

Введение

Учебное пособие написано по материалам семестрового курса лекций «Анализ производительности сетей и систем связи», который читается студентам магистратуры 2-го курса МТУСИ, обучающимся по направлению подготовки 11.04.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи» (магистратура). Целью данного пособия является формирование у студентов умений и навыков, которые позволят им решать задачи научно обоснованного планирования требуемой по нагрузке и качеству обслуживания пропускной способности сетей и систем связи при обслуживании трафика сервисов передачи данных, допускающих задержку в процессе транспортировки по сети. Пособие содержит много примеров и диаграмм, поясняющих использование моделей и алгоритмов оценки характеристик качества обслуживания поступающих заявок на пересылку данных и состоит из трех разделов. В конце каждого раздела приведены упражнения, позволяющие читателю проверить понимание материала и получить определенные навыки его применения.

Материал по разделам распределён следующим образом. В первом разделе обсуждаются основные концептуальные моменты, относящиеся к построению и анализу моделей систем связи. Выполнен анализ основных этапов, из которых состоит стандартное исследование в области теории телетрафика: построение функциональной модели системы связи, формулировка предположений о характере поступления и обслуживания информационных сообщений и выбор метрики для оценки показателей качества работы системы. Анализируются особенности формализованного описания процесса поступления

и обслуживания заявок на получение разного рода инфокоммуникационных услуг. Результатом этих построений является математическая модель, позволяющая оценить характеристики работы исследуемой системы связи. Фундаментальную роль при ее построении играют случайные величины, имеющие экспоненциальное распределение. Большинство расчётных алгоритмов, применяемых в теории телетрафика, основаны на составлении и последующем решении системы уравнений равновесия. Эта возможность появляется при использовании марковских процессов для описания динамики изменения во времени состояний исследуемой системы связи. Рассмотрены особенности их построения и анализа. Приведены фундаментальные соотношения и результаты, которые играют ключевую роль в изучении моделей теории телетрафика.

Во втором разделе приведены результаты, относящиеся к построению и исследованию моделей с очередями. В теории телетрафика модели с ожиданием составляют особое семейство, предназначенное для анализа процесса обслуживания заявок на передачу данных с возможностью задержки в узлах коммутации. В подобных системах пересылаемая информация представляет собой дискретный поток сообщений (пакетов), которые обрабатываются в узлах с целью дальнейшей транспортировки по сети. В силу относительной простоты процесс обработки сообщений в узле часто описывается с использованием одного обслуживающего устройства. Это упрощает анализ модели и в некоторых ситуациях даёт возможность найти аналитические выражения для оценки разнообразных характеристик качества обслуживания сообщений. Полученные результаты также нашли свое применение при оценке характеристик обслуживания трафика данных, обладающего свойством эластичности.

В ряде случаев передача трафика данных может быть выполнена с переменной скоростью без потери качества предоставляемого сервиса. Теоретические и практические вопросы реализации сформулированного способа динамического распределения ресурса передачи информации при совместном обслуживании трафика современных коммуникационных приложений рассмотрены в третьем разделе. Трафик с указанными

ми характеристиками появляется при просмотре веб-страниц, скачивании файлов, использовании электронной почты и т. д. Для его пересылки по сети может быть выделен весь ресурс, оставшийся свободным от пропуска трафика сервисов реального времени. Обычно ресурс передачи информации делится поровну между всеми заявками, находящимися на обслуживании, но могут использоваться и преимущественные схемы его назначения. Перераспределение ресурса происходит в моменты времени, определяемые используемым механизмом адаптации скорости пересылки информации к условиям обслуживания заявок. Динамический способ разделения канального ресурса позволяет значительно повысить его загрузку. Этот эффект имеет особую важность для сотовых сетей подвижной связи из-за ограниченности диапазона радиочастот, выделяемых для образования радиоканалов. По оценкам экспертов выигрыш может составить несколько десятков процентов от общего числа единиц ресурса передачи информации. Отмеченный эффект получен в результате использования процедур управления трафиком, которые ускоряют передачу данных в те моменты времени, когда ресурс частично или полностью освобождается от пересылки трафика сервисов реального времени. Действие указанных процедур анализируется на шкале времени, соответствующей моментам поступления заявок. Основными показателями качества обслуживания трафика данных являются доля потерянных заявок, доступная скорость передачи и среднее время пересылки информационного сообщения.