

**СЕКЦИЯ «МУЛЬТИФИЗИЧЕСКОЕ, МАТЕМАТИЧЕСКОЕ,  
ПОВЕДЕНЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ»**

SECTION «MULTIPHYSICAL, MATHEMATICAL, BEHAVIORAL MODELING»

УДК 519.872

DOI: 10.30987/conferencearticle\_61c997ef000fe4.90061792

**ГЕНЕРАТОР СЛУЧАЙНЫХ ЧИСЕЛ  
ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПОТОКА ВЫЗОВОВ**

*Сергей Викторович Козлов*, сотрудник, к.т.н., sv@mail.ru

*Алексей Георгиевич Коркин*, сотрудник, к.т.н., доцент, alkorich@yandex.ru

*Сергей Алексеевич Корнилов*, сотрудник, к.т.н., korsar-89@bk.ru

Академия ФСО России, Российская Федерация, Орел

*Аннотация. В работе представлен подход разработки генераторов, обеспечивающих генерацию последовательностей случайных чисел для формирования потока заявок и определения длительности соединений.*

*Ключевые слова: компьютерный тренажер, генератор случайных чисел.*

**RANDOM NUMBER GENERATOR TO SIMULATE CALL FLOW**

Sergey V. Kozlov, employee, candidate of technical sciences, sv@mail.ru

Alexey G. Korokin, employee, candidate of technical sciences, docent, alkorich@yandex.ru

Sergey A. Kornilov, employee, candidate of technical sciences, korsar-89@bk.ru

Russian Federation Security Guard Service Federal Academy, Russian Federation, Orel

*Abstract. The paper presents an approach to the development of generators providing the generation of sequences of random numbers for generating the flow of applications and determining the duration of connections.*

*Keywords: computer simulator, random number generator.*

Для повышения эффективности подготовки инженерно-технического персонала по эксплуатации оборудования автоматических телефонных станций (АТС) используются компьютерные тренажеры. Компьютерные тренажеры позволяют формировать практические навыки и умения администрирования АТС и работы оператором междугороднего коммутатора (МК) [1].

Задача воссоздания реального процесса работы оператора МК при обслуживании заявок от абонентов решалась на основе имитационного моделирования. Для формирования потока вызовов и определения длительности соединений необходимо использовать генераторы случайных чисел (ГСЧ). Один ГСЧ используется для задания интервалов между поступающими заявками от абонентов на соединения, второй генератор для определения длительности установленных на коммутаторе соединений. В соответствии с принятыми в теории телетрафика подходами [2], для

программного тренажера МК создаются независимые ГСЧ, обеспечивающие формирование последовательностей СЧ, не коррелированных между собой и распределенных по экспоненциальному закону.

Процесс формирования экспоненциально-распределенных последовательностей СЧ осуществляется на основе преобразования исходной линейно-распределенной случайной последовательности [3].

Экспоненциальное распределение задано выражением

$$F(x) = 1 - e^{-x/\mu}, x \geq 0,$$

а случайная величина (СВ) определяется как

$$X = -\mu \ln U, 0 < U \leq 1$$

и имеет экспоненциальное распределение со средним  $\mu$ , если  $U$  – равномерно-распределенная СВ на интервале  $[0, 1]$ .

Для определения СВ при  $U = 0$  берется достаточно малое значение, для которого может быть вычислен логарифм с заданной точностью.

Для генерации экспоненциально-распределенных случайных чисел также может использоваться быстрый итерационный алгоритм, основанный на генерации битовых последовательностей [4].

Для генерации равномерно-распределенной случайной величины  $U$  на интервале  $[0, 1]$  могут использоваться линейный конгруэнтный метод (LCPRNG) [3] или метод вихря Мерсена (Mersenne Twister) [3].

Более простым для реализации в программе является LCPRNG метод. По данному методу генерация последовательности осуществляется в соответствии с выражением

$$X_{k+1} = (aX_k + c) \bmod m, \quad (1)$$

где  $a, c, m$  – некоторые целые числа.

Формируемая последовательность зависит от начального значения  $X_0$  – «посева» (seed). Для генерации двух последовательностей СЧ при моделировании потока вызовов и длительности установленных соединений на МК необходимо задавать разные значения  $X_0$ . Также для формирования разных последовательностей при каждом запуске, необходимо определить источник энтропии для начального заполнения  $X_0$ . В качестве источника энтропии предложено использовать комбинацию значений MAC-адреса сетевой карты, системного таймера, номеров процессора и диска компьютера.

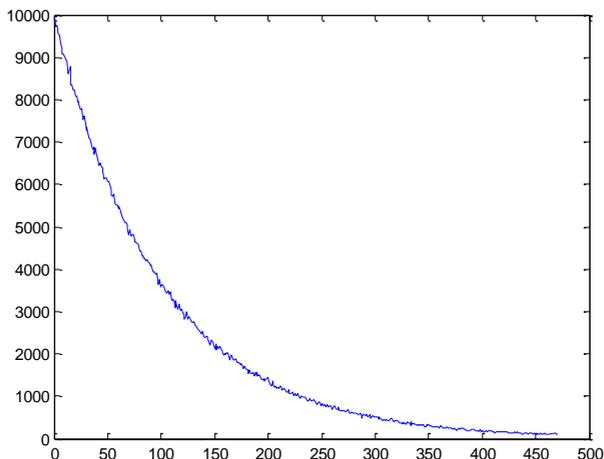
Используя свойства рекуррентной последовательности (1), могут быть подобраны коэффициенты  $a, c, m$  таким образом, чтобы период последовательности был максимален [3]. Одна из комбинаций коэффициентов, которая позволяет получить максимальную последовательность 32-битных целых чисел, была использована в качестве минимального стандарта для языка программирования C++11. Эта комбинация следующая:  $a = 48271, c = 0, m = 2^{31} - 1$ .

Поскольку LCPRNG генерирует целочисленную последовательность на интервале  $[0, 2^{31} - 2]$ , то ее необходимо привести к вещественной

последовательности случайных величин  $U$  на интервале  $[0, 1]$ . Такое преобразование возможно с точностью  $2^{-31}$ .

Для экспериментальной оценки качества полученного распределения случайных чисел дополнительно к программному тренажеру разработана программа на языке программирования C++, в которой использовался линейный конгруэнтный генератор `minstd_rand` из стандартной библиотеки с указанными выше коэффициентами минимального стандарта.

В ходе выполнения программы было получено эмпирическое распределение частот случайных чисел (рисунок 1).



*Рисунок 1 – Эмпирическое распределение частот случайных чисел*

Из графика видно, что эмпирическое распределение соответствует экспоненциальному закону. Полученные результаты позволили использовать разработанные ГСЧ в составе программного тренажера МК для формирования потока вызовов и определения длительностей соединения.

#### **Список литературы**

1. Коркин А.Г., Невров А.А., Куваев В.О. Тренажер электронного ручного междугороднего коммутатора. Свидетельство о государственной регистрации №2016616287 Российская Федерация: заявители и правообладатели авторы – № 2016613808; заявл. 19.04.2016; опубл.08.06.2016 г.
2. Теория телетрафика / [Ю. Н. Корнышев, А. П. Пшеничников, А. Д. Харкевич] – Москва: Радио и связь, 1996. – 272 с.
3. Кнут, Д.Э. Искусство программирования, том 2. Получисленные алгоритмы. 3-е издание: Пер. с англ. – Москва: Издательский дом «Вильямс», 2001. – 832 с.
4. Matsumoto, M., Kurita, Y. Twisted GFSR generators // ACM Trans. on Modeling and Computer Simulations. – 1992. – т. 2, № 3. – С. 179–194.

*Материал принят к публикации 09.10.21.*