

DOI: 10.12731/2227-930X-2023-13-3-95-114

УДК 51-74



Научная статья | Системный анализ, управление и обработка информации

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПРОТОКОЛОВ МАРШРУТИЗАЦИИ В КОМПЬЮТЕРНЫХ СЕТЯХ

*Т.В. Аветисян, Я.Е. Львович,
И.Я. Львович, Р.А. Блинов*

Основная задача сетей – транспортировка информации от ЭВМ-отправителя к ЭВМ-получателю. В большинстве случаев для этого нужно совершить несколько пересылок. Проблеме выбора пути решают алгоритмы маршрутизации. Алгоритм маршрутизации должен обладать вполне определенными свойствами: надежностью, корректностью, стабильностью, простотой и оптимальностью. Последнее свойство не так прозрачно, как это может показаться на первый взгляд, все зависит от того, по какому или каким параметрам производится оптимизация. Эта задача иногда совсем не проста даже для сравнительно простых локальных сетей. Среди параметров оптимизации может быть минимальная задержка доставки, максимальная пропускная способность, минимальная цена, максимальная надежность или минимальная вероятность ошибки. В данной работе рассматриваются реактивные, проактивные и гибридные протоколы маршрутизации. При осуществлении их выбора мы опирались на метод анализа иерархий. Исходя из результатов, которые получены в ходе моделирования сети с трафиком видео конференции была построена матрица для каждого из исследуемых критериев. Было проведено сравнение протоколов с точки зрения возможности потери информации. Результаты

исследований могут быть полезны в ходе построения современных компьютерных сетей.

Ключевые слова: *компьютерная сеть; маршрутизация; протокол; управление; оптимизация*

Для цитирования. *Аветисян Т.В., Львович Я.Е., Львович И.Я., Блинов Р.А. Анализ эффективности применения протоколов маршрутизации в компьютерных сетях // International Journal of Advanced Studies. 2023. Т. 13, № 3. С. 95-114. DOI: 10.12731/2227-930X-2023-13-3-95-114*

Original article | System Analysis, Management and Information Processing

ANALYSIS OF ROUTING PROTOCOLS EFFECTIVENESS IN COMPUTER NETWORKS

*Avetisyan T.V., Ya.E. L'vovich,
I.Ya. L'vovich, R.A. Blinov*

The main task of networks is to transport information from the sending computer to the receiving computer. In most cases, you need to make several transfers to do this. The problem of choosing a path is solved by routing algorithms. The routing algorithm must have well-defined properties: reliability, correctness, stability, simplicity and optimality. The latter property is not as transparent as it may seem at first glance, it all depends on which or which parameters are optimized. This task is sometimes not at all easy even for relatively simple local networks. Optimization parameters may include minimum delivery delay, maximum throughput, minimum price, maximum reliability, or minimum error probability. In this paper, reactive, proactive and hybrid routing protocols are considered. When making their choice, we relied on the method of hierarchy analysis. Based on the results obtained during the simulation of a network with video conference traffic, a matrix was constructed for each of the criteria studied. The protocols were compared in terms

of the possibility of information loss. The results of the research can be useful in the course of building modern computer networks.

Keywords: *computer network; routing; protocol; management; optimization*

For citation. *Avetisyan T.V., L'vovich Ya.E., L'vovich I.Ya., Blinov R.A. Analysis of Routing Protocols Effectiveness in Computer Networks. International Journal of Advanced Studies, 2023, vol. 13, no. 3, pp. 95-114. DOI: 10.12731/2227-930X-2023-13-3-95-114*

Введение

Данная работа посвящена исследованию быстродействия реактивных, проактивных и гибридных протоколов маршрутизации в беспроводной мобильной одноранговой сети (MANET), а также разработке алгоритма оценки эффективности протоколов маршрутизации. MANET это тип Ad-Hoc сети, которая работает на основании стандарта 802.11 в дискретной и дисперсной среде без единого центра управления [1, 2]. Мобильная одноранговая сеть (МОС) быстро развивается и является важным направлением беспроводной мобильной сети. МОС представляют собой беспроводные сети, в которых мобильные узлы перемещаются и управляют построением маршрутов. В МОС сетевая топология изменяется очень быстро и непредсказуемо, каждый мобильный узел двигается без фиксированной точки доступа. Узлы МОС могут передавать информацию с использованием нескольких ретрансляций, причем количество промежуточных узлов может меняться [3, 4]. Узлы должны поддерживать несколько маршрутов. Если мобильные узлы находятся в пределах зоны радиодоступа друг друга, то исходный узел может отправить сообщение напрямую на узел назначения, в противном случае передача будет осуществляться через промежуточные узлы. Поэтому в настоящее время важную роль для обеспечения надежности и эффективной работы в мобильных беспроводных сетях является решение задачи маршрутизации. Эффективное управление маршрутизацией

экономит расходы на построение маршрутов, что ведет к повышению быстродействия сети [5].

Главной задачей в MANET является восстановление связи при ее потере и построение маршрута для абонента при минимальной величине временной задержки для мобильных узлов, находящихся в хаотичном движении. МОС будет неотъемлемой частью следующего поколения сетей из-за своей гибкости, инфраструктуры, простоты в обслуживании [6], автоматического конфигурирования и экономической эффективности [7]. В мобильных одноранговых сетях мобильные узлы должны общаться друг с другом в целях восстановления связи, а также организовывать динамические топологии для мобильности в целях быстрого изменения маршрута и восстановления связей в беспроводной сети.

Протоколы маршрутизации для сетей, которые основываются на ячеистой топологии

Можно выделить три ключевые категории, относящиеся к протоколам маршрутизации. Они относятся к проактивным, реактивным и гибридным протоколам маршрутизации (рис. 1).

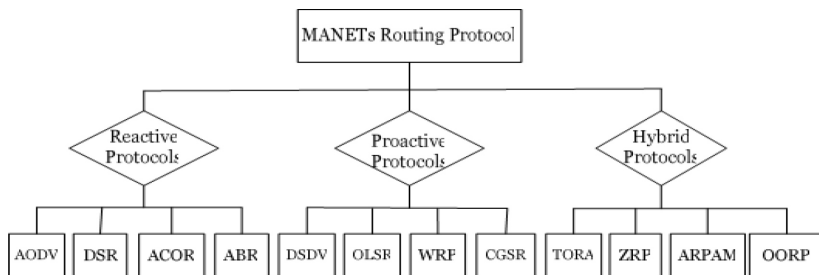


Рис. 1. MANET протоколы маршрутизации

1. Характеристики реактивных протоколов маршрутизации

Беспроводную одноранговую мобильную сеть можно сформировать с помощью портативных устройств. Они могут быть мобильными. Характеристики работоспособности и мобиль-

ности сети могут быть различными и не всегда достигается стабильность [8]. Если есть мобильная беспроводная сеть, в которой рассматривается ячеистая топология, то это является важным. Постоянное изменение в топологии сети связано с тем, что существует подвижность в узлах [9]. Не всегда просто вести отслеживание по такой топологии. Для того, чтобы достигать цели, может потребоваться много ресурсов. Для подобных типов сред удобно применять реактивные протоколы маршрутизации. В них дизайн опроса сети формируется по требованию [10]. В связи с постоянным изменением топологии сети нет необходимости всю ее строить. Будет инициирование построения соответствующего маршрута, если узлу требуется маршрут к заданному узлу [11].

Создаваться маршруты, как показывает анализ, будут лишь по требованию в реактивных протоколах маршрутизации. Сообщения типа Route Request (RREQ) и Route Reply (REPL) внутри сетевых структур связаны с соответствующими протоколами.

Можно указать примеры реактивных протоколов маршрутизации: AODV, DSR, ACOR, ABR.

2. Характеристики проактивных протоколов маршрутизации

В результате рассмотрения видно, что большая часть в маршрутной информации может рассматриваться в виде избыточной. Анализ показывает, что пока короткоживущие маршруты действительны, они не будут применяться. В ходе практической реализации происходит уменьшение части общего трафика управления [12]. Он будет относиться к актуальным практическим данным. В ходе формирования ненужных маршрутов можно наблюдать увеличение объема трафика. Когда существенным образом будет расти размер сетевой структуры, то это будет особенно это заметно.

То есть, низкая мобильность или часто генерируемый трафик, как показывает анализ, будут соотноситься с проактивными протоколами маршрутизации. Тогда нет смысла в обновлении неиспользуемой информации внутри соответствующих маршрутных

таблиц. Это будет в случае, когда в узлах будет передача данных недостаточно частым образом [13].

Примеры протоколов маршрутизации, являющихся проактивными: OLSR, FSR, DSDV, CGSR.

3. Характеристики гибридных протоколов маршрутизации

В ходе моделирования они могут быть объединены в гибридных протоколах маршрутизации. Как показывает анализ, в рассмотренных проактивных и реактивных протоколах маршрутизации можно отметить положительные характеристики [14].

Примеры гибридных протоколов маршрутизации: TORA, HSR, ARPAM, OORP.

В данной работе в качестве исследования были выбраны четыре распространенных на данный момент протокола маршрутизации: AODV, DSR, OLSR, TORA.

Многокритериальный выбор протокола маршрутизации методом анализа иерархий

Будем пользоваться методом анализа иерархий, чтобы принимать решение на базе полученных данных.

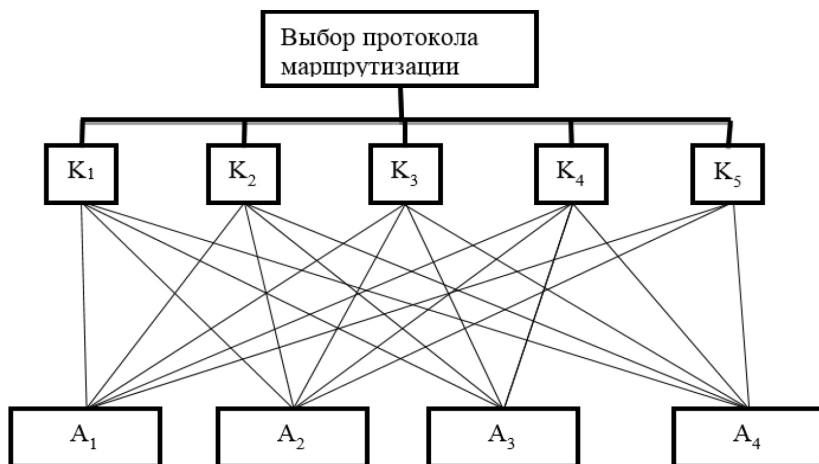


Рис. 2. Иерархия принимаемого решения

На рис. 2 представлен общий вид иерархии по принимаемому решению. В ходе моделирования считается, что K_i – являются частными критериями выбора, A_j – рассматриваются в виде возможных альтернатив.

A1 – соответствует протоколу AODV;

A2 – соответствует протоколу DSR;

A3 – соответствует протоколу OLSR;

A4 – соответствует протоколу TORA;

В таблице 1 рассматривается матрица попарных сравнений, которая соответствует второму уровню иерархии. Общая цель определяет критерии. Она направлена на то, чтобы выбрать протокол маршрутизации.

Таблица 1.

Матрица попарных сравнений критериев

КРИТЕРИИ	Объем потерянной информации (K_1)	Степень задержки (K_2)	Степень загрузки сети (K_3)	Число ретранслированных пакетов деленное на отправленные (K_4)	Значение интенсивности входного потока (K_5)
Объем потерянной информации (K_1)	1	9	7	7	9
Степень задержки (K_2)	1/9	1	1/7	1/3	3
Степень загрузки сети (K_3)	1/7	7	1	5	3
Число ретранслированных пакетов деленное на отправленные (K_4)	1/7	3	1/5	1	3
Значение интенсивности входного потока (K_5)	1/9	1/3	1/3	1/3	1

Решение задачи многокритериального выбора протокола маршрутизации для модели беспроводной сети с трафиком видео конференции

Будем использовать результаты, которые получены при моделировании сети с трафиком видео конференции (Таблица 1).

Необходимо учитывать параметр – Значения нормализованных оценок вектора приоритета (предлагается его обозначить Z). Рассмотрим то, как будут каждый из анализируемых критериев влиять на результат. Это будет видно из матриц, которые представлены ниже.

Если анализируется критерий «Объем потерянной информации (K1)», то мы можем указать таблицу 2. В ней рассматриваются различные протоколы. Видно, что максимальное значение альтернативы не превосходит 7,6.

Таблица 2.

**Иллюстрация оценки значимости альтернатив по критерию
«Объем потерянной информации» (K1)**

	AODV	DSR	OLSR	TORA	Z
AODV	1	0,79	0,36	0,37	0,13
DSR	1,2	1	0,464	0,47	0,16
OLSR	2,7	2,16	1	1,022	0,35
TORA	2,6	2,1	0,97	1	0,34
Сумма	7,6	6,1	2,8	2,8	

В случае критерия «Степень задержки (K2)» мы можем указать таблицу 3. Видно, что максимальное значение альтернативы не превосходит 6,44.

Таблица 3.

**Иллюстрация оценки значимости альтернатив
по критерию «Степень задержки (K2)»**

	AODV	DSR	OLSR	TORA	Z
AODV	1	1,17	1,78	0,83	0,27
DSR	0,84	1	1,51	0,71	0,24
OLSR	0,56	0,66	1	0,46	0,16
TORA	1,2	1,41	2,14	1	0,33
Сумма	3,6	4,25	6,44	3	

В случае, если есть критерий «Степень загрузки сети (K3)», мы можем указать таблицу 4. Видно, что максимальное значение альтернативы не превосходит 4,06.

Таблица 4.

**Иллюстрация оценки значимости альтернатив по критерию
«Степень загрузки сети (K3)»**

	AODV	DSR	OLSR	TORA	Z
AODV	1	0,87	0,92	1,19	0,24
DSR	1,14	1	1,05	1,36	0,28
OLSR	1,08	0,94	1	1,29	0,26
TORA	0,83	0,73	0,77	1	0,2
Сумма	4,06	3,55	3,74	4,84	

В случае критерия «Число ретранслированных альтернатив, деленные на отправленные (K4)» мы можем указать таблицу 5. Видно, что максимальное значение альтернативы не превосходит 5,74.

Таблица 5.

**Иллюстрация оценки значимости альтернатив по критерию
«Число ретранслированных альтернатив, деленные на отправленные (K4)»**

	AODV	DSR	OLSR	TORA	Z
AODV	1	0,95	1,55	0,98	0,27
DSR	1,043	1	1,62	1,032	0,28
OLSR	0,644	0,61	1	0,64	0,17
TORA	1,01	0,96	1,56	1	0,27
Сумма	3,69	3,54	5,74	3,66	

В случае критерия «Значение интенсивности входного потока (K5)» мы можем указать таблицу 6. Видно, что максимальное значение альтернативы не превосходит 547,619.

Тогда можно получить значения по глобальным приоритета альтернатив AODV (A1), DSR (A2), OLSR (A3), TORA (A4):

Таблица 6.

**Иллюстрация оценки значимости альтернатив по критерию
«Значение интенсивности входного потока (K5)»**

	AODV	DSR	OLSR	TORA	Z
AODV	1	2,8	0,315	172,5	0,22
DSR	0,36	1	0,115	62,73	0,08
OLSR	3,17	8,73	1	547,619	0,698
TORA	0,005	0,016	0,0018	1	0,0012
Сумма	4,544	12,49	1,43	783,84	

Анализируя таблицу 7, мы можем увидеть глобальные приоритеты относительно альтернатив. Видно, что максимальное значение альтернативы не превосходит 0,69.

Таблица 7.

**Иллюстрация глобальных приоритетов по альтернативам
TORA (A4), AODV (A1), OLSR (A3), DSR (A2)**

Альтернативы	Критерии					Глобальные приоритеты
	Объем потерянной информации	Степень задержки	Степень загрузки сети	Значение числа ретранслированных пакетов, отнесенное к отправленным	Значение интенсивности по входному потоку	
	Вектора приоритета, представленные численным значением					
AODV	0,13	0,27	0,245	0,27	0,22	0,17
DSR	0,16	0,235	0,28	0,28	0,08	0,19
OLSR	0,35	0,155	0,266	0,17	0,69	0,32
TORA	0,348	0,332	0,206	0,27	0,0012	0,29

Представляет интерес альтернатива, которая связана со значением 0,324954, являющимся максимальным значением в глобальном приоритете. Это соответствует протоколу OLSR.

В исследуемой модели, исходя из результатов, видно, что наименьший объем потерь информации наблюдается при использовании в качестве протокола маршрутизации протокола OLSR (таблица 7). Это связано с тем, что протокол OLSR позволяет минимизировать объем потерь информации путем использования определенного подмножества узлов в сети, называемого предпочтительными ретрансляторами.

Минимальная задержка достигается при использовании в качестве протокола маршрутизации протокола TORA (таблица 7), но при этом увеличилась загрузка на сеть вследствие значительного увеличения служебной информации самого протокола.

Протоколы маршрутизации AODV и DSR показали схожие друг с другом результаты. Это связано с тем, что оба протокола относятся к реактивным протоколам маршрутизации и оба строят таблицы маршрутов по требованию на основе вектора расстояний. Их различие заключается в том, что протокол DSR использует для маршрутизации таблицу маршрутизации источника, а не промежуточных узлов.

Основываясь на шкале относительной важности критериев (таблица 1) и полученных результатах с помощью метода анализа иерархий, в нашей модели предпочтительнее использовать в качестве протокола маршрутизации протокол OLSR.

Решение задачи многокритериального выбора протокола маршрутизации для модели беспроводной сети с трафиком FTP сервера

Проведем анализ результатов, которые были получены в ходе моделирования сети с трафиком видеоконференции. Необходимо использовать соответствующий метод для моделирования. Был выбран метод анализа иерархий.

Таблица 8 может быть проанализирована, если есть критерий «Объем потерянной информации (K1)». Видно, что максимальное значение альтернативы не превосходит 4,37.

Таблица 8.

**Иллюстрация оценки значимости альтернатив по критерию
«Объем потерянной информации (K1)»**

	AODV	DSR	OLSR	TORA	Z
AODV	1	1,73	0,725	1,142	0,26
DSR	0,57	1	0,417	0,657	0,15
OLSR	1,37	2,39	1	1,57	0,36
TORA	0,87	1,52	0,635	1	0,23
Сумма	3,83	6,65	2,77	4,37	

Таблица 9 будет соответствовать критерию «Задержка (K2)». Видно, что максимальное значение альтернативы не превосходит 6,6.

Таблица 9.

**Иллюстрация оценки значимости альтернатив
по критерию «Задержка (K2)»**

	AODV	DSR	OLSR	TORA	Z
AODV	1	1,3	0,546	0,67	0,196
DSR	0,769	1	0,42	0,517	0,151
OLSR	1,829	2,37	1	1,23	0,359
TORA	1,485	1,93	0,81	1	0,292
Сумма	5,083	6,6	2,78	3,42	

Таблица 10.

**Иллюстрация оценки значимости альтернатив
по критерию «Загрузка сети (K3)»**

	AODV	DSR	OLSR	TORA	Z
AODV	1	0,944	1,024	0,992	0,247
DSR	1,059	1	1,085	1,05	0,262
OLSR	0,97	0,92	1	0,969	0,2415
TORA	1,008	0,9	1,032258065	1	0,25
Сумма	4,04	3,8175	4,1410	4,01	

Таблица 10 будет соответствовать критерию «Загрузка сети (K3)». Видно, что максимальное значение альтернативы не превосходит 4,1410.

Таблица 11 будет соответствовать критерию «Отношения числа ретранслированных альтернатив к отправленным (K4)». Видно, что максимальное значение альтернативы не превосходит 4,0834.

Таблица 11.

Иллюстрация оценки значимости альтернатив по критерию «Отношения количества ретранслированных альтернатив к отправленным (K4)»

	AODV	DSR	OLSR	TORA	Z
AODV	1	0,97	0,71	1,532	0,245
DSR	1,022	1	0,73	1,567	0,25
OLSR	1,4	1,38	1	2,16	0,345
TORA	0,65	0,638	0,464	1	0,16
Сумма	4,0834	3,9924	2,9	6,256	

Таблица 12 будет соответствовать критерию «Интенсивность входного потока (K5)». Видно, что максимальное значение альтернативы не превосходит 9,25.

Таблица 12.

Иллюстрация оценки значимости альтернатив по критерию «Интенсивность входного потока (K5)»

	AODV	DSR	OLSR	TORA	Z
AODV	1	1,24	0,233	0,742	0,134
DSR	0,81	1	0,1875	0,5975	0,11
OLSR	4,29	5,33	1	3,19	0,58
TORA	1,35	1,67	0,314	1	0,18
Сумма	7,4456	9,25	1,7342	5,53	

Тогда есть возможности для получения значений по глобальным приоритетам альтернатив TORA (A4), OLSR (A3), DSR (A2), AODV (A1), которые указаны в таблице 13.

Таблица 13.

**Иллюстрация глобальных приоритетов по альтернативам AODV (A1),
DSR (A2), OLSR (A3), TORA (A4)**

Альтернативы	Критерии					Глобальные приоритеты
	Объем потерянной информации	Степень задержки	Степень загрузки сети	Количество ретранслированных пакетов, деленное на отправленные	Значение интенсивности входного потока	
	Вектор приоритета, представленный численным значением					
AODV	0,26	0,19	0,24	0,244	0,13	0,25
DSR	0,15	0,15	0,26	0,25	0,11	0,18
OLSR	0,36	0,35	0,24	0,34	0,58	0,34
TORA	0,22	0,2	0,249	0,15	0,181	0,228

Выводы

Проведенное исследование продемонстрировало возможности выбора протоколов маршрутизации при анализе современных компьютерных сетей. Во втором случае при исследовании модели с генерацией ftp трафика наименьшее значение объема потерянной информации получено при использовании в качестве протокола маршрутизации протокола OLSR. При использовании протокола OLSR мы получили наименьшие показатели задержки в сети, отношение ретранслированных пакетов к отправленным, а также меньшее значение объема служебной информации самого протокола, но при этом значение параметра «загрузка сети» было наибольшим. Наибольшее значение объема потерянной информации получено при использовании протокола DSR. Несмотря на схожесть DSR с AODV, значение этого критерия при использовании AODV гораздо ниже. Это обусловлено тем, что при генера-

ции ftp трафика преобладают tcp пакеты, в которых важную роль играет последовательность отправленных данных и их потеря. В исследуемой нами модели сети, преобладает высокая мобильность узлов, что ведет к интенсивному обновлению маршрутных таблиц каждого узла. Однако, в отличие от AODV, который ведет таблицу маршрутов на каждом узле, DSR основывается на таблице маршрутов источника, что ведет к неизбежному росту объема потерянной информации.

При использовании в качестве протокола маршрутизации протокола TORA мы получили схожие результаты, что и с другими протоколами. Однако, значение отношения количества ретранслированных пакетов к отправленным превышает показатели других протоколов. Это связано с гибридной природой протокола и высокой мобильностью исследуемой сети. Так как сеть обладала высокой мобильностью и большим количеством генерируемого трафика, то протоколу приходилось сохранять и использовать маршруты между всеми парами источник – приемник. При этом постоянно, но не все маршруты оказывались актуальными.

Как и при исследовании первой модели мобильной сети с генерацией трафика видео конференции, во второй модели также предпочтительнее использовать в качестве протокола маршрутизации протокол OLSR.

Список литературы

1. Кайсина И. А., Васильев Д. С., Абилов А. В. Анализ эффективности протоколов маршрутизации OLSR и AODV в летающей сети FANET // Вестник ИжГТУ имени М.Т. Калашникова. – 2017. – Т. 20, № 1. – С. 87-90. – <https://doi.org/10.22213/2413-1172-2017-1-87-90>.
2. Кравченко Я. О., Мальчева Р. В. Анализ алгоритмов и протоколов маршрутизации данных в беспроводных локальных сетях // Информатика и кибернетика. – 2021. – № 3(25). – С. 52-58.
3. Крикунов А. А., Гаврилин Е. А. Анализ объема служебного трафика протокола динамической маршрутизации OSPF при рекон-

- фигурации сети // REDS: Телекоммуникационные устройства и системы. – 2017. – Т. 7, № 2. – С. 208-212.
4. Мурагчаев С. С., Волков А. С., Маргарян Р. А., Бахтин А. А. Разработка адаптивной версии протокола маршрутизации *olsrv2* в сетях MANET // Труды МАИ. – 2022. – № 123. – <https://doi.org/10.34759/trd-2022-123-13>.
 5. Львович Я.Е., Преображенский Ю.П., Ружицкий Е. Анализ особенностей современных беспроводных сенсорных сетей // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2022. № 3 (41). С. 99-102.
 6. Воженников, А. А. Сравнение протоколов маршрутизации в MANET-сетях // Евразийский союз ученых. – 2016. – № 1-2(22). – С. 44-46.
 7. Львович Я.Е., Преображенский Ю.П., Ружицкий Е. Особенности оптимизации беспроводных систем связи // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2022. № 1 (40). С. 68-71.
 8. Гаврилин, Е. А. Анализ объема трафика протоколов динамической маршрутизации RIP, OSPF и оценка загрузки каналов // REDS: Телекоммуникационные устройства и системы. – 2017. – Т. 7, № 2. – С. 192-193.
 9. Жилин В.В. Исследование влияния параметров канала на распознаваемость сигналов в рlc-сетях // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2022. № 3 (41). С. 43-48.
 10. Щерба Е. В., Литвинов Г. А., Щерба М. В. Задача обеспечения качества обслуживания на базе протокола маршрутизации OLSR: подходы, алгоритмы, решения // Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. – 2019. – Т. 22, № 1. – С. 55-65. – <https://doi.org/10.21293/1818-0442-2019-22-1-55-65>
 11. Мурагчаев С. С., Волков А. С. Реализация алгоритма кластеризации для решения задач маршрутизации в сетях MANET // СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии. – 2022. – № 4. – С. 50-51.

12. Львович Я.Е., Преображенский Ю.П., Ружицкий Е. Особенности межканальных помех в сетях IEEE 802.11 // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2022. № 1 (40). С. 72-74.
13. Львович Я.Е., Преображенский Ю.П., Ружицкий Е. Анализ особенностей приема и передачи сигналов в компьютерных сетях // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2022. № 1 (40). С. 75-78.

References

1. Kajsina I. A., Vasil'ev D. S., Abilov A. V. Analiz effektivnosti protokolov marshrutizacii OLSR i AODV v letayushchej seti FANET [Analysis of the effectiveness of OLSR and AODV routing protocols in the FANET flying network]. *Bulletin of IzHSTU named after M.T. Kalashnikov*. – 2017. – Vol. 20, No. 1. – pp. 87-90. – <https://doi.org/10.22213/2413-1172-2017-1-87-90>.
2. Kravchenko Ya. O., Mal'cheva R. V. Analiz algoritmov i protokolov marshrutizacii dannyh v besprovodnyh lokal'nyh setyah [Analysis of algorithms and protocols for routing data in wireless local area networks]. *Informatics and Cybernetics*. – 2021. – № 3(25). – Pp. 52-58.
3. Krikunov A. A., Gavrilin E. A. Analiz ob'ema sluzhebnogo trafika protokola dinamicheskoy marshrutizacii OSPF pri rekonfiguracii seti [Analysis of the volume of service traffic of the dynamic routing protocol OSPF during network reconfiguration]. *REDS: Telecommunication devices and systems*. – 2017. – Vol. 7, No. 2. – pp. 208-212.
4. Muratchaev S. S., Volkov A. S., Margaryan R. A., Bahtin A. A. Razrabotka adaptivnoj versii protokola marshrutizacii olsrv2 v setyah MANET [Development of an adaptive version of the olsrv2 routing protocol in MANET networks]. *Proceedings of MAI*. – 2022. – No. 123. – <https://doi.org/10.34759/trd-2022-123-13>
5. L'vovich Ya.E., Preobrazhenskij Yu.P., Ruzhickij E. Analiz osobennostej sovremennyh besprovodnyh sensoryh setej [Analysis of the features of modern wireless sensor networks]. *Bulletin of the Voronezh Institute of High Technologies*. 2022. No. 3 (41). pp. 99-102.

6. Vozhennikov, A. A. Svravnenie protokolov marshrutizacii v MANET-setyah [Comparison of routing protocols in MANET networks]. *Eurasian Union of Scientists*. – 2016. – № 1-2(22). – Pp. 44-46.
7. L'vovich Ya.E., Preobrazhenskij Yu.P., Ruzhickij E. Osobennosti optimizacii besprovodnyh sistem svyazi [Features of optimization of wireless communication systems]. *Bulletin of the Voronezh Institute of High Technologies*. 2022. No. 1 (40). pp. 68-71.
8. Gavrilin E. A. Analiz ob'ema trafika protokolov dinamicheskoy marshrutizacii RIP, OSPF i ocenka zagruzki kanalov [Analysis of the traffic volume of dynamic routing protocols RIP, OSPF and channel load estimation]. *REDS: Telecommunication devices and systems*. - 2017. – Vol. 7, No. 2. – pp. 192-193.
9. ZHilin V.V. Issledovanie vliyaniya parametrov kanala na raspoznavаемost' signalov v plc-setyah [Investigation of the influence of channel parameters on the recognizability of signals in PLC networks]. *Bulletin of the Voronezh Institute of High Technologies*. 2022. No. 3 (41). pp. 43-48.
10. SHCHerba E. V., Litvinov G. A., SHCHerba M. V. Zadacha obespecheniya kachestva obsluzhivaniya na baze protokola marshrutizacii OLSR: podhody, algoritmy, resheniya [The task of ensuring the quality of service based on the OLSR routing protocol: approaches, algorithms, solutions]. *Reports of Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics*. – 2019. – Vol. 22, No. 1. – pp. 55-65. – <https://doi.org/10.21293/1818-0442-2019-22-1-55-65>
11. Muratchaev S. S., Volkov A. S. Realizaciya algoritma klasterizacii dlya resheniya zadach marshrutizacii v setyah MANET [Implementation of clustering algorithm for solving routing problems in MANET networks]. *Microwave equipment and telecommunication technologies*. - 2022. – No. 4. – pp. 50-51.
12. L'vovich Ya.E., Preobrazhenskij Yu.P., Ruzhickij E. Osobennosti mezhkanal'nyh pomekh v setyah ieee 802.11 [Features of interchannel interference in IEEE 802.11 networks]. *Bulletin of the Voronezh Institute of High Technologies*. 2022. No. 1 (40). pp. 72-74.
13. L'vovich Ya.E., Preobrazhenskij Yu.P., Ruzhickij E. Analiz osobennostej priema i peredachi signalov v komp'yuternykh setyah [Analy-

sis of features of reception and transmission of signals in computer networks]. Bulletin of the Voronezh Institute of High Technologies. 2022. No. 1 (40). pp. 75-78.

ДАННЫЕ ОБ АВТОРАХ

Аветисян Татьяна Владимировна, преподаватель колледжа, специалист проектного отдела ВИВТ
Колледж ВИВТ; Автономная некоммерческая образовательная организация высшего образования Воронежский институт высоких технологий
ул. Ленина, 73а, г. Воронеж, 394043, Российская Федерация
vtatyana_avetisyan@mail.ru

Львович Яков Евсеевич, профессор, доктор технических наук, профессор
Автономная некоммерческая образовательная организация высшего образования Воронежский институт высоких технологий
ул. Ленина, 73а, г. Воронеж, 394043, Российская Федерация
Kotkovvivi@yandex.ru

Львович Игорь Яковлевич, ректор
Автономная некоммерческая образовательная организация высшего образования Воронежский институт высоких технологий
ул. Ленина, 73а, г. Воронеж, 394043, Российская Федерация
info@vivi.ru

Блинов Роман Анатольевич, аспирант
Автономная некоммерческая образовательная организация высшего образования Воронежский институт высоких технологий
ул. Ленина, 73а, г. Воронеж, 394043, Российская Федерация

DATA ABOUT THE AUTHORS

Tatiana V. Avetisyan, project specialist VIVT

Voronezh Institute of High Technologies

73a, Lenin Str., Voronezh, 394043, Russian Federation

vtatyana_avetisyan@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3559-6070>

Yakov E. Lvovich, Doctor of Technical Sciences, Professor

Voronezh Institute of High Technologies

73a, Lenin Str., Voronezh, 394043, Russian Federation

Komkovvvt@yandex.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7051-3763>

Igor Ya. Lvovich, rector

Voronezh Institute of High Technologies

73a, Lenin Str., Voronezh, 394043, Russian Federation

info@vivt.ru

Roman A. Blinov, graduate student of VIVT

Autonomous non-profit educational organization of Higher Education Voronezh Institute of High Technologies

Komkovvvt@yandex.ru

Поступила 25.05.2023

После рецензирования 15.06.2023

Принята 20.06.2023

Received 25.05.2023

Revised 15.06.2023

Accepted 20.06.2023