

УДК 621.391

DOI: 10.22213/2413-1172-2019-3-56-62

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ МУЛЬТИПОТОКОВОЙ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ ПО МОДЕЛИ ПУАССОНА – ПАРЕТО НА МЕТРИКУ QoS ДЛЯ СЕТИ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ В NS-3 *

И. А. Кайсина, аспирант, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, Ижевск, Россия

Д. С. Васильев, кандидат технических наук, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, Ижевск, Россия

А. В. Абилов, кандидат технических наук, доцент, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, Ижевск, Россия

Исследовано влияние трафика потоковых данных с нескольких летающих узлов-источников в самоорганизующейся сети беспилотных летательных аппаратов (Flying Ad Hoc Network – FANET) на метрику качества обслуживания (Quality of Service – QoS). В качестве метрики используется полезная пропускная способность (Goodput) сети.

Для описания трафика с высокой пачечностью данных от множества источников в сетевом симуляторе Network Simulation 3 (NS-3) была применена модель Пуассона – Парето (PPBP). PPBP служит для описания пакетных систем и является наиболее реалистичной моделью для описания интернет-трафика. Согласно этой модели пачки данных (например, файлы) генерируются в соответствии с процессом Пуассона с параметром λ , а размер каждой пачки имеет распределение Парето.

Модель была применена в следующем сценарии: летающий узел-шлюз передавал трафик от сети беспилотных летательных аппаратов, сгенерированный согласно модели Пуассона – Парето, на наземный узел-получатель. В ходе исследований был сделан вывод, что увеличение параметра λ_p и наличие самоподобного трафика повышает требование к метрике QoS – Goodput, что может вызвать ухудшение коэффициента доставки пакетов и увеличить задержки. Решением данной проблемы может являться добавление узлов-ретрансляторов, на которых будет выполняться балансировка нагрузки.

Ключевые слова: беспилотный летательный аппарат (БПЛА), модель Пуассона – Парето, NS-3, нагрузка, параметр Херста.

Введение

Беспилотные летательные аппараты активно используются для решения задач мониторинга обширных наземных территорий (например, видеомониторинг местности), снятия различных показаний с помощью датчиков (например, электромагнитного поля Земли). Большинство результатов исследований в настоящее время основаны на сценариях, в которых рассматривается применение одного летающего узла-источника, передающего данные на наземную станцию (стационарный узел-получатель) [1–4]. Научным сообществом рассматриваются самоорганизующиеся сети БПЛА, в которых траектория движения узлов быстро меняется и является непредсказуемой. Однако подобные сценарии имеют ряд недостатков, одним из которых является длительное время, затрачиваемое на выполнение миссии. Для реше-

ния этой проблемы может использоваться сеть с несколькими летающими узлами-источниками, что поможет сократить время выполнения миссии. Следовательно, важной научной задачей становится исследование процесса передачи данных с нескольких источников в сети беспилотных летательных аппаратов, а также разработка новых алгоритмов доставки потоковых данных в таких сетях. Первым этапом на пути решения вышеуказанной проблемы является моделирование трафика от нескольких источников. В качестве модели мультипотоковой передачи данных может быть рассмотрена модель Пуассона – Парето [5]. Эта модель была предложена как наиболее реалистичная для описания интернет-трафика.

Статья разделена на четыре части. В первой части представлена модель Пуассона – Парето. Вторая часть посвящена описанию реализации

этой модели в сетевом симуляторе NS-3. В третьей части представлен разработанный сценарий для имитационного моделирования передачи мультимедийных данных в NS-3 с использованием модели Пуассона – Парето. По результатам исследования в четвертой части сделан вывод, что увеличение числа источников в рою дронов с большим количеством узлов повышает требование к метрике QoS по полезной пропускной способности (*Goodput*). Решением данной проблемы может являться добавление узлов-ретрансляторов, на которых будет выполняться балансировка нагрузки.

Целью исследования является разработка программы с реализацией модели Пуассона – Парето для самоорганизующейся сети БПЛА, исследование метрики QoS – *Goodput* для сценария с мультимедийной передачей данных.

Процесс Пуассона – Парето

При моделировании передачи данных используются стохастические процессы, которые рассматриваются как модели трафика. Одним из способов выбора стохастического процесса является приведение его статистических характеристик к реальным показателям трафика. Рассмотрим время, которое будет разделено на последовательные интервалы фиксированной длины, а также рассмотрим количество пакетов, поступающих в течение каждого временного интервала. Тогда модель потока данных может описывать стационарный стохастический процесс $\{X_n, n \geq 0\}$ с аналогичными статистическими характеристиками как у реального трафика. В этом случае X_n является случайной величиной, представляющей количество пакетов, поступающих в n -й временной интервал.

Для описания трафика данных используются следующие модели: процесс Пуассона; пуассоновский процесс, управляемый марковской цепью (англ. *Markov Modulated Poisson Process (MMPP)*); авторегрессивный гауссов процесс и экспоненциальный авторегрессивный процесс. В работе рассматривается мультимедийная передача данных от нескольких источников. Для описания трафика была выбрана модель Пуассона – Парето (англ. *Poisson Pareto Burst Process (PPBP)*), которая служит для описания пакетных систем и является наиболее реалистичной моделью для описания интернет-трафика [6, 7]. Согласно этой модели пачки данных (например, файлы) генерируются в соответствии с процессом Пуассона с параметром λ , а размер каждой пачки имеет распределение Парето. Пусть X_n – это трафик, поступающий в сеть в течение n -го

интервала. Предположим, что r – скорость, бит/с, передачи с одного источника в течение временного интервала при условии, что источник был активен в течение всего интервала. Также предполагаем, что λ – общее количество передач, которое начинается в одном временном интервале, что соответствует частоте событий по распределению Пуассона [8, 9]. Средний трафик $E[X_n]$, поступающий за n -й интервал для процесса Пуассона – Парето, определяется по формуле

$$E[X_n] = \frac{\lambda r}{a-1}, \quad (1)$$

где a – параметр формы распределения Парето.

Параметр формы распределения Парето для процесса Пуассона – Парето связан с параметром Херста H :

$$a = 3 - 2H. \quad (2)$$

Формула (2) связана с плотностью распределения Парето, которая задается функцией [10]

$$f(x) = \frac{a}{b} \left(\frac{b}{x}\right)^{a+1}, \quad (3)$$

где a – параметр формы; b – мода распределения для случайной величины.

При $a \leq 2$ дисперсия бесконечна, т. е. поступление пакетов на обслуживание показывает очень большой разброс между моментами поступления (что является одним из условий самоподобности) [11]. Наличие в распределении Парето так называемого длинного хвоста обеспечивает свойство пачечности трафика, поскольку в распределении существенно возрастают вероятности длинных интервалов между пачками пакетов (например, отсутствие пакетов на интервале), и для «поддержания» заданного среднего значения количества пачек необходима их концентрация (увеличение) на других интервалах времени [12–14]. В [15] также показано, что при $1 < a < 2$ процесс Пуассона – Парето можно считать самоподобным при значении параметра Херста из формулы (2).

Системная модель передачи мультимедийных данных в NS-3

В работе [16] описан инструмент для генерации трафика согласно модели Пуассона – Парето в сетевом симуляторе NS-3. Для реализации модели необходимо использовать 4 программных модуля в NS-3: *PPBP-application.cc*, *PPBP-application.h*, *PPBP-helper.cc*, *PPBP-helper.h*. Использование этих модулей дает возможность генерировать трафик, когда один или несколько

пользователей из бесконечной группы начинает или прекращает передачу пачек данных. Модель Пуассона – Парето тесно связана с моделью очереди $M/G/\infty$ [17, 18], предложенной в [19, 20]. В модели пачки данных поступают в соответствии с пуассоновским процессом с частотой λ_p , а их длина соответствует распределению Парето, характеризующемуся параметром Херста H , (обычно от 0,5 до 0,9), и временем одной пачки T_{on} . Каждый поток моделируется с постоянной скоростью r бит/с.

Основываясь на законе Литтла [21] среднее количество активных пачек данных можно определить как

$$E[n] = T_{on} \times \lambda_p. \quad (4)$$

Поскольку каждая пачка порождает поток с постоянной скоростью передачи, общую скорость R для модели Пуассона – Парето можно вычислить по формуле

$$R = T_{on} \times \lambda_p \times r. \quad (5)$$

В модели Пуассона – Парето сетевого симулятора NS-3 задаются следующие параметры: скорость передачи пачек данных r , бит/с; размер пакета в байтах; число активных источников λ_p ; длина пачки пакетов T_{on} , с; параметр Херста H ; IP-адрес узла назначения.

Согласно формуле (5) можно получить оценку влияния параметра λ_p на общую скорость R при $r = 1$ Мбит/с для разных значений длины пачки пакетов (T_{on} задается от 100 до 400 мс согласно [16]). Результаты расчета по формуле (5) представлены на рис. 1.

Из рис. 1 следует, что при увеличении длительности пачки T_{on} от 100 до 400 мс и при увеличении числа источников пропорционально увеличивается общая скорость передачи данных R , что является подтверждением формулы (5).

Сценарий имитационного моделирования

Для оценки влияния количества источников в сети беспилотных летательных аппаратов на метрику качества обслуживания (*Goodput*) было проведено имитационное моделирование в NS-3. Летящий узел-шлюз A (БПЛА), передает трафик от сети БПЛА, сгенерированный согласно модели Пуассона – Парето. Летящий узел-шлюз A находился на расстоянии $d_1 = 1000$ м от узла-получателя B и на расстоянии $d_2 = 30$ м от поверхности земли (рис. 2). Выбор значений расстояний продиктован результатами исследований.

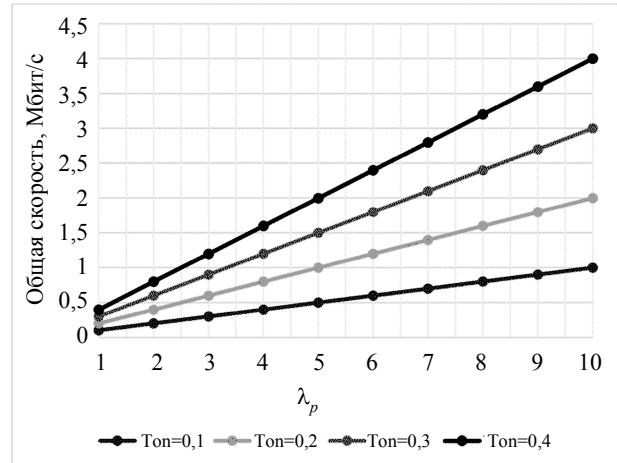


Рис. 1. Зависимость R , Мбит/с, от λ_p и длины пачки T_{on} , мс

Fig. 1. The dependence of R , Mbps, on λ_p and Pack Length T_{on} , ms

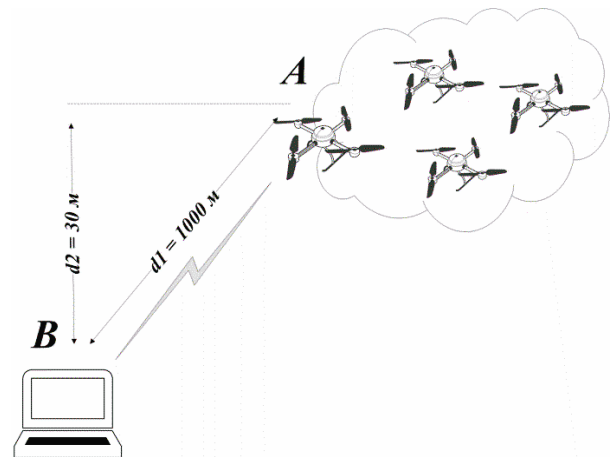


Рис. 2. Передача трафика от сети БПЛА летающим узлом-шлюзом A на наземную станцию B

Fig. 2. Traffic from the UAV network by the flying gateway node A to ground station B

При моделировании были установлены следующие параметры, соответствующие стандарту WiFi 802.11n, представленные в таблице.

При моделировании в NS-3, согласно программному модулю *PPBP-application.cc* изменялись следующие параметры: *Mean Burst Arrivals* (число активных источников λ_p) – от 1 до 6, и H (параметр Херста) – от 0,5 до 0,9. Продолжительность пачки задается постоянной и составляет 200 мс. Была собрана статистика по 6 измерениям, анализ файлов проводился с помощью программы анализатора трафика *Wireshark*.

Анализ результатов

По результатам имитационного моделирования были получены зависимости влияния

параметра λ_p и параметра Херста H на метрику $QoS - Goodput$. Для вычисления $Goodput$ использовалась следующая формула [22]:

$$Goodput = \frac{buf \cdot 1370 \cdot 8}{time}, \quad (6)$$

где buf – число пакетов в буфере на узле-получателе B в момент завершения симуляции; 1370 – размер пакета в байтах; 8 – число бит в байте; $time$ – время проведения симуляции в секундах.

Параметры для имитационного моделирования

Parameters for simulation

Наименование параметров	Значение
Tx Power, дБ	25
Rx Noise Figure, дБ	7
Channel Width, МГц	40
Frequency, Гц	5180
Propagation Loss Model	Fri is Propagation Loss Model
System Loss	1,08
Data Mode	Of dm Rate 6, Mbps
Type	Ad hoc Wifi Mac
Packet Size, байт	1370
Simulation Time, с	60,0
Transport Layer	UDP
Data Rate, Мбит/с	1

Зависимость $Goodput$ от параметра λ_p с разными параметрами H представлена на рис. 3. Для перевода $Goodput$ в Мбит/с значение из формулы (6) было разделено на 1000000.

Результаты, представленные на рис. 3, показывают, что при увеличении параметра λ_p метрика $Goodput$ повышается. Результат является очевидным и говорит о том, что для сети с мультиточечной передачей данных требуется большая полезная пропускная способность. Также это говорит об увеличении нагрузки в сети, что может привести к задержкам и снижению коэффициента доставки пакетов. Решением проблемы может являться использование нескольких узлов-ретрансляторов, а также применение различных алгоритмов, например ARQ , на прикладном уровне.

На рис. 4 представлена зависимость $Goodput$ от параметра H для разных значений λ_p .

Результаты, представленные на рис. 4, показывают, что при увеличении параметра Херста H метрика $Goodput$ повышается. Параметр Херста определяет степень самоподобия процесса: чем ближе H к 1, тем больше процесс самопо-

добен [23–25]. Можно сделать вывод, что самоподобный трафик требует большей полезной пропускной способности и повышает требования к сети.

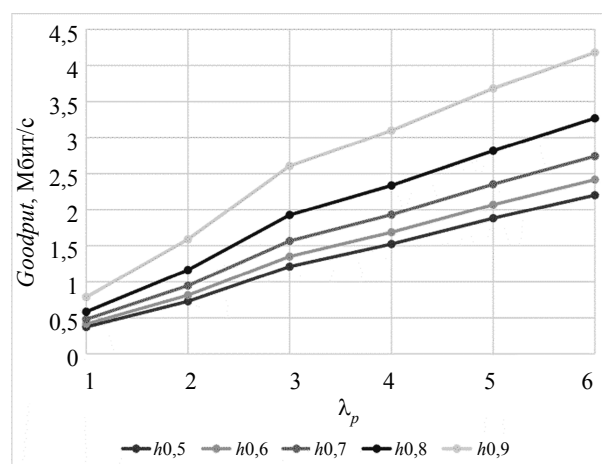


Рис. 3. Зависимость метрики $Goodput$, Мбит/с, от параметра λ_p

Fig. 3. Dependency metric $Goodput$, Mbps, from parameter λ_p

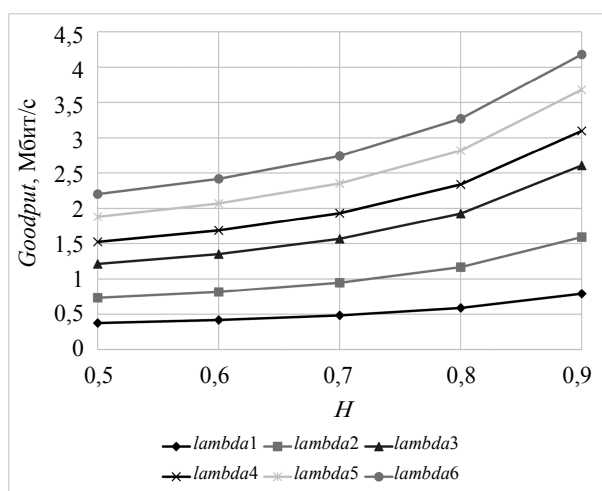


Рис. 4. Зависимость метрики $Goodput$, Мбит/с, от параметра Херста H

Fig. 4. The dependence of the $Goodput$ metric, Mbps, on the Hurst parameter H

Выводы

При выполнении исследования была разработана программа на языке C++, реализующая сценарий. В сценарии летающий шлюз A передавал трафик, сгенерированный сетью БПЛА согласно модели Пуассона – Парето, на наземный узел-получатель B . Передача данных происходила напрямую. Благодаря произведенному моделированию появлялась возможность оценить влияние нескольких узлов на метрику $QoS -$

Goodput. Были определены зависимости между параметром λ_p и метрикой *Goodput*, параметром Херста и метрикой *Goodput*. В обоих случаях метрика увеличивалась вместе со значениями данных параметров. Таким образом, увеличение параметра λ_p и наличие самоподобного трафика повышает требование к метрике *QoS* – полезной пропускной способности (*Goodput*), что может вызвать ухудшение коэффициента доставки пакетов и увеличить задержки. Решением данной проблемы может являться добавление узлов-ретрансляторов, на которых будет выполняться балансировка нагрузки.

Библиографические ссылки

1. Сравнительный анализ эффективности ретрансляции потоковых данных в летающей сети / И. А. Кайсина, Д. С. Васильев, А. В. Абилов, Д. С. Мейтис, А. Е. Кайсин, А. И. Нистюк // Вестник ИжГТУ имени М. Т. Калашникова. 2019. Т. 22, № 1. С. 108–115.
2. Bekmezci I., Sahingoz O., Temel S. [Flying ad-hoc networks (FANETs)]. *Ad Hoc Networks*, 2013, vol. 11, no. 3, pp. 1254-1270.
3. Singh K., Verma A. [Applying OLSR routing in FANETs]. "Control and Computing Technologies": *Proc. International Conference on Advanced Communications*. EEE, 2014, pp. 1212-1215.
4. Кучерявый А. Е. Летающие сенсорные сети // Электросвязь. 2014. Т. 9. С. 2–5.
5. Zukerman M. [Introduction to queueing theory and stochastic teletraffic models]. City University of Hong Kong Publ., 2014, pp. 273-276.
6. Ameer C.B. TcpHas: TCP for HTTP adaptive streaming. *International Conference on Communications (ICC)*. IEEE, 2017, pp. 1-7.
7. Maza W.D.D. [A Framework for Generating HTTP Adaptive Streaming Traffic in ns-3]. *9th EAI International Conference on Simulation Tools and Techniques*, 2016, pp. 2-6.
8. Абилов А. В. Сети связи и системы коммутации : монография. М. : Радио и связь, 2004. 288 с.
9. Jaimungal S., Wang T. [Catastrophe options with stochastic rates and compound Poisson losses]. *Insurance: Mathematics and Economics*, 2006, vol. 38, no. 3, pp. 469-483.
10. Турбов А. Ю., Пономарев Д. Ю. Исследование распределения трафика в сетях SDN методом тензорного анализа // Современные проблемы радиоэлектроники : сб. ст. XIX Всерос. науч.-техн. конф. (5–6 мая, Красноярск, 2016 г.). Красноярск, 2016. С. 551–554.
11. Треногин Н. Г., Соколов Д. Е. Фрактальные свойства сетевого трафика в клиент-серверной информационной системе // Вестник НИИ СУВПТ. 2003. № 1. С. 163–172.
12. Ложковский А. Г., Вербанов О. В. Моделирование трафика мультисервисных пакетных сетей с оценкой его коэффициента самоподобности // Наукові праці ОНАЗ ім. О. С. Попова. 2014. № 1. С. 70–76.
13. Ложковский А. Г., Ганифаев Р. А. Оценка параметров качества обслуживания самоподобного трафика энтропийным методом // Научные труды ОНАС им. А. С. Попова. 2008. № 1. С. 57–62.
14. Крылов В. В., Хвалев Е. А. К вопросу об эффективности и достоверности проектирования управляющего трафика КИВС // Экономика и производство. 2008. № 2. С. 49–52.
15. Addie R.G., Neame T.D., Zukerman M. [Performance evaluation of a queue fed by a Poisson Pareto burst process]. *Computer Networks*, 2002, vol. 40, no. 3, pp. 377-397.
16. Ammar D., Begin T., Guerin-Lassous I. [A new tool for generating realistic internet traffic in ns-3]: *Proc. of the 4th International ICST Conference on Simulation Tools and Techniques – ICST* (Barcelona, Spain, March 22-24, 2011), pp. 81-83.
17. Башарин Г. П., Толмачев А. Л. Теория сетей массового обслуживания и ее приложения к анализу информационно-вычислительных систем // Итоги науки и техники. Серия «Теория вероятностей. Математическая статистика. Теоретическая кибернетика». 1983. Т. 21, № 1. С. 3–119.
18. Самуйлов К. Е., Сонин Э. С. К анализу системы $M[X]|G|1$ с прогулками прибора // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия «Математика, информатика, физика». 2011. № 1. С. 91–97.
19. Cox D.R., Isham V. [Point processes]. Boca Raton, CRC Press, 1980, pp. 24-39.
20. Cox D.R. [Long range dependence: A review]. *Iowa State University*, 1984, pp. 5-74.
21. Allen A.O., Probability S. [Queueing Theory with Computer Science Applications]. Academic Press, New York, 1990, pp. 53-69.
22. Vasiliev D.S., Kaysina I.A., Abilov A.V. [Performance evaluation of COPE-like Network Coding in Flying Ad Hoc Networks]. *Internet of Things, Smart Spaces and Next Generation Networks and Systems*. Springer, Cham, 2017, pp. 577-586.
23. Киреева Н. В., Буранова М. А. Исследование самоподобного трафика с использованием пакета FRACTAN // Т-Comm-Телекоммуникации и Транспорт. 2012. № 5. С. 50–54.
24. Росляков А. В., Кашин М. М. Исследование свойств сигнального трафика протокола SIP // Т-Comm-Телекоммуникации и Транспорт. 2009. № 5. С. 26–31.
25. Карташевский В. Г., Буранова М. А. Влияние механизмов управления QoS на показатели качества обслуживания мультимедийного трафика сети Internet // Т-Comm-Телекоммуникации и Транспорт. 2013. № 8. С. 54–60.

References

1. Kaysina I.A., Vasil'ev D.S., Abilov A.V., Meitis D.S., Kaisin A.E., Nist'yuk A.I. [Comparative analysis of the efficiency of retransmission of streaming data in

a flying network]. *Vestnik IzhSTU imeni M.T. Kalashnikova*, 2019, vol. 22, no. 1, pp. 108-115 (in Russ.).

2. Bekmezci I., Sahingoz O., Temel S. [Flying ad-hoc networks (FANETs)]. *Ad Hoc Networks*, 2013, vol. 11, no. 3, pp. 1254-1270.

3. Singh K., Verma A. [Applying OLSR routing in FANETs]. "Control and Computing Technologies". *Proc. International Conference on Advanced Communications*. IEEE, 2014, pp. 1212-1215.

4. Koucheryavy A.E. [Flying sensor networks]. *Elektrsvyaz*, 2014, vol. 9, pp. 2-5 (in Russ.).

5. Zukerman M. [Introduction to queueing theory and stochastic teletraffic models]. City University of Hong Kong Publ., 2014, pp. 273-276.

6. Ameer C.B. TcpHas: TCP for HTTP adaptive streaming. *International Conference on Communications (ICC)*. IEEE, 2017, pp. 1-7.

7. Maza W.D.D. [A Framework for Generating HTTP Adaptive Streaming Traffic in ns-3]. *9th EAI International Conference on Simulation Tools and Techniques*, 2016, pp. 2-6.

8. Abilov A.V. *Seti svyazi i sistemy kommutatsii* [Communication networks and switching systems]. Moscow, Radio i svyaz' Publ., 2004, 288 p. (in Russ.).

9. Jaimungal S., Wang T. [Catastrophe options with stochastic rates and compound Poisson losses]. *Insurance: Mathematics and Economics*, 2006, vol. 38, no. 3, pp. 469-483.

10. Turbov A.Yu., Ponomarev D.Yu. [Study of traffic distribution in SDN networks by tensor analysis]. *Sovremennye problemy radioelektroniki : sb. st. XIX Vseros. nauch.-tekhn. konf. (5-6 maya, Krasnoyarsk, 2016 g.)* [Modern problems of radio electronics]: Proc. XIX All-Russian scientific and technical Conference (May 5-6, Krasnoyarsk, 2016). Krasnoyarsk, 2016, p. 551-554 (in Russ.).

11. Trenogin N.G., Sokolov D.E. [Fractal properties of network traffic in a client-server information system]. *Vestnik NII SUVPT*, 2003, no. 1, pp. 163-172 (in Russ.).

12. Lozhkovskii A.G., Verbanov O.V. [Modeling the traffic of multiservice packet networks with an assessment of its self-similarity coefficient]. *Naukovi pratsi ONAS im. O.S. Popova*, 2014, no. 1, pp. 70-76 (in Russ.).

13. Lozhkovskii A.G., Ganifaev R.A. [Evaluation of service quality parameters of self-similar traffic by the entropy method]. *Nauchnye trudy ONAS im. A.S. Popova*, 2008, no. 1, pp. 57-62 (in Russ.).

14. Krylov V.V., Khvalev E.A. [To the question of the effectiveness and reliability of designing control traffic KIVS]. *Ekonomika i proizvodstvo*, 2008, no. 2, pp. 49-52 (in Russ.).

15. Addie R.G., Neame T.D., Zukerman M. [Performance evaluation of a queue fed by a Poisson Pareto burst process]. *Computer Networks*, 2002, vol. 40, no. 3, pp. 377-397.

16. Ammar D., Begin T., Guerin-Lassous I. [A new tool for generating realistic internet traffic in ns-3]: *Proc. of the 4th International ICST Conference on Simulation Tools and Techniques – ICST (Barcelona, Spain, March 22-24, 2011)*, pp. 81-83.

17. Basharin G.P., Tolmachev A.L. [Teoriya setei massovogo obsluzhivaniya i ee prilozheniya k analizu informatsionno-vychislitel'nykh sistem]. *Itogi nauki i tekhniki. Seriya "Teoriya veroyatnostei. Matematicheskaya statistika. Teoreticheskaya kibernetika"*, 1983, vol. 12, no. 1, pp. 3-119 (in Russ.).

18. Samuilov K.E., Sopin E.S. [To the analysis of the system $M[X] | G | 1 | r$ with appliance walks]. *Vestnik Rossiiskogo universiteta druzhby narodov. Seriya "Matematika, informatika, fizika"*, 2011, no. 1, pp. 91-97 (in Russ.).

19. Cox D.R., Isham V. [Point processes]. Boca Raton, CRC Press, 1980, pp. 24-39.

20. Cox D.R. [Long range dependence: A review]. *Iowa State University*, 1984, pp. 5-74.

21. Allen A.O., Probability S. [Queueing Theory with Computer Science Applications]. Academic Press, New York, 1990, pp. 53-69.

22. Vasiliev D.S., Kaysina I.A., Abilov A.V. [Performance evaluation of COPE-like Network Coding in Flying Ad Hoc Networks]. *Internet of Things, Smart Spaces and Next Generation Networks and Systems*. Springer, Cham, 2017, pp. 577-586.

23. Kireeva N.V., Buranova M.A. [Self-similar traffic research using the FRACTAN package]. *T-Comm-Telekommunikatsii i Transport*, 2012, no. 5, pp. 50-54 (in Russ.).

24. Roslyakov A.V., Kashin M.M. Issledovanie [Investigation of SIP signaling traffic properties]. *T-Comm-Telekommunikatsii i Transport*, 2009, no. 5, pp. 26-31 (in Russ.).

25. Kartashevskii V.G., Buranova M.A. [The impact of QoS management mechanisms on the quality of service indicators for multimedia traffic on the Internet]. *T-Comm-Telekommunikatsii i Transport*, 2013, no. 8, pp. 54-60 (in Russ.).

Multi-Stream Simulated Scenario in FANET Based on Poisson Pareto Burst Process in NS-3

I.A. Kaysina, PhD student, Kalashnikov ISTU, Izhevsk, Russia

D.S. Vasiliev, PhD in Engineering, Kalashnikov ISTU, Izhevsk, Russia

A.V. Abilov, PhD in Engineering, Associate Professor, Kalashnikov ISTU, Izhevsk, Russia

The influence of streaming data traffic from several flying source nodes in a self-organizing network of unmanned aerial vehicles (Flying Ad Hoc Network - FANET) on the Quality of Service (QoS) metric is studied. As a metric, the useful bandwidth (Goodput) of the network is used.

To describe traffic with a high burst of data from multiple sources in the network simulator Network Simulation 3 (NS-3), the Poisson-Pareto model (PPBP) was used. PPBP is used to describe packet systems and is the most realistic

model for describing Internet traffic. According to this model, data packets (for example, files) are generated in accordance with the Poisson process with a parameter, and the size of each packet has a Pareto distribution.

The model was applied in the following scenario: a flying node-gateway transmitted traffic from a network of unmanned aerial vehicles generated according to the Poisson-Pareto model to a ground receiving node. In the course of research, it was concluded that an increase in the parameter and the presence of self-similar traffic increases the requirement for the QoS metric - Goodput. It can cause degradation of the packet delivery rate and increase the delays. The solution to this problem may be to add relay nodes, on which load balancing will be performed.

Keywords: FANET, PPBP, NS3, multisource, multi-stream, Hurst parameter.

Получено 02.07.2019

Образец цитирования

Кайсина И. А., Васильев Д. С., Абилов А. В. Оценка влияния мультипоточковой передачи данных по модели Пуассона – Парето на метрику QoS для сети БПЛА в NS-3 // Вестник ИжГТУ имени М. Т. Калашникова. 2019. Т. 22, № 3. С. 56–62. DOI: 10.22213/2413-1172-2019-3-56-62.

For Citation

Kaysina I.A., Vasil'ev D.S., Abilov A.V. [Evaluation of the effect of multi-stream data transmission using the Poisson - Pareto model on the QoS metric for the UAV network in NS-3]. *Vestnik IzhGTU imeni M. T. Kalashnikova*, 2019, vol. 22, no. 3, pp. 56-62 (in Russ.). DOI: 10.22213/2413-1172-2019-3-56-62.