МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕТОДОМ МОНТЕ-КАРЛО ПРОЦЕССА ПЕРЕДАЧИ С РЕГУЛИРУЕМОЙ АЛГОРИТМОМ ТИПА RED ИНТЕНСИВНОСТЬЮ ПОТОКА

Королькова А. В., Черноиванов А. И.

Российский университет дружбы народов, Россия, 117198, Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6, тел. +7(495)952-02-50, akorolkova@sci.pfu.edu.ru

Рассматривается модель процесса передачи, в которой для регулирования интенсивности потока применяется алгоритм типа Random Early Detection (RED) [1]. В модели изменение размера TCP-окна $\mathrm{w}(t)$ задано стохастическим дифференциальным уравнением: $d\mathrm{w}(t) = \dfrac{dt}{T(t)} + \left(-\dfrac{\mathrm{w}(t)}{2}\right) dN_{TD} + (1 - \mathrm{w}(t))dN_{TO}$, $T(t) = \begin{cases} T_b + \dfrac{q(t)}{C(t)}, & q(t) > 0, \\ T_b, & q(t) = 0, \end{cases}$ $C(t) = \begin{cases} C, & q(t) > C, \\ q(t), & q(t) \le C, \end{cases}$ где $N_{TD}(t)$ — случайный пуассоновский процесс с интенсивностью $\lambda_{TD}(t)$ потерь по получению задублированных ACK-пакетов, $N_{TO}(t)$ — случайный пуассоновский процесс с интенсивностью $\lambda_{TO}(t)$ потерь по тайм-ауту, T_b — время на передачу и подтверждение приёма (Round Trip Time, RTT) одного пакета, $q(t)$ — значение мгновенной длины очереди в момент времени t, $t \ge 0$, $C(t)$ — интенсивность обслуженной нагрузки, C — скорость передачи в канале связи. При этом $E[dN_{TD}(t)] + E[dN_{TO}(t)] = \lambda_{TD}(t)dt + \lambda_{TO}(t)dt$.

Интенсивность сброса пакетов $\lambda(t) = \lambda_{TD}(t) + \lambda_{TO}(t) = \dfrac{E[\mathrm{w}(t)]}{E[T(t)]} E\left[p(\hat{q}(t))\right]$ является параметром пуассоновского распределения случайного процесса $N = N_{TD} + N_{TO}$.

Предлагается применить метод Монте-Карло [2] для моделирования $d\mathrm{w}(t)$ и сравнить с графиком поведения $E[\mathrm{w}(t)]$.

На каждом шаге случайная величина N разыгрывается по методу Монте-Карло. Полученное значение подставляется в систему уравнений, решаемых методом Рунге-Кутта 4-го порядка. Для разыгрывания случайной величины N: генерится случайный вектор $\vec{r} = \{\vec{r}_1, \dots, \vec{r}_n\}$ со значениями, распределенными равномерно на отрезке $[0, 1]$; проводится серия из n испытаний с параметром $\lambda(t)$, фиксируется число успехов, когда $x_i \ge r_i$, $i = \overline{1, n}$; все успехи суммируются и делятся на количество испытаний, задавая тем самым случайную величину N, разыгранную по методу Монте-Карло в соответствии с параметром пуассоновского распределения $\lambda(t)$.

Серия экспериментов показала, что модель из [1] и модель, реализованная с помощью метода Монте-Карло, идентично описывают характер происходящих в системе процессов.

Литература.

1. *Королькова А.В., Кулябов Д.С.* Математическая модель динами- ки поведения параметров систем типа RED // Вестник РУДН. Серия «Математика. Информатика. Физика». — No 2(1). — 2010. — С. 54–64.
2. *Бусленко Н.П.* Моделирование сложных систем. — М.: Наука, 1968.