

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК АГРЕГИРОВАННОГО СЕТЕВОГО ТРАФИКА

Андрушко Ю.В.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники  
61166, Харьков, пр. Ленина 14, каф. телекоммуникационных систем  
E-mail: [starik\\_1985@mail.ru](mailto:starik_1985@mail.ru)

Abstract. The given work focuses on the results of full-scale telecommunication system modeling method. Theorem of event theory was taken as baseline of modeling, according to which summary data flow which consists of large amount of independent flows has Gaussian distribution.

Важным этапом разработки моделей и методов обеспечения гарантированного качества обслуживания (QoS) в телекоммуникационных сетях (ТКС) является их экспериментальное исследование. Цель подобного исследования состоит в решении следующих задач:

- проверка адекватности предложенных моделей и метода с проверкой принятых допущений, предположений и выдвинутых гипотез, обоснованием достоверности и границ применения полученных решений;
- оценка эффективности разработанных моделей и метода с точки зрения принятых показателей с определением вариантов их наиболее рационального использования;
- выработка научно-методических рекомендаций по практической реализации предложенных моделей и метода в конкретных условиях эксплуатации современных и перспективных телекоммуникационных систем.

С целью получения целостной картины при решении перечисленных задач необходимо использование взаимодополняющих друг друга методов аналитического и имитационного моделирования, а также средств натурального эксперимента. Натурный эксперимент позволяет получить наиболее достоверные результаты исследований, однако для его результативного проведения необходимо располагать не только реальным сетевым оборудованием, но и возможностью изменения его алгоритмов функционирования в соответствии с параметрами исследуемой модели ТКС.

Необходимым условием проведения экспериментальных исследований является наличие системы показателей эффективности изучаемой модели функционирования телекоммуникационной системы. Основным требованием к подобного рода показателям является их ориентация на оценку качества решаемых с помощью изучаемой модели прикладных задач с целью их дальнейшего сравнения с полученными ранее результатами.

Учитывая современные тенденции развития ТКС и переход к сетям следующего поколения NGN, ключевыми становятся задачи обеспечения качества обслуживания трафика QoS, в рамках которой выделяется ряд подзадач, например, многопутевой маршрутизации, балансировки нагрузки и распределения сетевых, в том числе и канальных ресурсов. Наиболее часто используемыми показателями качества обслуживания трафика данных, являются временные параметры (задержка, джиттер), скоростные (эффективная скорость передачи) и вероятностные (вероятность потери пакета). Данные показатели могут использоваться и в качестве оценок эффективности тех моделей и методов решения задачи, в результате применения которых достигается данное качество обслуживания. Способ получения численных значений выбранных показателей эффективности зависит от способа моделирования: в ходе аналитических исследований они рассчитываются в соответствии с известными математическими выражениями, при проведении натурального эксперимента количественные значения показателей будут получены в результате статистической обработки обслуживаемого нагрузочного потока передаваемых данных.

В целях статистической обработки нагрузочного потока, как, впрочем, и для генерации трафика, в ходе натурального моделирования может быть применен установленный на конечных станциях программный пакет нагрузочного тестирования телекоммуника-

ционной сети IxChariot, разработанный компанией Ixia. Важными особенностями данного пакета являются возможность визуализации полученных результатов в виде графиков; широкий выбор источников трафика, представляющих собой набор скриптов для наиболее широко используемых в ТКС протоколов и приложений; возможность генерации нескольких потоков разнородного трафика из одного узла; возможность применения пакета на мобильных платформах, а так же возможность гибкой настройки скрипта в соответствии с требуемыми параметрами экспериментального трафика. Как альтернатива коммерческой программы IxChariot, может применяться свободно распространяемый консольный генератор трафика DITG, который не поддерживает непосредственную визуализацию и интерпретацию результатов, однако является удобным при необходимости задания строго определенных математических характеристик передаваемой информации.

Благодаря использованию методик, предложенных в [1], был получен ряд практических результатов, позволяющих оценить адекватность различных аналитических моделей, описывающих как динамику информационного обмена в телекоммуникационной сети в целом, так и различных составляющих телекоммуникационной системы. В частности, на базе лаборатории систем распределения информации кафедры телекоммуникационных систем ХНУРЭ, было произведено исследование на натуральных моделях телекоммуникационной системы временных и вероятностных характеристик агрегированного потока трафика данных. Целью данного эксперимента была проверка одной из теорем теории потоков, аналогичной центральной предельной теореме, однако рассматривающей суммирование не случайных величин, а потоков событий.

В эксперименте рассматривается суммарный поток, составленный из большого числа независимых потоков, ни один из которых не оказывает преобладающего влияния на суммарный поток. С помощью источника генерировался поток UDP пакетов с экспоненциальным распределением интенсивности отправления пакетов и их размера. Протокол UDP был выбран в связи с необходимостью исследования характеристик агрегированного потока без учета показателей отдельных «микротоков». Использование TCP, особенно на линиях с высоким значением задержки, привело бы к множественным повторным передачам потерянных пакетов и искажениям конечных результатов. Учитывая, что эксперимент проводился для исследования параметров магистральных участков сети, вопросы, связанные с исправлением ошибок, сбора фрагментированных пакетов, не рассматривались, предполагая, что они решаются оконечными системами. Экспоненциальное распределение было выбрано, так как оно наиболее точно отображает характеристики объединенного трафика. Вероятностная модель, приводящая к такому распределению – "поток событий", т.е. последовательность событий, происходящих одно за другим в какие-то моменты времени. Примерами могут служить поток вызовов на телефонной станции, поток отказов оборудования в технологической цепочке; поток отказов изделий при испытаниях продукции.

В ходе эксперимента производились измерения основных сетевых характеристик – потеря и задержек пакетов. Анализ и обработка результатов эксперимента проводилась в среде Matlab6.5. В результате декодирования информации, содержащейся в файле отчета программы-генератора, были получены показатели задержек в передаче, а так же количество потерянных пакетов (рис. 1 а, б). В результате анализа значений задержек в обслуживании пакетов и количества потерянных пакетов, было определено, что их значения могут быть аппроксимированы нормальным законом распределения.

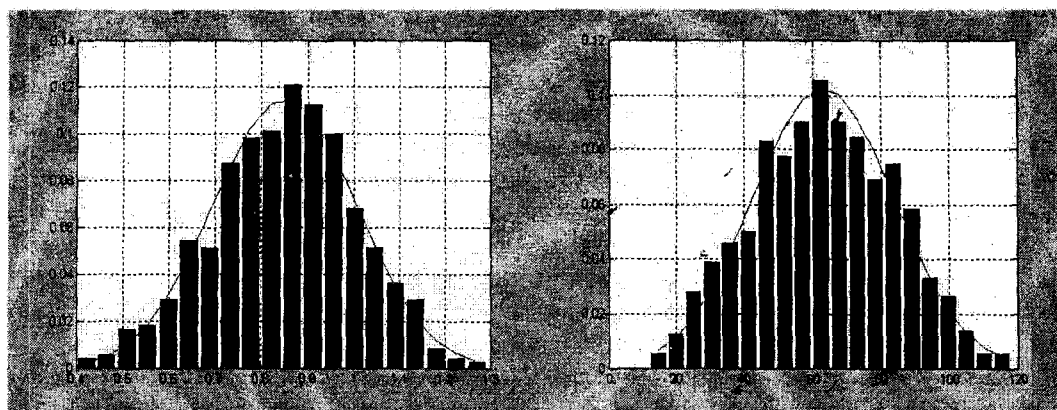


Рис. 1. Плотность распределения задержек (а) и потерь пакетов (б).

Была проведена проверка полученных практических результатов на принадлежность к нормальному закону распределения. Из большого количества критериев в исследовании были выбраны два – проверка по правилу трех сигм и критерий хи-квадрат Пирсона. Проверка распределения задержек и потерь пакетов показала, что выдвинутая гипотеза о нормальности их распределения подтверждается с точки зрения критерия трех сигм и имеет доверительное значение по критерию хи-квадрат более 0,7 в обоих случаях.

Проведенный эксперимент позволяет сделать вывод о применимости с достаточно высоким уровнем достоверности гипотезы о нормальном законе распределения агрегированного потока данных при количестве одновременно активных источников не ниже 20. Данная ситуация имеет место в мультисервисных магистральных сетях, где реальное число одновременно передающихся потоков достигает нескольких тысяч.

Полученный результат весьма важен для математического моделирования процессов информационного обмена в телекоммуникационной сети в целом, так как наличие адекватной математической модели агрегированного трафика является необходимым условием обеспечения адекватности модели ТКС в целом.

#### Литература:

1. Симоненко Д.В., Андрушко Ю.В., Тугай А.В. Методика проверки достоверности моделей многопутевой маршрутизации с использованием сетевого оборудования компании Cisco Systems // 11-й міжнародний молодіжний форум «Радіоелектроніка і молодь в ХХІ ст.»: Зб. матеріалів форуму. – Харків: ХНУРЕ, 2007. ч.1. с.