

ПРИМЕНЕНИЕ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ КОММУТАЦИОННЫХ СИСТЕМ С РАЗЛИЧНЫМИ ТИПАМИ ПОТОКОВ ВЫЗОВОВ

Д. Ю. Пономарев (Красноярск)

Развитие современного общества предъявляет все более повышенные требования к объемам и качеству передаваемой по телекоммуникационным системам информации. Постепенный переход от узкоспециализированных телефонных сетей и сетей передачи данных к сетям способным обеспечить доступ к информационным ресурсам достаточно широкого диапазона, от телефонии до телевидения высокой четкости приводит к появлению систем и сетей нового типа, способных экономично и с заданным качеством предоставлять свои услуги. Кроме этого возникают проблемы, связанные с появлением новых свойств, как самого оборудования, так и информационных потоков, существующих в глобальных сетях. Одним из таких свойств является свойство самоподобия, присущее так называемым фрактальным объектам.

Основным толчком для развития исследований фрактальных характеристик потоков интегральной информации в системах связи послужило большое количество измерений, проведенных на различных сетях, и подтверждающих наличие несоответствия между проектируемой нагрузкой и существующей [3–6], что приводит к снижению качества обслуживания.

С развитием высокоскоростных сетей связи все большее влияние на качество обслуживания потоков информации оказывает свойство самоподобия, заключающееся на практике в том, что пакеты, при высокой скорости их движения по сети, поступают на узел не по отдельности, а целой пачкой, что приводит, из-за ограниченности буфера, к отсутствию мест ожидания, и, следовательно, к потерям. Расчет объемов буфера по классическим методикам приводит к существенно заниженному значению [3, 4]. Для того, чтобы обеспечить заданное качество обслуживания, необходимо определить характеристики самоподобных потоков пакетов в современных сетях связи.

В общем случае случайный процесс $x(t)$ считается самоподобным, если для любого действительного a ($a > 0$) справедливо следующее: математическое ожидание $M[x(t)] = a^{-H} M[x(at)]$; дисперсия $D[x(t)] = a^{-2H} D[x(at)]$.

Основанием для изучения самоподобных свойств потоков данных в сетях передачи информации послужили работы [6, 7]. Объектом исследования [7] является сеть Ethernet с предоставлением услуг В-ISDN. Результатами работы являются следующие выводы:

- наличие самоподобия в сети приводит к увеличению пачечности трафика и не соответствует модели Пуассона;
- ни одно теоретическое представление модели трафика в локальной сети не учитывает свойство самоподобия;
 - поступление пакетов на обслуживание показывает очень большой разброс (дисперсию) между моментами поступления (синдром бесконечной дисперсии);
 - параметр Хёрста позволяет удовлетворительно оценить уровень самоподобия обслуживаемых потоков;
 - нет стандартных формализованных моделей для оценки влияния самоподобия на качественные характеристики системы связи.

Развитие идей работы [7] на глобальный трафик продолжилось в [6], где исследовались потоки данных по протоколам FTP, Telnet и TCP/IP. Результатом работы явился вывод о недооценке моделью Пуассона самоподобия нагрузки на больших мас-

штабах времени (1 час и более) для протоколов основанных на машинногенерируемых обменах данными, в отличие от Telnet.

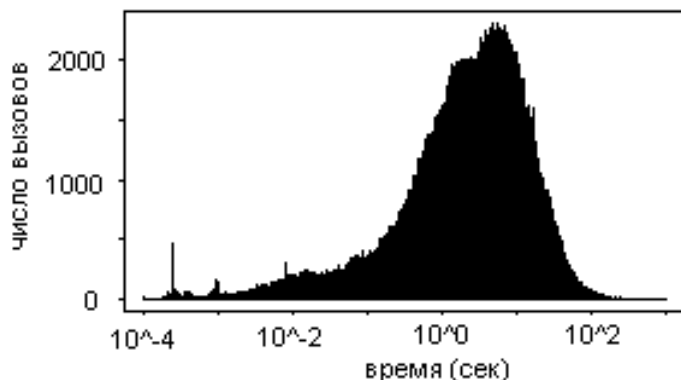


Рис. 1. Распределение количества соединений за интервал времени [6]

Исследования [3–7] проводились на действующем оборудовании, что, во-первых, неэкономично; и, во-вторых, результаты этих работ не являются универсальными, т. е. их применение, как при эксплуатации, так и при проектировании, достаточно ограничено. Создание же универсальных моделей связано с некоторыми трудностями. Во-первых, основной моделью информационных потоков в теории телетрафика до сих пор является поток Пуассона; во-вторых, получение аналитических выражений для потоков с функциями распределения отличными от экспоненциального закона связано с большими трудностями [2] (однако, не являющимися нерешаемыми); в-третьих, недостаточно проработан вопрос о модели потока вызовов [5–7].

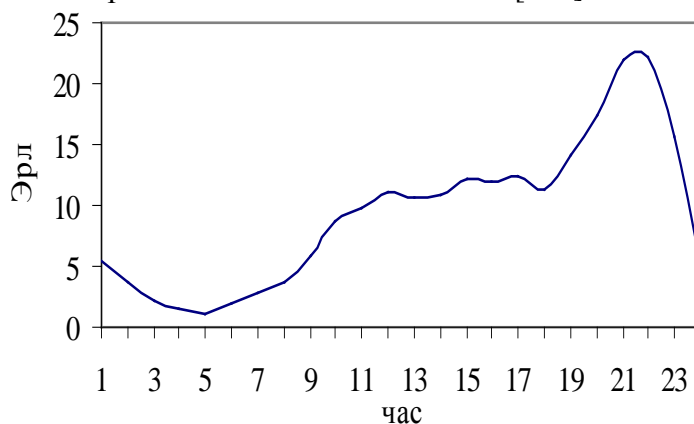


Рис. 2. Изменение интенсивности нагрузки на одном из направлений АТС г. Красноярск [8]

Кроме того, представленный на рис. 1 один из результатов работы [6], показывает наличие временного интервала, в течение которого наблюдается максимальное количество требований от пользователей. Однако, если сравнить полученные характеристики с результатами измерений на Красноярской АТС (рис. 2), можно отметить наличие практически таких же зависимостей, только для телефонии такие процессы давно известны, а временной интервал с максимальной интенсивностью нагрузки имеет название часа (периода) наибольшей нагрузки. Поэтому можно говорить о том, что повышение скоростей передачи и обработки информации привело к изменениям в масштабах таких временных параметров телекоммуникационных систем, как час наиболь-

шей нагрузки; а также, о том, что существующие информационные потоки на сетях связи обладают свойствами фрактальных объектов.

Классическими же моделями информационных потоков, используемыми в теории массового обслуживания, являются следующие модели: M – простейший поток вызовов, E_r – поток Эрланга порядка r , Γ – гамма распределение (модель потока Эрланга для дробных r). Для представления свойства самоподобных потоков предлагаются модели со следующими распределениями [5, 6]: логарифмически-нормальное, Вейбулла (W), Парето (P).

Для сравнения классического представления самоподобных потоков, как потоков с распределением Парето, имеющим так называемый тяжелый хвост, с возможными другими моделями обратимся к рис. 3, на котором представлено несколько типов основных распределений для самоподобных потоков. Из рисунка видно, что весомостовой вид имеет не только распределение Парето, но и распределение Вейбулла и гамма-распределение, но при этом обе представленные модели являются переходящими от экспоненциального (при $k=1$) к легковесным распределениям (при $k>1$) и к тяжеловесным (при $k<1$), что обеспечивает преемственность теории определения вероятностно-временных характеристик самоподобных информационных потоков и классической теории телетрафика. Такая постановка задачи позволит исследователям опираясь на базисные функции определения качественных показателей классических коммутационных систем производить оценку вероятностно-временных параметров современных телекоммуникационных систем.

Для того, чтобы получить общие результаты для систем, обслуживающих самоподобные потоки, совсем не обязательно использовать дорогостоящее оборудование. В настоящее время для проведения научных экспериментов необходимо и достаточно использовать системы имитационного моделирования. Мощным средством для проведения имитационных экспериментов над системами массового обслуживания, как моделями телекоммуникационных систем, является общецелевая система имитационного моделирования GPSS World. В таком случае исследования классических моделей необходимо только для проверки адекватности моделей построенных в данной системе. Некоторые результаты по исследованию одноканальных систем представлены в [9], где также использовался пакет GPSS World.

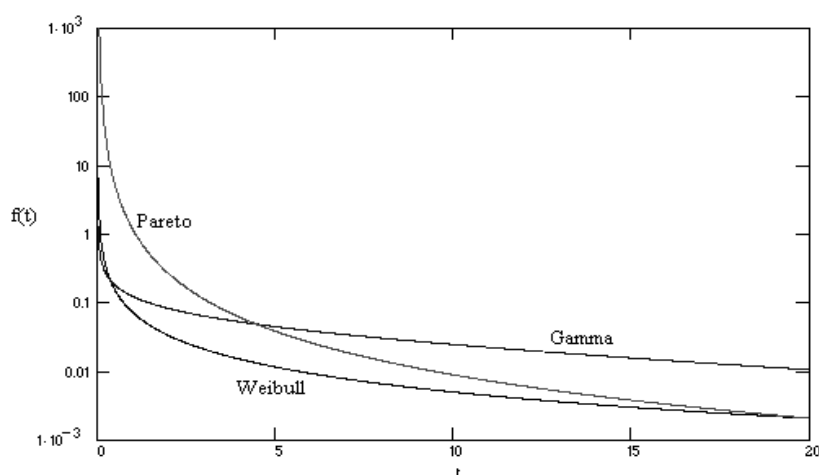


Рис. 3. Плотность распределения вероятности для некоторых моделей самоподобных процессов

В данной работе использовалась модель многоканальной коммутационной системы (число каналов 15) с экспоненциальным распределением интенсивности обслуживания (среднее время обслуживания 1) и различными потоками вызовов. Поэтому, для таких систем общее обозначение будет: $x/M/15/0$. Многоканальность коммутационной системы обеспечивается использованием памяти SYSTEM. Накопление статистики происходит в таблицу OCHE. Число потерянных вызовов определяется через блок GATE с оператором SNF (storage not full), метку OUT и накопление в ячейке poteri.

Результатом исследования являются графики представленные на рис. 4–5.

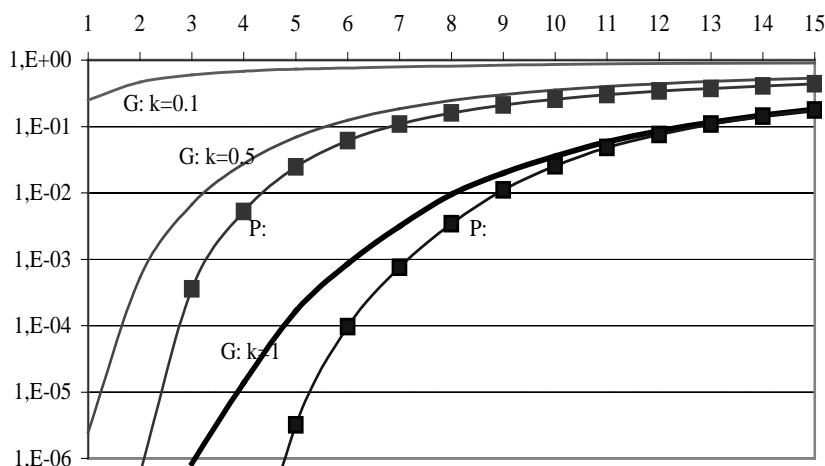


Рис. 4. Изменение вероятности потерь в зависимости от интенсивности поступления вызовов (среднее число вызовов в единицу времени) на коммутационную систему (G и P – с гамма и Парето распределением соответственно)

На рис. 4 показано изменение вероятности потерь в зависимости от интенсивности поступающего потока. Для того, чтобы была возможность сравнивать данные графики для гамма потока и потока с распределением Парето, коэффициенты, определяющие наличие «тяжелого» хвоста оставались неизменными (для гамма – k , для распределения Парето – H : самоподобие). В результате можно увидеть, что, во-первых, при отсутствии самоподобия ($H=0.5$) вероятность потерь даже ниже чем при обслуживании простейшего потока ($G: k=1$); во-вторых, при большом коэффициенте самоподобия поток Парето повышает вероятность потерь в системе на несколько порядков; в-третьих, гамма поток, при заданных условиях, не только оказывает такое же влияние на систему, что и Парето поток, но и приводит к еще большей перегрузке системы, чем поток с распределением Парето, что доказывает возможность использования в качестве модели современных информационных потоков, обладающих свойством самоподобия гамма распределения.

Кроме того, на рис. 5 представлена зависимость среднего числа занятых линий от интенсивности поступающих потоков, что также показывает возможность использования модели потока с гамма распределением, как потока с самоподобием.

В заключение следует отметить, что именно использование среды имитационного моделирования GPSS World позволило достаточно простыми средствами провести необходимые эксперименты и получить результаты пригодные для использования как в теоретическом плане: для получения аналитических выражений для расчета вероят-

ностно-временных характеристик многоканальных телекоммуникационных систем; так и в практическом, когда при эксплуатации возникнет задача оценки качества обслуживания информационного потока обладающего фрактальными свойствами. Поэтому, использование GPSS World позволяет решать задачи не только настоящего момента времени, но и с перспективой на дальнейшее развитие телекоммуникационных систем и сетей.

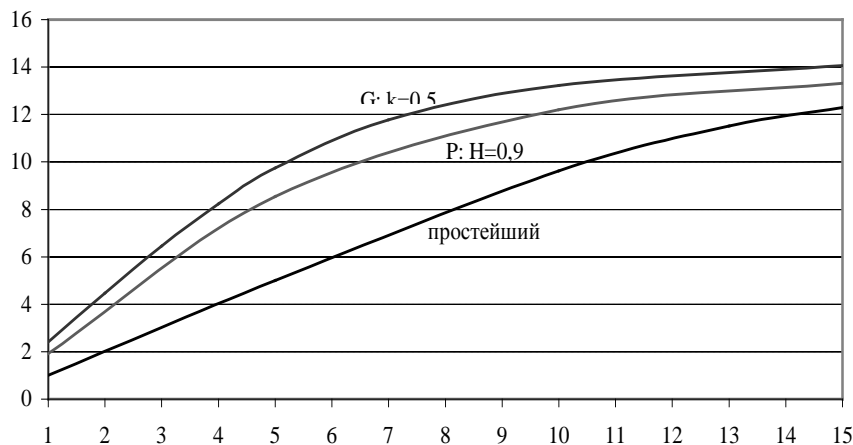


Рис. 5. Среднее число занятых линий при обслуживании различных потоков в зависимости от интенсивности поступления вызовов

Литература

1. **Л. Клейнрок.** Теория массового обслуживания: Пер. с англ. – М.: Машиностроение, 1979. – 432 с.
2. **О.М. Тихоненко.** Модели массового обслуживания в системах обработки информации. – Минск: Университетское, 1990. – 191 с.
3. **Y.Chen, Z.Deng, C.L.Williamson.** A model for self-similar Ethernet LAN traffic: design, implementation, and performance implications//Proceedings Summer Computer Simulation Conference. – Ottawa. – 1995. – P. 831–837.
4. **E.L.A.Neto, A.M. Alberti, D.S.Arantes, L.S.Mendes.** A realistic model for self-similar Etehernet LAN traffic in SimATM – an ATM network simulator: design and performance implications//Proceedings of the International Telecommunication Symposium (ITS). – 1998.
5. **V.Paxson, S.Floyd.** Wide-Area Traffic: The Failure of Poisson Modeling//IEEE/ACM Transactions on Networking. – 1995. – 3(3). – P. 226–244.
6. **A.Feldmann.** Characteristics of TCP connection arrivals//Technical report, AT&T Labs Research. – 1998.
7. **W.E.Leland, M.S.Taqqu, W.Willinger, D.V.Wilson.** On the Self-Similar Nature of Ethernet Traffic//Proceedings ACM SIGCOMM'93. – San Fransisco, CA. – 1993. – P. 183–193.
8. **Пономарев Д.Ю.** Исследование свойства самоподобия телефонной нагрузки//Тезисы докладов 7-ой Всероссийской научно-практической конференции «Проблемы информатизации региона». – Красноярск. – 2001. – С. 44–47.
9. **Пономарев Д.Ю.** Исследование моделей телекоммуникационных систем с непуассоновскими входными потоками//Современные проблемы радиоэлектроники: Сборник научных трудов/Под ред. А.В.Сарафанова. – Красноярск: ИПЦ КГТУ – 2003. – С. 420–425.