. 2, pp. 10270-10278.

9. Brown T. (2004) A d-hoc ground network (augnet). *AIAA 3rd Unmanned Unlimited Technical Conference, Workshop and Exhibit*, pp. 6321.

10. Vinokurov V.M. (2010) [Routing in wireless mobile Adhoc networks]. *Doklady Tomskogo gosudarstvennogo universiteta sistem upravleniya i radioelektroniki*, no. 2-1, p. 22 (in Russ.).

11. Wheeb A.H. (2023) Performance Evaluation of Standard and Modified OLSR Protocols for Uncoordinated UAV Ad-Hoc Networks in Search and Rescue Environments. *Electronics*, vol. 12, no. 6, p. 1334.

12. Sehrawat P., Chawla M. (2023) Interpretation and investigations of topology based routing protocols applied in dynamic system of VANET. *Wireless Personal Communications*, vol. 128, no. 3, pp. 2259-2285.

13. Clausen T. (1994) Optimized link state routing protocol (OLSR). 2003. C.E. Perkins, P. Bhagwat. Highly dynamic destination-sequenced distance-vector routing (DSDV) for mobile computers. *ACM SIGCOMM computer communication review*, ACM, vol. 24, no. 4, pp. 234-244.

14. Shaban A.M., Kurnaz S., Shantaf A.M. (2020) Evaluation DSDV, AODV and OLSR routing protocols in real live by using SUMO with NS3 simulation in VANET. *International Congress on Human-Computer Interaction, Optimization and Robotic Applications (HORA)*. IEEE, pp. 1-5.

15. Cheng D. (2023). Hybrid routing transformer for zero-shot learning, *Pattern Recognition*, vol. 137, p. 109270.

16. Haas Z.J. (2002) A hybrid framework for routing in ad hoc networks. *Ad hoc networking*, pp. 221-253.

17. Gunji H. (2022) A Method for Constructing Collision Avoidance Route for Multiple UAVs Using

OLSR-Based Link Hierarchization: Proc. of the 10th International Conference on Computer and Communications Management, pp. 169-174.

18. Myjak M.V.K., Ranganathan P. (2022) Unmanned aerial system (UAS) swarm design, flight patterns, communication type, applications, and recommendations. IEEE International Conference on Electro Information Technology (eIT). IEEE, pp. 586-594.

19. Cheklat L. (2021) Cheap: Chord-based hierarchical energy-aware routing protocol for wireless sensor

networks. *Computer Science and Information Systems*, vol. 18, no. 3, pp. 813-834.

20. Ray H.S. (2023) A cross-layer fragmentation approach to video streaming over mobile ad-hoc network using BATMAN-Adv. *Multimedia Tools and Applications*, pp. 1-21.

21. Taha M., Ali A. (2023) Smart algorithm in wireless networks for video streaming based on adaptive quantization. *Concurrency and Computation: Practice and Experience*, vol. 35, no. 9, p. e7633.

### **Simulation Modeling of OLSR Routing Protocol Performance in Video Data Transmission from Unmanned Area Vehicle Using Various Mobility Models**

R.E. Shibanov, Post-graduate, Kalashnikov ISTU, Izhevsk, Russia

I.A. Kaisina, PhD in Engineering, Associate Professor, Kalashnikov ISTU, Izhevsk, Russia

A.I. Nistyuk, DSc in Engineering, Professor, Kalashnikov ISTU, Izhevsk, Russia

A.V. Abilov, PhD in Engineering, Associate Professor, The Bonch-Bruевич Saint Petersburg State University of Telecommunications, St. Petersburg, Russia

*The article presents the results of simulation modeling of real-time data transmission processes. The main objective of the article was to evaluate the performance of the Optimized Link-State Routing (OLSR) routing protocol when transmitting video data from an Unmanned Aerial Vehicle (UAV) to a ground station through a relay node using various mobility models in the NS-3 network simulator. The scenario involved a flying source node transmitting real-time video data to a destination node while moving away from it at a specified speed. The study focused on the moment of switching from direct transmission (source node to destination node) to transmission through a relay node (source node to relay node to destination node), with the primary metric being the Packet Delivery Ratio (PDR). Based on the analysis results, conclusions were drawn regarding the expected performance of the OLSR routing protocol during real mission execution using a relay node to extend the network coverage between the UAV source node and the ground station destination node. Recommendations were also provided for improving PDR metrics, including the use of a method for retransmitting lost fragments at the application level called MS-AL-ARQ.*

**Keywords:** UAV, NS-3, routing, Wi-Fi, PDR, OLSR.

Получено 05.02.2024

#### **Образец цитирования**

Имитационное моделирование работы протокола маршрутизации Optimized Link - State Routing при передаче видеоданных с борта беспилотного воздушного судна с использованием различных моделей мобильности / Р. Э. Шибанов, И. А. Кайсина, А. И. Нистюк, А. В. Абилов // Вестник ИжГТУ имени М. Т. Калашникова. 2024. Т. 27, № 1. С. 113–120. DOI: 10.22213/2413-1172-2024-1-113-120

#### **For Citation**

Shibanov R.E., Kaisina I.A., Nistyuk A.I., Abilov A.V. (2024) [Simulation Modeling of OLSR Routing Protocol Performance in Video Data Transmission from Unmanned Area Vehicle Using Various Mobility Models]. *Vestnik IzhGTU imeni M.T. Kalashnikova*, 2024, vol. 27, no. 1, pp. 113-120 (in Russ.). DOI: 10.22213/2413-1172-2024-1-113-120