

УДК 621.391

## ИССЛЕДОВАНИЕ САМОПОДОБНОГО ТРАФИКА НА ОСНОВЕ СПЛАЙН-ФУНКЦИЙ

Д. т. н. И. В. Стрелковская, к. т. н. И. Н. Соловская, Н. В. Северин, С. А. Паскаленко

Одесская национальная академия связи им. А. С. Попова  
Украина, г. Одесса  
dekanat.ik@onat.edu.ua

*Проведено моделирование самоподобного трафика с помощью разработанной имитационной модели в программном пакете Simulink среды Matlab для системы массового обслуживания вида W/M/1/K. Рассмотрена аппроксимация самоподобного трафика с использованием сплайн-функций (линейных и кубических сплайнов).*

*Ключевые слова: самоподобный трафик, СМО, аппроксимация, сплайн-функции.*

Развитие современных телекоммуникаций связано с переходом к сетям следующего поколения NGN (Next Generation Network). По своей природе пакетный трафик, обслуживаемый в сети NGN, является разнородным, так как формируется множеством различных по своим характеристикам источников услуг и сетевых приложений. Известно, что он имеет пачечный характер и обладает свойством самоподобия [1]. Важным инструментом исследования характеристик самоподобного трафика является имитационное моделирование, которое позволяет получить необходимые его характеристики. Выбор вида аппроксимации полученных результатов является актуальной темой практически любого исследования. Сегодня пока не существует универсального метода аппроксимации результатов моделирования самоподобного трафика. Известные аппроксимации, такие как экспоненциальная, диффузионная и другие, часто не подходят для описания самоподобного трафика. Иные, например вейвлет-аппроксимация, широко используется, но достаточно сложна в реализации [1—3]. Целью данной работы является исследование самоподобного трафика, полученного с помощью разработанной имитационной модели в пакете Simulink среды Matlab, с последующей аппроксимацией его сплайн-функциями, а именно, линейными и кубическими сплайнами.

При моделировании самоподобного трафика рассмотрим систему массового обслуживания (СМО) типа W/M/1/K (поступающий поток заявок распределен по закону Вейбулла, распределение времени обслуживания — экспоненциальное, система однолинейная, длина очереди заявок равна K) [1]. Используем распределение Вейбулла, заданное выражением [1]

$$f(x) = \alpha \beta x^{\alpha-1} e^{-\beta x^\alpha}, \text{ при } x \in (0; +\infty), f(x) = 0, \text{ при } x \in (-\infty; 0], \quad (1)$$

где  $\alpha$  — параметр формы кривой распределения ( $0 < \alpha < 1$ );  $\alpha = 2 - 2H$ ,  $H$  — параметр Херста, ( $0,5 \leq H \leq 1$ ),  $\beta = [\lambda \Gamma(1 + 1/\alpha)]^{-1}$  — параметр распределения,  $\beta > 0$ ,  $\Gamma$  — гамма функция,  $\lambda$  — интенсивность поступления заявок в СМО.

В качестве исходных данных для моделирования СМО W/M/1/K возьмем:  $\lambda = 100$  пак/с,  $\mu$  — длительность обслуживания заявки,  $\mu = 125$  с,  $K$  — длина очереди заявок,  $K = 100$ , параметр Херста  $H = 0,65$ , параметры распределения Вейбулла  $\alpha \approx 0,7$  и  $\beta \approx 0,0099$ . Полученные результаты моделирования самоподобного трафика для СМО типа W/M/1/K показаны на рис.1, где  $N$  — количество заявок,  $t$  — время поступления заявок. Для аппроксимации результатов моделирования трафика, полученных для СМО типа W/M/1/K (рис. 1, а), предложено использование линейного и кубических сплайнов [4]. Выполнена выборка значений трафика на промежутке времени [2542; 2618], которая представляет собой последовательность «долгосрочной зависимости» (рис. 1, б).

Аппроксимация самоподобного трафика выполнена на промежутке [2542; 2618] при равномерном разбиении отрезка с шагом  $h = 0,01$ :

— линейным  $S_1(x)$  сплайном

$$S_1(x) = f_i + t(f_{i+1} - f_i), x \in [x_i, x_{i+1}], i = \overline{0, N_1 - 1}, \quad (2)$$

где  $h = x_{i+1} - x_i$ ,  $t = (x - x_i)/h$ ,  $S(x_i) = f_i$ ,  $S(x_{i+1}) = f_{i+1}$ ;

— кубическим  $S_3(x)$  сплайном

$$S_3(x) = f_i(1-t) + f_{i+1}t - \frac{h^2}{6}t(1-t)[(2-t)M_i + (1+t)M_{i+1}], \quad x \in [x_i, x_{i+1}], \quad i = \overline{0, N_1-1}, \quad (3)$$

где  $h = x_{i+1} - x_i$ ,  $t = (x - x_i)/h$ ,  $S(x_i) = f_i$ ,  $S(x_{i+1}) = f_{i+1}$ ,  $S''(x_i) = M_i$ ,  $S''(x_{i+1}) = M_{i+1}$ .

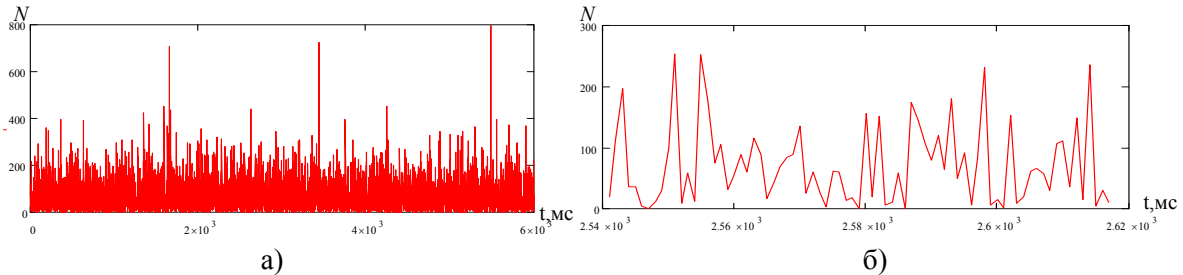


Рис. 1. Моделирование самоподобного трафика для СМО типа W/M/1/K (а) и выборка значений самоподобного трафика для промежутка значений [2542; 2618] (б)

Используя линейный и кубический интерполяционные сплайны и выражения (2), (3), получим аппроксимации трафика, показанные на рис. 2.

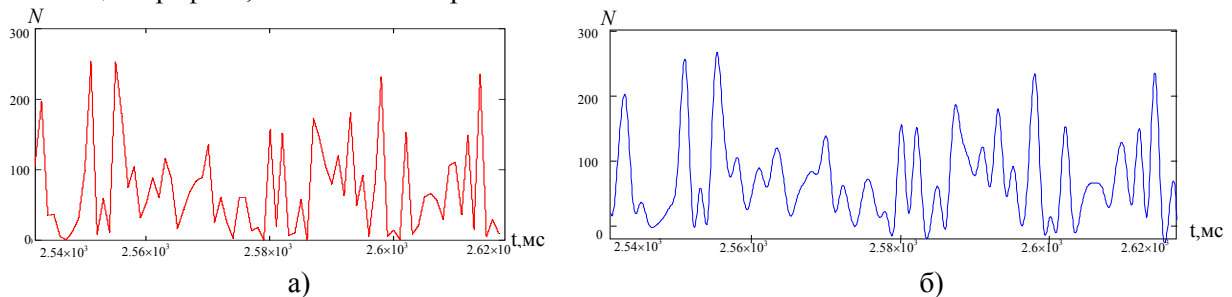


Рис. 2. Аппроксимация самоподобного трафика с помощью линейного (а) и кубического (б) сплайнов

Показана целесообразность использования сплайн-функций для аппроксимации самоподобного трафика, полученного с помощью разработанной имитационной модели с помощью пакета Simulink в среде Matlab. Учитывая, что самоподобный трафик характеризуется наличием «всплесков» и долгосрочной зависимостью между моментами поступления заявок, предложено использование линейных интерполяционных сплайнов. Это позволит для реального трафика избежать перегрузок в сети, превышения нормативных значений длительности задержек пакетов и джиттера, учитывая при этом пиковость пакетного трафика.

#### ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Крылов В. В., Самохвалова С. С. Теория телетрафика и ее приложения. — СПб.: БХВ-Петербург, 2005.
2. Шелухин О. И., Осин А. В., Смольский С. М. Самоподобие и фракталы. Телекоммуникационные приложения / Под. ред. О. И. Шелухина. — Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2008.
3. Стрелковская И. В., Поповский В. В., Бухан Д. Ю. Сравнительные методы аппроксимации в результатах рекурсивной оценки состояния сетевых элементов и их режимов. // Сб. научн. Трудов 3-го Междун. Радиоэлектронного форума: Прикладная радиоэлектроника. Состояние и перспективы развития. — Украина г. Харьков, 2008. — Т. 2. — С.15–16.
4. Завьялов Ю. С., Квасов Б. И., Мирошниченко В. Л. Методы сплайн-функций. — Москва: Наука, 1980.

I. V. Strelkovskaya, I. N. Solovskaya, N. V. Severin, S. A. Paskalenko  
**Research of self-similar traffic by spline-functions**

Modeling of self-similar traffic is performed for the queuing system of W/M/1/K. To study the self-similar traffic, the simulation model is developed using Simulink software package in Matlab environment. Approximation of self-similar traffic on the basis of spline functions (linear and cubic splines) is considered.

Keywords: *self-similar traffic, QS, approximation, spline-function.*