



УДК 621.391

МОДЕЛЬ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБСЛУЖИВАНИЯ ЗАПРОСОВ НА ПЕРЕДАЧУ ПОТОКОВ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ В БЕСПРОВОДНОЙ САМООРГАНИЗУЮЩЕЙСЯ СЕТИ**MODEL FOR EVALUATING THE EFFICIENCY OF REQUEST SERVICE FOR REAL-TIME STREAMS IN A MOBILE AD HOC NETWORK****А.В. Коськин¹, К.А. Польщиков², С.А. Лазарев², Е.Д. Киселева²
A.V. Koskin¹, K.A. Polshchikov², S.A. Lazarev², E.D. Kiseleva²**

¹⁾ Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева,
ул. Комсомольская, д. 95, г. Орел, 302026, Россия

²⁾ Белгородский государственный национальный исследовательский университет,
Россия, 308015, Белгород, ул. Победы, 85

Orel State University named after I.S. Turgenev, Komsomolskaya Str., 95, Orel, 302026, Russia

Belgorod State National Research University, 85 Pobeda St, Belgorod, 308015, Russia

E-mail: koskin@ostu.ru, polshchikov@bsu.edu.ru

Аннотация

Разработана математическая модель для оценки эффективности обслуживания запросов на передачу потоков реального времени в беспроводной самоорганизующейся сети. Для обеспечения качественной передачи аудио- и видеопотоков рекомендовано использовать предварительное резервирование требуемой канальной производительности с возможностью буферизации поступивших запросов. В модели учтено влияние динамичности топологии сети на эффективность ее функционирования. Применение модели позволяет обосновать характеристики каналов, обеспечивающие эффективный обмен потоками реального времени в беспроводной самоорганизующейся сети.

Abstract

A mathematical model for evaluating the efficiency of request service for real-time streams in a mobile ad hoc network is designed. To ensure high-quality transmission of audio and video streams, it is recommended to use the preliminary reservation of the required channel performance with the ability to buffer incoming requests. As an indicator of the evaluation of the effectiveness of the exchange of multimedia information, the probability of servicing requests for the transmission of real-time flows with a satisfactory quality is proposed. Based on the use of the characteristics of the main and additional real-time streams, the model takes into account the impact of the dynamism of the network topology on the efficiency of its functioning. The probability of servicing the incoming request for the transmission of the real-time stream is calculated for the most loaded network channel. The application of the model allows to justify the characteristics of the channels, which ensure an efficient exchange of real-time streams in a mobile ad hoc network.

Ключевые слова: беспроводная самоорганизующаяся сеть, математическая модель, потоки реального времени, обслуживание запросов, резервирование канальной производительности.

Keywords: mobile ad hoc network, mathematical model, real-time streams, requests service, channel productivity reservation.

Введение

Беспроводная самоорганизующаяся сеть (Mobile Ad Hoc Network, MANET) имеет децентрализованную изменяемую структуру и способна осуществлять передачу



информации при отсутствии базовых станций (фиксированных узлов) в условиях интенсивных деструктивных воздействий и высокой мобильности абонентов [Basagni et al., 2004; Polshchykov, 2013; Польшиков, 2013; Польшиков, 2014; Константинов и др., 2015; Польшиков, 2015; Konstantinov et al., 2016; Konstantinov et al., 2017;]. Сети MANET востребованы для выполнения специфических задач, связанных с поисково-спасательными операциями, предупреждением и ликвидацией чрезвычайных ситуаций, работами в условиях опасности воздействия поражающих факторов природного и техногенного характера, операциями по охране правопорядка и противодействию терроризму, охраной важных и опасных территориально распределенных объектов [Cheong et al., 2011; Penders et al., 2011; Anjum et al., 2015; Verma, Chauhan, 2015; Kulla et al., 2015; Константинов и др., 2016; Konstantinov et al., 2016; Polshchykov et al., 2016]. Решение указанных задач во многом зависит от эффективности информационного обмена в процессе их выполнения, в частности, качества передачи мультимедийной информации в виде аудио- и видеопотоков, т.е. трафика реального времени.

Для качественной передачи трафика реального времени требуется минимизировать пакетные задержки и их вариации (джиттер). При этом допускается небольшая доля потерянных пакетов [Польшиков, Здоренко, 2014; Polshchykov et al., 2010; Konstantinov et al., 2015; Польшиков, 2015; Polshchykov et al., 2015; Rvachova et al., 2015]. Обеспечить заданные показатели качества позволяет резервирование производительности каналов для обслуживания поступающих запросов на передачу соответствующих аудио- и видеопотоков [Awduche et al., 2001; Невмержицкий и др., 2001; Polshchykov et al., 2013; Польшиков и др., 2014]. В результате резервирования и предоставления производительности канала, требуемой для качественной передачи мультимедийной информации, допустимые значения пакетных задержек и джиттера обеспечиваются автоматически. Поэтому для оценки эффективности обмена мультимедийной информацией в MANET целесообразно использовать показатель, характеризующий качество обслуживания запросов на передачу потоков реального времени с учетом возможности резервирования необходимых для этого канальных ресурсов.

Допустим, качество обслуживания запросов на передачу потоков реального времени в течение заданного периода будем считать удовлетворительным, если в течение этого периода в обслуживании отказано не более заданной процентной доли от числа поступивших запросов. Тогда для оценки эффективности обмена мультимедийной информацией в MANET можно предложить показатель P_Q – вероятность того, что обслуживание запросов на передачу потоков реального времени будет выполнено с удовлетворительным качеством.

Статья посвящена разработке математической модели, позволяющей вычислить показатель P_Q с целью получения численных значений для оценки эффективности обмена мультимедийной информацией в MANET. Разработка модели должна осуществляться с учетом влияния особенностей MANET, в частности, динамичности сетевой топологии, на характеристики исследуемых процессов. Назовем основными потоками реального времени множество аудио- и видеопотоков, которые передавались бы по заданному каналу, если бы сеть имела фиксированную во времени топологию. Вследствие динамичности топологии по рассматриваемому каналу MANET могут передаваться и другие (дополнительные) потоки реального времени, а часть основных потоков, возможно, передаваться не будет. Кроме того, следует иметь в виду, что по причине возможных перемещений, уничтожений, добавлений, включений и выключений узлов передача тех или иных основных и дополнительных потоков по заданному каналу может быть начата, но преждевременно прекращена.



Постановка задачи

Пусть для обеспечения качественной передачи потоков реального времени в MANET осуществляется резервирование требуемой канальной производительности. При этом заданы значения следующих величин:

α – число запросов на передачу потоков реального времени, поступивших на обслуживание в течение заданного периода;

L – производительность канала, требуемая для качественной передачи одного потока реального времени;

B – процентная доля необслуженных запросов от числа поступивших запросов, при превышении которой качество обслуживания запросов на передачу потоков реального времени считается неудовлетворительным.

Допущения:

1) вероятность обслуживания поступившего запроса на передачу потока реального времени соответствует значению этой величины, рассчитанному для наиболее нагруженного сетевого канала, имеющего следующие характеристики:

C – пропускная способность канала;

m – предельная длина очереди запросов, для которых может быть зарезервирована производительность канала, требуемая для качественной передачи потока реального времени;

2) поступающие запросы на передачу основных и дополнительных потоков реального времени по каналу образуют стационарный пуассоновский поток, имеющий следующие характеристики:

λ_{base} – интенсивность поступления запросов на передачу основных потоков реального времени по каналу сети;

λ_{add} – интенсивность поступления запросов на передачу дополнительных потоков реального времени по каналу сети;

q_{base} – вероятность отсутствия запросов на передачу основных потоков реального времени по каналу вследствие динамичности сетевой топологии;

3) требуемая длительность передачи потока реального времени по каналу распределена по экспоненциальному закону со средней величиной τ_{req} ;

4) вследствие динамичности сетевой топологии передача по каналу того или иного потока реального времени может быть преждевременно прекращена с вероятностью P_{prem} .

Требуется получить аналитическую зависимость величины P_Q от заданных выше характеристик.

Разработка модели

Исходя из указанных при постановке задачи характеристик можно вычислить величину β – число запросов на передачу потоков реального времени, составляющих B процентов от числа α :

$$\beta = \frac{\alpha B}{100}. \quad (1)$$

Чтобы получить вероятность P_Q , необходимо учесть вероятности всех возможных комбинаций событий, соответствующих обслуживанию не менее $(\alpha - \beta)$ запросов на передачу потоков реального времени.

Пусть $\alpha = 5$, тогда $\beta = 2$ в соответствии с выражением (1). Вероятностный граф процесса обслуживания запросов на передачу потоков реального времени при указанных значениях α и β представлен на рис. 1.



Состояниям моделируемого процесса соответствуют следующие вершины:
 «В» – начало процесса обслуживания запросов;
 «S» – поступивший запрос обслужен;
 «F» – поступившему запросу отказано в обслуживании по причине заполненности очереди на резервирование канальной производительности;
 «Q» – обслуживание запросов на передачу потоков реального времени выполнено с удовлетворительным качеством.

Вероятность перехода в любую вершину «S» соответствует величине p – вероятности обслуживания поступившего запроса на передачу потока реального времени. Вероятность перехода в любую вершину «F» соответствует величине q – вероятности отказа в обслуживании поступившего запроса на передачу потока реального времени.

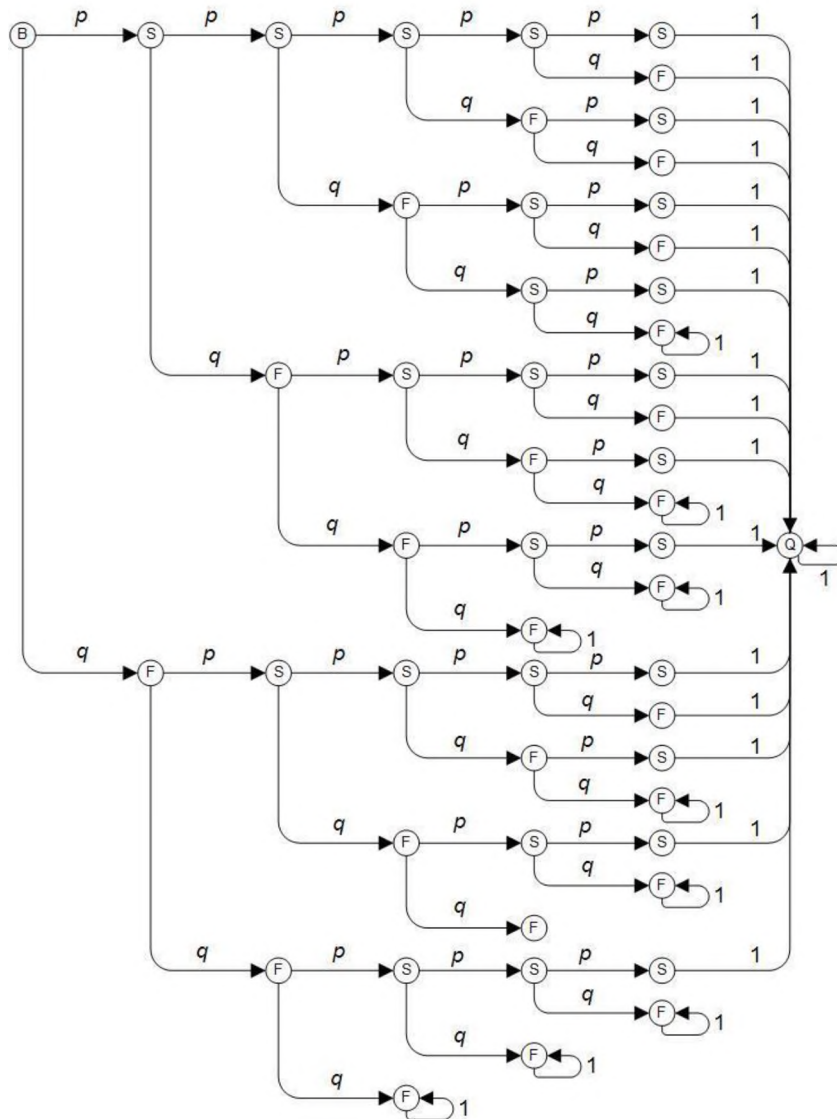


Рис. 1. Вероятностный граф обслуживания запросов на передачу потоков реального времени
 Fig. 1. Probabilistic graph real-time streams service

На основе анализа графа получено выражение для вычисления показателя P_Q при $\alpha = 5$ и $\beta = 2$:

$$P_Q = p^5 + 5p^4q + 10p^3q^2. \tag{2}$$



В результате моделирования процессов обслуживания запросов на передачу потоков реального времени аналогичным образом получены выражения для вычисления показателя P_Q при других значениях α и β , которые представлены в таблице 1.

Анализ закономерностей, содержащихся в выражении (2) и таблице 1, позволил получить общие формулы для вычисления вероятности обслуживания запросов с удовлетворительным качеством:

$$P_Q = p^\alpha, \beta = 0; \tag{3}$$

$$P_Q = p^\alpha + \alpha p^{\alpha-1}, \beta = 1; \tag{4}$$

$$P_Q = p^\alpha + \alpha \left[p^{\alpha-1} q + \sum_{x=2}^{\beta} \left[\frac{p^{\alpha-x} q^x}{x!} \prod_{y=1}^{x-1} (\alpha - y) \right] \right], \beta = 2, 3, 4, \dots, \alpha. \tag{5}$$

Таблица 1
Table 1

Выражения для вычисления показателя P_Q
Expressions for calculating P_Q

α	β	P_Q
3	0	p^3
4	1	$p^4 + 4p^3q$
6	3	$p^6 + 6p^5q + 15p^4q^2 + 20p^3q^3$
10	4	$p^{10} + 10p^9q + 45p^8q^2 + 120p^7q^3 + 210p^6q^4$

На основе указанных при постановке задачи допущений можно вычислить величину p как вероятность обслуживания в многоканальной системе с ограниченной длиной очереди запросов [Vaccelli, Vremaud, 2003]:

$$p = 1 - \frac{\frac{(\lambda\tau)^n}{n!} \left(\frac{\lambda\tau}{n}\right)^m}{\sum_{k=0}^n \left[\frac{(\lambda\tau)^k}{k!} \right] + \frac{(\lambda\tau)^n}{n!} \sum_{u=1}^m \left(\frac{\lambda\tau}{n}\right)^u}, \tag{6}$$

где n – число потоков реального времени, которые можно одновременно передавать по каналу с требуемым качеством, $n > \lambda\tau$; λ – интенсивность поступления запросов на передачу потоков реального времени по каналу; τ – средняя длительность передачи потока реального времени по каналу.

Величина n может быть найдена по формуле:

$$n = \frac{C}{L}. \tag{7}$$

Для вычисления интенсивности поступления запросов на передачу потоков реального времени по каналу можно применить следующее выражение:

$$\lambda = (1 - q_{base})\lambda_{base} + \lambda_{add}. \tag{8}$$

Величина τ может быть найдена по формуле:

$$\tau = \tau_{req}(1 - P_{prem}). \tag{9}$$

Разработанная модель может быть применена для оценки эффективности обмена мультимедийной информацией реального времени в MANET, а также для обоснования значений характеристик этой сети.



Применение модели при проведении расчетных экспериментов

Пусть задано, что некоторая поисково-спасательная операция будет успешно выполнена, если в процессе ее проведения по сети будет осуществлена качественная передача не менее 90 потоков реального времени из 100 поступивших запросов на их передачу.

Требуется определить, при какой пропускной способности каналов сети обслуживание запросов на передачу потоков реального времени будет выполнено с удовлетворительным качеством с вероятностью 0,98.

Исходные данные, использованные при проведении расчетных экспериментов, представлены в таблице 2.

Таблица 2
Table 2

Исходные данные
Initial data

Величины	Значения	Единицы измерения
λ_{base}	90	час ⁻¹
λ_{add}	15	час ⁻¹
q_{base}	0,115	
τ_{req}	8	мин
P_{prem}	0,25	
C	1,0 ... 1,5	Мбит/с
L	0,1	Мбит/с
m	2	-
α	100	-
B	10	%

На основе представленных выше исходных данных с применением выражений (1) и (5 – 9) вычислены значения показателя P_Q для различных значений C . Результаты вычислений представлены в таблице 3.

Таблица 3
Table 3

Результаты расчетных экспериментов
Results of design experiments

Значения величины C , Мбит/с	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4
Значения показателя P_Q	0,26	0,77	0,98	0,99	1,00

Анализ данных таблицы 3 показывает, что для обслуживания запросов на передачу потоков реального времени с удовлетворительным качеством рекомендуется использовать каналы MANET с пропускной способностью не ниже 1,2 Мбит/с.

Заключение

Информационный обмен мультимедийной информацией в реальном времени в беспроводной самоорганизующейся сети ориентирован на обеспечение связи при решении различных специфических задач в сложных условиях. При этом качественная передача аудио- или видеопотоков в MANET может быть гарантирована на основе резервирования требуемой канальной производительности. В связи с этим в качестве показателя для оценки эффективности обмена мультимедийной информацией в MANET



целесообразно использовать вероятность обслуживания не менее заданного числа запросов на передачу потоков реального времени. Для вычисления этого показателя разработана математическая модель, основанная на построении вероятностных графов. Применение модели позволяет обосновать характеристики каналов, обеспечивающие эффективный обмен потоками реального времени в MANET.

Список литературы

References

1. Константинов И.С., Лазарев С.А., Польщиков К.А. 2015. Математическое моделирование передачи информационных потоков в беспроводной самоорганизующейся сети специального назначения. Научные ведомости БелГУ. Сер. Экономика. Информатика, 19 (216): 101–109.

Konstantinov I.S., Polshchikov K.A., Lazarev S.A. 2015. Mathematical modeling of information flows transmission in mobile ad-hoc network for special purpose. Belgorod State University Scientific Bulletin. Economics. Information technologies, 19 (216): 101–109. (in Russian)

2. Константинов И.С., Пилипенко О.В., Польщиков К.А., Иващук О.Д. 2016. К вопросу обеспечения связи в процессе предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций на объектах строительства. Строительство и реконструкция, 1 (63): 40–46.

Konstantinov I.S., Pilipenko O.V., Polshchikov K.A., Ivaschuk O.D. 2016. The issue of communication in the process of prevention and liquidation of emergency situations at construction sites. Building and reconstruction, 1 (63): 40–46. (in Russian)

3. Константинов И.С., Польщиков К.А., Иващук О.А. 2016. О проблеме обеспечения эффективной связи на отдаленных и опасных территориально распределенных объектах строительства. Строительство и реконструкция, 4 (66): 121–127.

Konstantinov I.S., Polshchikov K.A., Ivaschuk O.A. 2016. On the problem of effective communication in remote and dangerous territorial distributed construction sites. Building and reconstruction, 4(66): 121–127. (in Russian)

4. Константинов И.С., Польщиков К.А., Лазарев С.А. 2015. Имитационная модель передачи информационных потоков в мобильной радиосети специального назначения. Научные ведомости БелГУ. Сер. Экономика. Информатика, 13 (210): 156–163.

Konstantinov I.S., Polshchikov K.A., Lazarev S.A. 2015. Simulation model of information flows transmission in mobile ad-hoc network for special purpose. Belgorod State University Scientific Bulletin. Economics. Information technologies, 13 (210): 156–163. (in Russian)

5. Невмержицкий И.М., Шаповалов С.В., Польщиков К.А. 2001. Методика оценки эффективности протокола транспортного уровня TCP/IP. Радиотехника, 121: 203–205.

Nevmerzhickij I.M., Shapovalov S.V., Polshchikov K.A. 2001. Metodika ocenki jeffektivnosti protokola transportnogo urovnja TCP/IP. Radiotekhnika, 121: 203–205. (in Russian)

6. Польщиков К.А. 2015. Анализ применимости методов обеспечения QoS для повышения производительности мобильной радиосети специального назначения. Научные ведомости БелГУ. Сер. История. Политология. Экономика. Информатика, 1 (198): 148–157.

Polshchikov K.A. 2015. Analysis of the QoS methods applicable to improve performance of mobile radio network for special purpose. Belgorod State University Scientific Bulletin. History. Political science. Economics. Information technologies, 1 (198): 148–157. (in Russian)

7. Польщиков К.А., Кубракова Е.Н., Сокол Г.В. 2014. Математическая модель обслуживания запросов на резервирование пропускной способности каналов телекоммуникационной сети для передачи потоков реального времени. Проблемы телекоммуникаций, 1 (13): 74–83.

Polshchikov K.O., Kubrakova K.M., Sokol G.V. 2014. Mathematical model of the channel bandwidth reservation request servicing during real time flows transmission in a telecommunication network. Problems of telecommunications, 1 (13): 74–83. (in Russian)

8. Польщиков К.А. 2015. Моделирование информационных потоков в мобильной радиосети специального назначения. Вестник ВГУ. Серия: Системный анализ и информационные технологии, 4: 78–84.

Polshchikov K.A. 2015. Modelirovanie informacionnyh potokov v mobil'noj radioseti special'nogo naznachenija. Vestnik VGU. Serija: Sistemnyj analiz i informacionnye tehnologii, 4: 78–84. (in Russian)



9. Польщиков К.А. 2013. Обобщенные модели нейро-нечетких систем управления интенсивностью потоков данных в мобильной радиосети. *Science and Education a New Dimension*, 8: 133–137.

Polshchikov K.O. 2013. General models of neuro-fuzzy systems control the intensity of data flows in a mobile radio network. *Science and Education a New Dimension*, 8: 133–137. (in Russian)

10. Польщиков К.А. 2014. Об управлении интенсивностью потоков данных в мобильной радиосети специального назначения. *Научные ведомости БелГУ. Сер. История. Политология. Экономика. Информатика*, 21 (192): 196–201.

Polshchikov K.A. 2014. About control of data flows intensity in the mobile radio network for special purpose. *Belgorod State University Scientific Bulletin. History. Political science. Economics. Information technologies*, 21 (192): 196–201. (in Russian)

11. Польщиков К.А. 2015. Оценка вероятностно-временных характеристик доставки данных в беспроводной самоорганизующейся сети. *Научные ведомости БелГУ. Сер. Экономика. Информатика*, 7 (204): 183–187.

Polshchikov K.A. 2015. Probability-time characteristics estimates of data delivery in the wireless ad hoc network. *Belgorod State University Scientific Bulletin. Economics. Information technologies*, 7 (204): 183–187. (in Russian)

12. Польщиков К.А., Здоренко Ю.Н., Сова О.Я. 2014. Математическая модель передачи мультимедийного сообщения в телекоммуникационной сети с коммутацией пакетов. *Научные ведомости БелГУ. Сер. История. Политология. Экономика. Информатика*, 15 (186): 176–184.

Polshchikov K.A., Zdorenko Y.M., Sova O.Y. 2014. Mathematical model of the multimedia message transmitting in telecommunication network. *Belgorod State University Scientific Bulletin. History. Political science. Economics. Information technologies*, 15 (186): 176–184. (in Russian)

13. Польщиков К.А., Здоренко Ю.Н. 2014. Усовершенствованный метод нейро-нечеткого управления отбрасыванием пакетов в транзитных маршрутизаторах телекоммуникационной сети. *Проблемы телекоммуникаций*, 2 (14): 76–90.

Polshchikov K.O., Zdorenko Y.M. 2014. An improved method for neuro-fuzzy dropping packets control in transit routers of telecommunications network. *Problems of telecommunications*, 2 (14): 76–90. (in Russian)

14. Anjum S.S., Noor R.M., Anisi M.H. 2015. Survey on MANET Based Communication Scenarios for Search and Rescue Operations. *Proc. of 5th International Conference “IT Convergence and Security (ICITCS)”*. Kuala Lumpur: 1–5.

15. Awduche D. Berger L., Li T. et al. 2001. RSVP-TE: Extensions to RSVP for LSP Tunnels. RFC 3209. Available at: <http://www.faqs.org/rfcs/rfc3209.html>.

16. Baccelli F., Bremaud P. 2003. *Elements of Queueing Theory*. Springer-Verlag, 334.

17. Basagni S., Conti M., Giordano S., Stojmenovic I. 2004. *Mobile Ad Hoc Networking*. IEEE Press, 461.

18. Cheong S.H., Lee K.I., Si Y.W., U L.H. 2011. Lifeline: Emergency Ad Hoc Network. *Proc. of 7th International Conference “Computational Intelligence and Security (CIS)”*. Hainan: 283–289.

19. Konstantinov I.S., Lazarev S.A., Polshchikov K.O., Mihalev O.V. 2015. Theoretical aspects of evaluation of the corporative portal network traffic management. *International Journal of Applied Research*, 10 (24): 45691–45696.

20. Konstantinov I.S., Polshchikov K.O., Lazarev S.A. 2016. Algorithm for Neuro-Fuzzy Control of Data Sending Intensity in a Mobile Ad Hoc Network for Special Purpose. *Journal of Current Research in Science*, 4(1): 105–108.

21. Konstantinov I., Polshchikov K., Lazarev S. 2017. The Algorithm for Neuro-Fuzzy Controlling the Intensity of Retransmission in a Mobile Ad-Hoc Network. *International Journal of Applied Mathematics and Statistics*, 56 (2): 85–90.

22. Konstantinov I., Polshchikov K., Lazarev S., Polshchikova O. 2017. Model of Neuro-Fuzzy Prediction of Confirmation Timeout in a Mobile Ad Hoc Network. *CEUR Workshop Proceedings. Mathematical and Information Technologies*, 1839: 174–186.

23. Konstantinov I., Polshchikov K., Lazarev S., Polshchikova O. 2016. The Usage of the Mobile Ad-Hoc Networks in the Construction Industry. *Proceedings of the 10th International Conference on Application of Information and Communication Technologies (AICT)*. Baku: 455–457.

24. Kulla E., Ozaki R., Uejima A., Shimada H. 2015. Real World Emergency Scenario Using MANET in Indoor Environment: Experimental Data. *Proc. of 7th International Conference “Computational Intelligence and Security (CIS)”*. Blumenau: 336–341.



25. Penders J., Alboul L., Witkowski U. et al. 2011. A robot swarm assisting a human fire-fighter. *Advanced Robotics*, 25(1–2): 93–117.
26. Polschikov K., Kubrakova K., Odaruschenko O. 2013. Methods and Technologies Analysis of the Real-Time Traffic Transmission Requests Servicing. *World Applied Programming*, 3(9): 446–450.
27. Polschikov K., Olexij S., Rvachova N. 2010. The Methodology of Modeling Available for Data Traffic Bandwidth Telecommunications Network. *Proceedings of the X International Conference “Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science (TCSET’2010)”*. Lviv–Slavske: 158.
28. Polshchikov K.O., Ivashchuk O.A., Lazarev S.A. et al. 2016. Algorithms of dropping packets in transit nodes of wireless ad-hoc networks in technosphere safety control systems. *Journal of Fundamental and Applied Sciences*, 3S: 2571–2578.
29. Polshchikov K.O. 2013. Synthesis of neuro-fuzzy systems of data flows intensity control in mobile ad-hoc network. *Proceedings of the 23rd International Crimean Conference “Microwave and Telecommunication Technology (CriMiCo)”*. Sevastopol: 517–518.
30. Polshchikov K., Zdorenko Y., Masesov M. 2015. Neuro-Fuzzy System for Prediction of Telecommunication Channel Load. *Proceedings of the Second International Scientific-Practical Conference “Problems of Infocommunications Science and Technology (PIC S&T)”*. Kharkiv: 33–34.
31. Rvachova N., Sokol G., Polschikov K., Davies J. 2015. Selecting the intersegment interval for TCP in Telecomms networks using fuzzy inference system. *Proceedings of the Sixth International Conference “2015 Internet Technologies and Applications (ITA)”*. Wrexham: 256–260.
32. Verma H., Chauhan N. 2015. MANET based emergency communication system for natural disasters. *Proc. of International Conference “Computing, Communications & Automation (ICCCA)”*. Noida: 480–485.