Некоммерческое
акционерное
общество

АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ ИМЕНИ ГУМАРБЕКА ДАУКЕЕВА

Кафедра
Телекоммуникационных
сетей и систем

МУЛЬТИСЕРВИСНЫЕ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ СЕТИ

Методические указания к выполнению расчетно - графических работ для магистрантов специальности 6М071900 – Радиотехника, электроника и телекоммуникации

Алматы 2019

СОСТАВИТЕЛИ: Туманбаева К.Х., Гармашова Ю.М. Мультисервисные телекоммуникационные сети. Методические указания к выполнению расчетно - графических работ для магистрантов специальности 6М071900 – Радиотехника, электроника и телекоммуникации - Алматы: АУЭС, 2019. - 20 с.

Методические указания содержат исходные данные и рекомендации для выполнения расчетно-графических работ по дисциплине «Мультисервисные телекоммуникационные сети». Выполнение работ позволяет приобрести навыки применения теоретических знаний, решения инженерных задач, анализа работы мультисервисных сетей.

Ил.2, табл. 4, библиогр. – 9 назв.

Рецензент: Мусапирова Г.Д., зав. кафедрой электротехники, доцент, к.т.н.

Печатается по плану издания некоммерческого акционерного общества «Алматинский университет энергетики и связи» на 2019 г.

© НАО «Алматинский университет энергетики и связи», 2019 г.

Введение

По дисциплине «Мультисервисные телекоммуникационные сети» согласно учебному плану выполняются три расчетно-графические работы.

Тема первой работы: «Расчет характеристик качества обслуживания в мультисервисных сетях». В работе представлены две задачи, при решении которых необходимо учитывать, что в мультисервисной сети в одном информационном потоке передается разнородный трафик. Расчет характеристик качества обслуживания проводится с учетом данных особенностей.

Тема второй работы: «Самоподобный трафик». В работе раскрывается понятие самоподобного трафика современных IP сетей,рассматривается метод моделирования самоподобного трафика. определяется параметр Хёрста методом R/S статистики.

Тема третьей работы «Система глубокого анализа пакетов DPI». В первом задании данной работы необходимо описать алгоритм работы системы DPI (Deep Packet Inspection), реализующей глубокий анализ пакетов. Во втором задании необходимо вычислить вероятностно-временные характеристики системы DPI. Построить график зависимости времени задержки пакета в системе DPI от интенсивности поступающего потока пакетов λ.

Номера вариантов определяются по порядковому номеру в списке журнала группы.

1 Задания к расчетно-графическим работам

1.1 К работе № 1. Расчет характеристик качества обслуживания в мультисервисных сетях

Задание 1. Пусть V - число стандартных цифровых каналов доступа B со скоростью 64 кбит/с. На пучок из V каналов поступают вызовы двух категорий. Известен профиль трафика A1:A2:A3 для доступа B1:B2:B3 соответственно. Требуется определить общие и индивидуальные потери вызовов при исходных данных, представленных для каждого варианта.

Исходные данные для своего варианта определить из таблицы 3.1.

Задание 2. На мультисервисную сеть поступают вызовы трех категорий. Определить показатели качества обслуживания при известном профиле трафика и заданной величине поступающей нагрузки.

Исходные данные для своего варианта определить из таблицы 3.2.

1.2 К работе №2. Самоподобный трафик

Задание 1. Раскрыть понятие самоподобного трафика в IP – сетях, изложить метод моделирования самоподобного трафика, основанного на ON/OFF процессе.

Задание 2. Расчет параметра Херста методом R/S статистики.

1.3 К работе №3. Система глубокого анализа пакетов DPI

Задание 1. Описать алгоритм работы системы DPI (Deep Packet Inspection), реализующей глубокий анализ пакетов.

Задание 2. Расчет вероятностно-временных характеристик системы DPI и оценка их влияния на качество обслуживания в мультисервисной сети. Построить график зависимости времени задержки пакета в системе DPI от интенсивности поступающего потока пакетов λ.

2 Методические указания

2.1 К работе №1. Расчет характеристик качества обслуживания в мультисервисных сетях

2.1.1 Методические указания к первому заданию.

Одной из главных задач при построении современных МСС является предоставление требуемого качества обслуживания (QoS) различным видам трафика. Специфика пакетных сетей состоит в том, что, в отличие от сетей с коммутацией каналов, в одном и том же информационном потоке может передаваться разнородный трафик. При этом каждый из типов трафика характеризуется рядом критичных и некритичных параметров. Для передачи

голосового трафика через пакетные сети вводится понятие классов обслуживания, позволяющих оценить качество предоставления услуги в пакетной сети. Определение качества обслуживания в настоящий момент является субъективным и базируется на методе экспертных оценок, т. е. априори невозможно абсолютно гарантировать, что при проектировании сети будут заложены сетевые характеристики, позволяющие однозначно обеспечить требуемое качество. С другой стороны, пакетные сети имеют развитые механизмы обеспечения качества обслуживания, использование которых позволяет влиять на предоставление услуг связи в процессе эксплуатации. При этом имеется в виду, что технические характеристики сети позволяют использовать такие механизмы.

Для решения задачи, поставленной в первом задании, необходимо выполнить следующее:

1) Определяем общую нагрузку на каналы от источников двух категорий по каналам:

$$y = \sum_{i=1}^{2} N_i \cdot \lambda_i \cdot h_i \cdot m_i = 54 \cdot 0.1 \cdot 1 \cdot 1 + 21 \cdot 0.2 \cdot 2 \cdot 3 = 306 \ .$$

2) При поступлении вызовов от источников разных категорий формулы будут справедливы для дисперсии нагрузки на каналы, которая создается вызовами i-категории,i=1,2. Определяем дисперсию нагрузки:

$$D[y] = \sum_{i=1}^{2} N_i \cdot \lambda_i \cdot h_i \cdot m^2{}_i = 54 \cdot 0.1 \cdot 1 \cdot 1^2 + 21 \cdot 0.2 \cdot 2 \cdot 3^2 = 81 \ .$$

3) Нагрузка, у которой дисперсия больше математического ожидания, получила название скученной. Скученная нагрузка создается так называемым потоком вызовов, которые потеряны на пучке А и поступают для обслуживания на другой пучок В.Этот поток является прерывистым, так как на пучок В вызовы могут поступать только при условии, что в пучке А отсутствуют свободные соединительные устройства.

Скученность z нагрузки измеряется отношением дисперсии нагрузки D к ее математическому ожиданию y:

$$z = \frac{D[y]}{y} = \frac{81}{30.6} = 2.64 \ .$$

4) Вероятность средних потерь для любого поступившего вызова определяется по формуле Хейворда :

$$\pi = E_{v/z}(y/z) = E_{v'}(A');$$

$$P = \frac{\frac{A^{'}}{V!}}{\sum_{x=0}^{v} \frac{A^{x}}{x!}}; \quad P = E_{v'}(A^{'}),$$

где A=y/z=30,6/2.64=12, V=v/z= 36/2,64=14.

Пункт 4 должен быть выполнен с помощью программы на алгоритмическом языке. В отчете представить листинг программы и результаты её работы.

5) Вероятность потерь вызовов для источников первой и второй категории соответственно:

$$\pi_i = m_i/z \cdot \pi = 1/2.64 \cdot 0.12 = 0.045;$$

$$\pi_2 = m_2/z \cdot \pi = 3/2{,}64 \cdot 0.12 = 0.136.$$

2.1.2 Методические указания ко второму заданию.

Для решения задачи, поставленной во втором задании, необходимо выполнить следующее:

1) В соответствии с заданным профилем трафика определим составляющие нагрузки по вызовам для источники второй и третий категории:

$$A_2 = \frac{A_1}{A2} = \frac{80}{10} = 8;$$

$$A_{30} = \frac{A_2}{A2} = \frac{8}{10} = 0.8.$$

2) Коэффициент скученности нагрузки определим как среднее взвешенное число каналов, которое требуется для обслуживания вызова i-й категории:

$$z = \overline{m} = \frac{\sum_{i=1}^{3} \lambda_i \cdot h_i \cdot m_i}{\sum_{i=1}^{3} \lambda_i \cdot h_i} = \frac{\sum_{i=1}^{3} A_i \cdot m^2{}_i}{\sum_{i=1}^{3} A_i \cdot m_i} = \frac{60 \cdot 2^2 + 10 \cdot 2^2 + 1 \cdot 40^2}{60 \cdot 2 + 10 \cdot 2 + 1 \cdot 40} = 10.44 .$$

3) Интенсивность нагрузки на каналы:

$$y = \sum_{i=1}^{3} A_i \cdot m_i = 60 \cdot 2 + 10 \cdot 2 + 1 \cdot 40 = 180 .$$

4) Вероятность средних потерь для любого поступившего вызова определяется по формуле Хейворда:

$$\pi = E_{v/z}(y/z) = E_{v'}(A^{'});$$

$$P = \frac{\frac{A^{'}}{V!}}{\sum_{x=0}^{v} \frac{A^{x}}{x!}}; \quad P = E_{v^{'}}(A^{'}),$$

где A=y/z=180/10.44=17, V=v/z= 190/10.44=18.

Пункт 4 должен быть выполнен с помощью программы на алгоритмическом языке. В отчете представить листинг программы и результаты её работы.

5) Потери по вызовам для источников каждой категории:

$$\pi_i = m_i/z \cdot \pi = 2/10.44 \cdot 0.14 = 0.026;$$

$$\pi_2 = m_2/z \cdot \pi = 2/10.44 \cdot 0.14 = 0.026;$$

$$\pi_{30} = m_3/z \cdot \pi = 40/10.44 \cdot 0.14 = 0.536.$$

2.2 К работе №2. Самоподобный трафик

2.2.1 Методические указания к первому заданию.

При анализе фкнкционирования мультисервисной сети и оценке показателей качества обслуживания QoS (Quality of Service) применяется математическое моделирование. Одной из задач при анализе работы сетевых узлом является моделирование входного трафика [1]. При аналитическом моделировании входного трафика часто используются методы теории телетрафика, теории систем массового обслуживания (СМО). Имитационное моделирование входного трафика и процессов его обслуживания в мультисервисной сети осуществляется в специальных системах имитационного моделирования таких, как GPSS World. OpNet, NS3 и др.

Наиболее распространенной моделью потока заявок (входной трафик, в котором заявками могут быть вызовы или пакеты), как вам известно, является простейший поток [2,3,4].

Простейший поток заявок описывается формулой Пуассона:

$$P_i(t) = \frac{(\lambda t)^i}{i!} e^{-\lambda t},$$

где P_i (t) – вероятность поступления i заявок в промежутке времени t;

λ - интенсивность потока заявок, число заявок поступающих в единицу времени.

Простейший поток заявок, его иногда называет пуассоновским, имеет следующие свойства:

1) Промежутки между поступлениями вызовов являются случайными величинами и распределяются по показательному закону:

$$F(t)=P(z>t)=1-P_0(t)=1-e^{-\lambda t}.$$

2) Математическое ожидание величины промежутка между соседними вызовами z равно среднеквадратическому отклонению этой величины:

$$Mz = \sigma z = 1/\lambda,$$

совпадение этих величин используют для проверки того, что случайная величина z распределяется по показательному закону.

3) Математическое ожидание числа вызовов i за промежуток времени t равно дисперсии, то есть:

$$Mi = Di = \lambda t,$$

равенство этих величин используют на практике, при проверке соответствия реального потока заявок простейшему потоку.

4) При объединении нескольких независимых простейших потоков образуется также простейший поток с параметром, равным сумме параметров входных потоков:

$$\lambda = \lambda_1 + \lambda_2 + ... + \lambda n.$$

5) При разъединении поступающего простейшего потока с параметром λ на n направлений образуются n простейших потоков.

В системе GPSS World для генерации входного трафика есть специальный блок GENERATE. При моделировании простейшего потока используем его первое из перечисленных здесь свойств, а именно то, что промежутки между соседними заявками будут распределены по экспоненциальному закону.

Блок будет записан в следующем виде:

GENERATE (Exponential(1,0,t)),

где Exponential(1,0,t) – стандартная функция GPSS World;

t – среднее значение интервала времени между поступлениями соседних заявок.

Потоки вызовов от абонентов фиксированной или мобильной связи являются простейшими. Но когда мы моделируем потоки пакетов в мультисервисной сети нужен другой подход.

В 1993 году группа американских исследователей W.Leland, M.Taqqu, W.Willinger и D.Wilson [3] опубликовали результаты своей новой работы, которая в корне изменила существующие представления о процессах, происходящих в телекоммуникационных сетях с коммутацией пакетов. Эти исследователи изучили трафик в информационной сети корпорации Bellcore и обнаружили, что потоки в ней нельзя аппроксимировать простейшими и, как следствие, они уже имеют совершенно иную структуру, чем принято в

классической теории телетрафика. В частности, было установлено, что трафик такой сети обладает так называемым свойством самоподобия., т.е. выглядит качественно одинаково при почти любых масштабах временной оси, имеет память (последействие), а также характеризуется высокой пачечностью.

Исследования показали, что мультисервисный трафик обладает свойством самоподобия, что оказывает влияние при расчете показателей качества обслуживания. Следовательно, для получения более точных оценок показателей качества обслуживания необходима разработка моделей трафика с учетом самоподобия.

Свойством самоподобия обладают фракталы. Термин «фрактал» был введен Бенуа Мандельбротом в 1975 году. Слово образовано от латинского слова *fractus* – состоящий из фрагментов. Фрактал можно разбить на сколь угодно малые части так, что каждая часть окажется просто уменьшенной частью целого [3,6]. В технической литературе вместо термина «фрактальность» иногда используют слово «самоподобность».

Для наглядной интерпретации особенностей поведения трафика в пакетных сетях наиболее предпочтительным является моделирование трафика типа ON/OFF [3], который может быть использован при описании пульсирующей структуры трафика.

Протекающему во времени стационарному случайному процессу восстановления, у которого интервалы между точками — независимые случайные величины, имеющие одинаковую плотность распределения, можно придать колебательную форму. Пусть началу интервала ON соответствует какая-либо точка. Тогда следующей точке будет соответствовать окончание интервала ON и наступление интервала OFF. В результате получаем последовательность чередующихся ON/OFF интервалов, длительности которых случайны, независимы и для каждого ON и OFF интервала одинаково распределены.

Важнейшим параметром, характеризующим степень самоподобия, является параметр Херста (Hurst) H. Используя значение показателя Херста H, выделяют три типа случайных процессов:

1) 0<=H<=0,5 - случайным процесс является антиперсистентным, или эргодическим, рядом, который не обладает самоподобием.

2) H = 0,5 - полностью случайный ряд, аналогичный случайным смещениям частицы при классическом броуновском движении.

3) H > 0,5 - персистентный (самоподдерживающийся) процесс, который обладает длительной памятью и является самоподобным.

Для моделирования чередующихся ON/OFF интервалов используют распределение Парето [3,5].

Функция закона распределения Парето имеет вид:

$$F(t) = 1 - \left(\frac{k}{t}\right)^{\alpha}, \; k>0, \; t>0, \; \alpha>0,$$

где t - интервал времени между поступлениями запросов на сервер;

k - коэффициент;

α - параметр распределения Парето.

В работах [3,5] также показано, что при моделировании самоподобного потока можно учитывать величину параметра Херста. Зависимость между параметром Херста H и параметром распределения Парето α имеет вид:

$$\alpha = 3 - 2H,$$

где H – параметр Херста.

В данном задании приведите методы моделирования самоподобного трафика.

В системе GPSS World с помощью следующей программы [5] необходимо получить данные по самоподобному трафику. В программу нужно вставить значение параметра α, определив значение параметра Херста H для вашего варианта из таблицы 3.3.

```
ALFA        EQU 1.4
TL1         EQU 5000
TM1         EQU 1000
TL2         EQU 100
AGGM        EQU 1
USTR        STORAGE 100
PACK        FVARIABLE X$SUM1/X$I1
DPPARETO    FVARIABLE PARETO(1,1,ALFA)
DPPARETOL   FVARIABLE TL1#PARETO(1,1,ALFA)
DPPARETOM   FVARIABLE TM1#PARETO(1,1,ALFA)
TAB1        TABLE V$PACK,0,1,100
            INITIAL X$SUM1,0
            INITIAL X$I1,0
            INITIAL X$L3,0
            GENERATE V$DPPARETO,,,35
MET1        ADVANCE V$DPPARETOL
            ENTER USTR
            ADVANCE V$DPPARETOM
            LEAVE USTR
            TRANSFER ,MET1
            GENERATE TL2
            SAVEVALUE SUM1+,S$USTR
            SAVEVALUE I1+,1
            TEST E X$I1,AGGM,MET2
            TABULATE TAB1
            SAVEVALUE L3,V$PACK
            SAVEVALUE SUM1,0
```

```
                SAVEVALUE I1,0
MET2            SPLIT X$L3,MET3
                TERMINATE
MET3            TERMINATE
                GENERATE  10000000
                TERMINATE 1
```

2.2.2 Методические указания ко второму заданию.

В данном задании в качестве исходного временного ряда X = {x_1, x_2, …, x_k} вы должны взять данные из результатов работы программы, представленной в предыдущем задании в отчете (Record).

Расчет параметра Херста по методу R/S статистики производится по формуле:

$$\frac{R}{S} = (aN)^H, \text{ откуда } H = \frac{\log(R/S)}{\log(aN)},$$

где H - параметр Херста;

S - среднеквадратическое отклонение для интервала их N членов;

N- длина интервала;

a - константа;

R – размах отклонений.

1. Пусть дан временной ряд {x_1, x_2, …, x_k}. В РГР к = 20.

2. Разбиваем ряд на интервалы длиной N. В нашем случае пусть N принимает значения 4,5,10. Следующие действия повторяем 3 раза для разных N.

3. В первом случае N=4. Разбиваем ряд на 5 интервалов.

4. Для каждого интервала находим среднее значение:

$$X_{cp} = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} x_i .$$

5. Для каждого интервала находим среднеквадратическое отклонение:

$$S = \sqrt{\frac{1}{N}\sum (x_i - X_{cp})^2} .$$

6. Находим размах отклонений R=max z_i – min z_i ,

где $y_i = x_i - X_{cp.}$, $z_1 = y_1$, $z_i = y_{i-1} + y_i$

7. Определяем отношение R/S для каждого интервала и находим среднее значение. Записываем значения N и усредненного R/S .

8. Возвращаемся к пункту 2 и повторяем действия для N = 4 и 5.

9. Заполняем следующую таблицу:

Log N	Log(R/S)

Из первой формулы следует:

$$\text{Log}\,(R/S)=H\cdot\text{Log}\,N - H\cdot\text{Log}\,a.$$

Величину H можно найти методом наименьших квадратов (можно воспользоваться программой Excel).

2.3 К работе №3. Система глубокого анализа пакетов DPI

2.3.1 Методические указания к первому заданию.

Глубокий анализ пакетов (DPI) – это современный метод анализа и управления трафиком мультисервисной сети. Система DPI находит, идентифицирует, классифицирует, перенаправляет или блокирует пакеты с конкретными данными. Система проверяет содержимое первого пакета трафика через контрольную точку, и принимает решение в режиме реального времени. Предыдущие технологии анализа пакетов рассматривали только информацию заголовка пакета. Система DPI управляет трафиком, устанавливая его точную классификацию для использования соответствующих механизмов обеспечения качества обслуживания (QoS), блокирует трафик в случае необходимости, собирает статистику с привязкой к адресной информации второго и выше уровней семиуровневой эталонной модели взаимодействия открытых систем (OSI). Кроме того система DPI имеет возможность установления ограничений скорости передачи для определенного типа трафика [7].

Методы DPI анализа.

DPI распределяет поступающие пакеты от различных сервисов на потоки (сессии) согласно используемым параметрам потоков. Выявленные из общего потока - потоки классифицируются, т. е. для них определяется приложение и применяемые политики (сервис). Затем классифицированный поток обрабатывается в зависимости от применяемой политики .

Классификация трафика выполняется согласно установленным параметрам:

- направление передачи пакета;
- IP-адресов отправителя и получателя;
- транспортного протокола, портов отправителя и получателя;

– параметров протоколов;
– сигнатуры трафика.

DPI выполняется на следующих механизмах (рисунок 3.1).

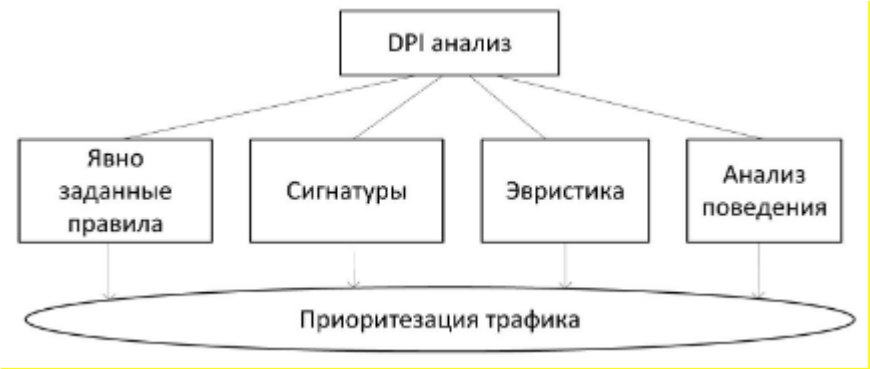

Рисунок 3.1 - Методы DPI анализа

1) Заданные правила.

Правила и политика - задаются администратором системы, полностью или частично из предоставляемых наборов (правил и политик) разработчиком системы.

2) Сигнатурный анализ.

«Сигнатура» – это набор байтов в пакете, позволяющий однозначно определить, к какому приложению, протоколу относится трафик, и классифицировать его.

Все используемые разработчиком протоколы имеют свои точные сигнатуры, сканирующий механизм сравнивает передаваемые пакеты с сохраненными сигнатурами протоколов и при обнаружении совпадения пакет считается классифицированным, далее он поступает в распоряжение других программ, выполняющих, например, фильтрацию приложений. База сигнатур периодически обновляется, так как ежедневно разрабатываются новые приложения, генерирующие самый разнообразный трафик.

3) Эвристический анализ.

«Эвристический анализ» - это технология обнаружения трафика по признакам, без гарантированной точности. Используется, когда невозможно определить трафик с помощью сигнатурного анализа.

4) Анализ поведения трафика.

«Поведенческий алгоритм анализа» - похож на сигнатурный анализ, но он использует базу с моделями поведения трафика, которая также обновляются производителем оборудования.

Для идентификации трафика выбирается промежуток времени, в течение которого идет передача, и на основании анализа поведения трафика на этом промежутке времени путем сравнения с базой данных принимается решение.

Критерии, использующиеся в поведенческом алгоритме анализа: приложение, генерирующее трафик, выбирает порты; однотипный трафик поступает с множества узлов; трафик имеет определенный размер пакета; анализ сетевых транзакций, в том числе количества и размеров пакетов, в ответ на запрос, размер первого пакета в потоке, уровень энтропии в потоке.

5) Статистический анализ трафика.

Статистические характеристики потока данных (видов трафика) это: средняя длина пакета и его среднеквадратичное отклонение; битовая и пакетная скорость потока; временной интервал между поступлением пакетов. Статистические сигнатуры хранят вышеперечисленные характеристики потока данных, свойственные различным видам трафика, и в ходе статистического анализа сверяются с аналогичными параметрами полученного потока. Такой анализ позволяет определить не только вид трафика, но и применяемые алгоритмы его передачи и обработки.

В данном задании РГР опишите алгоритм работы системы DPI в виде этапов работы с пакетами.

2.3.2 Методические указания ко второму заданию.

Для расчета вероятностно-временных характеристик системы DPI и оценки их влияния на качество обслуживания в мультисервисной сети упростим этапы обработки трафика системой DPI [7].

На первом этапе с аппаратного фильтра первый пакет потока поступает на сервер анализа трафика, затем после принятия решения, в одних случаях поступает на аппаратный фильтр, в других, когда он запрашивает необходимую информацию, на сервер принятия решений (рисунок 3.2). Во втором случае, после обработки в сервере принятия решений, он поступает снова в сервер анализа трафика и затем в аппаратный фильтр.

Для аналитического моделирования процесса обработки пакета используем теорию систем массового обслуживания.

Рассмотрим сервер анализа трафика как первую систему массового обслуживания ($СМО_1$), сервер принятия решений как вторую массового обслуживания ($СМО_2$).

Первая $СМО_1$ будет многоканальной, допустим, что поступающий поток будет простейшим, время обслуживания пакета – случайная величина, распределенная по экспоненциальному закону. Тогда в символике Кендалла $СМО_1$ может быть представлена как M/M/V.

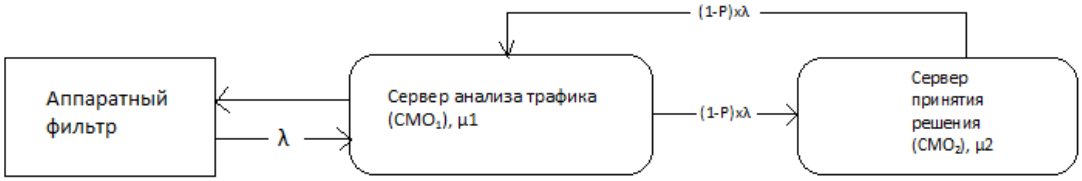

Рисунок 3.2 – Этапы обработки пакета в системе DPI

Сервер принятия решений представим как одноканальную систему массового обслуживания, на которую поступает простейший поток пакетов, в котором время обслуживания пакета распределено по экспоненциальному закону. В символике Кендалла $СМО_2$ обозначим как M/M/1. Требуется определить общее время обслуживания пакета в системе DPI.

Введем следующие обозначения:

- λ – интенсивность поступающего потока на $СМО_1$;
- λ_1 – интенсивность поступающего общего потока на $СМО_1$;
- λ_2 – интенсивность поступающего потока на $СМО_2$;
- μ_1 – интенсивность обслуживания одного пакета в $СМО_1$;
- μ_2 – интенсивность обслуживания одного пакета в $СМО_2$.

Интенсивность поступающего потока на $СМО_2$ определим как:

$$\lambda_2 = \lambda(1 - P),$$

где P – вероятность того, что пакет не будет обслужен.

Тогда интенсивность общего потока, поступающего на $СМО_1$, согласно свойству простейших потоков можно представить как:

$$\lambda_1 = \lambda + \lambda(1 - P).$$

Загрузку $СМО_1$ определим как:

$$\rho_1 = \frac{\lambda + \lambda(1 - P)}{\mu_1}.$$

Поскольку мы рассматриваем $СМО_1$ как многоканальную систему с ожиданием, то в такой СМО вероятность того, что все V каналы свободны можно найти по формуле:

$$P_0 = \frac{1}{\frac{\rho_1 V + 1_1}{V!(V - \rho_1)} + \sum_{i=0}^{V} \frac{\rho_1^i}{i!}}.$$

Теперь вычислим среднюю длину очереди k или среднее число пакетов в очереди:

$$k - \frac{\rho_1^{V+1} P_0}{(V-1)!\left(1 - \frac{\rho_1}{V}\right)^2}.$$

Зная, что для СМО с ожиданием вида M/M/V, число занятых каналов или число пакетов, находящихся на обслуживании равно ρ, найдем общее число пакетов в $СМО_1$ как сумму:

$$N_1 = k + \rho.$$

Применяя формулу Литтла, находим время, проведенное пакетом в $СМО_1$, или задержку:

$$T_1 = \frac{N_1}{\lambda + (1 - P)\lambda}.$$

Перейдем ко второй $СМО_2$ и определим время задержки пакета в ней.

Вторая СМО представляет собой одноканальную СМО вида M/M/1. Для такой СМО справедливо следующее. Загрузка равна:

$$\rho_2 = \frac{(1 - P\lambda)}{\mu_2},$$

среднее число заявок в системе:

$$N_2 = \frac{\rho_2}{1 - \rho_2}.$$

Применяя формулу Литтла, находим время, проведенное пакетом в $СМО_2$, или задержку:

$$T_2 = \frac{N_2}{(1 - P)\lambda} = \frac{1}{\mu_2(1 - \rho_2)}.$$

Теперь определим общее время обработки пакета в системе DPI как сумму:

$$T = T_1 + P(T_1 + T_2).$$

Необходимо заполнить таблицу.

Интенсивность входящего потока , λ	Значение λ из таблицы 3.4 по варианту	$\lambda_1 - \lambda + 0{,}02$	$\lambda_2 - \lambda_1 + 0{,}02$	$\lambda_3 - \lambda_2 + 0{,}02$
Общая задержка пакета в системе DPI, T				

На основании, полученных результатов построить график зависимости общего времени задержки пакета в системе T от интенсивности входящего потока λ.

3 Варианты заданий

3.1 Исходные данные к первой работе

Исходные данные для задания 1 представлены в таблице 3.1.
Для всех вариантов n = 2.

Таблица 3. 1

№ Вар.	V	λ1	λ2	m1	m2	h1	h2	N1	N2
1	30	0.2	0.1	1	4	1	1	50	25
2	32	0.1	0.2	1	3	1	2	48	24
3	34	0.3	0.2	2	2	2	1	46	22
4	32	0.1	0.3	3	1	2	2	52	23
5	36	0.1	0.2	1	3	1	2	54	21
6	30	0.3	0.2	2	2	2	1	55	20
7	32	0.2	0.2	4	1	1	1	56	19
8	34	0.3	0.1	1	3	1	2	44	31
9	32	0.1	0.2	1	3	1	1	45	30
10	36	0.2	0.1	1	4	1	2	43	32
11	38	0.3	0.2	2	2	2	1	42	20
12	40	0.2	0.1	1	4	1	1	50	25
13	30	0.1	0.2	1	3	1	2	48	24
14	32	0.3	0.2	2	2	2	1	46	22
15	34	0.1	0.3	3	1	2	2	52	23
16	32	0.1	0.2	1	3	1	2	54	21
17	36	0.3	0.2	2	2	2	1	55	20
18	30	0.2	0.2	4	1	1	1	56	19
19	32	0.3	0.1	1	3	1	2	44	31
20	34	0.1	0.2	1	3	1	1	45	30
21	32	0.2	0.1	1	4	1	2	43	32
22	36	0.3	0.2	2	2	2	1	42	20
23	36	0.1	0.2	1	4	1	1	50	25
24	30	0.3	0.2	2	3	1	2	48	24

Исходные данные для задания 2 представлены в таблице 3.2.
Для всех вариантов n = 3.

Таблица 3.2

№ варианта	Профиль Трафика A1:A2:A3	m1	m2	m3	A1 (Эрл.)	V
1	100:10:1	1	2	30	100	240
2	90:10:1	1	3	25	95	220
3	80:10:1	2	2	20	90	210
4	70:10:1	1	2	35	85	200
5	60:10:1	2	2	40	80	190
6	50:10:1	2	1	38	75	180
7	40:10:1	1	1	26	70	170
8	30:5:1	1	2	24	100	160
9	25:5:1	2	1	32	95	150
10	20:5:1	2	2	30	90	140
11	75:5:1	1	3	20	85	130
12	100:10:1	3	1	25	80	240
13	90:10:1	3	3	30	75	220
14	80:10:1	2	3	35	70	210
15	70:10:1	3	2	40	72	200
16	60:10:1	1	2	38	74	190
17	50:10:1	1	3	36	76	180
18	40:10:1	2	2	34	78	170
19	30:5:1	1	2	32	80	160
20	25:5:1	2	2	30	82	150
21	20:5:1	2	1	35	84	140
22	75:5:1	1	1	40	86	130
23	70:10:1	1	2	30	90	140
24	60:10:1	2	2	20	85	130

3.2 Исходные данные ко второй работе

Исходные данные для задания 1 представлены в таблице 3.3.

Таблица 3.3

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
H	0,61	0,62	0,63	0,64	0,65	0,66	0,67	0,68	0,69	0,70	0,71	0,72
№	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
H	0,73	0,74	0,75	0,76	0,77	0,78	0,79	0,80	0,81	0,82	0,83	0,84

3.3 Исходные данные к третьей работе

Исходные данные для задания 2 представлены в таблице 3.4.

Таблица 3.4

№ вар.	λ (пак./с)	P	μ_1 (пак./с)	μ_2 (пак./с)
1	0,3	0,01	0,6	0,5
2	0,4	0,02	0,7	0,6
3	0,5	0,03	0,8	0,7
4	0,6	0,04	0,9	0,8
5	0,7	0,05	1	0,9
6	0,8	0,06	1,2	1
7	0,9	0,07	1	1,2
8	1	0,08	1,1	1,3
9	1,1	0,09	1,2	1,4
10	1,2	0,02	1,3	1,5
11	1,3	0,03	1,4	1,6
12	1,4	0,04	1,5	1,7
13	1,5	0,05	1,9	1,8
14	0,3	0,06	0,7	1,9
15	0,4	0,07	0,8	2
16	0,5	0,06	0,9	0,5
17	0,6	0,07	1	0,6
18	0,7	0,08	1,2	0,7
19	0,8	0,05	1	0,8
20	0,9	0,06	1,1	0,9
21	1,3	0,07	1,2	1
22	1,4	0,08	1,3	1,2
23	1,5	0,09	1,4	1,3
24	1,3	0,02	1,5	1,7

Список литературы

1 Гольдштейн Б.С., Соколов Н.А., Яновский Г.Г. Сети связи: Учебник для ВУЗов. - СПб.: БХВ – Петербург, 2010.

2 Степанов С.Н. Основы телетрафика мультисервисных сетей. – М.: Эко-Трендз, 2010.

3 Шелухин О.И. Моделирование информационных систем. Учебное пособие для вузов. – М.: Горячая линия – Телеком, 2011.

4 Степанов С.Н. Теория телетрафика: концепция, модели, приложения – М.: Горячая линия – Телеком, 2015.

5 Ильницкий С.В. Работа сервера при самоподобной (self – similar) нагрузке / Электронный ресурс : http://314159.ru/ilnickis/ilnickis1.pdf.

6 Туманбаева К.Х. Мультисервисные телекоммуникационные сети: Учебное пособие – Алматы, АУЭС, 2011.

7 Фицев В. Глубокий анализ пакетов для обеспечения QoS//Первая миля, 2015, №8.

8 Туманбаева К.Х. Мультисервисные телекоммуникационные сети: Конспект лекций для магистрантов специальности 6М071900 – Радиотехника, электроника и телекоммуникации.– Алматы, АУЭС, 2010.

Содержание

Введение ……...3
1 Задания к расчетно – графическим работам ……..4
1.1 К работе №1. Расчет характеристик качества обслуживания в мультисервисных сетях …….....4
1.2 К работе №2. Самоподобный трафик …….4
1.3 К работе №3. Система глубокого анализа пакетов DPI ……4
2 Методические указания ……4
2.1 К работе №1. Расчет характеристик качества обслуживания в мультисервисных сетях …….....4
2.2 К работе №2. Самоподобный трафик ……..7
2.3 К работе №3. Система глубокого анализа пакетов DPI ……..12
3 Варианты заданий ……...17
3.1 Исходные данные к первой работе……..17
3.2 Исходные данные ко второй работе ……...18
3.3 Исходные данные для третьей работы ……...19
Список литературы……20

Сводный план 2019 г., поз.136

Кумысай Хасеновна Туманбаева

МУЛЬТИСЕРВИСНЫЕ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ СЕТИ

Методические указания к выполнению расчетно - графических работ для магистрантов специальности 6М071900 – Радиотехника, электроника и телекоммуникации

Редактор Л.Т. Сластихина
Специалист по стандартизации Г.И. Мухаметсариева

Подписано в печать___ Формат 60х84 1/16
Тираж 40 экз. Бумага типограф. №
Объём 1,25 уч.-изд.л. Заказ___Цена 625 тенге

Копировально – множительное бюро
некоммерческого акционерного общества
«Алматинский университет энергетики и связи»
050013, Алматы, Байтурсынова,126/1