

## Алгоритм нейро-нечеткого выбора тайм-аута повторной передачи в самоорганизующейся сети

Польщикова К.А.

Белгородский государственный университет  
polshchikov@bsu.edu.ru

*Польщикова К.А. «Алгоритм нейро-нечеткого выбора тайм-аута повторной передачи в самоорганизующейся сети». Предложено решение научной задачи, направленной на повышение оперативности доставки данных в беспроводной самоорганизующейся сети. Приведен алгоритм нейро-нечеткого выбора тайм-аута повторной передачи в этой сети. Алгоритм предусматривает измерение текущих значений времени ожидания подтверждений, нейро-нечеткое прогнозирование значений этой величины в следующем цикле и вычисление тайм-аута повторных передач на основе полученного прогноза. В соответствии с предложенным алгоритмом текущее значение тайм-аута повторной передачи периодически обновляется в рамках установленного логического соединения. Представлена блок-схема алгоритма. Имитационные эксперименты показали, что применение предложенного алгоритма обеспечивает существенное снижение отклонений тайм-аута повторной передачи от времени ожидания подтверждений, минимизацию повторных передач и уменьшение среднего времени передачи потоков данных.*

**Ключевые слова:** самоорганизующаяся сеть, повторные передачи, тайм-аут, алгоритм.

### Введение

Беспроводные самоорганизующиеся сети (Mobile Ad-Hoc Networks, MANET) являются перспективным направлением развития телекоммуникационных технологий. Главная отличительная особенность таких сетей состоит в их децентрализованной изменяемой структуре. Кроме того, MANET характеризуется отсутствием базовых станций (фиксированных узлов) и способностью каждого узла выполнять функции маршрутизатора [1].

Вследствие быстрого изменения сетевой топологии беспроводная самоорганизующаяся сеть отличается кратковременностью существования соединений, высокой вероятностью искажения информации, значительными задержками пакетов и их потерями. Влияние этих факторов приводит к снижению оперативности доставки данных в MANET [2, 3]. Как известно, для повышения этого показателя требуется увеличить производительность сети [4–6]. Анализ известных научно-технологических подходов, ориентированных на повышение производительности телекоммуникационных сетей показал, что в протоколах транспортного уровня важную роль играет правильная установка тайм-аута повторной передачи  $\zeta$  – интервала времени, в течение которого узел-источник ожидает получение подтверждения на ранее отправленный пакет [7–10].

В сетях, работающих в соответствии с протоколом TCP (Transmission Control Protocol),

выбор значения тайм-аута осуществляется на основе алгоритма Джекобсона [11]. При этом используются модели, в которых значения коэффициентов были подобраны экспериментальным путем для сетей с фиксированной топологией. Несовершенство алгоритма Джекобсона приводит к тому, что при высокой вероятности потери данных вследствие искажений или сетевых перегрузок доставка сообщений существенно замедляется.

Для осуществления в MANET теоретически обоснованного выбора тайм-аута повторной передачи предложено использовать гибридную нейро-нечеткую интеллектуальную систему [12–14]. На вход этой системы подаются следующие величины:  $M$  – значение времени ожидания подтверждения, измеренное в текущем цикле;  $M^{pr1}$  – значение времени ожидания подтверждения, измеренное в предыдущем цикле;  $M^{pr2}$  – значение времени ожидания подтверждения, измеренное в цикле, предшествующем предыдущему. Выходной величиной системы является переменная  $\tilde{M}$  – значение времени ожидания подтверждения, прогнозируемое в следующем цикле. Эта величина определяется в результате выполнения процедуры нейро-нечеткого вывода.

В соответствии с предлагаемым методом процесс выбора тайм-аута повторной передачи должен включать следующие этапы: измерение текущих значений  $M$ ; сохранение значений  $M^{pr1}$  и  $M^{pr2}$ ; ввод значений  $M$ ,  $M^{pr1}$  и  $M^{pr2}$  в качестве входных величин нейро-

нечеткой системы прогнозирования времени ожидания подтверждений; определение выходной величины  $\tilde{M}$  на основе выполнения нейро-нечеткого вывода; установка в следующем цикле тайм-аута повторной передачи, значение которого вычисляется по формуле:

$$\zeta = \tilde{M} + \Delta\zeta, \quad (1)$$

где  $\Delta\zeta > 0$  – добавочная величина, используемая для устранения ошибочных повторных передач.

Выбор параметров нейро-нечеткой системы, особенности ее настройки и функционирования изложены в [14]. Данная статья посвящена разработке алгоритма выбора тайм-аута повторной передачи в самоорганизующейся сети на основе нейро-нечеткой системы прогнозирования времени ожидания подтверждений.

### Разработка алгоритма

Для осуществления нейро-нечеткого выбора тайм-аута повторной передачи в самоорганизующейся сети разработан алгоритм, блок-схема которого представлена на рисунке 1. В соответствии с предлагаемым алгоритмом текущее значение тайм-аута повторной передачи в рамках установленного логического соединения периодически обновляется. Период цикла перерасчета этой величины составляет  $I\Delta t$ , где  $I$  – количество тактов в цикле,  $\Delta t$  – длительность такта.

В начале алгоритма осуществляется ввод следующих величин:  $M_0$ ,  $M_0^{pr1}$  и  $M_0^{pr2}$  – начальных значений  $M$ ,  $M^{pr1}$  и  $M^{pr2}$  соответственно,  $N$  – числа циклов обновления величины  $\zeta$ , а также величин  $I$  и  $\Delta\zeta$ . При этом значение величины  $\Delta\zeta$  рекомендуется выбирать в пределах  $\Delta\zeta = 0,1M_{\max} \dots 0,2M_{\max}$ , где  $M_{\max}$  – максимальное из измеренных ранее значений времени ожидания квитанций. Далее в рамках установленного логического соединения величинам  $M$ ,  $M^{pr1}$  и  $M^{pr2}$  присваиваются начальные значения. Затем организуется циклический перерасчет величины межпакетного интервала, при этом  $n$  – номер цикла, изменяющийся с шагом 1. В рамках каждого цикла организуется выполнение  $I$  элементарных тактов длительностью  $\Delta t$ . В ходе каждого такта выполняются следующие операции:

- 1) осуществляется проверка получения подтверждения на пакет, который повторно не отправлялся;
- 2) при получении в текущем такте подтверждения измеряется значение  $M$ .

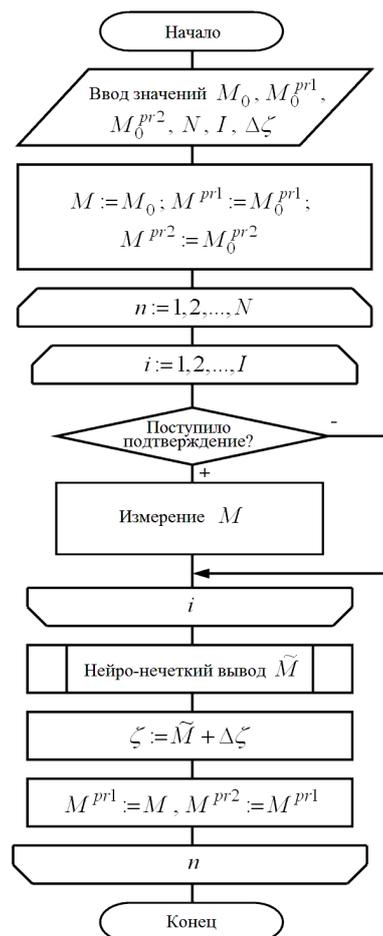


Рисунок 1. – Блок-схема алгоритма

После выполнения  $I$  тактов осуществляется процедура нейро-нечеткого вывода величины  $\tilde{M}$ . Далее по формуле (1) выполняется перерасчет значения тайм-аута повторных передач. В конце каждого цикла обновляются значения  $M^{pr1}$  и  $M^{pr2}$ .

Для оценки эффективности применения указанного алгоритма использовалась имитационная модель передачи информационных потоков в MANET, созданная в программной среде MatLab & Simulink [15]. Проведены вычислительные эксперименты, в которых имитировался выбор тайм-аута повторной передачи на основе алгоритма Джекобсона, а также на основе нейро-нечеткого прогнозирования величины  $M$ . Полученные экспериментальные кривые в качестве примера представлены на рисунке 2. Результаты моделирования показали, что применение нейро-нечеткого выбора тайм-аута повторной передачи в самоорганизующейся сети обеспечивает снижение отклонений этой величины от времени ожидания подтверждений на 5,7 – 19,2 %. Это способствует минимизации повторных передач и уменьшению среднего времени передачи потоков данных на 4,2 % – 9,6 %.

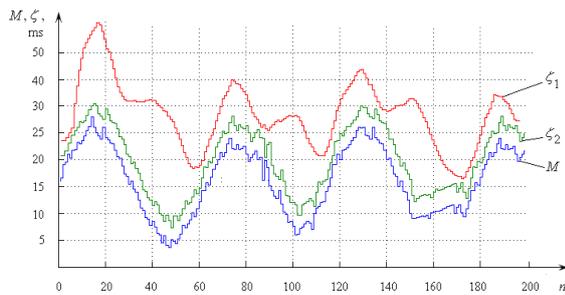


Рисунок 2. – Результаты моделирования:  
 $M$  – значения времени ожидания подтверждений в каждом текущем цикле  $n$ ;  $\zeta_1$  – значения тайм-аута повторной передачи, получаемые на основе выполнения алгоритма Джекобсона;  $\zeta_2$  – значения тайм-аута повторной передачи, получаемые на основе нейро-нечеткого выбора

### Выводы

Повышение оперативности доставки данных в самоорганизующейся сети является актуальной задачей. Для ее решения разработан алгоритм нейро-нечеткого выбора тайм-аута повторной передачи. Основными этапами данного алгоритма являются измерение текущих значений времени ожидания подтверждений, нейро-нечеткое прогнозирование значений этой величины в следующем цикле и вычисление тайм-аута повторных передач на основе полученного прогноза.

В результате имитационных экспериментов установлено, что применение предложенного алгоритма обеспечивает существенное снижение отклонений тайм-аута повторной передачи от времени ожидания подтверждений, минимизацию повторных передач и уменьшение среднего времени передачи потоков данных.

Исследования выполнены при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (уникальный идентификатор проекта RFMEFI57815X0138).

### Список литературы

1. Basagni S., Conti M., Giordano S. and Stojmenovic I., 2004. Mobile Ad Hoc Networking. IEEE Press, 461 p.
2. 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)", pp: 517 – 518.
3. Polshchikov K.O., 2012. Functional model of data flows intensity control in the mobile radio network of the special setting. Scientific herald of the DSEA, 1, pp: 127 – 135.
4. Polshchikov K., Olexij S. and Rvachova N., 2010. The Methodology of Modeling Available for Data Traffic Bandwidth Telecommunications Network Proceedings of the International

Conference "Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science (TCSET)", 158 p.

5. Konstantinov I.S., Lazarev S.A., Polshchikov K.O. and Mihalev O.V., 2015. Theoretical aspects of evaluation of the corporative portal network traffic management. International Journal of Applied Research, 24: 45691 – 45696.
6. Polshchikov K., Kubrakova K. and Odaruschenko O., 2013. Methods and Technologies Analysis of The Real-Time Traffic Transmission Requests Servicing. World Applied Programming, 3(9): 446 – 450.
7. Kurose J. F. and Ross K.W., 2004. Computer Networking. A Top-Down Approach Featuring the Internet. Addison-Wesley Longman, 765 p.
8. Rvachova N., Sokol G., Polshchikov K. and 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)", pp: 256 – 260.
9. Koucheryavy Y.A., 2004. Traffic control and quality of service in the Internet. St. Petersburg, Science and Technology, 336 p.
10. Польщиков К.А. Об управлении интенсивностью потоков данных в мобильной радиосети специального назначения // Научные ведомости БелГУ. – 2014. – № 21 (192). – Вып. 32(1). – С. 196–201.
11. Jacobson V., 1988. Congestion Avoidance and Control. Computer Communication Review, 4: 314 – 329.
12. Polshchikov K., Zdorenko Y. and 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)", pp: 33 – 34.
13. Polshchikov K.O., Zdorenko Y.M. and Masesov M.O., 2014. Method of telecommunications channel throughput distribution based on linear programming and neuro fuzzy predicting. Elixir International Journal. Network Engineering, 75: 27327 – 27334.
14. Польщиков К.А. Система прогнозирования длительности ожидания подтверждений в телекоммуникационной сети // Инфокоммуникационные технологии. – 2015. – № 2. – С. 148 – 152.
15. Константинов И.С., Польщиков К.А., Лазарев С.А. Имитационная модель передачи информационных потоков в мобильной радиосети специального назначения // Научные ведомости БелГУ. – 2015. – № 13 (210). – Вып. 35(1). – С. 156 – 163.

### References (transliteration)

1. Basagni S., Conti M., Giordano S. and Stojmenovic I., 2004. Mobile Ad Hoc Networking. IEEE Press, 461 p.
2. 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)", pp: 517 – 518.
3. Polshchikov K.O., 2012. Functional model of data flows intensity control in the mobile radio network of the special setting. Scientific herald of the DSEA, 1, pp: 127 – 135.
4. Polshchikov K., Olexij S. and Rvachova N., 2010. The Methodology of Modeling Available for Data Traffic Bandwidth Telecommunications Network Proceedings of the International Conference "Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science (TCSET)", 158 p.
5. Konstantinov I.S., Lazarev S.A., Polshchikov K.O. and Mihalev O.V., 2015. Theoretical aspects of evaluation of the corporative portal network traffic management. International Journal of Applied Research, 24: 45691 – 45696.
6. Polshchikov K., Kubrakova K. and Odaruschenko O., 2013. Methods and Technologies Analysis of The Real-Time Traffic Transmission Requests Servicing. World Applied Programming, 3(9): 446 – 450.
7. Kurose J.F. and Ross K.W., 2004. Computer Networking. A Top-Down Approach Featuring the Internet. Addison-Wesley Longman, 765 p.
8. Rvachova N., Sokol G., Polshchikov K. and 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)", pp: 256 – 260.
9. Koucheryavy Y.A., 2004. Traffic control and quality of service in the Internet. St. Petersburg, Science and Technology, 336 p.
10. Polshchikov K.A., 2014. About control of data flows intensity in the mobile radio network for special purpose. Belgorod State University Scientific Bulletin, 21(192): 196 – 201.
11. Jacobson V., 1988. Congestion Avoidance and Control. Computer Communication Review, 4: 314 – 329.
12. Polshchikov K., Zdorenko Y. and 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)", pp: 33 – 34.
13. Polshchikov K.O., Zdorenko Y.M. and Masesov M.O., 2014. Method of telecommunications channel throughput distribution based on linear programming and neuro fuzzy predicting. Elixir International Journal. Network Engineering, 75: 27327 – 27334.
14. Polshchikov K.A., 2015. System of prediction of confirmation waiting time in telecommunication network. Infokommunikacionnye tehnologii, 13(2): 148 – 152.
15. Konstantinov I.S., Lazarev S.A. and Polshchikov K.A., 2015. Simulation model of information flows transmission in mobile ad-hoc network for special purpose. Belgorod State University Scientific Bulletin, 13(210): 156 – 163.

**Polshchikov K. "Neuro-fuzzy algorithm selection timeout retransmission in ad hoc network".** Mobile ad hoc networks (MANET) are a promising direction of development of telecommunication technologies. MANET is characterized by the absence of base stations (fixed points) and the ability of each node act as a router. Mobile ad hoc network of different short duration of the connection, a high probability of distortion of information, significant delays and packet losses. The impact of these factors leads to a decrease in the delivery of operational data in a MANET. As it is known, it is required to increase network performance to increase this parameter. The transport layer protocols, an important role is played by the correct setting timeout retransmission. During the timeout the source node waits for the confirmation of a previously sent packet. Through proper selection of the parameter values, you can improve network performance. Imperfect choice timeout retransmission leads to the fact that with a high probability of data loss due to network congestion or distortion of message delivery is slowed down considerably. The solution to a scientific problem, aimed at improving the efficiency of data delivery in ad hoc network. An algorithm for neuro-fuzzy selection timeout retransmission in the network. The algorithm provides a measure of the current timeout values confirmations, neuro-fuzzy prediction of the magnitude of the values in the next cycle and the calculation of a timeout retransmissions based on that forecast. According to the proposed algorithm, the current value of the timeout retransmission is periodically updated within the established logical connection. Is a block diagram. Simulation experiments have shown that the use of the algorithm provides minimize reduction in the average transmission time of data flows.

**Keywords:** ad hoc network, retransmission, timeout, algorithm.

Статья поступила в редакцию 25.06.2015  
Рекомендована к публикации д-ром техн. наук Г.В. Авериньм