

ПРЕДИСЛОВИЕ

Цель книги. Методы и результаты анализа телетрафика применяются для оптимального распределения телекоммуникационного ресурса, выделенного для оказания услуг абонентам связи. Эти методы, в основном, базируются на теории систем массового обслуживания (СМО) и до настоящего времени не утратили своего ведущего положения.

В классической теории СМО основополагающим является предположение о взаимной независимости событий. Переход на новые технологии связи, основанные на принципах пакетной коммутации, существенно изменил свойства телекоммуникационного трафика. Особенности изменения свойств произошли в трафике мультисервисных сетей доступа. Это привело к существенным ошибкам при его анализе традиционными методами СМО, не учитывающими пачечный характер трафика.

Имеется множество публикаций, учитывающих свойства мультисервисного трафика. Результаты исследований, отраженные в этих публикациях, свидетельствуют о том, что подход к анализу трафика с использованием моделей СМО не утратил своего значения и после соответствующей интерпретации характеристик может использоваться для расчета ряда показателей современных сетей связи

Одним из методов, позволяющих произвести соответствующие уточнения и обобщения некоторых результатов теории СМО для коррелированных потоков заявок общего вида, является разработанный автором метод анализ интервальных характеристик трафика. Основы указанного метода излагались автором на лекционных и практических занятиях магистрантов и аспирантов. Комплекс исследовательских лабораторных работ с использованием разработанной системы анализа трафика дает возможность применения полученных результатов при решении практических задач.

Предлагаемая книга имеет целью ознакомить с новым методом анализа телетрафика аспирантов, магистрантов и студентов вузов, специализирующихся в области телекоммуникаций.

Структура книги. Книга состоит из одиннадцати глав и приложения. Материал глав требует последовательного ознакомления.

Последующие главы имеют ссылки на материал предыдущих глав.

В *первой* главе рассматриваются особенности мультисервисного трафика, исследуется предлагаемая модель и обсуждаются некоторые его характеристики.

Вторая глава посвящена рассмотрению процессов формирования и обслуживания очередей. Эти процессы анализируются на основании приведенного уравнения баланса. Рассмотрены вопросы временных задержек, мультиплексирования, приоритизации мультисервисного трафика и многоканальные СМО.

Третья глава посвящена анализу корреляционных свойств потоков мультисервисного трафика. Рассматриваются свойства самоподобия и агрегирование потоков.

Четвертая глава посвящена аппроксимации полученных зависимостей. Рассматриваются полиномиальная и степенные аппроксимации прямых и обратных зависимостей размеров очередей.

Пятая глава посвящена использованию гамма-функций для характеристики распределений потоков заявок на интервалах обслуживания. Вводятся понятия образующих функций, гиперпуассоновских и гипергамма распределений вероятностей чисел заявок на интервалах обслуживания.

Шестая глава посвящена рассмотрению протоколов доступа сетевой модели TCP/IP и других протоколов управления логическим каналом, протоколов межсетевого и транспортного уровней, протоколов управления и передачи гипертекстов.

В *седьмой* главе рассматриваются средства мониторинга и анализаторы протоколов. Основное внимание уделено описанию работы и изучению основных возможностей открытого анализатора протоколов WireShark. Рассмотрена последовательность подготовки данных, полученных с использованием программы WireShark.

Восьмая глава посвящена рассмотрению планирования и расчета трафика сегмента доступа мультисервисной сети. Рассмотрены принципы проектирования и коммутации сетей доступа.

В *девятой* главе приводится подробное описание разработанной под руководством автора программной системы анализа интервальных характеристик трафика мультисервисных сетей доступа. Приводятся математические модели и основные функциональные характеристики отдельных элементов системы.

В *десятой* главе приводятся методические указания к выполнению комплекса лабораторных работ с использованием программы WireShark по исследованию трафика с различными протоколами передачи трафика. Рассмотрена возможность дистанционного

анализа трафика.

Одиннадцатая глава посвящена рассмотрению комплекса лабораторных занятий по исследованию характеристик потоков заявок различного вида с применением разработанной программной системы анализа интервальных характеристик трафика мультисервисных сетей доступа. Исследуются потоки трафика от видеокодеков, потоки с гамма-распределением.

Источники. Книга базируется на материале курса лекций, прочитанного автором для магистрантов в Поволжском университете телекоммуникаций и информатики. При подготовке книги использовались результаты научных исследований, проведенных автором и его учениками.

В книге также используются материалы, связанные с описаниями протоколов и программы WireShark, ссылки на которые указаны в списке литературы.

Кому предназначена книга. Автор полагает, что книга может быть полезна преподавателям технических вузов при подготовке курсов лекций по анализу и моделированию трафика мультисервисных сетей связи.

Книга может служить учебным пособием для аспирантов и магистрантов, а также студентов соответствующих специальностей при выполнении ими лабораторного практикума, курсового и дипломного проектирования.

Благодарности. Автор выражает благодарности руководству Поволжского государственного университета телекоммуникаций и информатики и коллективу кафедры МСИБ за поддержку при написании этой книги. Отдельная благодарность С.Ю. Анцинову и А.В. Харьковскому за подготовку программного текста системы АМС.

ВВЕДЕНИЕ

Трафик мультисервисных сетей связи (МСС) очень неоднороден и носит пачечный характер. Особенно это относится к трафику сетей доступа. Поэтому на границах сетей оператор вынужден очень четко контролировать неравномерность трафика, определяя его пиковые значения. Неравномерность трафика приводит к возникновению очередей в коммутаторах, причем коммутаторы рассматриваются как некоторые системы массового обслуживания (СМО). При анализе СМО обычно рассматриваются две вероятностные характеристики: распределение вероятностей интервалов между соседними заявками и не зависящее от него распределение вероятностей длительности времен обслуживания заявок. В качестве заявок рассматривается поток пакетов, а в качестве времени обслуживания — время передачи пакета.

Неравномерность трафика может вызвать появление больших очередей, требует больших дополнительных объемов памяти и может вызвать большие задержки при обслуживании трафика в коммутаторах. Основным соотношением, определяющим размер очередей в системах массового обслуживания, является известная формула Хинчина–Поллачека [1, 2], устанавливающая зависимость между средним размером очереди и коэффициентом загрузки системы. Особенно следует отметить, что средние размеры очередей зависят, по отдельности, не от распределения интервалов между заявками и распределения интервалов обработки, а от их совокупности, а именно от распределения заявок, поступающих в течение интервалов обработки каждой из них. Указанная величина характеризует изменение коэффициента загрузки системы. Зависимость эта нелинейная, и при больших коэффициентах загрузки очереди резко возрастают. Целью контроля трафика и является недопущение образования очередей и, как следствие, возникновения больших задержек. Нелинейный характер зависимости очередей от загрузки вызывает трудности при мультиплексировании трафика. Формула Хинчина–Поллачека справедлива только для пуассоновских потоков. Поэтому возникает необходимость нахождения зависимостей, пригодных для определения размеров очередей в системах с потоками общего вида. Такие зависимости были получены в результате применения

рассматриваемого ниже интервального метода, основанного на определении чисел заявок, поступающих в течение интервалов обслуживания. Вместо анализа использовавшихся ранее двух вероятностных распределений, предлагается анализировать одну характеристику — распределение вероятностей коэффициентов загрузок, при этом вводится такое понятие, как мгновенный коэффициент загрузки. Под мгновенным коэффициентом загрузки понимается число заявок, поступающих в течение интервала обслуживания одной заявки. При этом в течение указанного интервала может поступить более одной заявки, а также не поступить ни одной заявки. Полученная случайная величина считается мгновенным коэффициентом загрузки, а ее математическое ожидание является коэффициентом загрузки в обычном понимании этого слова. Характерно, что коэффициент загрузки растет строго пропорционально увеличению среднего интервала обработки заявок вне зависимости от характера исследуемого потока.

Итак, первым наиболее важным положением является предложение исследовать не две случайные величины, а одну — мгновенный коэффициент загрузки. Эта случайная величина дает полную информацию о возможных очередях системы массового обслуживания.

Вторым положением для любых потоков является установление пропорциональной зависимости среднего размера очереди от дисперсии и коэффициентов корреляции этой случайной величины.

Третьим важным положением, полученным при исследовании формулы Хинчина–Поллачека одноприборных систем массового обслуживания, является установление независимости функции ее знаменателя от характера потока заявок.

Анализу трафика МСС посвящено большое число самых различных публикаций, и предлагаемая работа, несомненно, является одной из многих. Однако полученные в ней аналитические соотношения позволяют охарактеризовать трафик различных приложений МСС с единых позиций, а сами характеристики непосредственно определяют средние размеры возникающих очередей.