

УДК 621.391

ОБСЛУЖИВАНИЕ САМОПОДОБНОГО ТРАФИКА В СМО G/M/1 С РАСПРЕДЕЛЕНИЕМ ВЕЙБУЛЛА

И. В. СТРЕЛКОВСКАЯ, Т. И. ГРИГОРЬЕВА, И. Н. СОЛОВСКАЯ

*Одесская национальная академия связи им. А. С. Попова,
Украина, Одесса, 65029, ул. Кузнечная, 1*

Аннотация. Рассмотрена система массового обслуживания G/M/1, которая моделирует обслуживание самоподобного трафика базовой станцией NodeB (e-NodeB) сети мобильного оператора. Характерной особенностью нахождения характеристик качества QoS самоподобного трафика, описываемого распределением Вейбулла, является решение, основанное на преобразовании Лапласа–Стилтьеса. Найдено преобразование Лапласа для бесконечного числа слагаемых при условии использования распределения Вейбулла. Показано, что этот ряд равномерно сходится в некоторой области сходимости. Получены следующие характеристики качества обслуживания самоподобного трафика QoS: значения среднего времени ожидания заявки в СМО, среднего количества заявок в очереди СМО и средней длины очереди заявок. Результаты на этапе частотно-территориального планирования, проектирования и дальнейшей эксплуатации сетей 3G/UMTS и 4G/LTE позволяют учитывать реальные значения трафика, обслуживаемого базовой станцией NodeB (e-NodeB) для их оптимального распределения на обслуживаемой территории.

Ключевые слова: самоподобный трафик; система массового обслуживания; характеристики качества обслуживания; QoS; распределение Вейбулла; преобразование Лапласа–Стилтьеса; среднее время ожидания заявки; среднее количество заявок в очереди; средняя длина очереди заявок

ВВЕДЕНИЕ

Развитие сетей мобильной связи сегодня связано с внедрением стандарта 3G/UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) и технологии 4G/LTE (Long Term Evolution) и дальнейшим переходом к пакетным технологиям передачи трафика. По своей природе трафик, обслуживаемый в сетях мобильной связи, является разнородным, т.к. формируется множеством различных по характеристикам источников услуг, сервисов и приложений, обеспечивая предоставление номенклатуры услуг передачи речи, данных и видеоизображений (YouTube, Video Surveillance, streaming video, OTT-сервисы, M2M (Machine to machine), IoT (Internet of Things)).

На этапе частотно-территориального планирования, проектирования и дальнейшей эксплуатации аппаратно-программных средств сетей мобильной связи важно учитывать, что существующие методы расчета основаны на предположении, что сети мобильной связи базируются на технологии коммутации каналов и трафик, который в них обслуживается, описывается простейшим пуассоновским потоком вызовов. Тем не менее, известно, что в современных сетях мобильной связи 3G/UMTS и 4G/LTE с пакетной коммутацией, трафик имеет особую структуру, которая определяется пачечностью и наличием значительного количества пульсаций.

В этом случае при частотно-территориальном планировании и дальнейшей оптимизации

DOI: [10.20535/S0021347018030056](https://doi.org/10.20535/S0021347018030056)

© И. В. Стрелковская, Т. И. Григорьева, И. Н. Соловская, 2018

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Крылов, В. В.; Самохвалова, С. С. *Теория теле-трафика и ее приложения*. СПб.: БХВ-Петербург, 2005. 288 с.
2. Polaganga, Roopesh Kumar; Liang, Qilian. "Self-similarity and modeling of LTE/LTE-A data traffic," *Measurement*, Vol. 75, P. 2018-229, 2015. DOI: [10.1016/j.measurement.2015.07.051](https://doi.org/10.1016/j.measurement.2015.07.051).
3. Ci, Yusheng; Wu, Lina; Pei, Yulong. "Application of the Weibull function on processing traffic flow data," *Proc. of Sixth Int. Conf. of Traffic and Transportation Studies Congress, ICTTS*, 5–7 Aug. 2008, Nanning, China. DOI: [10.1061/40995\(322\)81](https://doi.org/10.1061/40995(322)81).
4. Chow, Andy H. F.; Lu, Xiao-Yun; Qiu, Tony Z. "An empirical analysis of freeway traffic breakdown probability based on bivariate Weibull distribution," *IFAC Proc. Volumes*, Vol. 42, No. 15, P. 472–477, 2009. DOI: [10.3182/20090902-3-US-2007.0046](https://doi.org/10.3182/20090902-3-US-2007.0046).
5. Arfeen, M. A.; Pawlikowski, K.; McNickle, D.; Willig, A. "The role of the Weibull distribution in Internet traffic modeling," *Proc. of 25th Int. Teletraffic Congress, ITC*, 10–12 Sept. 2013, Shanghai, China. IEEE, 2013. DOI: [10.1109/ITC.2013.6662948](https://doi.org/10.1109/ITC.2013.6662948).
6. Chaurasiya, Prem Kumar; Ahmed, Siraj; Warudkar, Vilas. "Comparative analysis of Weibull parameters for wind data measured from met-mast and remote sensing techniques," *Renewable Energy*, Vol. 115, P. 1153–1165, 2018. DOI: [10.1016/j.renene.2017.08.014](https://doi.org/10.1016/j.renene.2017.08.014).
7. Millán, G.; Lefranc, G. "A fast multifractal model for self-similar traffic flows in high-speed computer networks," *Procedia Computer Science*, Vol. 17, P. 420–425, 2013. DOI: [10.1016/j.procs.2013.05.054](https://doi.org/10.1016/j.procs.2013.05.054).
8. Пономарев Д. Ю. "Об обслуживании в системе с входным гамма потоком," *Материалы V Всероссийской конференции молодых ученых по математическому моделированию и информационным технологиям с участием иностранных ученых*, URI: <http://www.sbras.ru/ws/YM2004/8510/>.
9. Liu, Lei; Jin, Xiaolong; Min, Geyong. "Performance analysis of prioritized Automatic Repeat-request systems in the presence of self-similar traffic," *Computers & Electrical Engineering*, Vol. 40, No. 2, P. 704–713, Feb. 2014. DOI: [10.1016/j.compeleceng.2013.11.007](https://doi.org/10.1016/j.compeleceng.2013.11.007).
10. Клейнрок, Л. *Теория массового обслуживания*. Пер. с англ. под ред. И.И.Грушко. М.: Машиностроение, 1979. 432 с.
11. Фихтенгольц, Г.М. *Основы математического анализа*. Т. 2. М.: Наука, 1968. 464 с.

12. Бейтмен, Г.; Эрдейи, А. *Таблицы интегральных преобразований*. Т. 1: *Преобразования Фурье, Лапласа, Меллина*. Пер. с англ. М.: Наука, 1969. 343 с.

13. Strelkovskaya, I.; Solovskaya, I.; Grygoryeva, T.; Paskalenko, S. "The solution to the problem of the QoS characteristics definition for self-similar traffic serviced by the W/M/1 QS," *Proc. of Third Int. Sci.-Practical Conf. on Problems of Infocommunications Science and Technology*, PIC S&T, 4–6 Oct. 2016, Kharkiv, Ukraine.

IEEE, 2016, P. 40–42. DOI: [10.1109/INFOCOMMST.2016.7905330](https://doi.org/10.1109/INFOCOMMST.2016.7905330).

14. Стрелковская, И. В.; Григорьева, Т. И.; Соловская, И. Н.; Паскаленко, С. А. "Определение характеристик качества QoS обслуживания самоподобного трафика для СМО W/M/1," *Материалы XXI Междунар. науч.-техн. конф. «Современные средства связи»*, 20–21 октября 2016, Минск, Беларусь. Белорусская государственная академия связи, 2016, С. 31–33.

Поступила в редакцию 11.04.2017

После переработки 17.01.2018