

## ВЕРОЯТНОСТЬ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ИНТЕРВАЛА ВРЕМЕНИ МЕЖДУ ПАКЕТАМИ В КОРПОРАТИВНОЙ КОМПЬЮТЕРНОЙ СЕТИ

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

*Университет ИТМО, 197101, Санкт-Петербург, Россия*

*E-mail: mur-lada@yandex.ru*

Рассмотрены некоторые вопросы моделирования компьютерных сетей и их параметризации. Установлено, что одним из важнейших параметров при моделировании сетей является интенсивность передачи трафика. Для построения модели, наиболее близкой к реальной системе, целесообразно использовать закон распределения случайных величин. Рассмотрен способ определения закона распределения случайных интервалов времени между передачей пакетов в разных компьютерных сетях. Проведенные исследования позволяют сделать вывод о том, что разделение диапазона интервала времени между пакетами на несколько более коротких отрезков позволяет уменьшить отклонение модели от оригинала, а значит, моделирование дает адекватные результаты.

**Ключевые слова:** СМО, моделирование, закон распределения случайных величин, компьютерная сеть

**Введение.** Моделирование — это „замещение“ одного объекта другим с целью получения информации о важнейших свойствах объекта-оригинала с помощью объекта-модели. В зависимости от целей моделирование может проводиться на двух уровнях: качественном и количественном, исходя из этого применяются изобразительные или конструктивные модели. Математическое моделирование проводится на количественном уровне с использованием конструктивных моделей [1—5].

В настоящей статье рассматриваются некоторые вопросы моделирования компьютерных сетей (КС) и их параметризации. Установлено, что одним из важнейших параметров при моделировании КС является интенсивность трафика. Чтобы создать модель, более близкую к реальной системе, используется закон распределения случайных величин, также в статье рассматривается способ определения, закона, по которому распределены случайные интервалы времени между пакетами в разных КС [4].

Точность — это обобщенная характеристика рассогласования соответствующего параметра модели и оригинала ( $\Delta u = u_{\text{модели}} - u_{\text{оригинала}}$ ). Она должна быть не больше заданного значения приемлемой погрешности  $\Delta u_{\text{доп}}$ . Из этого можно сделать вывод, что чем меньше  $\Delta u$ , тем ближе модель к оригиналу [2, 6].

Для получения результата моделирования, близкого к реальной системе (минимум искажения), нужно, чтобы при настройке модели исходные данные были сопоставимы с реальными, что довольно сложно, особенно если речь идет о параметрах, являющихся случайными величинами [7].

При моделировании КС существенным параметром является интервал времени между передачей по сети пакетов. Если размер пакета колеблется в диапазоне от 46 до 1518 битов [8], можно использовать закон равномерного распределения с параметрами  $b = 1518$ ,  $a = 46$ , тогда плотность вероятности будет:

$$f(x) = (b - a)^{-1}, \quad f(x) = 6,79 \cdot 10^{-4}.$$

Интервал времени для передачи одного бита (ВТ) в сети с применением технологии Fast Ethernet равен 0,01 мкс. Минимальный промежуток времени между передачей пакетов (IPG)

равен 0,96 мкс. Минимальный и максимальный размер кадра соответственно равен 512 (Min FZ) и 12 144 (Max FZ) бит. Диапазон времени для передачи одного пакета вычисляется следующим образом:  $(BT \cdot FZ) + IPG$ , откуда минимальный диапазон составляет  $(0,01 \cdot 512) + 0,96 = 6,08$  мкс, а максимальный  $(0,01 \cdot 12144) + 0,96 = 122,4$  мкс.

Авторы настоящей статьи исследовали интервалы времени между передачей пакетов в нескольких компьютерах КС с помощью программы-анализатора Wireshark, позволяющей отображать значения каждого поля протокола любого уровня. Анализ разных типов пакетов показал, что интервалы времени между передачей в разных компьютерах в зависимости от типа передаваемых пакетов сильно различаются и очень неравномерны. Но несмотря на резкое изменение интервала времени между пакетами существует повторяемость результата, т.е. вид графика вне зависимости от количества пакетов и типа данных одинаков.

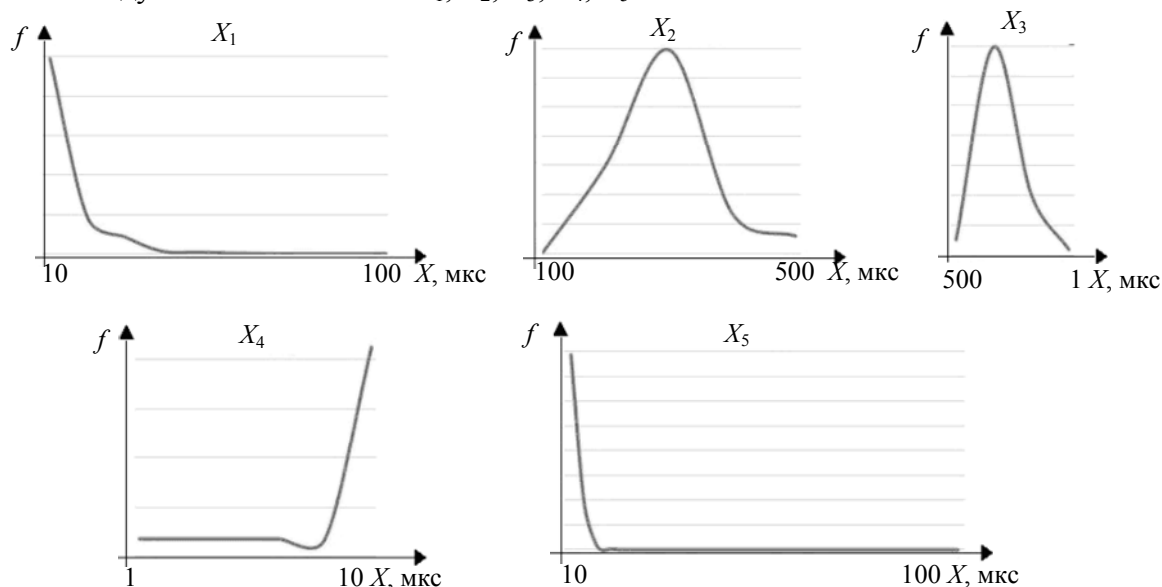
В результате мониторинга около 25 млн пакетов установлено, что большинство пакетов передается с интервалом времени от 10 мкс до 100 мкс. Остальные интервалы резко меняются. Поэтому нельзя определить, по какому конкретному закону распределены интервалы времени между пакетами. Для решения этой проблемы авторы разделили интервалы на части  $X_1, X_2, X_3, X_4, X_5$  и посчитали долевой коэффициент распространения.

В таблице представлены долевые коэффициенты распространения пакетов в рассматриваемой сети. Из таблицы видно, что, например, в  $X_1$  долевой коэффициент распространения равен 0,12, а в  $X_5$ , несмотря на то что диапазон времени для передачи одного пакета в 1000 раз больше, — 0,09.

**Долевые коэффициенты распространения**

Часть диапазона	Интервал времени между пакетами, мкс	Долевой коэффициент распространения
$X_1$	10—100	0,121333
$X_2$	100—500	0,224628
$X_3$	500—1000	0,183707
$X_4$	1—10000	0,370971
$X_5$	10—100000	0,099362

Чтобы найти закон распределения интервала времени между пакетами, разделим интервал времени на части, благодаря чему станет возможным определить закон распределения интервала времени между пакетами в каждой из частей. В итоге получилось пять частей. На рисунке показаны законы распределения в форме плотностей распределения интервалов времени между пакетами в частях  $X_1, X_2, X_3, X_4, X_5$ .



Полученный долевым коэффициентом распространения для каждой части дает возможность подобрать соответствующий закон распределения интервалов времени между пакетами в КС и создать имитационную модель с меньшей погрешностью. В качестве примера была создана имитационная модель в среде AnyLogic.

**Заключение.** Проведенные исследования позволяют сделать вывод о том, что разделение диапазона интервала времени между пакетами на несколько более коротких отрезков позволяет уменьшить отклонение  $\Delta u$  модели от оригинала, а значит, моделирование дает адекватные результаты.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алиев Т. И. Основы моделирования дискретных систем. СПб: СПбГУ ИТМО, 2009. 363 с.
2. Кубланов М. С. Математическое моделирование: Учеб. пособие. М.: МГТУ ГА, 2004. 108 с.
3. Sanders Ch. Practical packet analysis. San Francisco, 2011. 255 p.
4. Куприяшкин А. Г. Основы моделирования систем: Учеб. пособие. Норильск: Норильск. индустр. ин-т, 2015. 135 с.
5. Советов Б. Я., Яковлев С. А. Моделирование систем: Учеб. пособие. М.: Высш. шк., 2001. 343 с.
6. Волковец А. И., Гуринович А. Б. Теория вероятностей и математическая статистика. Мн.: БГУИР, 2003. 84 с.
7. 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.
8. Олифер В., Олифер Н. Компьютерные сети. 4-е изд. СПб: Питер, 2011. 944 с.

#### Сведения об авторах

- Людмила Александровна Муравьева-Витковская** — канд. техн. наук; Университет ИТМО; кафедра вычислительной техники; E-mail: mur-lada@yandex.ru
- Махди Алиакбар Фарашиани** — аспирант; Университет ИТМО; кафедра вычислительной техники; E-mail: faramahd@hotmail.com

Рекомендована кафедрой  
вычислительной техники

Поступила в редакцию  
03.07.17 г.

**Ссылка для цитирования:** Муравьева-Витковская Л. А., Фарашиани М. А. Вероятность распределения интервала времени между пакетами в корпоративной компьютерной сети // Изв. вузов. Приборостроение. 2017. Т. 60, № 10. С. 957—960.

#### PROBABILITY DISTRIBUTION FOR THE TIME INTERVAL BETWEEN PACKETS IN CORPORATE COMPUTER NETWORK

L. A. Muravyeva-Vitkovskaya, M. A. Farashiani

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

The problems of discrete system simulation and parametrization are discussed. The intensity of traffic is shown to be one of the main parameters to be used in network modeling. A method is proposed for determination of probability distribution law for the time intervals between the packets in various computer networks. Based on the obtained results, it is concluded that split of the interval between the packets into several shorter segments allows to reduce the deviation of the model from the original, and hence to ensure the simulation to give adequate results.

**Keywords:** queueing system, modeling, law of distribution of random variables, computer network

**Data on authors**

- Ludmila A. Muravyeva-Vitkovskaya** — PhD; ITMO University, Department of Computation Technologies; E-mail: mur-lada@yandex.ru
- Mahdi A. Farashiani** — Post-Graduate Student; ITMO University, Department of Computation Technologies; E-mail: faramahd@hotmail.com

**For citation:** Muravyeva-Vitkovskaya L. A., Farashiani M. A. Probability distribution for the time interval between packets in corporate computer network. *Journal of Instrument Engineering*. 2017. Vol. 60, N 10. P. 957—960 (in Russian).

DOI: 10.17586/0021-3454- 2017-60-10-957-960