DOI: 10.17117/na.2016.05.03.107

<http://ucom.ru/doc/na.2016.05.03.107.pdf>

Поступила (Received): 01.05.2016

Кутузов О.И., Татарникова Т.М. Сопоставление очередей классических и фрактальных систем массового обслуживания

Kutuzov O.I., Tatarnikova T.M.
Comparison of classical and fractal queues queuing systems

В статье предложена модель расчета буферных накопителей сетевых узлов, являющихся более реалистичными в условиях самоподобного трафика

Ключевые слова: Самоподобный трафик, распределения с тяжелыми «хвостами»,

The paper proposes a model for calculating the buffer storage network nodes, which are more realistic in terms of self-similar traffic

Key words: Self-Similar Traffic, Distribution with Heavy "Tails"

Кутузов Олег Иванович

Доктор технических наук, профессор
Санкт-Петербургский государственный
электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И.
Ульянова (Ленина)
г. Санкт-Петербург, ул. Профессора Попова, 5

Kutuzov Oleg Ivanovich

Doctor of Engineering Sciences
Saint Petersburg electrotechnical university "LETI"
named V.I. Ulyanov (Lenin)
Saint-Petersburg, Professora Popova st., 5

Татарникова Татьяна Михайловна

Доктор технических наук, профессор
Санкт-Петербургский государственный
университет аэрокосмического приборостроения
г. Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, 67

Tatarnikova Tatiana Mikhailovna

Doctor of Engineering Sciences
Saint-Petersburg state university of aerospace
instrumentation
St. Petersburg, Bolshaya Morskaya st., 67

Введение

Самоподобность трафика оказывает существенное влияние на качество связи [1]. Исследования в основном концентрируются вокруг статистических характеристик очередей, поскольку буферизация является основной обеспечивающей ресурсами стратегией. Оказывается, что традиционный анализ очередей, в основе которого лежит предположение о пуассоновском потоке [2, 3], не может точно предсказать производительность системы в условиях самоподобного трафика [4].

Адекватное описание самоподобного трафика определяется распределениями вероятностей с тяжелыми хвостами [5, 6].

Узел в сети как система массового обслуживания

Для задач проектирования сетевых устройств одними из наиболее подходящих математических моделей являются системы с очередями (системы массового обслуживания – СМО) [7, 8, 9].

В общем случае узел телекоммуникационной сети рассматриваем как СМО класса $G|G|1|m$ при стационарном режиме функционирования [10]. Основную задачу проектирования буферов как систем класса $G|G|1|m$ поставим в виде нахождения зависимости

$$P = \varphi(m) \quad (4)$$

вероятности потери заявки P от размера буфера m ($m = 0, 1, 2, \dots$). Это позволит для любой наперед заданной допустимой вероятности потерь P^* определять соответствующий наименьший допустимый размер буфера m^* по формуле (5), следуемой из (4):

$$\lfloor m^* \rfloor = \varphi^{-1}(P^*), \quad (5)$$

где φ^{-1} – функция, обратная функции φ ,
 $\lfloor x \rfloor$ – ближайшее целое не меньшее x .

Полагая, что функция φ монотонно убывающая, можно утверждать, что φ^{-1} существует.

Следовательно, решив основную задачу (4), для любой максимально допустимой вероятности потерь P^* можно по формуле (5) определять наименьший размер буфера m^* , обеспечивающий требуемый уровень качества сетевого сервиса.

Расчет буферной емкости классических СМО

В системе $M|M|1|m$ стационарная вероятность потери заявки $P(m)$ определяется выражением

$$P(m) = \rho^m \frac{1 - \rho}{1 - \rho^{m+1}}, \quad (6)$$

где ρ – загрузка системы, $\rho < 1$,

m – величина допустимой очереди [10].

Выражение (6) получено из модели СМО с бесконечным буфером. Задаваясь соответствующими значениями вероятности $P(m)$ и разрешая (6) относительно требуемого значения m , получаем выражение

$$\lfloor m \rfloor = \left\lceil \ln \left(\frac{P(m)}{1 - \rho} \right) \ln \frac{1}{\rho} \right\rceil. \quad (7)$$

где $\lfloor m \rfloor$ – ближайшее целое, не меньшее m .

У классических СМО зависимость $P(m)$ является асимптотически-экспоненциальной, то есть с ростом размера буфера m вероятность потерь заявок P быстро падет и становится пренебрежимо малой. У фрактальных СМО с ростом m снижение P происходит очень медленно, и чтобы добиться требуемого малого ее значения, нужно предусматривать гораздо большие затраты оборудования на буферизацию, чем в случае классических СМО. Это показано в работе [11] это на примере сопоставления очередей у СМО типа $M|M|1$ и $M|Pa|1$, поскольку такое сопоставление можно провести как теоретически, используя формулу Полячека–Хинчина [1], так и экспериментально.

Для прямой процедуры обслуживания в [12] получено отношение средних длин очередей $L_{c,п}$ и $L_{c,э}$ $L_{c,п}$ при Парето и экспоненциальном распределении времени обслуживания соответственно и входящем пуассоновском потоке в виде

$$\frac{L_{c.п}}{L_{c.э}} = \frac{1}{2} \left[\frac{\alpha(\alpha - 2) + 1}{\alpha(\alpha - 2)} \right]. \quad (10)$$

Производная выражения (10) отрицательна, то есть с увеличением α значение отношения (10) устойчиво уменьшается, и при $\alpha=1+\sqrt{2}$ становится равным 1. Следовательно, $\alpha=1+\sqrt{2}$ является пороговым значением, при превышении которого для экспоненциальной СМО $M|M|1$ средняя длина очереди оказывается большей, чем для СМО с пуассоновским входным потоком и распределенным по Парето временем обслуживания при одинаковой входящей нагрузке.

Заключение

В работе выполнено сравнение классических и фрактальных систем массового обслуживания, как моделей узлов инфокоммуникационных сетей. Результаты показали, что при фрактальном трафике, длительности поступлений которого описываются распределением Парето со значениями параметра $\alpha \geq (1 + \sqrt{2})$, средняя и максимальная длина очереди для экспоненциальной СМО $M|M|1$ превышают аналогичные характеристики очереди для СМО $M|Pa|1$ при одинаковой нагрузке для обеих СМО.

Список используемых источников:

1. Кутузов О.И., Татарникова Т.М. Инфокоммуникационные сети. Моделирование и оценка вероятностно-временных характеристик. СПб.: ГУАП, 2015.
2. Кутузов О.И., Сергеев В.Г., Татарникова Т.М. Коммутаторы в корпоративных сетях. Моделирование и расчет. СПб.: Судостроение, 2003.
3. Кутузов О.И., Татарникова Т.М. Моделирование систем и сетей телекоммуникаций. СПб.: РГГМУ, 2012.
4. Костромицкий А.И., Волотка В.С. Подходы к моделированию самоподобного трафика // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. 2010. №46. С. 46-49.
5. Кутузов О.И., Татарникова Т.М. К оцениванию и сопоставлению очередей классических и фрактальных систем массового обслуживания // Информационно-управляющие системы. 2016. Т. 81. №2. С. 48-55.
6. Петров В.В. То, что вы хотели знать о самоподобных процессах, но стеснялись спросить. М.: Радиотехника, 2003.
7. Татарникова Т.М., Яготинцева Н.В. Модель оценки характеристик локальной вычислительной сети корабля // Теоретические и прикладные проблемы науки и образования в 21 веке. Тамбов, 2012. С. 143-144.
8. Колбанев М.О., Татарникова Т.М., Малков К.О. Подход к организации адаптивного согласующего центра корпоративной сети // Информационно-управляющие системы. 2008. № 3. С. 28-31.
9. Татарникова Т.М. Структурный синтез центра сопряжения корпоративных сетей // Информационно-управляющие системы. № 3 (76), 2015. С. 92-98.
10. Татарникова Т.М., Аль-Хаками А.М. Оценка вероятностно-временных характеристик сетей хранения данных SAN // Программные продукты и системы. 2009. № 4. С. 177-179.
11. Кутузов О.И., Марфин С.А. Сравнительный анализ очереди при самоподобной нагрузке // Изв. СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2014. №3 С. 20-23.
12. Задорожный В.Н., Кутузов О.И. Методы имитационного моделирования фрактальных систем с очередями. Омск, Изд. ОмГТУ. 2015. С. 9-26.