

Федеральное агентство по образованию
Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования
Ульяновский государственный технический университет

Технологии АТМ и FR
(Технологии Asynchronous Transfer Mode и
Frame Relay)

Сборник лабораторных работ

Методические указания к лабораторным работам
по курсу «Технологии АТМ и FR» для студентов направления 210406
специализации «Сети связи и системы коммутации» специальности
21040665 «Сети связи и системы коммутации»

Составитель: А.А. Гладких

Ульяновск 2007

УДК 621.391.28
ББК 65.050

Рецензент

Одобрено секцией методических пособий научно-методического совета университета

Технологии АТМ и FR: Сборник лабораторных работ/ Сост. А.А. Гладких.- Ульяновск: УлГТУ, 2007. – 36 с.

Сборник лабораторных работ разработан в соответствии с программой курса «Технологии АТМ и FR» и предназначен для студентов специальности «Сети связи и системы коммутации». Лабораторные работы посвящены исследованию сетевых конфигураций и ключевых концепций современных телекоммуникационных систем. Особое внимание уделено моделям трафика в узлах доступа и цифровых групповых трактов широкополосных цифровых систем обмена информации на технологии АТМ. Учитывая особое значение, которое играет коммутационное оборудование в современных телекоммуникационных системах, в пособии рассматривается математическая модель одного из вариантов построения коммутатора АТМ, на основе которой оцениваются граничные показатели для независимого однородного трафика.

Учитывая широкое использование сетевых технологий в разнообразных, практически важных приложениях других предметных областей, руководство может быть полезным для студентов иных родственных специальностей.

УДК 621.391.28
ББК 65.050

© А.А. Гладких, составление, 2007
© Оформление. УлГТУ, 2007

СОДЕРЖАНИЕ

Лабораторная работа № 1 Определение связности сети, численные исследования транспортных сетей различных структур	4
Лабораторная работа № 2 Расчет показателей эффективности статистического мультиплексирования в зависимости от параметров источника	7
Лабораторная работа № 3 Расчет вероятности доставки сообщений в сложной сети связи.....	10
Лабораторная работа № 4 Оценка параметров коммутаторов АТМ нокаутного типа.....	11
Лабораторная работа № 5 Исследование модели процесса поступления ячеек на вход коммутатора АТМ в виде независимых испытаний Бернулли.....	13
Лабораторная работа № 6 Исследование возможностей входных буферных накопителей коммутатора АТМ матричного типа.....	15
Приложения	18

Лабораторная работа № 1

Цель работы: оценить связность сети предложенной топологии, определить устойчивость транспортной сети аппроксимированной одной из базовых топологий.

Теоретические сведения

Ключевой концепцией коммуникационных систем является понятие связности, которая определяет, насколько легко добраться из одной точки сети в другую. Существует несколько способов оценки данного параметра. Выбор конкретного способа – это задача маршрутизации. Вместе с этим, возникает другая проблема: насколько хорошо различные части сети соединены друг с другом. Существует также проблема надежности. Если узел или звено сети отказывают, каким образом доставить необходимую информацию в требуемый узел сети.

Различают связность по звеньям и по узлам. Связность по звеньям сети не может превышать ее минимальной степени, а связность по узлам не может быть больше, чем связность по звеньям. Регулярными методами оценки связности сети являются алгоритм Клейтмана и алгоритм Ивена.

Суть алгоритма Клейтмана (алгоритм № 1)

Шаг 1. Выберите любой узел N_1 .

Шаг 2. Убедитесь, что узловая связность выбранного узла N_1 со всеми другими узлами равна, по крайней мере, m .

Шаг 3. Удалите узел N_1 и все его связи.

Шаг 4. Выберите второй узел N_2 .

Шаг 5. Убедитесь, что узел N_2 имеет $m-1$ соединений со всеми другими узлами.

Шаг 6. Удалите узел N_2 и все его связи.

Шаг 7. Выберите третий узел N_3 .

Шаг 8. Убедитесь, что узел N_3 имеет, по крайней мере, $m-2$ соединений со всеми другими узлами.

Шаг 9. Повторяйте процедуру, пока не дойдете до узла m , т.е. выберите узел N_m и убедитесь, что он соединен, по крайней мере, еще с одним узлом.

Если проверки всех шагов проходят удовлетворительно, то сеть имеет связность, равную, по крайней мере, m . Если хотя бы в одной точке алгоритма проверка не выполняется, то связность не равна m .

Суть алгоритма Ивена (алгоритм № 2)

Алгоритм Ивена, проверяющий, имеет ли сеть узловую связность, равную, по крайней мере m , выполняется следующим образом.

Шаг 1. Пронумеруйте узлы от 1 до N .

Шаг 2. Сформируйте подмножество из узлов с номерами от 1 до m , где m - искомая связность.

Шаг 3. Проверьте, что каждый узел в этом подмножестве имеет, по крайней мере, m маршрутов с разделенными узлами к каждому из других узлов в этом подмножестве.

Шаг 4. Если предыдущий шаг неуспешен, то связность меньше m . Если шаг успешен, то перейдите к следующему этапу.

Шаг 5. Для каждого из оставшихся j узлов ($m \leq j \leq N$) сформируйте подмножество узлов L , содержащие набор, заданный в шаге 1 (размера m), увеличенный на число узлов из множества J .

Шаг 6. Добавьте к сети новый (фиктивный) узел X и соедините его с каждым узлом множества L . Проверьте, что между узлом X и каждым узлом j существует, по крайней мере, m маршрутов с разделенными узлами. Затем добавьте к множеству L узел j , удаленный из множества J , и продолжите процедуру со следующим узлом j .

Если выполнение всех шагов завершается успехом, сеть имеет связность равную m .

При исследовании устойчивости и оптимальности структуры транспортной сети связи произвольной структуры целесообразно аппроксимировать ее какой-либо базовой топологией: кольцевой структурой, двойной кольцевой структурой или K -связной структурой. Результаты исследований целесообразно свести в таблицы по приведенному образцу.

В таблицах приняты следующие обозначения:

N – число узлов связи;

m – связность узлов связи;

L – средняя длина маршрута сети (определяется на основании эмпирических данных);

r – число звеньев сети (число ребер графа сети).

В целях уменьшения количества переменных отдельные параметры объединяются в обобщенные коэффициенты. Введем понятие обобщенного структурного показателя R_0 , приняв его равным $R_0 = L/r$.

Для оценки устойчивости сети вводится коэффициент защиты элементов сети Z . Значение этого параметра целесообразно изменять в пределах от 0,1 до 0,99, при этом необходимо учитывать, что $P_{кр}(z) \leq 1$. Опыт эксплуатации транспортных сетей различных базовых топологий показывает, что вероятность выхода сети из строя может быть определена по формуле

$$P_{кр}(Z) = \frac{1}{Z} \left(1 + \frac{R_0}{2} - \sqrt{R_0 + \frac{R_0^2}{4}} \right), \quad (1)$$

а структурная устойчивость может быть определена по формуле

$$Q_{стр.уст}(K_n, \tau) = \frac{1 - P_{кр}(Z)}{1 - P_{кр}(Z) + R_0 \left(1 + \frac{K_n (1 - P_{кр}(Z))}{R_0 + \tau (1 - P_{кр}(Z))} \right)}. \quad (2)$$

В выражении (2) параметр K_n выражает отсутствие готовности транспортной системы к выполнению поставленных задач. Этот параметр может принимать значения в пределах от 0,1 до 0,3.

Параметр τ определяет относительную интенсивность восстановления отказов. Целесообразно изменять этот параметр в пределах от 0,5 до 0,95, при этом $\tau = 0,5$ характеризует очень низкие показатели по восстановлению системы связи.

Запас структурной устойчивости определяется из условия поражения транспортной сети связи с вероятностью $P_n = 0,5$, что является наиболее худшим условием.

$$\Delta Q = Q_{стр.уст}(1 - P_n). \quad (3)$$

Транспортная сеть связи в указанных условиях обладает достаточной структурной устойчивостью, если значение ΔQ оказывается в пределах 0,2..0,3.

Варианты лабораторной работы приведены в таблице 1. Отчет по лабораторной работе представляется в письменном виде с необходимым табличным и графическим материалом, соответствующими выводами.

Функцию $Q_{стр.уст}(K_n, \tau)$ представить в виде графика двух переменных. Для этого в системе Mathcad, например, можно использовать следующую систему операторов:

График поверхности $Q_{стр.уст}(K_n, \tau)$

$N := 10$

$i := 0..N$ $j := 0..N$ $x_i := 0,5 + 0,5 * i$ $y_j := 0,1 + 0,03 * i$

$f(x, y) :=$ набрать формулу (2), приняв $K_n = x$, $\tau = y$.

$M_{i,j} := f(x_i, y_j)$, если далее использовать набор операторов вида $f1(x, y) = f(x, y) - 0.5$ и

$M1_{i,j} := f1(x, y)$ будет непосредственно получена плоскость $\Delta Q(K_n, \tau)$.

Целесообразно включить установку «Невидимые линии»

Задание на лабораторную работу

1. По заданному варианту представить топологию сети и определить предложенным способом связность сети.
2. Вычислить параметр $P_{кр}(Z)$, изменяя значение Z в пределах от 0,4 до 0,95. Построить график зависимости.
3. Используя самостоятельно выбранные значения $P_{кр}(Z)$, построить двумерный график $Q_{стр.уст}(K_n, \tau)$ и оценить ΔQ для худшего и лучшего значения $Q_{стр.уст}(K_n, \tau)$.
4. Сравнить полученные результаты численных исследований для различных топологий транспортное сети связи.
5. Составить отчет о проведенных исследованиях.

Варианты заданий

(оценка связности сети заданной структуры)

Вариант	Топология сети	Способ оценки связности сети
1	ABCLEFA, BE, AC, DF	По Клейтону
2	ABCLEFA, BE, AC, DF	По Ивену
3	ABCDKFA, AK, CF, BF	По Клейтону
4	ABCDKFA, AK, CF, BF	По Ивену
5	ABCDFA, AC, BF, BD	По Клейтону
6	ABCDFA, AC, BF, BD	По Ивену
7	ABCDA, AD, CB	По Клейтону
8	ABCDA, AD, CB	По Ивену
9	ABCDFEA, BE, BF, CA, CE, CF, DA	По Клейтону
10	ABCDFEA, BE, BF, CA, CE, CF, DA	По Ивену
11	ABCDFEA, BE, CF	По Клейтону
12	ABCDFEA, BE, CF	По Ивену
13	ABCDFE, AK, BK, CK, DK, FK, EK	По Клейтону
14	ABCDFE, AK, BK, CK, DK, FK, EK	По Ивену
15	ABCDFEA, CE, BD, AF	По Клейтону

Варианты заданий
(оценка структурной устойчивости транспортной сети связи)

Вариант	Структура сетей	N	L (кольцевая)	L (m -связная)
1	Кольцевая; 3-связная	9; 20; 40	2,53; 4,76; 9,26	1,63; 3,13; 5,37
2	Двойн. кольцевая; 4-связная	7; 23; 45	1,63; 2,7; 3,09	1,18; 2,8; 4,26
3	Кольцевая; 5-связная	9; 17; 38	1,53; 4,26; 6,26	1,83; 4,13; 6,37
4	Двойн. кольцевая; 3-связная	8; 22; 39	1,22; 2,6; 3,5	1,08; 3,8; 5,16
5	Кольцевая; 3-связная	9; 23; 40	1,53; 4,46; 9,87	1,53; 2,13; 4,27
6	Двойн. кольцевая; 4-связная	9; 20; 45	1,6; 2,79; 3,49	2,18; 3,8; 5,26
7	Кольцевая; 5-связная	9; 22; 40	2,53; 5,26; 7,26	1,83; 4,13; 6,37
8	Двойн. кольцевая; 3-связная	6; 25; 49	3,72; 2,71; 3,69	1,08; 3,8; 5,16
9	Кольцевая; 6-связная	9; 27; 42	2,53; 4,76; 9,26	1,63; 3,13; 5,37
10	Двойн. кольцевая; 3-связная	7; 21; 49	1,63; 2,7; 3,09	1,18; 2,8; 4,26
11	Кольцевая; 4-связная	8; 26; 41	1,53; 4,26; 6,26	1,83; 4,13; 6,37
12	Двойн. кольцевая; 3-связная	5; 23; 45	1,22; 2,6; 3,5	1,08; 3,8; 5,16
13	Кольцевая; 3-связная	8; 23; 44	1,53; 4,46; 9,87	1,53; 2,13; 4,27
14	Двойн. кольцевая; 4-связная	9; 21; 38	1,6; 2,79; 3,49	2,18; 3,8; 5,26
15	Кольцевая; 5-связная	7; 22; 35	2,53; 5,26; 7,26	1,83; 4,13; 6,37

Содержание отчета

1. Титульный лист с названием лабораторной работы, номером варианта, фамилией студента и номером учебной группы.
2. Структурная схема сети связи и результаты исследований по оценке связности сети заданной структуры.
3. График зависимости $P_{кр}(Z)$ и результаты расчетов параметра $\Delta Q(K_n, \tau)$.
4. Выводы по полученным данным расчетов и сравнительным оценкам.

Контрольные вопросы

1. Дайте определение транспортной сети связи.
2. Перечислите базовые топологии сетей связи.
3. Дайте определение понятиям «Связность по звеньям», «Связность по узлам», в каком отношении они находятся друг к другу.
4. Суть алгоритма Клейтона для определения связности сети.
5. Суть алгоритма Ивена для определения связности сети.
6. Дайте приеме равномерной m -связной структуры транспортной сети.
7. Что понимается под структурной устойчивостью сети связи?

Лабораторная работа № 2

Цель работы: оценить выигрыш от использования технологии ATM с применением статистического мультиплексирования нескольких видов информации относительно метода многоскоростной коммутации каналов.

Теоретические сведения

Физическая природа значительных диапазонов изменения характеристик случайных процессов передачи битового трафика в сетях с технологией ATM в значительной мере

обусловлена нерегулярностью генерации информации разнообразными источниками, получившими в указанной технологии наименование служб. Обозначим через k число служб. Генерирование информации источником k -й службы может быть представлено случайным процессом $b^{(k)}(t)$. Процесс передачи информации продолжается в течение отрезка времени T .

Для оценки трафика АТМ (Рек. МСЭ ИТУ-Т I.311) вводят понятие максимальной (пиковой) скорости источника k -й службы

$$B_{\max}^{(k)} = \max b^{(k)}(t), \quad (4)$$

средней скорости передачи источника k -й службы

$$B_{cp}^{(k)} = \frac{1}{T} \int_0^T b^{(k)}(t) dt, \quad (5)$$

соотношением между пиковой и средней скоростью источника k -й службы, получившим название коэффициента пачечности

$$k_n^{(k)} = \frac{B_{\max}^{(k)}}{B_{cp}^{(k)}}, \quad (6)$$

а также средней длительностью пика $T_n^{(k)}$.

Данные по отдельным службам приведены в Приложении 1.

Для передачи данных от разнородных источников информации, объединенных по принципу статистического мультиплексирования, используют стандартные наборы скоростей B_{mp} . В настоящее время регламентированы следующие скорости линейных трактов: СТМ-1 155,520 Мбит/с; СТМ-4 622,080 Мбит/с; СТМ-16 2488,320 Мбит/с.

Предельно допустимое число виртуальных соединений $N_{\text{esc}}^{(k)}$ для одной k -й службы в линейном тракте при допустимом значении вероятности потери ячейки можно определить по соотношению

$$N_{\text{esc}}^{(k)} = \frac{B_{mp}}{k_{\text{потерь}}^{(k)} \sum_{s=1}^n B_{cp}^{(k)} k_n^{(k)}}, \quad (7)$$

здесь $k_{\text{потерь}}^{(k)}$ – коэффициент потерь, зависящий от вероятности потери ячейки в системе АТМ. Значение этого коэффициента приведены в таблице 1.

Таблица 1. Значение коэффициента потерь для различных служб в зависимости от вероятности потери ячейки

Вероятность потери ячейки	$k_{\text{потерь}}^{(k)}$			
	Телефония	Передача файлов	Видео	Поиск документов
10^{-6}	1,00	1	0,3	1,00
10^{-5}	1,01	2	0,35	2,3
10^{-4}	1,08	3	0,4	3,7
10^{-3}	1,15	4	0,45	5,1

В последующем целесообразно использовать графический метод оценки виртуальных соединений различных служб, организованных в цифровом групповом тракте связи. Получив значения $N_{\text{esc}}^{(k)}$ для отдельных служб целесообразно построить плоскость предельных значений, откладывая по осям координат значения $N_{\text{esc}}^{(k)}$.

Например, для значения $N_{\text{вс}}^{mф}$ выбирается ось Ox , для значения $N_{\text{вс}}^{\text{видео}}$ выбирается ось Oy , а для значения $N_{\text{вс}}^{\text{пер.файлов}}$ выбирается ось Oz . Соединяя полученные таким образом точки отрезками прямых линий, получаем плоскость, которая определяет предельные значения трафика для данной сети связи для служб телефонии, передачи видео и высокоскоростной передачи файлов. Выбор любой точки на полученной плоскости XYZ определит параметры полипачечного трафика для указанных трех служб.

Целесообразно оценить полученный выигрыш по пропускной способности системы с АТМ технологией относительно обслуживания абонентов методом многоскоростной коммутации каналов. Для расчетов необходимо использовать данные таблицы 1. При этом следует учитывать, что 1Кбит = 1024 бита, 1Мбит = 1024² бита.

Задание на лабораторную работу

1. Используя данные таблицы 1 и соответствующего варианта задания, осуществить расчет необходимых показателей $N_{\text{вс}}^{(k)}$.
2. Построить плоскость предельно допустимых значений трафика АТМ.
3. Выбрать рабочую точку на плоскости и оценить возможности полипачечного трафика.
4. Оценить выигрыш от применения технологии АТМ по сравнению с технологией обслуживания абонентов методом многоскоростной коммутации каналов.
5. Сделать выводы и представить отчет в письменном виде

Варианты заданий

Вариант	Типы служб	Вероятность потери ячейки	Скорость линейного тракта
1	Тф, факс, видеоТф	10^{-3}	СТМ-1
2	Данные, поиск док., ТФ	10^{-4}	СТМ-4
3	Факс, Тф, Видео	10^{-5}	СТМ-1
4	Тф, данные, видео	10^{-4}	СТМ-4
5	Факс, пер.файлов, видео	10^{-3}	СТМ-1
6	Тф, видео, данные	10^{-5}	СТМ-4
7	Тф, факс, видеоТф	10^{-4}	СТМ-1
8	Данные, поиск док., ТФ	10^{-5}	СТМ-4
9	Факс, Тф, Видео	10^{-3}	СТМ-16
10	Тф, данные, видео	10^{-5}	СТМ-1
11	Факс, пер.файлов, видео	10^{-4}	СТМ-4
12	Тф, видео, данные	10^{-3}	СТМ-16
13	Пер.файлов Тф, данные	10^{-5}	СТМ-1
14	Факс, пер.файлов, видео	10^{-4}	СТМ-4
15	Тф, факс, видеоТф	10^{-3}	СТМ-16

Содержание отчета

1. Титульный лист с названием лабораторной работы, номером варианта, фамилией студента и номером учебной группы.
2. Результаты расчета предельных значений $N_{\text{вс}}^{(k)}$.

3. График плоскости предельных значений скоростей передачи анализируемых служб и выбор рабочей точки.
4. Расчет возможных параметров служб для выбранной рабочей точки.
5. Сравнение полученных данных с технологией обслуживания абонентов методом многоскоростной коммутации каналов.
6. Выводы по полученным данным расчетов и сравнительным оценкам.

Контрольные вопросы

1. Принцип статистического мультиплексирования.
 2. Суть синхронного мультиплексирования с разделением времени.
 3. Суть асинхронного мультиплексирования с разделением времени.
 4. Основные параметры трафика широкополосных цифровых систем информационного обмена.
 5. Понятие службы в технологии АТМ.
 6. Основные аспекты управления трафиком в сетях АТМ.
 7. Суть соглашения по трафику между пользователем и сетью.
 8. Классы качества обслуживания в сетях АТМ.
- Особенности обслуживания пользователей в сетях FR.

Лабораторная работа № 3

Цель работы: используя аналитические выражения характерные для расчета простейших СМО, оценить вероятность доставки сообщений в сложной сети связи.

Теоретические сведения

В простейших СМО обычно рассчитывается вероятность отказа в обслуживании, которая определяется по формуле Эрланга

$$P_{отк} = \frac{\alpha^n}{n! \sum_{k=0}^n \frac{\alpha^k}{k!}} \quad (8)$$

В этой формуле значение n указывает на число каналов связи принадлежащих звену системы связи $i - j$, где i и j номера узлов связи;

α - безразмерная величина, получившая наименование приведенной плотности потока заявок, значение этого коэффициента определяется по формуле

$$\alpha = \frac{\lambda}{\mu} \quad (9)$$

где λ - плотность простейшего потока заявок (обычно измеряется числом заявок за час),

а $\mu = \frac{1}{\bar{t}_{cp}}$ - величина обратная среднему времени \bar{t}_{cp} обслуживания заявки, которое в данной

работе указывается в минутах. Для правильного решения поставленной задачи размерность времени в указанных показателях СМО должна быть приведена к одинаковым единицам.

Определив значение вероятности отказа для каждого звена системы связи, приступают к анализу возможности доставки сообщения с заданной вероятностью. В системах связи нормируется именно этот показатель. Обычно вероятность обслуживания заявки должна соответствовать значению $P_{обсл} = 1 - P_{от} \geq 0,95$.

Задание на лабораторную работу

1. Используя соответствующий вариант задания составить схему сети с указанием числа каналов на каждом направлении .
2. Построить диагональную матрицу для однонаправленного графа с вероятностями обслуживания потока ячеек АТМ на каждом направлении связи.
3. Оценить интегральное направление транспортной системы от узла с № 1 к узлу с № 6.
4. В случае не выполнения требований по доставке сообщений выработать и обосновать предложения по улучшения системы связи за счет изменения параметров отдельных направлений связи.
5. Сделать выводы и представить отчет в письменном виде

Варианты заданий

Вариант	1-2 2 кан.		1-4 6 кан.		1-5 3 кан.		2-3 6 кан.		3-6 4 кан.		4-3 10 кан.		4-5 8 кан.		4-6 3 кан.		5-6 3 кан.	
	λ	\bar{t}_{cp}	λ	\bar{t}_{cp}	λ	\bar{t}_{cp}	λ	\bar{t}_{cp}	λ	\bar{t}_{cp}	λ	\bar{t}_{cp}	λ	\bar{t}_{cp}	λ	\bar{t}_{cp}	λ	\bar{t}_{cp}
1	21	1	12	2	45	3	23	2	11	1	41	1	18	1	12	1	23	1
2	29	1	17	1	43	2	54	3	23	1	43	2	34	1	18	2	21	2
3	22	1	13	1	60	1	34	2	64	1	32	3	23	1	19	3	28	3
4	43	1	19	1	42	4	23	3	34	1	47	2	54	1	16	2	54	2
5	32	2	14	1	67	2	18	4	32	1	54	2	52	1	18	1	32	1
6	31	2	15	2	43	1	19	3	34	1	58	4	64	1	23	2	43	3
7	10	2	13	2	42	2	24	2	35	2	63	5	64	1	24	3	32	4
8	11	2	19	3	46	3	28	3	32	2	42	4	61	1	26	4	21	5
9	19	2	12	2	54	2	29	3	54	2	24	3	43	1	27	3	32	4
10	17	1	21	1	44	1	21	2	32	2	57	4	51	1	32	2	43	3
11	21	1	24	2	51	2	42	3	46	2	27	3	67	1	18	1	32	4
12	23	1	26	3	37	3	43	1	41	2	21	1	52	1	17	2	32	5
13	43	1	11	3	31	1	45	3	46	3	37	3	18	1	13	3	42	2
14	24	3	16	3	39	2	23	3	41	3	43	4	19	1	14	2	21	2
15	27	1	21	3	42	1	21	2	32	3	64	3	23	1	18	2	22	3

Содержание отчета

1. Титульный лист с названием лабораторной работы, номером варианта, фамилией студента и номером учебной группы.
2. Структурную схему системы связи с нумерацией узлов связи.
3. Результаты расчета вероятности отказа для каждого звена системы связи (в виде таблицы).
4. Расчет вероятности доставки сообщения от узла связи 1 до узла связи 6.
5. В случае не выполнения условия $P_{обсл} = 1 - P_{от} \geq 0,95$ выработать предложения по модернизации системы связи.
6. Выводы по полученным данным расчетов и сравнительным оценкам.

Контрольные вопросы

1. Принцип расчета доставки сообщений через последовательно-параллельные звенья системы связи.
2. Суть формулы Эрланга и значение параметров, определяющих ее состав.

3. Дать определение сети доступа.
4. Дать определение транспортной системы современной широкополосной цифровой системы информационного обмена.
5. Дать определение связности системы связи. Оценить этот параметр для выбранного варианта.
6. Указать влияние связности системы связи на процесс доставки сообщения от одного узла связи к другому.

Лабораторная работа № 4

Цель работы: оценить основные параметры коммутатора ATM нокаутного типа.

Теоретические сведения

В разработке коммутаторов ATM особое внимание уделялось и уделяется трем взаимосвязанным аспектам

- конструкции коммутационного поля (межсоединительной матрице);
- разрешению внутренних и выходных конфликтов;
- организации очередей.

Существенным продвижением на пути создания коммутаторов ATM стала архитектура, предложенная Баньяна-Бетчера. Коммутаторы подобного типа устраняли внутренние блокировки и сохраняли конфликтные ячейки.

В последующем получает развитие новое направление, результатом которого послужила разработка коммутаторов нокаутного типа. В таком коммутаторе использование фронтальной N^2 матрицы обеспечивает гибкую, полностью неблокируемую связность с N выходными портами. Концепция шинной матрицы стала популярной и широко используется в современных коммутаторах ATM.

В нокаутном коммутаторе число победителей преднамеренно ограничивается, а избыточные ячейки в случае необходимости сбрасываются. В этой связи необходимо оценить вероятность потери ячейки. Такое событие может произойти при одновременном достижении одного и того же выхода несколькими ячейками и может быть оценено выражением

$$P_{ня} = \frac{1}{P} \sum_{k=m+1}^N (k-m) C_N^k \left(\frac{P}{N}\right)^k \left(1 - \frac{P}{N}\right)^{N-k} \quad (10)$$

здесь N - число входов коммутатора; P – нагрузка выходного канала, а m – число ячеек, достигших одновременно одного и того же выхода.

Задание на лабораторную работу

1. Используя выражение (10), оценить графоаналитическим методом вероятность потери ячейки при различных значениях m и $P = 0,9$. Целесообразно изменять этот параметр от 1 до 10.
2. Выявить зависимость $P_{ня}$ от двух параметров: m и P , изменяя значения m от 1 до 10, а значение P от 0,5 до 0,95.
3. Используя прикладную программу Mathcad, представить график зависимости $P_{ня}(m, P)$.

4. Оценить возможности коммутатора при заданных параметрах, выявить влияние роста числа входов коммутатора на исследуемую зависимость $P_{ня}(m, P)$.
5. Сделать выводы и представить отчет в письменном виде.

Варианты заданий

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
N_1	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
N_2	80	60	70	70	80	70	10	10	10	20	20	20	20	30	30

Содержание отчета

1. Титульный лист с названием лабораторной работы, номером варианта, фамилией студента и номером учебной группы.
2. Результаты расчета вероятности потери ячейки в зависимости от числа соревнующихся ячеек.
3. Расчет вероятности потери ячейки как функцию двух переменных $P_{ня}(m, P)$.
4. Выводы по полученным данным расчетов и сравнительным оценкам.

Контрольные вопросы

1. Назвать основные тенденции развития коммутаторов АТМ.
2. Основные особенности коммутаторов с пространственным разделением.
3. Суть коммутационной структуры коммутаторных структур матричного типа.
4. Особенности буферизации в точках пересечения коммутатора матричного типа.
5. Особенности выходной буферизации в коммутаторах матричного типа.
6. Особенности коммутатора баньяновидного типа.
7. Суть баньяновидной коммутационной структуры Бэтчера.
8. Базовая структура коммутатора нокаутного типа.
9. Коммутаторы АТМ с пространственным разделением.
10. Базовая структура интегрированного коммутатора.

Лабораторная работа № 5

Цель работы: исследовать модель процесса поступления ячеек на вход коммутатора АТМ в виде независимых испытаний Бернулли.

Теоретические сведения

Пусть коммутатор АТМ имеет N входных портов и K выходных портов. Предполагается, что все выходные порты обладают одинаковой пропускной способностью, при этом моменты поступления ячеек по разным каналам синхронизированы. Это фактически означает, что временная ось разбита на сегменты, длительность которых равна времени передачи ячейки АТМ по каналу связи. Примем также, что каждая ячейка предназначена для единственного выходного порта, однако корреляция направлений дальнейшего следования

между поступающими ячейками отсутствует, так что сразу несколько ячеек АТМ из числа поступающих на N входов коммутатора в некотором временном сегменте, могут предназначаться для последующей передачи через один и тот же выходной порт.

Простейшая модель трафика предполагает описание процесса поступления ячеек на N входов коммутатора в виде независимых испытаний Бернулли с параметром P , требуемый для передачи выходной порт для каждой ячейки выбирается независимо и с равной вероятностью $\frac{P}{K}$ из всего множества K выходных портов. Такая модель называется однородной моделью независимого трафика. В случае стационарной очереди вероятность события, что ячейка, покидающая систему оставит обслуживающий прибор свободным (или вероятность того, что в момент освобождения обслуживающего прибора к нему не будет очереди), равна $1 - \frac{PN}{K}$.

На основе таких рассуждений можно получить аналитические соотношения для определения среднего значения $M[q]$ и дисперсии $D[q]$ числа ячеек, находящихся в системе для стационарного режима. Используя такие соотношения можно рассчитать необходимую емкость буферных устройств и время задержки в них ячеек АТМ.

Математическое ожидание определяется соотношением

$$M[q] = P'(1) + \frac{1}{2} \frac{P''(1)}{1 - P'(1)}, \quad \text{где} \quad P'(1) = \frac{N}{K} P; \quad \text{а} \quad P''(1) = \frac{N(N-1)}{K^2} P^2 \quad (11)$$

Дисперсия оценивается соотношением

$$D[q] = \frac{1}{3} \frac{P'''(1)}{1 - P'(1)} + \frac{1}{4} \left[\frac{P''(1)}{1 - P'(1)} \right]^2 + P''(1)[1 - P'(1)] + \frac{1}{2} \frac{P''(1)[3 - 2P'(1)]}{1 - P'(1)}, \quad (12)$$

$$\text{где} \quad P'''(1) = \frac{N(N-1)(N-2)}{K^3} P^3.$$

Очевидно, при $K = 1$ оценивается концентратор АТМ.

При $K = N$ оценивается сетевой коммутатор.

При $N > K$ оценивается мультиплексор.

Вид формул (11) и (12) говорит, что получены они с помощью Z – преобразований (в аналитических соотношениях вместо Z поставлена 1).

Задание на лабораторную работу

1. Используя выражение (11) и (12), по заданным P, N и K оценить значения $M[q]$ и $D[q]$.
2. Изменить самостоятельно значение параметра P относительно заданного в большую или меньшую сторону и выявить зависимость $M[q]$ и $D[q]$ от P . Целесообразно иметь три точки.
3. Оценить возможности коммутатора при заданных параметрах, выявить влияние роста числа входов коммутатора на исследуемые зависимости.
4. Сделать выводы и представить отчет в письменном виде.

Варианты заданий

Варианты	P	N	K
1	0,8	40	15
2	0,8	40	20
3	0,8	40	25
4	0,8	40	35
5	0,9	40	40
6	0,9	80	40
7	0,9	80	50
8	0,9	80	60
9	0,95	80	70
10	0,95	80	80
11	0,95	100	60
12	0,95	100	70
13	0,99	100	80
14	0,99	100	90
15	0,99	100	100

Содержание отчета

1. Титульный лист с названием лабораторной работы, номером варианта, фамилией студента и номером учебной группы.
2. Результаты расчета математического ожидания и его зависимость от параметра P .
3. Результаты расчета дисперсии и ее зависимость от параметра P .
4. Расчет $M[q]$ и $D[q]$ для концентратора.
5. Выводы по полученным данным расчетов и сравнительным оценкам.

Контрольные вопросы

1. Суть биномиального распределения вероятностей.
2. Основные особенности многокаскадных сетей коммутации.
3. Принцип адресации ячеек в АТМ.
4. Особенности уровня адаптации в АТМ.
5. Особенности выходной буферизации в коммутаторах матричного типа.
6. Особенности коммутатора баньяновидного типа.
7. Суть баньяновидной коммутационной структуры Бэтчера.
8. Базовая структура коммутатора нокаутного типа.
9. Коммутаторы АТМ с пространственным разделением.
10. Базовая структура интегрированного коммутатора.

Лабораторная работа № 6

Цель работы: исследовать характеристики буферного устройства входа коммутатора матричного типа.

Теоретические сведения

Проблемы буферизации потока ячеек в коммутаторах АТМ решаются за счет накопления ячеек на входе коммутатора, внутри коммутатора и на выходе коммутатора. На выходе

коммутатора, как правило, создаются два буфера: один для потока с высоким приоритетом обслуживания, например, для обработки речевых сигналов, другой – для обслуживания данных, время доставки которых не является критичным.

Буферизация на входе коммутатора и внутри коммутатора необходима для регулирования входного потока ячеек, а также в точках коммутации и изменения направления движения ячеек от входа коммутатора к его выходу.

В одном узле коммутации тратится время на обработку адресной части каждой ячейки и включение соответствующего направления ее движения $t_{\text{анализа}} \approx 100 \text{ нс}$. В матричном коммутаторе с N входами N выходами с учетом всех N ступеней коммутации общее время обработки ячейки конкретного направления можно выразить выражением $\bar{t}_{\text{обс}} = t_{\text{анализа}} N$.

Если на вход коммутатора поступает поток ячеек с интенсивностью λ , то приведенная плотность потока ячеек α на одном входе коммутатора окажется равной

$$\alpha = \lambda t_{\text{обс}} . \quad (13)$$

Общая производительность коммутатора определяется выражением

$$Q = 53 \times 8 \times \lambda \cdot N \text{ бит/с} . \quad (14)$$

Для определения емкости буфера на одном входе коммутатора необходимо знать среднее время ожидания в очереди. Этот параметр случаен и подчиняется показательному закону распределения с параметром $\gamma = \frac{1}{\bar{t}_{\text{ож}}}$. Отсюда $\beta = \frac{\bar{t}_{\text{обс}}}{\bar{t}_{\text{ож}}}$.

Если через s обозначить число требований, ожидающих обслуживания, то среднее число требований, ожидающих обслуживания на одном входе коммутатора определяется выражением

$$M_{\text{ож}} = \frac{\alpha \sum_{s=1}^{\infty} \frac{s \alpha^s}{\prod_{m=1}^s m \beta}}{\sum_{k=0}^{\infty} \frac{\alpha^k}{k!} + \alpha \sum_{s=1}^{\infty} \frac{\alpha^s}{\prod_{m=1}^s m \beta}} \quad (15)$$

Поскольку суммирование до бесконечности невозможно, в ходе численного эксперимента используют приближенные значения вида

$$\sum_{s=r}^{\infty} \frac{s \alpha^s}{\prod_{m=1}^s m \beta} < \frac{\left(\frac{\alpha}{\beta}\right)^r}{(r-1)!} e^{\frac{\alpha}{\beta}} , \quad (16)$$

$$\sum_{s=r}^{\infty} \frac{\alpha^s}{\prod_{m=1}^s m \beta} < \frac{\left(\frac{\alpha}{\beta}\right)^r}{r!} e^{\frac{\alpha}{\beta}} . \quad (17)$$

Зная $M_{\text{ож}}$, можно рассчитать вероятность отказа в обслуживании

$$P_{\text{от}} = \frac{\beta}{\alpha} M_{\text{ож}} . \quad (18)$$

Задание на лабораторную работу

1. Используя выражение (14), по заданным λ , $\bar{t}_{обс}$ и N оценить общую пропускную способность коммутатора АТМ матричного типа.
2. Применяя выражение (15), (16) и (17), по заданным $\bar{t}_{ожс}$ и $s = r$ оценить среднее число ячеек ожидающих обслуживания во входном буфере коммутатора.
3. Используя выражение (18), оценить вероятность записи ячейки в буферное устройство Бэтчера.
4. Сделать выводы и представить отчет в письменном виде.

Варианты заданий

Вариант	N	λ ячеек/с	$\bar{t}_{обс}$ с	$\bar{t}_{ожс}$ с	r
1	20	$1,2 \cdot 10^6$	$3 \cdot 10^{-6}$	$4 \cdot 10^{-5}$	10
2	30	$1,0 \cdot 10^6$	$5 \cdot 10^{-6}$	$4 \cdot 10^{-5}$	20
3	40	$1,4 \cdot 10^6$	$7 \cdot 10^{-6}$	$4 \cdot 10^{-5}$	30
4	20	$1,4 \cdot 10^6$	$2 \cdot 10^{-6}$	$4 \cdot 10^{-5}$	40
5	30	$2,0 \cdot 10^6$	$4 \cdot 10^{-6}$	$6 \cdot 10^{-5}$	50
6	40	$1,4 \cdot 10^6$	$6 \cdot 10^{-6}$	$6 \cdot 10^{-5}$	60
7	20	$1,2 \cdot 10^6$	$8 \cdot 10^{-6}$	$6 \cdot 10^{-5}$	80
8	30	$1,4 \cdot 10^6$	$9 \cdot 10^{-6}$	$6 \cdot 10^{-5}$	10
9	40	$2,0 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^{-5}$	$6 \cdot 10^{-5}$	20
10	20	$1,0 \cdot 10^6$	$2 \cdot 10^{-5}$	$8 \cdot 10^{-5}$	30
11	30	$1,2 \cdot 10^6$	$5 \cdot 10^{-6}$	$8 \cdot 10^{-5}$	40
12	40	$1,0 \cdot 10^6$	$6 \cdot 10^{-6}$	$8 \cdot 10^{-5}$	50
13	20	$2,0 \cdot 10^6$	$8 \cdot 10^{-6}$	$8 \cdot 10^{-5}$	60
14	30	$1,0 \cdot 10^6$	$5 \cdot 10^{-6}$	$8 \cdot 10^{-5}$	80
15	40	$1,4 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^{-5}$	$8 \cdot 10^{-5}$	40

Содержание отчета

1. Титульный лист с названием лабораторной работы, номером варианта, фамилией студента и номером учебной группы.
2. Результаты расчета общей пропускной способности коммутатора.
3. Результаты расчета среднего числа ячеек, находящихся в буфере на одном входе коммутатора.
4. Расчет вероятности отказа в обслуживании ячейки.
5. Выводы по полученным данным расчетов и сравнительным оценкам.

Контрольные вопросы

1. Какова причина появления технологии АТМ.
2. Дать сравнительную характеристику протоколам взаимодействия TCP/IP и АТМ.
3. Принцип защиты информации в АТМ.
4. Принципы защиты от перегрузок в сетях АТМ.
5. Классы качества обслуживания абонентов АТМ.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Назаров А.Н. Модели и методы расчета структурно-сетевых параметров сетей АТМ.- М.: Горячая линия-Телеком, 2002.-256 с.
2. Косоруков О.А., Мищенко А.В. Исследование операций.М.: Экзамен, 2003. 448 с.

Служба	Класс пользователей	V_{\max} бит/с	k_n	T_n	Длительность сеанса связи с	Входящая нагрузка Эрл.	Число вызовов А
Телефония	БС	64 К	2	100	100	0,1	3,6
	ДС	64 К	2	100	100	0,4	14,4
	УАТС	64 К	2	100	100	4,5	162,0
Факс (цветной)	ДС	2 М	1	3	3	0,01	12,0
	УАТС	2 М	1	3	3	0,03	12,0
Передача файлов	ДС	2 М	1	1	1	0,02	10,8
	УАТС	2 М	1	1	1	2,70	10,8
Видеотелефония	БС	10 М	5	1	100	0,02	0,72
	ДС	10 М	5	1	100	0,02	0,72
	УАТС	10 М	5	1	100	0,1	3,60
Поиск видео	БС	10 М	54	10	540	0,03	0,2
	ДС	10 М	18	10	180	0,10	2,0
	УАТС	10 М	18	10	180	0,40	8,0
	Центральные службы	10 М	48	1	480	2,33	46,2
Поиск документов	БС	64 К	200	0,25	300	0,05	0,6
	ДС	64 К	200	0,25	300	0,25	3,0
	УАТС	64 К	200	0,25	300	0,50	6,0
	Центральные службы	64 К	200	0,25	300	2,30	39,6
Данные по требованию	ДС	64 К	200	0,04	30	0,20	24,0
	УАТС	64 К	200	0,04	30	0,60	72,0

Учебное издание

Технологии АТМ и FR
(Технологии Asynchronous Transfer Mode и
Frame Relay)

Сборник лабораторных работ
Составитель: А.А. Гладких

Редактор

Подписано в печать .. 2007. Формат 60×84/18. Бумага писчая.
Гарнитура журнальная рубленая. Усл.печ.л , Уч.-изд.л , Тираж
50 экз Заказ

Ульяновский государственный технический университет,
432027, УльяновскЮ Севю Венец, 32

Типография УлГТУ, 432027, Ульяновск, Сев. Венец, 32.