

## АНАЛИЗ СООТВЕТСТВИЯ ГЕНЕРИРУЕМОГО ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ПОТОКА ЗАЯВОК РЕАЛЬНОМУ ТРАФИКУ В КОМПЬЮТЕРНЫХ СЕТЯХ

М. А. ФАРАШИАНИ, Л. А. МУРАВЬЕВА-ВИТКОВСКАЯ

*Университет ИТМО, 197101, Санкт-Петербург, Россия  
E-mail: mur-lada@yandex.ru*

Представлено описание экспериментов по генерации потока заявок в имитационных моделях с целью подбора комбинации законов распределения интервалов между заявками, соответствующей реальному трафику в компьютерных сетях. В среде AnyLogic построена имитационная модель компьютерной сети. Учитывая, что время передачи пакетов в канале является непрерывной случайной величиной, при настройке модели использован закон распределения непрерывных случайных величин. Приведено описание одного из разработанных решений по модернизации трафика. На основе предложенной комбинации законов распределения — экспоненциального, Вейбулла и равномерного — удалось снизить отклонение моделируемого потока от реального трафика с 40 до 6 %.

**Ключевые слова:** имитационное моделирование, распределение вероятностей, Fast Ethernet, математическое ожидание, AnyLogic, комбинация

Созданию любой системы, в том числе и компьютерной сети, как правило, предшествует моделирование, что позволяет получить предварительную информацию о некоем фрагменте реальности [1]. К наиболее распространенным способам моделирования сложных систем относится имитационное компьютерное моделирование [2, 3], имеющее, однако, ряд недостатков. В частности, результаты имитационного моделирования иногда отличаются от характеристик реальной системы. Для получения результата, близкого к реальной системе (минимум искажения), нужно, чтобы исходные данные при настройке модели были сопоставимы с реальными, что довольно сложно, особенно когда речь идет о параметрах, являющихся случайными величинами. В таких ситуациях для получения удовлетворительных результатов необходимо задать закон распределения случайной величины.

В настоящей статье представлен сравнительный анализ законов распределения случайных величин, цель которого — выяснить, какие законы больше подходят для настройки имитационной модели компьютерной сети предприятия.

Моделируемая компьютерная сеть состоит из 50 компьютеров, 4 коммутаторов и одного маршрутизатора; физическая топология сети имеет форму „звезда“; сеть создана на основе технологии Fast Ethernet, устройства соединены между собой с помощью стандартных кабелей типа „витая пара“, данные передаются с помощью сетевой карты со скоростью 100 Мб/с.

Интервал времени для передачи одного бита ( $T_b$ ) в сети на основе технологии Fast Ethernet равен 0,01 мкс. Минимальный интервал времени между передаваемыми пакетами  $T_{\min}=0,96$  мкс. Минимальный и максимальный размеры кадра:  $L_{\min}=512$  бит,  $L_{\max}=12\,144$  бит. Время для передачи одного пакета вычисляется следующим образом:  $(T_b \cdot L_{\min}) + T_{\min}$ , тогда

$$T_{\min} = (0,01 \cdot 512) + 0,96 = 6,08 \text{ мкс,}$$

$$T_{\max} = (0,01 \cdot 12144) + 0,96 = 122,4 \text{ мкс.}$$

Таким образом, количество передаваемых пакетов в секунду между двумя связанными узлами сети составляет от 8169 до 164 473.

Выходные сообщения передаются по каналу от компьютера к коммутатору, пакеты, поступающие в коммутатор, ждут в очереди обработки, после чего отправляются по разным направлениям. В данной сети используется коммутатор Cisco 2960, обрабатывающий и передающий данные по сети со скоростью от  $303 \cdot 10^3$  до  $720 \cdot 10^4$  пакетов/с.

Количество передаваемых пакетов по каналу связи и время обработки пакетов в коммутаторах являются случайными величинами. Случайные величины разделяются на дискретные и непрерывные. В данном случае требуется определить время передачи пакетов по каналу и время обработки данных в сетевых устройствах. Эти параметры относятся к непрерывным случайным величинам [3, 4].

Известны разные законы распределения случайной величины — равномерное, распределение Эрланга, экспоненциальное, гиперэкспоненциальное, распределение Вейбулла, распределение Коши, распределение Парето и т.п. [5, 6].

Функцией распределения называется функция  $F(x)$ , определяющая вероятность того, что случайная величина  $X$  примет значение, меньшее  $x$ , т.е.  $F(x) = P(X < x)$ . При вычислениях иногда целесообразно пользоваться не самой функцией распределения, а другой функцией, тесно связанной с нею — плотностью распределения вероятностей, которую можно определять в случае, когда функция распределения имеет скачки [6].

Как было показано, интервал времени между передаваемыми пакетами составляет от 6,08 до 122,4 мкс. Далее вычисляются математическое ожидание  $M[X]$ , дисперсия  $D[X]$ , второй начальный момент  $\alpha[X]$ , среднеквадратическое отклонение  $\delta[X]$  и коэффициент вариации  $\nu[X]$  случайной величины  $X$ , распределенной по разным законам (см. таблицу) [7, 8].

Параметр	Распределение случайной величины			
	равномерное	экспоненциальное	распределение Эрланга	гиперэкспоненциальное
$M[X]$	$\frac{a+b}{2} = 64,24$	$\frac{1}{a} = 75,65$	$\frac{k}{a} = 75,65$	$\sum_{i=1}^n \frac{q_i}{a_i} = 47,8$
$\alpha[X]$	$\frac{a^2 + ab + b^2}{3} = 5254,3$	$\frac{2}{a^2} = 11445,23$	$\frac{k(k+1)}{a^2} = 8583,92$	$2 \sum_{i=1}^n \frac{q_i}{a_i^2} = 5604,82$
$D[X]$	$\frac{(b-a)^2}{12} = 1127,52$	$\frac{1}{a^2} = 5722,61$	$\frac{k}{a^2} = 2861,31$	$\alpha_2[X] - (M[X])^2 = 3320,07$
$\delta[X]$	$\frac{b-a}{2\sqrt{3}} = 33,57$	$\frac{1}{a} = 75,65$	$\frac{\sqrt{k}}{a} = 53,49$	$\sqrt{D[X]} = 57,62$
$\nu[X]$	$\frac{b-a}{\sqrt{3} \cdot (a+b)} = 0,52$	1	$\frac{1}{\sqrt{k}} = 0,7$	$\frac{\delta[X]}{M[X]} = 1,2$

Примечание. Здесь  $a, b$  — параметры распределения;  $k$  — порядок Эрланга.

На этом этапе следует проверить, какие из вышеперечисленных законов больше подходят в качестве закона распределения времени передачи пакетов по каналу. Для этого была создана модель в среде имитационного моделирования AnyLogic (рис. 1). В ходе экспериментов (20 раз по 8 ч) было проанализировано время передачи пакетов в реальной сети, но, как показано на рис. 2,  $a$ , ни один из законов не дал результат, близкий к реальной системе, т.е. модельное время передачи пакетов значительно отличается от времени передачи пакетов в реальной сети. Чтобы уменьшить отклонение модельных результатов от параметров реальной системы, использовалась комбинация нескольких законов распределения — экспоненциального, Вейбулла и равномерного. В итоге получен результат, близкий к реальной системе (рис. 2,  $b$ ).

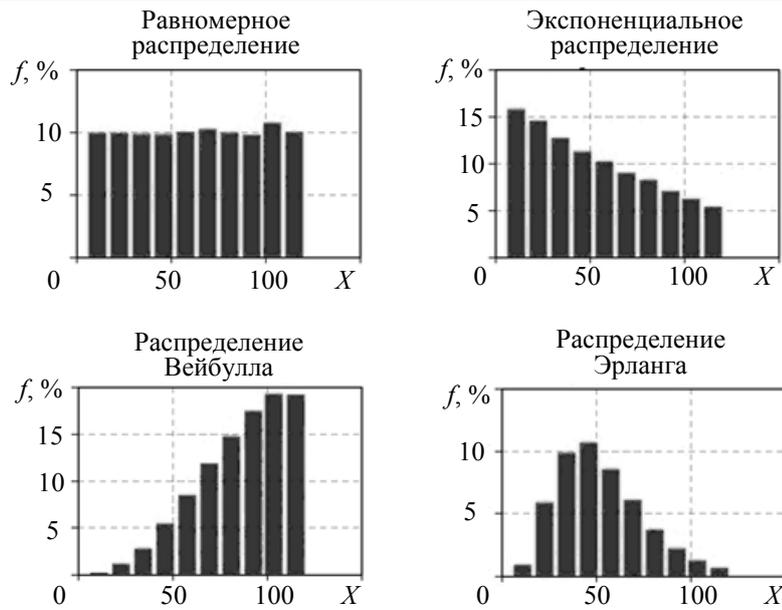


Рис. 1

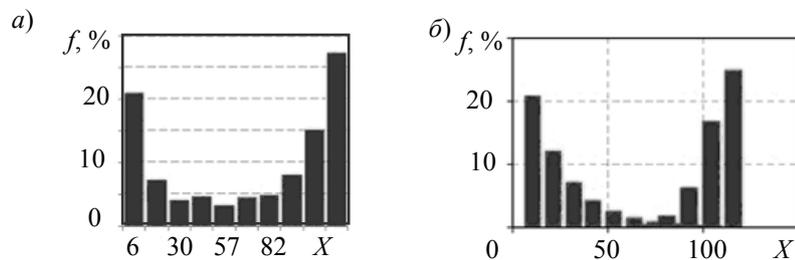


Рис. 2

Таким образом, на основе предложенной комбинации законов распределения интервалов между заявками в потоке удалось снизить отклонение моделируемого потока от реального трафика с 40 до 6 %. Данный результат может быть использован при моделировании корпоративных компьютерных сетей.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Куприяшкин А. Г.* Основы моделирования систем: Учеб. пособие. Норильск: Норильск. индустр. ин-т, 2015. 135 с.
2. *Маликов Р. Ф.* Практикум по имитационному моделированию сложных систем в среде AnyLogic 6: Учеб. пособие. Уфа: Изд-во БГПУ, 2013. 297 с.
3. *Алиев Т. И.* Основы моделирования дискретных систем. СПб: СПбГУ ИТМО, 2009. 363 с.
4. *Ash R. B.* Basic Probability Theory. N. Y.: John Wiley & Sons, 2008. 337 с.
5. *Konig W.* Orthogonal polynomial ensembles in probability theory // Probability Surveys. 2005. Vol. 2. P. 385—447.
6. *Клейнрок Л.* Теория массового обслуживания. М.: Машиностроение, 1979. 432 с.
7. *Постовалов С. Н., Чимитова Е. В., Карманов В. С.* Математическая статистика. Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2012. 159 с.
8. *Алиев Т. И., Муравьева-Витковская Л. А., Соснин В. В.* Моделирование: задачи, задания, тесты. СПб: НИУ ИТМО, 2011. 159 с.

#### Сведения об авторах

**Махди Алиакбар Фарашиани**

— аспирант; Университет ИТМО; кафедра вычислительной техники; E-mail: faramahd@hotmail.com

**Людмила Александровна Муравьева-Витковская**

— канд. техн. наук, доцент; Университет ИТМО; кафедра вычислительной техники; E-mail: mur-lada@yandex.ru

Рекомендована кафедрой  
вычислительной техники

Поступила в редакцию  
17.06.16 г.

**Ссылка для цитирования:** *Фарашиани М. А., Муравьева-Витковская Л. А.* Анализ соответствия генерируемого при моделировании потока заявок реальному трафику в компьютерных сетях // Изв. вузов. Приборостроение. 2017. Т. 60, № 1. С. 10—13.

**ANALYSIS OF THE COMPLIANCE  
OF TRAFFIC GENERATED BY MODELING OF APPLICATIONS FLOW  
WITH REAL TRAFFIC IN COMPUTER NETWORKS**

**M. A. Farashiani, L. A. Muraveva-Vitkovskaia**

*ITMO University, 197101, St. Petersburg, Russia  
E-mail: mur-lada@yandex.ru*

Experiments on generation of applications flow in imitation models are carried out to deduce a combination of distribution laws for time intervals between applications correlated with real traffic in a computer networks. An imitation model of computer network is built in the Any Logic environment. The time of packet transmission in the channel is taken for a continuous random variable, and various laws of distribution of continuous random variable are used while configuring the model. Description of one of developed solutions for the traffic modernization is presented; based on proposed combination of the exponential, the uniform, and Weibull distribution laws, the deviation of the simulated flow from the real traffic is reduced from 40 to 6 %.

**Keywords:** simulation modeling, probability distribution, Fast Ethernet, expected value, Any Logic, combination

**Data on authors**

**Mahdi A. Farashiani**

— Post-Graduate Student; ITMO University, Department of Computation Technologies; E-mail: faramahd@hotmail.com

**Lyudmila A. Muraveva-Vitkovskaia**

— PhD, Associate Professor; ITMO University, Department of Computation Technologies; E-mail: mur-lada@yandex.ru

**For citation:** *Farashiani M. A., Muraveva-Vitkovskaia L. A.* Analysis of the compliance of traffic generated by modeling of applications flow with real traffic in computer networks // Izv. vuzov. Priborostroenie. 2017. Vol. 60, N 1. P. 10—13 (in Russian).

DOI: 10.17586/0021-3454-2017-60-1-10-13