



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Самарский государственный технический университет»
(ФГБОУ ВО «СамГТУ»)

Кафедра «Вычислительная техника»

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ И СИСТЕМ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
К ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ

Самара
Самарский государственный технический университет
2017

Публикуется по решению Методического совета ФАИТ

УДК 681.324

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ И СИСТЕМ: Метод. указ. к лаб. работам/ Самар. гос. техн. ун-т; Сост. *Н.В. Ефимушкина*. Самара, 2017. 79 с.

Дано руководство к девяти лабораторным работам по курсам «Математические модели вычислительных процессов» и «Математические методы анализа вычислительных систем», изучаемых магистрами направления 09.04.01, «Информатика и вычислительная техника», профилей «Информатика и вычислительная техника» и «Программное обеспечение информационных систем и технологий». Для каждой работы приведена краткая теория, описан подход к построению моделей процессов или систем, а также моделирующая программа, реализующая этот подход. Определен порядок выполнения работы, содержание отчета и дан список контрольных вопросов, позволяющих закрепить изучаемый материал.

Методические указания предназначены для магистрантов направления 09.04.01. Они могут быть использованы при исследовании реальных вычислительных процессов и систем соответствующих классов.

Ил. 28. Библиогр.: 6 назв.

Лабораторная работа №1

МАРКОВСКИЕ МОДЕЛИ АЛГОРИТМОВ

Краткая теория

Цель работы. Изучение особенностей построения Марковских моделей вычислительных процессов и оценки с их помощью трудоемкости алгоритмов.

Марковская модель позволяет оценить трудоемкость (вычислительную сложность) алгоритма с точки зрения использования им ресурсов вычислительной системы. При этом определяются временные характеристики, которые считаются случайными величинами, описываемыми на уровне соответствующих моментов. В качестве ресурсов вычислительной системы рассматриваются ее основные устройства: процессор, устройства ввода с клавиатуры и вывода на печать, дисплеи, внешняя память на жестких и гибких дисках и т.д. Параметры алгоритма задаются с помощью укрупненной схемы алгоритма, отображающей порядок выполнения этапов счета и ввода-вывода (обращения к внешним устройствам). Схема воспроизводит последовательность использования перечисленных ресурсов вычислительной системы. При этом применяются три основных оператора:

- a) функциональный (счета);
- b) перехода (ветвления) и
- c) ввода-вывода.

С помощью схемы алгоритма могут быть определены следующие параметры.

1. Среднее количество процессорных операций Θ , выполняемых за один прогон алгоритма.

2. Среднее количество обращений N_1, \dots, N_K к файлам F_1, \dots, F_K (устройствам ввода-вывода и внешним устройствам) за один прогон (среднее количество операций ввода-вывода).

3. Среднее количество информации g_1, \dots, g_k , передаваемой за одно обращение к файлам F_1, \dots, F_K соответственно (среднее время выполнения операций ввода-вывода).

Значение Θ характеризует трудоемкость обработки информации (счета), а $N_k, k=1, \dots, K$ и $g_k, k=1, \dots, K$ — трудоемкость процесса ввода-вывода информации.

Последовательность операторов схемы алгоритма воспроизводит режим обработки задач, используемый данной ВС и реализуемый средствами ее операционной системы. Так, в системах коллективного пользования (локальной сети) на основе ПЭВМ типа IBM, работающих под управлением сетевой ОС Novell NetWare, Windows NT и др., при вводе и отладке нового приложения на языке высокого уровня принят следующий порядок выполнения программ.

1. Ввод имени и пароля с устройства ввода (дисплей).

2. Контроль правильности задания имени и пароля. При наличии ошибки — завершение работы или повторная попытка, пока не надоест (основное устройство - процессор сервера).

3. Если при входе в систему не допущена ошибка, то происходит вызов редактора языка программирования и ввод текста программы (Основное устройство - клавиатура).

4. Сохранение набранного текста в рабочем каталоге на винчестере (Основное устройство - жесткий диск).

5. Выполнение прохода компиляции (при n -проходном компиляторе выполняется n циклов процессорной обработки с переписью промежуточных результатов на винчестер).

И так далее.

Фрагмент соответствующей укрупненной схемы алгоритма представлен на рис. 1.1.

Для оценки трудоемкости алгоритма в лабораторной работе используются Марковские модели вычислительных процессов. Модель строится по укрупненной схеме алгоритма путем замены каждой вершины схемы, кроме начальной и конечной, состоянием Марковской цепи. Фрагмент графа Марковской модели, соответствующей схеме рис.1.1, приведен на рисунке 1.2.

Модель порождает Марковский процесс и обладает следующими **основными свойствами**: стационарностью и отсутствием последействия. Первое означает, что ее характеристики не зависят от времени. Отсутствие последействия существенно упрощает модель. При этом предполагается, что переходы из одного состояния в другое не зависят от предыстории, т.е. от того, как процесс попал в исходное состояние и сколько он там

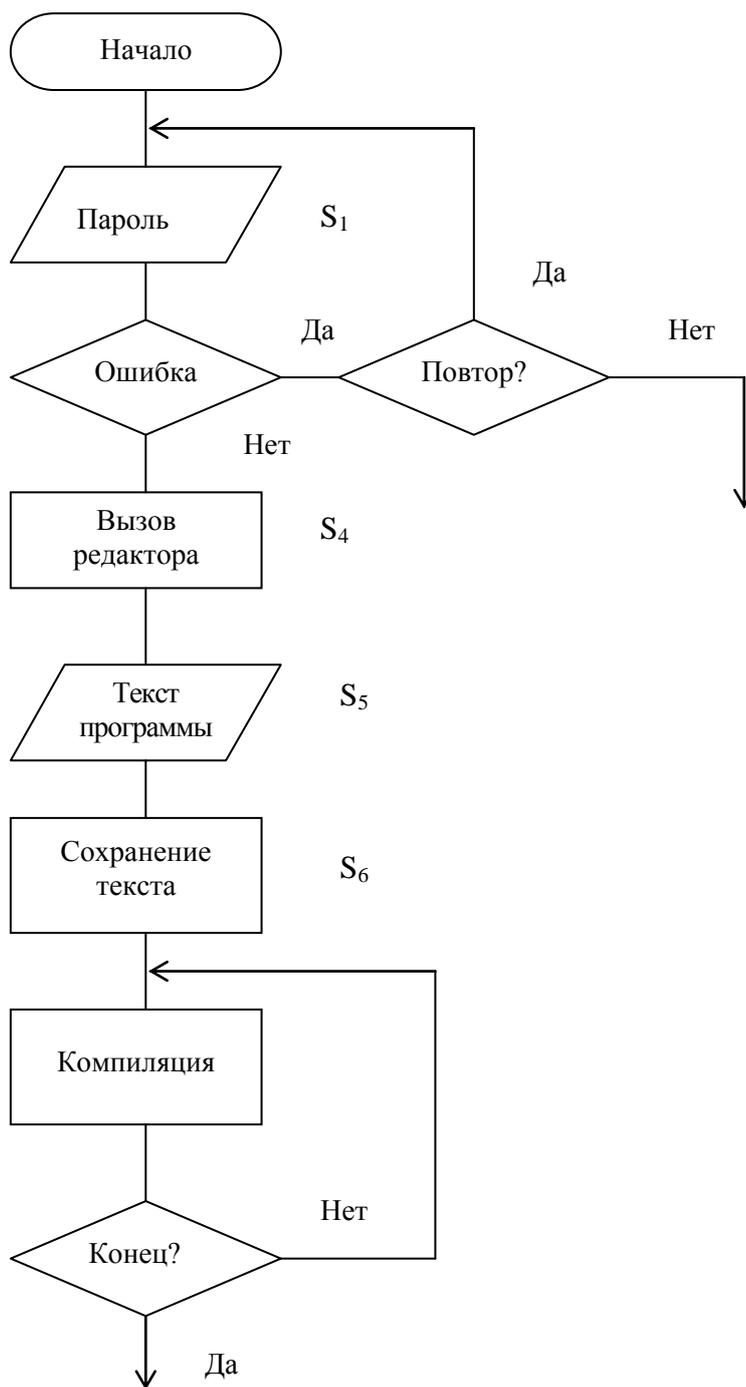


Рис. 1.1. Фрагмент схемы алгоритма работы с новой программой в системе коллективного пользования

находился. Переходы характеризуются вероятностями, которые задаются для любой пары состояний (исходное – перехода). Для описания вычислительных процессов используются поглощающие цепи Маркова, в которых имеется, так называемое поглощающее состояние. Модель порождает Марковский процесс, который начинается с некоторого исходного состояния. Затем происходят переходы из одних состояний в другие до тех пор, пока не будет достигнуто поглощающее состояние. При этом процесс в нем остается, т.е. заканчивается.

Марковская модель считается заданной, если заданы следующие параметры:

- 1) состояния S_1, \dots, S_n ;
- 2) средние времена пребывания в каждом состоянии v_1, \dots, v_n ;
- 3) матрица $P = [p_{ij}]$ вероятностей переходов, которая определяет соответствующие вероятности для любых пар состояний $S_i - S_j$.

В матрице, кроме основных, добавляется еще одно, фиктивное состояние S_0 , которое имитирует внешнюю среду (начало и окончание выполнения алгоритма).

При построении модели вычислительного процесса состояниям S_1, \dots, S_n соответствуют, как отмечалось выше, блоки схемы алгоритма.

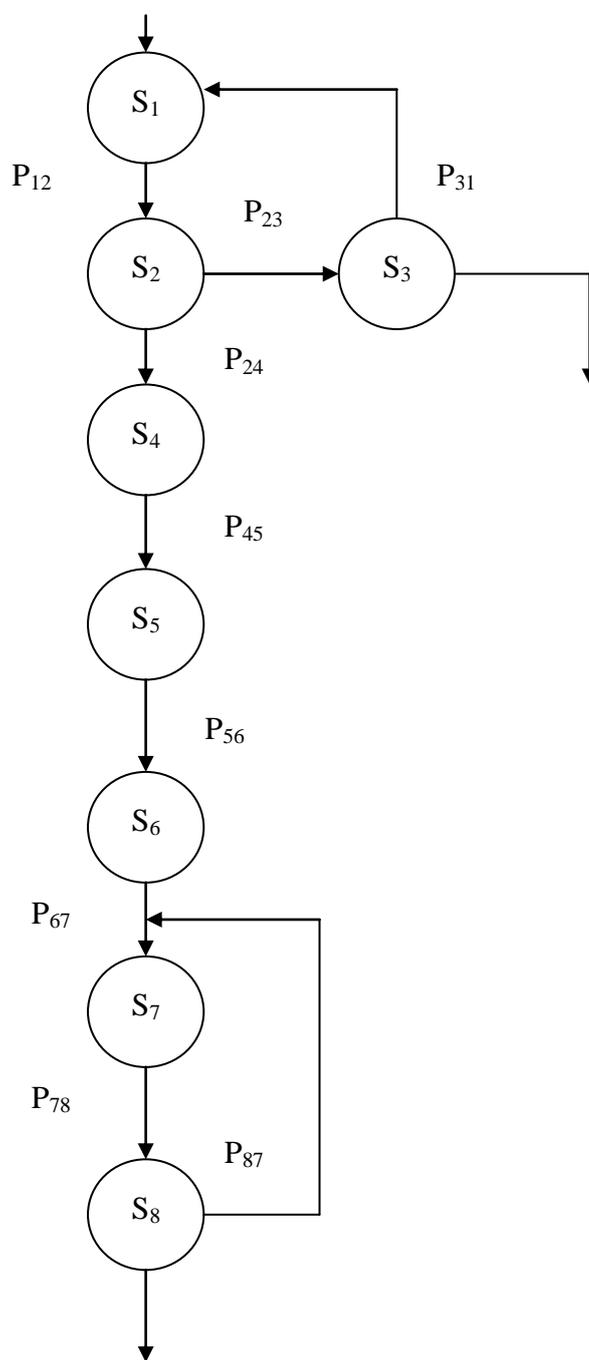


Рис. 1.2. Граф Марковской модели

Времена v_1, \dots, v_n пребывания в этих состояниях задаются с помощью трудоемкостей $\Theta_1, \dots, \Theta_n$ (количества выполняемых операций) и быстродействия устройств, B_1, \dots, B_m , на которых они выполняются. Основные исходные данные для соответствующих вариантов заданий, выполняемых в лабораторной работе, приведены в прил. 1.

Вероятности p_{ij} определяются так. Если в модели нет перехода из состояния S_i в состояние S_j , то $p_{ij} = 0$. Для линейных участков вероятности равны 1, а для ошибок выбираются по заданию преподавателя из диапазона: 0 — 0.5. Ветвления на циклических участках алгоритмов с известным количеством повторений цикла m характеризуются вероятностями выхода из цикла

$$p_o = 1/m \quad (1.1)$$

и продолжения цикла

$$p_u = (m-1)/m. \quad (1.2)$$

Описание лабораторной установки

Лабораторная работа выполняется на ПЭВМ типа IBM, работающей в среде Windows 2000/NT и др. Программа составлена с использованием среды Delphi и позволяет сделать следующее:

- 1) ввести или скорректировать параметры устройств, на которых реализуется вычислительный процесс, порождаемый задачей, и сохранить эти параметры в файле;
- 2) ввести параметры Марковской модели;
- 3) оценить трудоемкость заданного алгоритма с помощью модели.

Исходные данные и результаты расчетов могут быть сохранены в файле текущего каталога на винчестере и затем распечатаны стандартными средствами.

Порядок выполнения лабораторной работы

Подготовка к работе

Подготовка предполагает выполнение следующих этапов.

1. Знакомство со всеми разделами руководства.
2. Получение у преподавателя задания на оценку трудоемкости алгоритма для определенного режима работы вычислительной системы (см. прил. 1).
3. Составление схемы алгоритма и определение вероятностей перехода $p_{i,j}$ по формулам (1.1) и (1.2) или заданию преподавателя.

В лабораторной работе по указанию преподавателя должны быть исследованы одна — две схемы алгоритма.

Последовательность выполнения лабораторной работы

Приложение имеет имя Markmod.exe и запускается стандартным образом. Ввод исходных данных возможен из файла (если пользователь работает с программой не первый раз) или с клавиатуры в режиме диалога. В первом случае используется кнопка «Загрузить», расположенная в нижней части окна приложения. Ввод исходных данных с клавиатуры или их коррекция осуществляется в соответствующих таблицах окна. Причем **задание параметров устройств** производится после нажатия **правой кнопки мыши**. Исходные данные и результаты расчетов могут быть сохранены в файлах, имена которых задаются пользователем. Указанная операция выполняется после нажатия кнопки «Сохранить», расположенной в нижней части окна.

При выполнении лабораторной работы студенты по заданию преподавателя должны получить значения трудоемкости алгоритмов для различных режимов работы в системе коллективного пользования.

При этом необходимо исследовать влияние величин вероятностей ошибок, количества повторений циклов и количеств операций, выполняемых в отдельных вершинах, на трудоемкость алгоритма в целом и времена выполнения его ветвей.

Рекомендуется следующая **последовательность работы с программой**.

1. **Задание параметров устройств**, выполняющих обслуживание задачи (наименований и быстродействия). Оно осуществляется после нажатия правой кнопки мыши. Перечень устройств, входящих в состав системы, определяется после составления схемы алгоритма. Их быстродействие задается с учетом наиболее распространенных в данный период характеристик соответствующих средств.

2. **Ввод информации о состояниях Марковской модели** (параметрах вершин схемы алгоритма).

3. Занесение значений **вероятностей в матрицу P** (в окне она названа таблицей).

4. **Расчет характеристик** алгоритма (начинается после нажатия на кнопку «Пуск») и сохранение их в файле.

5. Повторение п.п. 2 — 4 для различных значений трудоемкостей вершин схемы алгоритма и вероятностей основных переходов (по заданию преподавателя и диапазонам значений (см. прил. 1)).

Содержание отчета о выполненной работе

Отчет о выполненной работе должен содержать.

1. Название и цель работы.
2. Схему предложенного варианта алгоритма.
3. Граф Марковской модели.
4. Перечень используемых устройств и их характеристики.
5. Матрицу вероятностей переходов для первого набора исходных данных, а также, по-возможности, распечатки исходных данных и

результатов. Если получить последние по какой-либо причине не удалось, то они должны быть сохранены в файле и продемонстрированы при защите отчета.

Контрольные вопросы

1. Чем характеризуется трудоемкость алгоритма?
2. От чего зависит структура схемы алгоритма, чем определяется уровень ее детализации?
3. Как строится модель вычислительного процесса, порождаемого алгоритмом?
4. Какие блоки схемы исследованного Вами алгоритма вносят наибольший вклад в значение трудоемкости и почему?
5. Как влияет вероятность ошибок в различных частях схемы на время выполнения алгоритма?
6. Как влияет количество циклов в различных частях схемы на время выполнения алгоритма?
7. Какие из полученных Вами результатов свидетельствуют о наличии циклов в исследуемом процессе?
8. Можно ли оценить трудоемкость по обычным схемам алгоритмов, используемым в программировании или микропрограммировании?
9. Как использовать результаты лабораторной работы при исследовании вычислительных систем?
10. Каковы основные свойства Марковских моделей, их параметры и характеристики?
11. Зачем в модели используется поглощающее состояние?
12. Как влияют характеристики устройств на трудоемкость алгоритма?

Лабораторная работа №2

ОЦЕНКА ТРУДОЕМКОСТИ АЛГОРИТМОВ СЕТЕВЫМ МЕТОДОМ

Краткая теория

Цель работы. Изучение особенностей построения сетевых моделей вычислительных процессов и оценки с их помощью трудоемкости алгоритмов.

Сетевая модель, так же как и Марковская, позволяет оценить трудоемкость (вычислительную сложность) алгоритма с точки зрения использования им ресурсов вычислительной системы. При этом определяются также временные характеристики, которые также считаются случайными величинами. Сетевой подход позволяет оценить среднюю, минимальную и максимальную трудоемкость.

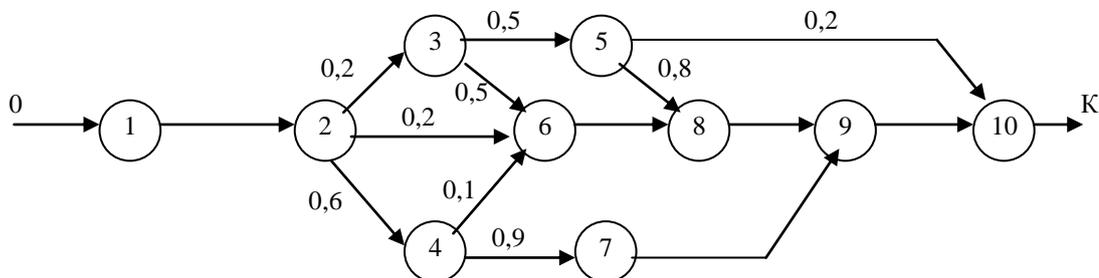
Суть этого подхода состоит в выделении путей на графе алгоритма, соответствующих минимальной, средней и максимальной трудоемкости последовательности операторов. Такие пути могут быть выделены только на графах, не содержащих циклов. При этом в начале на схеме алгоритма выделяют такие пути. Затем выполняется исключение циклов из схемы путем замены их операторами с эквивалентной трудоемкостью. Этот прием позволяет распространить сетевой подход на любые алгоритмы, в том числе содержащие любое количество циклов. Сетевой метод применяется для оценки максимальной, минимальной и средней трудоемкости алгоритма.

Оценка средней трудоемкости алгоритмов

Алгоритм принято представлять в виде графа, состоящего из K операторных вершин и имеющего единственную конечную вершину с номером $K=K+1$; дуги графа отмечены вероятностями переходов P_{ij} . Каждой вершине графа ставится в соответствие среднее значение трудоемкости k_i или l_j . Задача оценки трудоемкости алгоритма сводится к определению среднего числа n_1, n_2, \dots, n_k обращений к операторам за один прогон алгоритма.

Для применения сетевого подхода к алгоритму, не содержащему циклы, вершины схемы должны быть пронумерованы в порядке их следования, т.е. так, чтобы любая вершина имела номер, больший

любого номера предшествующих ей вершин. Нумерация проводится следующим образом. Начальной вершине присваивается номер 0. Очередной номер $i=1,2,\dots$ присваивается вершине, в которую входят дуги от уже пронумерованных вершин с номерами, меньшими i . При



этом любым двум вершинам должны соответствовать разные номера. Такой порядок является результативным для любого графа без циклов. Причем конечная вершина графа будет иметь максимальный номер K . Пример корректной нумерации вершин графа приведен на рис. 2.1.

Рис. 2.1. Пример корректной нумерации вершин графа алгоритма

Поскольку граф не содержит циклов, то при прогоне алгоритма вершина 1 будет выполнена точно один раз, то есть $n_1 = 1$. Среднее число попаданий вычислительного процесса в вершину определяется выражением:

$$n_i = \sum_{j=1}^k P_{ji} \cdot n_j \quad (i = 2, 3, \dots, k)$$

где P_{ji} - вероятность перехода из вершины j в вершину i .

При установленном порядке нумерации вершин на момент вычисления n_i значения n_1, n_2, \dots, n_{i-1} уже определены. Поэтому вычисление значения n_i сводится к суммированию произведений, причем поскольку $P_{ij} = 0$ для всех $j \geq i$, то суммирование следует проводить только для $j < i$.

Так, среднее число обращений n_1, n_2, \dots, n_k к операторам алгоритма изображенного графом рис. 2.1 будет получено из соотношений 2.1.

Теперь рассмотрим алгоритм, содержащий циклы, пример которого приведен на рис. 2.2. Непосредственное применение рассмотренной методики к таким алгоритмам невозможно и для

вычисления значений n_1, n_2, \dots, n_k необходимо исключить циклы, заменяя их операторами с эквивалентной трудоемкостью.

Для упрощения описания метода примем, что алгоритм состоит из однотипных операторов, например, только основных операторов. Разделим циклы по рангам. К рангу 1 относятся циклы, которые не содержат внутри себя ни одного цикла, к рангу 2 - циклы, внутри которых есть циклы не выше ранга 1 и так далее. Например, рассматриваемый алгоритм содержит два цикла C_1 и C_2 ранга 1 и один цикл C_2 ранга 2.

$$n_1 = 1$$

$$n_2 = P_{1,2} \cdot n_1 = 1$$

$$n_3 = P_{2,3} \cdot n_2 = 0.2$$

$$n_4 = P_{2,4} \cdot n_2 = 0.6$$

$$n_5 = P_{3,5} \cdot n_3 = 0.5 \cdot 0.2 = 0.1$$

$$n_6 = P_{3,6} \cdot n_3 + P_{2,5} \cdot n_2 + P_{4,6} \cdot n_4 = 0.36$$

$$n_7 = P_{4,7} \cdot n_4 = 0.9 \cdot 0.6 = 0.54$$

$$n_8 = P_{5,8} \cdot n_5 + P_{6,8} \cdot n_6 = 0.8 \cdot 0.1 + 1 \cdot 0.36 = 0.44$$

$$n_9 = P_{8,9} \cdot n_8 + P_{7,9} \cdot n_7 = 0.98$$

$$n_{10} = P_{5,10} \cdot n_5 + P_{9,10} \cdot n_9 = 0.2 \cdot 0.1 + 1 \cdot 0.98 = 1$$

(2.1)

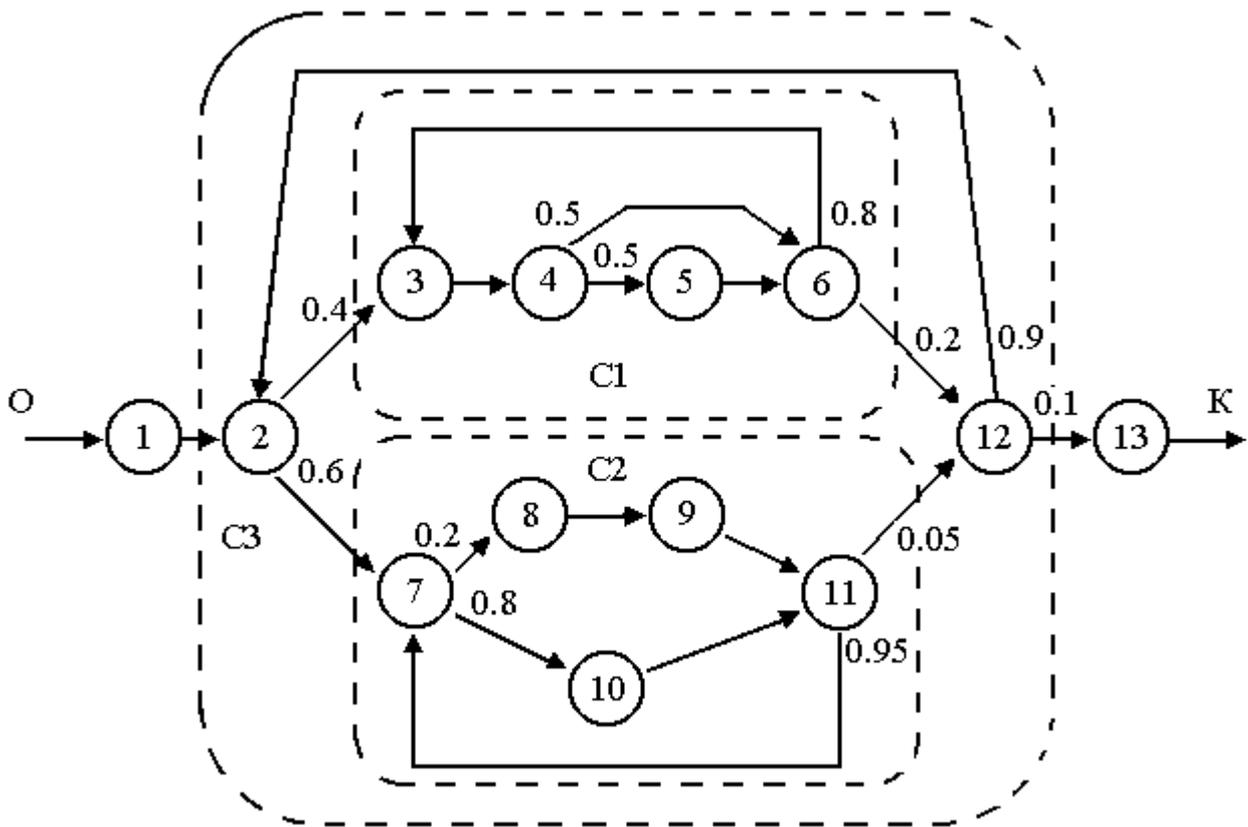


Рис. 2.2. Пример графа алгоритма, содержащего циклы

Совокупность операторов, входящих в цикл, и связывающих их дуг, за исключением дуги, замыкающей цикл, называют телом цикла. Тело цикла ранга 1 является графом без циклов. Применяя к этому графу ранее рассмотренную методику, можно определить значения n_i для каждого из операторов, принадлежащих телу цикла, и, следовательно, трудоемкость тела C -го цикла $\sum_{V_j \in C} k_j n_i$.

Здесь суммирование выполняется по всем вершинам V_j , содержащимся в цикле C .

Пусть известно среднее число повторений цикла n_c , равное числу выполнений тела цикла при одном прогоне алгоритма. Если вероятность перехода по дуге, замыкающей цикл, равна P_{kl} , то

$$n_c = \frac{1}{1 - P_{kl}}$$

В этом случае средняя трудоемкость цикла равна:

$$k_c = n_c \sum_{V_j \in C} k_j n_i$$

и цикл С можно заменить оператором с трудоемкостью k_C .

Применяя указанную процедуру замены циклов операторами ко всем циклам ранга 1, затем к циклам ранга 2 и так далее, в конце концов приходим к графу без циклов, трудоемкость которого находится уже рассмотренным способом.

Определим трудоемкость, заданную приведенным выше графом.

Положим, что трудоемкость всех операторов одинакова и равна 1. Среднее число повторений циклов C_1 , C_2 и C_3 определяется из вероятностей переходов, указанных на графе, следующими значениями:

$$n_{C_1} = \frac{1}{P_{6,12}} = \frac{1}{0.2} = 5$$

$$n_{C_2} = \frac{1}{P_{11,12}} = \frac{1}{0.05} = 20$$

$$n_{C_3} = \frac{1}{P_{12,13}} = \frac{1}{0.1} = 10$$

Выделим тела циклов C_1 и C_2 первого ранга, как показано на рис.

2.3.

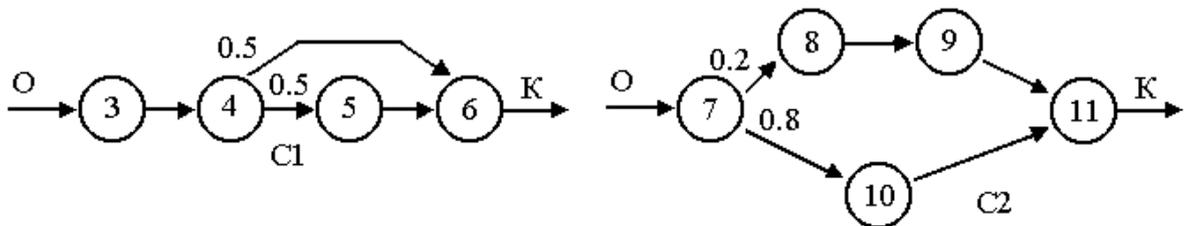


Рис. 2.3. Преобразование циклов

Применяя к этим графам рассмотренную ранее методику, определяем среднюю трудоемкость k_{C_1} и k_{C_2} выполнения тел этих циклов:

$$n_3 = 1$$

$$n_4 = P_{3,4} \cdot n_3 = 1$$

$$n_5 = P_{4,5} \cdot n_4 = 0.5$$

$$n_6 = P_{4,5} \cdot n_4 + P_{5,6} \cdot n_5 = 1$$

$$n_7 = 1$$

$$n_8 = P_{7,8} \cdot n_7 = 0.2$$

$$n_9 = P_{8,9} \cdot n_8 = 0.2$$

$$n_{10} = P_{7,10} \cdot n_7 = 0.8$$

$$n_{11} = P_{9,11} \cdot n_9 + P_{10,11} \cdot n_{10} = 1$$

Определяем трудоемкость тел этих циклов:

$$Q_{C1} = \sum_{i=3}^6 k_i n_i = 3.5 \quad Q_{C2} = \sum_{i=7}^{11} k_i n_i = 3.2$$

Средняя трудоемкость циклов C1 и C2 вычисляется умножением полученных значений на среднее число повторений этих циклов:

$$k_{C1} = Q_{C1} \cdot n_{C1} = 17.5; \quad k_{C2} = Q_{C2} \cdot n_{C2} = 64$$

Заменяя в исходном графе циклы C1 и C2 операторами C1 и C2 с трудоемкостью k_{C1} и k_{C2} , получим граф, приведенный на рис. 2.4.

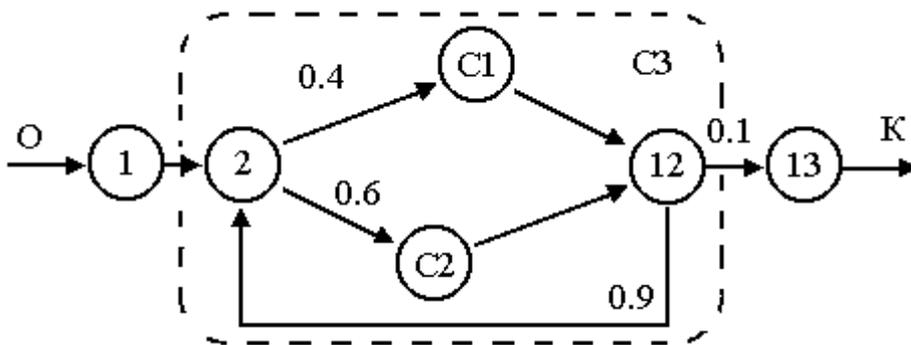


Рис. 2.4. Результат преобразования исходного графа

Тело цикла C3 имеет вид, представленный на рис. 2.5, а результат его преобразования – на рис. 2.6.

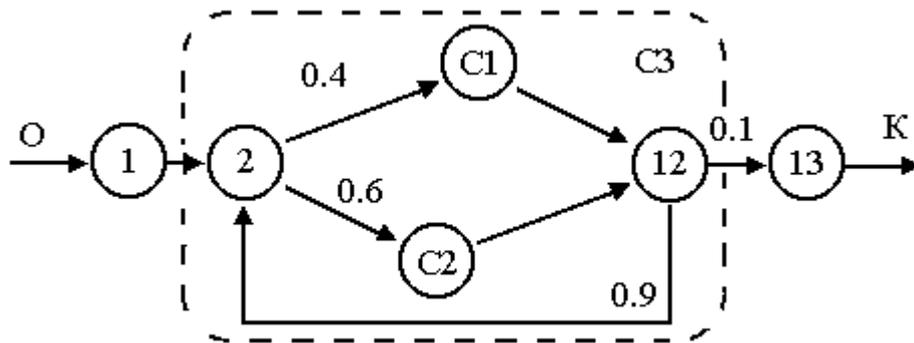


Рис. 2.5. Цикл C3 исходного графа

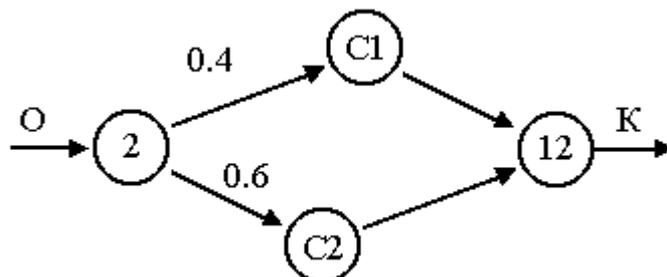


Рис. 2.6. Результат преобразования цикла C3

Определим трудоемкость тела цикла С3:

$$n_2 = 1$$

$$n_{C1} = P_{2,C1} \cdot n_2 = 0.4$$

$$n_{C2} = P_{2,C2} \cdot n_2 = 0.6$$

$$n_{12} = P_{C1,12} \cdot n_{C1} + P_{C2,12} \cdot n_{C2} = 1$$

$$Q_{C3} = \sum_{V_i \in C3} k_i n_i = 1 + 17.5 \cdot 0.4 + 64 \cdot 0.6 + 1 = 47.4$$

С учетом числа n_{C3} повторений цикла трудоемкость цикла составит:

$$k_{C3} = Q_{C3} \cdot n_{C3} = 47.4 \cdot 10 = 474 \text{ операций.}$$

Заменив цикл С3 оператором С3 с трудоемкостью k_{C3} , получим граф, приведенный на рис. 2.7.

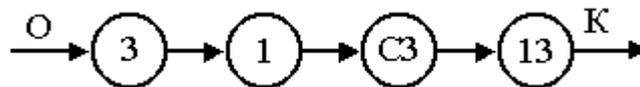


Рис. 2.7. Исходный граф без циклов

Трудоемкость всего алгоритма, представляемого этим графом, равна:

$$\Theta = k_1 + k_{C3} + k_{13} = 1 + 474 + 1 = 476 \text{ операций.}$$

Оценка минимальной и максимальной трудоемкости алгоритма

Минимально возможное и максимально возможное значение трудоемкости на момент окончания выполнения оператора V_i обозначим соответственно через A_i и B_i . Имеем $A_0=0$, $B_0=0$. Тогда для остальных вершин с номерами $i=1,2,\dots,k$:

$$A_i = \min_{(j,i \in D)} (A_j) + k_{i \min}; B_i = \max_{(j,i \in D)} (B_j) + k_{i \max};$$

где (j,i) - дуга, выходящая из вершины j и входящая в вершину i ;

D - множество дуг графа программы.

Минимальное $\min(A_j)$ и максимальное $\max(B_j)$ значения определяются по отношению ко всем вершинам j из которых выходят дуги, входящие в вершину i .

Значения k_{\min} и k_{\max} характеризуют минимальную и максимальную трудоемкость оператора V_i .

Для конечной вершины K графа вычисляются значения

$$A_k = \min_{(j,k) \in D} (A_j); B_k = \max_{(j,k) \in D} (B_j); \quad (2.2)$$

характеризующие минимальную и максимальную трудоемкость алгоритма.

Определим минимальную и максимальную трудоемкость алгоритма, не содержащего циклов (рис.2.1). Примем, что трудоемкость каждого оператора постоянна и равна 1. Последовательно применяя (2.2), получим:

$$\begin{array}{ll} & B_0 = 0 \\ A_0 = 0 & B_1 = \max(B_0) + 1 = 1 \\ A_1 = \min(A_0) + 1 = 1 & B_2 = \max(B_1) + 1 = 2 \\ A_2 = \min(A_1) + 1 = 2 & B_3 = \max(B_2) + 1 = 3 \\ A_3 = \min(A_2) + 1 = 3 & B_4 = \max(B_2) + 1 = 3 \\ A_4 = \min(A_2) + 1 = 3 & B_5 = \max(B_3) + 1 = 4 \\ A_5 = \min(A_3) + 1 = 4 & B_6 = \max(B_2, B_3, B_4) + 1 = 4 \\ A_6 = \min(A_2, A_3, A_4) + 1 = 3 & B_7 = \max(B_4) + 1 = 4 \\ A_7 = \min(A_4) + 1 = 4 & B_8 = \max(B_5, B_6) + 1 = 5 \\ A_8 = \min(A_5, A_6) + 1 = 4 & B_9 = \max(B_7, B_8) + 1 = 6 \\ A_9 = \min(A_7, A_8) + 1 = 5 & B_{10} = \max(B_5, B_9) + 1 = 7 \\ A_{10} = \min(A_5, A_9) + 1 = 5 & B_k = \max(B_{10}) + 1 = 7 \\ A_k = \min(A_{10}) + 1 = 5 & \end{array}$$

Таким образом минимальная трудоемкость алгоритма $A_k = 5$, а максимальная $B_k = 7$ операций.

Минимальная и максимальная трудоемкость алгоритмов, содержащих циклы, находятся по аналогии с методом определения средней трудоемкости алгоритмов с циклами. При этом выделяются циклы первого ранга. Находятся минимальная A и максимальная B трудоемкость тела цикла. Минимальная и максимальная трудоемкость

цикла определяется значениями $A \cdot n_{\min}$ и $B \cdot n_{\max}$, где n_{\min} и n_{\max} - минимальное и максимальное число повторений цикла. Затем цикл заменяется оператором с трудоемкостью $k_{\min} = A \cdot n_{\min}$ и $k_{\max} = B \cdot n_{\max}$ и вновь применяется процедура исключения циклов.

Процесс повторяется до тех пор, пока граф алгоритма не будет преобразован к форме без циклов.

Порядок выполнения лабораторной работы

Подготовка к работе

Подготовка предполагает выполнение следующих этапов.

1. Знакомство со всеми разделами руководства.
2. Получение у преподавателя задания на оценку трудоемкости алгоритма для определенного режима работы вычислительной системы (см. прил. 1).
3. Составление схемы алгоритма и его графа и определение вероятностей перехода p_{ij} по формулам (1.1) и (1.2) или заданию преподавателя, как в предыдущей работе.
4. Преобразование исходного графа к схеме без циклов и нахождение средней, максимальной и минимальной трудоемкости.
5. Сравнение полученных результатов с результатами работы 1.

Содержание отчета о выполненной работе

Отчет о выполненной работе должен содержать.

1. Название и цель работы.
2. Схему предложенного варианта алгоритма.
3. Граф сетевой модели.
4. Перечень используемых устройств и их характеристики.

5. Матрицу вероятностей переходов для циклов всех уровней и их трудоемкости.

6. Результаты преобразования циклов исходного графа и значения трудоемкостей вершин, соответствующих циклам.

7. Окончательный граф без циклов и значения средней, максимальной и минимальной трудоемкости заданного алгоритма.

Контрольные вопросы

1. Чем характеризуется трудоемкость алгоритма?
2. От чего зависит структура схемы алгоритма, чем определяется уровень ее детализации?
3. Как строится модель вычислительного процесса, порождаемого алгоритмом?
4. Какие блоки схемы исследованного Вами алгоритма вносят наибольший вклад в значение трудоемкости и почему?
5. Как влияет вероятность ошибок в различных частях схемы на время выполнения алгоритма?
6. Как влияет количество циклов в различных частях схемы на время выполнения алгоритма?
7. Какие из полученных Вами результатов свидетельствуют о наличии циклов в исследуемом процессе?
8. Можно ли оценить трудоемкость по обычным схемам алгоритмов, используемым в программировании или микропрограммировании?
9. Как использовать результаты лабораторной работы при исследовании вычислительных систем?
10. Каковы основные свойства сетевых моделей, их параметры и характеристики?
11. Как осуществляется преобразование циклов?
12. Что такое ранг цикла?
13. Влияет ли ранг цикла на процедуру его преобразования?
14. Отличаются ли результаты оценки трудоемкости, полученные с помощью Марковских моделей и сетевым методом?

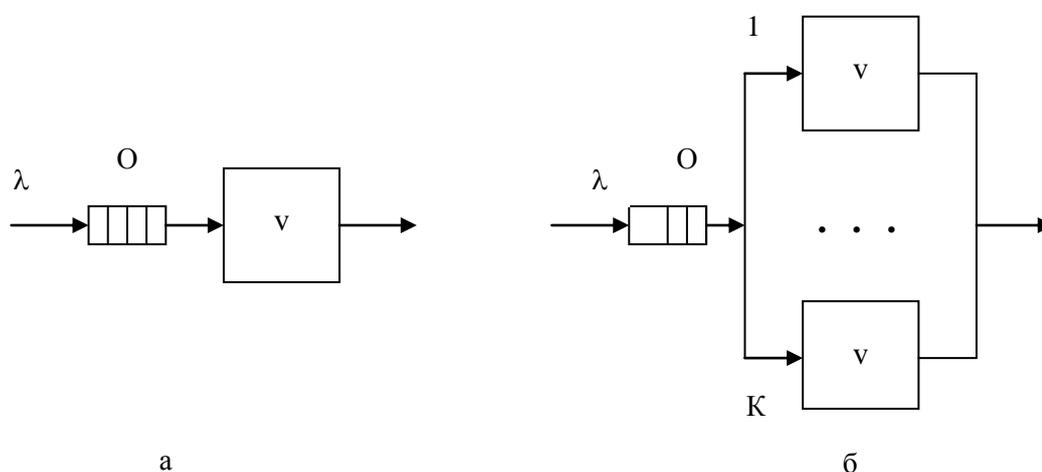
Лабораторная работа №3

МОДЕЛИ МНОГОПРОЦЕССОРНЫХ КОМПЛЕКСОВ

Краткая теория

Цель работы. Изучение особенностей построения стохастических сетевых моделей многопроцессорных вычислительных комплексов и оценки с их помощью временных характеристик обслуживания задач.

Оценка характеристик вычислительных систем (ВС) традиционно осуществляется с использованием стохастических сетевых моделей (ССМ), в которых воспроизводится физическая структура системы и особенности протекания процессов в ней. Основные устройства ВС отображаются отдельными узлами модели. Такими узлами являются системы массового обслуживания, вид которых приведен на рисунке 3.1.



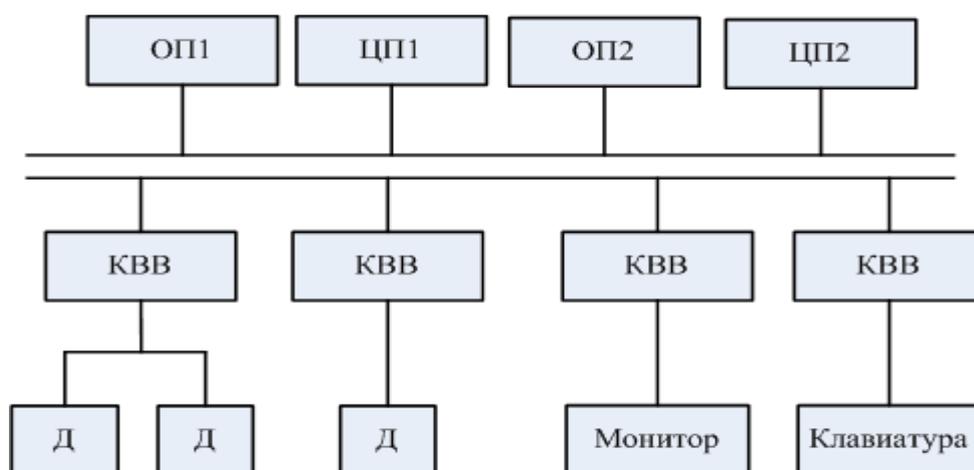
λ - интенсивность потока заявок на обслуживание; О - очередь; v - среднее время обслуживания; K - количество каналов (приборов) в многоканальной СМО

Рис. 3.1. Модель устройств сети - система массового обслуживания (СМО):
а - одноканальная, б – многоканальная

Система массового обслуживания (СМО) состоит из одного или

нескольких обслуживающих приборов и очереди. Это – математическая модель, с помощью которой можно рассчитать временные характеристики обслуживания. На вход СМО с интенсивностью λ поступают заявки. Если прибор свободен, то он начинает обслуживание заявки. В противном случае она становится в очередь. Многоканальная СМО содержит K одинаковых приборов и позволяет одновременно обрабатывать до K заявок. Система массового обслуживания позволяет оценить временные характеристики обслуживания заявок: времена ожидания и пребывания, коэффициент загрузки, длины очередей и пр.

Многопроцессорные вычислительные комплексы (МПВК) имеют схему с общей памятью, причем в них обычно используются однотипные процессоры и модули памяти. Современные центральные процессоры имеют систему прерывания, обеспечивающую совместную работу нескольких таких устройств, подключенных к одной системной шине. Кроме того, промышленность выпускает материнские платы, позволяющие реализовать необходимые интерфейсы. Структура таких комплексов на двух процессорах на основе IBM PC может иметь архитектуру, представленную на рис. 3.2. На схеме приведены только основные устройства.



КВВ – контроллеры, Д – накопители, ЦП – процессор,
ОП – оперативная память

Рис. 3.2. Типовая структура многопроцессорного комплекса на IBM PC

Моделью вычислительного комплекса является совокупность взаимосвязанных СМО. Она, как отмечалось выше, называется стохастической сетью. В модели отображаются только те устройства, которые вносят задержку в вычислительный процесс, а именно, центральный процессор, накопители и контроллеры. Терминалы (мониторы, клавиатура) и другие устройства обычно в ней не воспроизводятся. Комплекс состоит из отдельных подсистем, каждая из которых может быть представлена отдельной СМО или сетью. Рассмотрим модели типовых подсистем.

Модель подсистемы Центральный процессор + ОЗУ

Подсистема имеет структуру, приведенную на рис. 3.3. В ней один обслуживаемый прибор — ЦПр, который обслуживает среднюю задачу в течение $v_{\text{ЦПр}}$ секунд непрерывного счета:

$$v_{\text{ЦПр}} = \Theta_0 / B_{\text{ЦПр}},$$

где Θ_0 — средняя трудоемкость непрерывного счета, $B_{\text{ЦПр}}$ — быстродействие процессора.

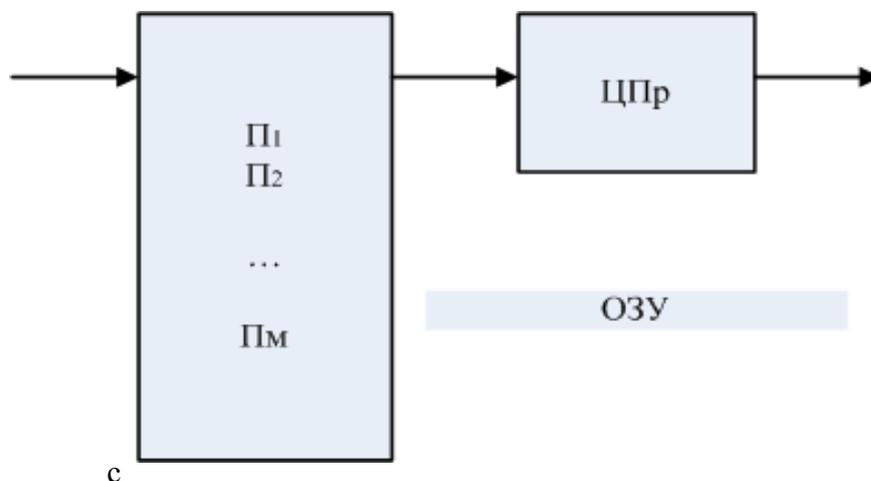


Рис. 3.3. Подсистема «Процессор - ОЗУ»

Программы $\Pi_1, \Pi_2, \dots, \Pi_M$, поступающие в систему, хранятся в ОЗУ и образуют очередь. Моделью подсистемы будет однородная одноканальная СМО (рис. 3.4). Интенсивность потока заявок на входе системы массового обслуживания:

$$\lambda_{\text{ЦПр}} = \Lambda + \lambda_{\text{ВВ}},$$

где Λ — интенсивность входного потока;



Рис. 3.4. Модель подсистемы «Процессор - ОЗУ»

Известно, что в системах с **общей памятью** любой модуль ОЗУ доступен каждому процессору, поэтому программы, находящиеся в памяти, образуют общую очередь задач, готовых к выполнению. Каждая задача может захватить любой свободный процессор. Моделью такой подсистемы при $K_{\text{цп}}$ будет служить K - канальная СМО (рис. 3.1,б).

Модель контроллера и ВЗУ

К контроллеру может быть подключено одно или несколько ВЗУ, как показано на рис 3.5, а. При передаче данных контроллер обслуживает одно ВЗУ. Совмещение работы ВЗУ возможно только на этапе поиска начальной метки файла. Таким образом, в модели должны быть отображены два этапа (операции):

- а) подготовительный (поиск начальной метки файла);
- б) передача данных через контроллер.

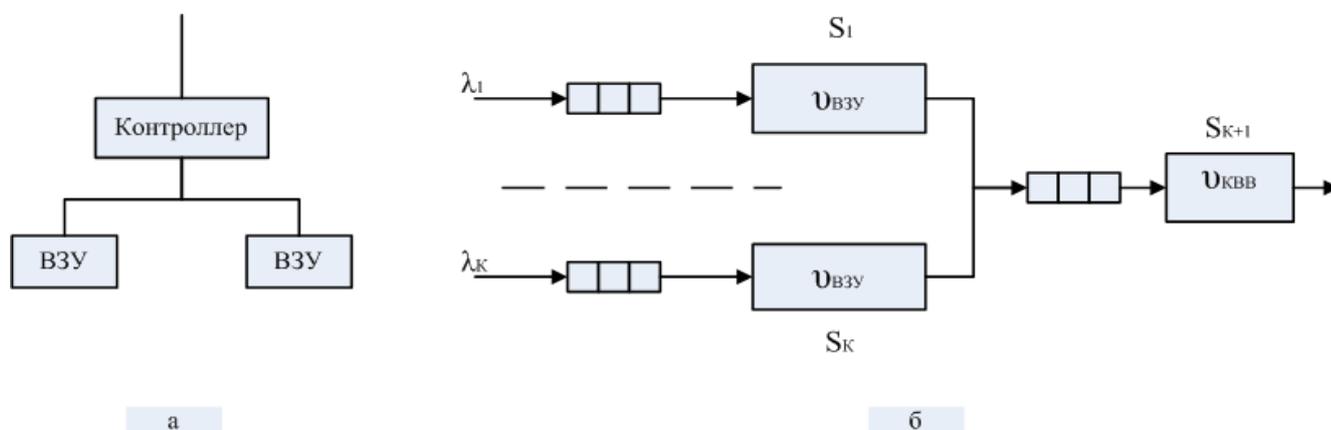


Рис. 3.5. Подсистема «Контроллер (ЭМП) + ВЗУ» (а) и ее модель (б)

Этапы следуют в указанном порядке, поэтому модель будет иметь вид рис. 3.5,б. Здесь СМО S_1, \dots, S_K отображают работу K однотипных

систем (соответствующих ВЗУ) на этапе подготовки к записи–считыванию. Среднее время обслуживания заявок этими СМО – $\nu_{\text{взу}}$ равно среднему времени доступа к накопителю. Интенсивности потоков на входе: $\lambda_1, \dots, \lambda_k$ представляют собой интенсивности потока запросов к соответствующему накопителю

$$\lambda_k = \Lambda D_{\text{взук}}.$$

СМО S_{k+1} воспроизводит работу подсистемы на втором этапе – передаче данных через контроллер. Среднее время обслуживания этой системой

$$\nu_{\text{квв}} = l_{\text{ср. бл.}} / B_{\text{квв}},$$

где $l_{\text{ср. бл.}}$ – средняя длина блока записей,

$B_{\text{квв}}$ – быстродействие контроллера (скорость передачи накопителя).

Важно помнить, что модель воспроизводит последовательность этапов обращения к ВЗУ, а не операции с файлами (запись или считывание). Тип операции может быть любым.

Вычислительная система в целом является совокупностью перечисленных подсистем, а ее модель – совокупностью их моделей, т.е. стохастической сетью. В сетевой модели отображаются все три составляющие ВС:

1) структура (состав устройств и связи между ними), которая представляется совокупностью СМО и их связями;

2) режим работы системы (отображается связями, вероятностями переходов и дисциплинами обслуживания в узлах);

3) рабочая нагрузка (поток заявок, времена обслуживания, вероятности переходов).

Для описания вычислительных систем наибольшее распространение получили *разомкнутые стохастические сети*, в которых интенсивность источника Λ не зависит от состояния сети. Это соответствует режиму мультипрограммирования с переменным

числом задач. Именно в таком режиме работают системы оперативной обработки, к которым можно отнести многопроцессорные комплексы.

Модель МПВК относят к классу моделей с центральным обслуживающим прибором (которым, как правило, является процессор). Задачи (заявки) первоначально поступают в процессор и затем периодически возвращаются в него после завершения операции ввода-вывода, связанные с обращением к ВЗУ.

Таким образом, модель многопроцессорного комплекса в общем случае можно представить в виде рис. 3.6. Структура модели зависит от состава устройств системы и режима ее работы.

В лабораторной работе необходимо построить модель многопроцессорного комплекса, имеющего заданное количество процессоров, контроллеров и ВЗУ и рассчитать его характеристики с помощью модели.

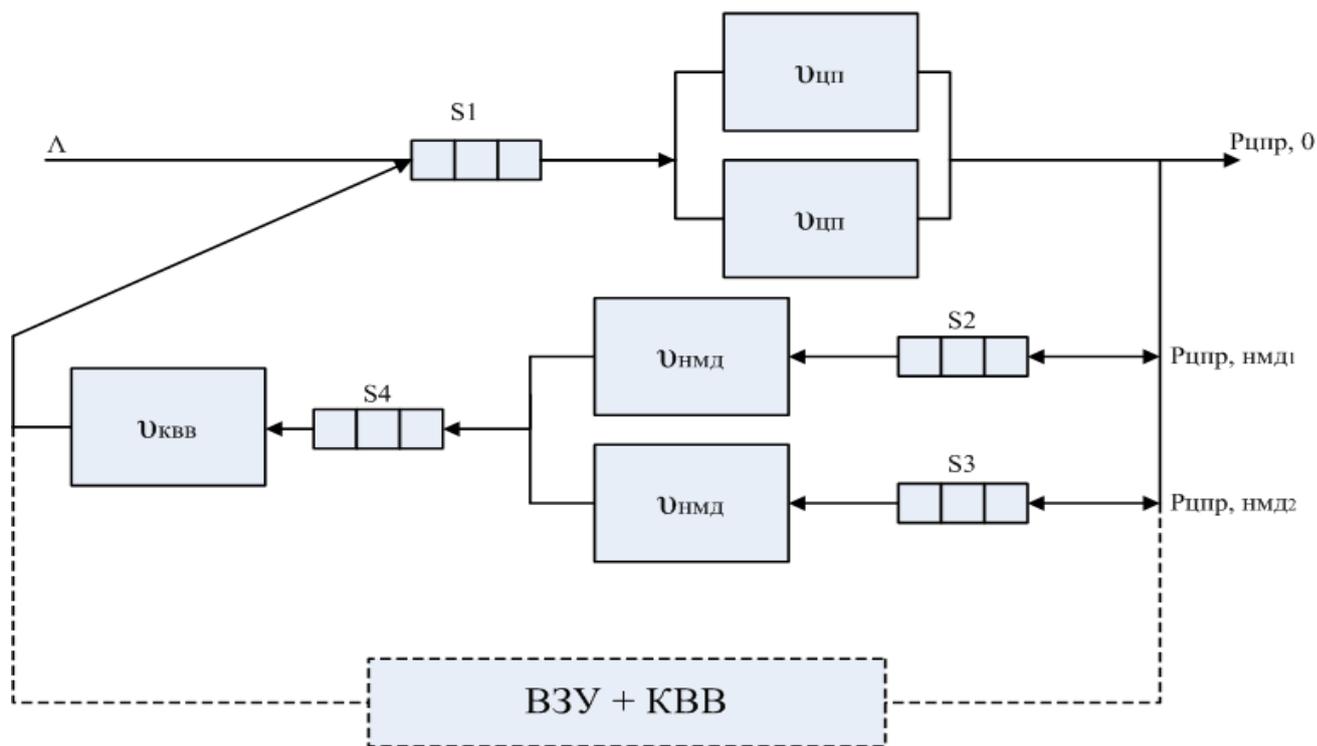


Рис. 3.6. Модель МПВК с общей памятью

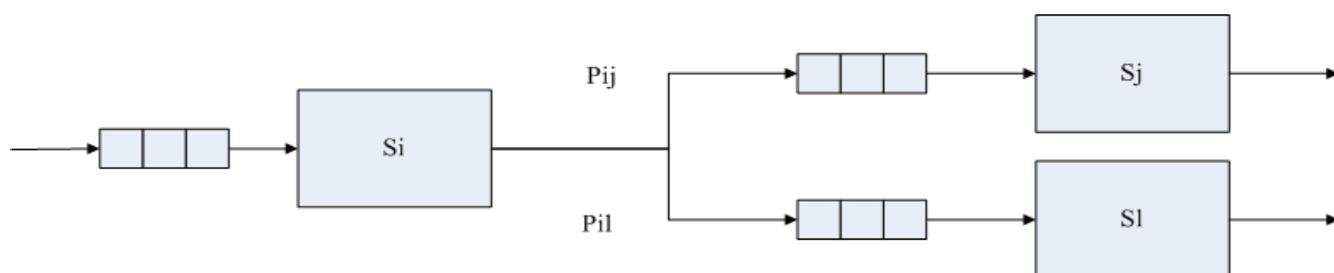
Параметры модели

Модель задана, если заданы ее параметры:

- 1) количество узлов (СМО) – N (в программе оценки характеристик их может быть 20 и более);
- 2) число каналов K_1, \dots, K_N в СМО S_1, \dots, S_N ;
- 3) интенсивность источника заявок (задач) Λ ;
- 4) средние длительности обслуживания в узлах ν_1, \dots, ν_N ;
- 5) связи между СМО, которые представляются в виде матрицы вероятностей передач $P = p[i,j]$. Элемент p_{ij} этой матрицы задает вероятность перехода заявки из СМО S_i в СМО S_j в процессе решения задачи. Матрица имеет размерность $(N+1)*(N+1)$, так как в сети используется дополнительная (фиктивная) СМО S_0 – источник и приемник заявок (внешняя среда).

Все параметры приведены в Приложении 2, кроме матрицы P . Рассмотрим, как определяются вероятности в этой матрице.

Если две СМО связаны, как показано на рис. 3.7, то вероятность



$p_{ij} = 1$, например, $p_{0,LC} = 1$. Если СМО не связаны, то вероятность $p_{ij} = 0$.

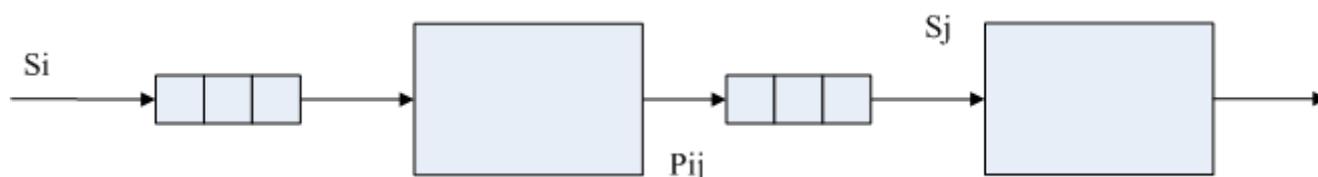


Рис. 3.7. Связь между отдельными СМО модели

Для моделей вида рис. 3.8, у которых заявки с выхода одной из СМО могут с определенной вероятностью перейти в один из нескольких узлов S_j, S_m, \dots, S_k , должно выполняться условие:

$$\sum_j p_{ij} = 1 - \text{вероятности перехода из любой СМО } S_i \text{ образуют}$$

полное событие.

Рис. 3.8. Стохастическая сеть с ветвлением на выходе СМО

В модели МПВК имеет место ветвление на выходе СМО, соответствующей Центральному процессору. Рассмотрим, как определяются вероятности для модели МПВК.

1. $p_{ЦПр,0}$ — вероятность окончания счета,

$$p_{ЦПр,0} = 1/N_{ЦПр}, \quad (3.1)$$

где $N_{ЦПр}$ — количество прерываний центрального процессора

$$N_{ЦПр} = \sum_{k=1}^K D_{НМДк} + 1, \quad (3.2)$$

$D_{НМДк}$ — количество обращений к НМД_к

2. $p_{НМДк}$ — вероятность обращения к НМД с номером k ,

$$p_{НМДк} = D_{НМДк} / N_{ЦПр}. \quad (3.3)$$

Все исходные данные, необходимые для задания модели МПВК, как уже отмечалось, приведены в Приложении 2.

Описание лабораторной установки

Лабораторная работа выполняется на ПЭВМ типа IBM, работающей в среде Windows 2000/NT и др. Программа составлена с использованием среды Delphi. Приложение имеет имя Pvs v 2.0 и позволяет сделать следующее.

1. Ввести интенсивность входного потока.
2. Задать количество узлов (СМО) сетевой модели.
3. Ввести параметры каждого узла:
 - количество каналов;
 - средние времена обслуживания.

4. Задать связи между узлами с помощью матрицы вероятностей передач.

Программа обеспечивает оценку следующих характеристик сетевой модели и соответствующей ей вычислительной системы:

1. Для каждого узла (устройства) модели:

а) коэффициент загрузки, который для перегруженных устройств («узких мест») имеет значения более 0.5;

б) среднее количество заявок в узле и очереди на обслуживание;

в) средние времена ожидания и пребывания заявок.

2. Для модели в целом:

а) среднее количество заявок (задач) в сети (уровень мультипрограммирования);

б) средние времена ожидания и пребывания заявок (время ответа);

в) среднюю длину очереди.

Перечисленные характеристики позволяют для заданного типа архитектуры вычислительного комплекса выявить так называемые «узкие места» (наиболее загруженные участки комплекса) и дать рекомендации о построении сбалансированной структуры, у которой все устройства загружены одинаково. При этом основной характеристикой служит коэффициент загрузки каждого узла. Если он больше 0.5, как отмечено выше, то соответствующее устройство можно считать «узким местом». Разгрузка такого узла достигается за счет добавления устройств (каналов в СМО).

Результаты расчетов выводятся на экран дисплея или в файл, имя которого задает пользователь. Информация из файла может быть затем отпечатана обычным образом.

Порядок выполнения лабораторной работы

Подготовка к работе

Подготовка предполагает выполнение следующих этапов.

1. Знакомство со всеми разделами руководства.
2. Получение у преподавателя задания на моделирование МПВК (см. прил. 2).
3. Разработка схемы и модели многопроцессорного комплекса, имеющего заданную структуру.
4. Определение параметров модели из приложения и по формулам (3.1) и (3.3).
5. Расчет характеристик МПВК с помощью программы Pvs v 2.0.

Содержание отчета о выполненной работе

Отчет о выполненной работе должен содержать.

1. Название и цель работы.
2. Схему предложенного варианта многопроцессорного комплекса.
3. Модель МПВК.
4. Параметры и характеристики модели (в виде распечатки, полученной с помощью программы Pvs v 2.0).

Контрольные вопросы

1. Какие модели используются для описания работы вычислительных систем?
2. Что является элементом моделей массового обслуживания?
3. Какие типы СМО Вы знаете?
4. Какой моделью описывается работа подсистемы «Процессор – ОП»?
5. Какой моделью описывается работа подсистемы «Контроллер – ВЗУ»?
6. К какому классу относится модель МПВК?
7. Какие свойства вычислительных систем отображаются в моделях?
8. Какие параметры должны быть заданы в модели МПВК?
9. Какие характеристики можно определить с помощью модели?

10. Какое устройство можно считать «узким местом» системы?
11. Какие узловые характеристики являются наиболее важными?
12. Какие общие (сетевые) характеристики являются наиболее важными?
13. Как влияет на характеристики МПВК увеличение числа процессоров?
14. Как влияет на характеристики МПВК увеличение числа ВЗУ?
15. Как влияет на характеристики МПВК увеличение числа контроллеров?

Лабораторная работа №4

МОДЕЛИ МНОГОМАШИННЫХ КОМПЛЕКСОВ

Краткая теория

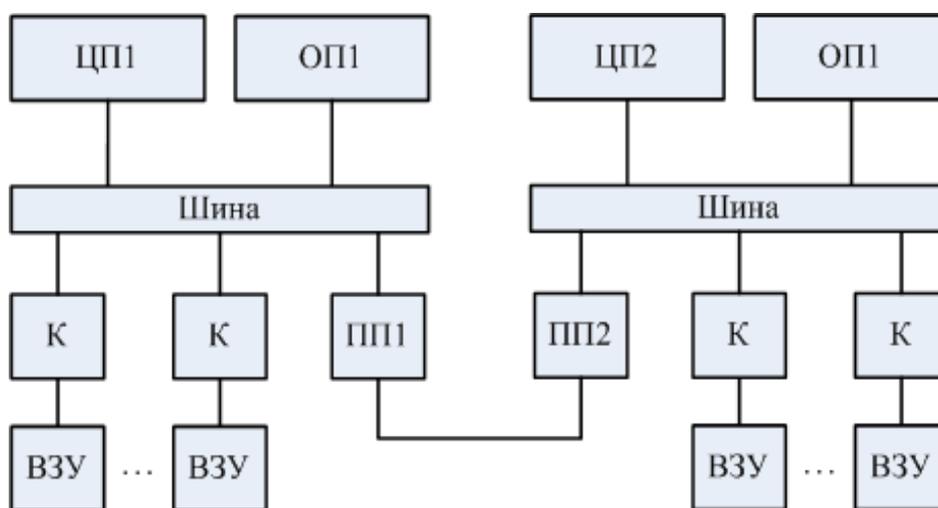
Цель работы. Изучение особенностей построения стохастических сетевых моделей многомашинных вычислительных комплексов и оценки с их помощью временных характеристик обслуживания задач.

Оценка характеристик вычислительных систем (ВС), как отмечалось в работе № 3, традиционно осуществляется с использованием стохастических сетевых моделей, в которых воспроизводится физическая структура системы и особенности протекания процессов в ней. Основные устройства ВС отображаются отдельными узлами модели. Такими узлами являются системы массового обслуживания, вид которых приведен на рисунке 3.1.

Многомашинные вычислительные комплексы (ММВК) на основе IBM PC могут быть построены с использованием последовательного интерфейса между соответствующими портами. Таких портов в одном компьютере может быть до 8 штук. Это позволяет получать комплекс с общей внешней памятью на соответствующем числе ЭВМ. Такая структура обеспечивает доступ любого процессора к ВЗУ других компьютеров. Структура таких комплексов на двух ЭВМ представлена на рис. 4.1. Ее можно расширить на любое количество ЭВМ, добавляя соответствующие средства сопряжения.

Рис. 4.1. Типовая структура многомашинного комплекса на IBM PC

Моделью вычислительного комплекса, как и в предыдущей работе, является совокупность взаимосвязанных СМО, т.е. стохастическая сеть. В модели отображаются только те устройства, которые вносят задержку в вычислительный процесс, а именно, центральный процессор, накопители и контроллеры. Терминалы (мониторы, клавиатура) и другие устройства в ней не воспроизводятся.



(мониторы, клавиатура) и другие устройства в ней не воспроизводятся.

В сетевой модели отображаются все три составляющие ВС:

1) структура (состав устройств и связи между ними), которая представляется совокупностью СМО и их связями;

2) режим работы системы (отображается связями, вероятностями переходов и дисциплинами обслуживания в узлах);

3) рабочая нагрузка (поток заявок, времена обслуживания, вероятности переходов).

Модель ММВК относят к классу моделей с центральным обслуживающим прибором (которым является процессор). Задачи первоначально поступают в процессор и затем периодически возвращаются в него после завершения операции ввода-вывода, связанные с обращением к ВЗУ. Таким образом, модель многомашинного комплекса в общем случае можно представить в виде рис. 4.2. В ней p_1 и p_2 — вероятности решения задач процессорами 1 и 2 соответственно.

Модель задана, если заданы ее параметры:

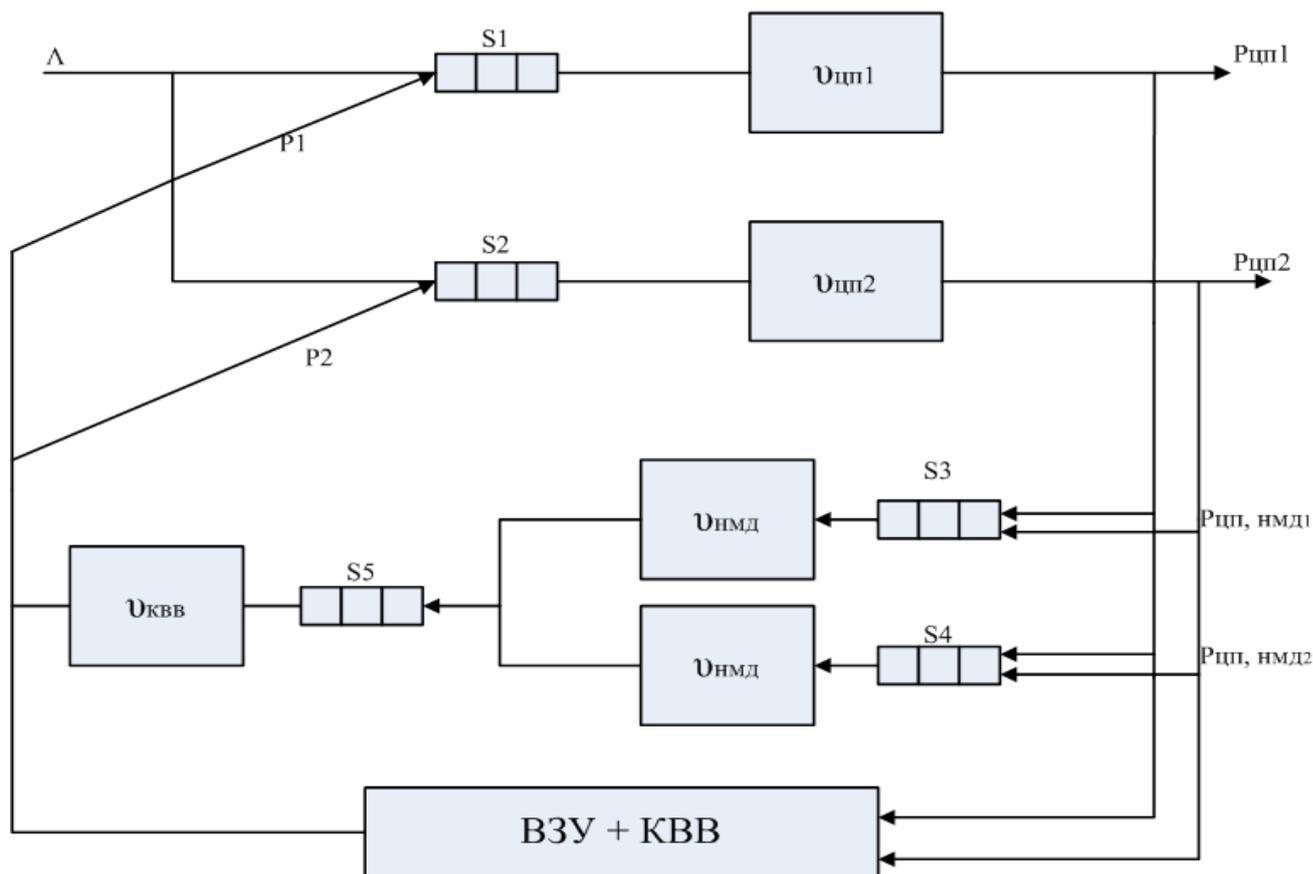
1) количество узлов (СМО) — N (в программе оценки характеристик их может быть 20 и более);

2) число каналов K_1, \dots, K_N в СМО S_1, \dots, S_N ;

3) интенсивность источника заявок (задач) Λ ;

4) средние длительности обслуживания в узлах v_1, \dots, v_N ;

5) связи между СМО, которые представляются в виде матрицы вероятностей передач $P = p[i,j]$. Элемент p_{ij} этой матрицы задает вероятность перехода заявки из СМО S_i в СМО S_j в процессе решения задачи. Матрица имеет размерность $(N+1)*(N+1)$, так как в сети используется дополнительная (фиктивная) СМО S_0 — источник и приемник заявок (внешняя среда).



Р и с . 4.2. Модель ММВК

Все параметры приведены в Приложении 2, кроме матрицы P . Вероятности этой матрицы определяются как в предыдущей работе. Так, для процессоров

$p_{цп,0}$ — вероятность окончания счета,

$$p_{цп,0} = 1/N_{цп}, \quad (4.1)$$

где $N_{цп}$ — количество прерываний центрального процессора

$$N_{цп} = \sum_{k=1}^K D_{нмдк} + 1, \quad (4.2)$$

$D_{нмдк}$ — количество обращений к $НМД_k$

2. $p_{нмдк}$ — вероятность обращения к $НМД$ с номером k ,

$$p_{нмдк} = D_{нмдк} / N_{цп}. \quad (4.3)$$

Все исходные данные, необходимые для задания модели ММВК, как уже отмечалось, приведены в Приложении 2.

Описание лабораторной установки

Лабораторная работа выполняется на ПЭВМ типа IBM, работающей в среде Windows 2000/NT и др. В ней используется та же программа, что и в предыдущей работе. Она имеет имя Pvs v 2.0 и позволяет сделать следующее.

1. Ввести интенсивность входного потока.
2. Задать количество узлов (СМО) сетевой модели.
3. Ввести параметры каждого узла:
 - количество каналов;
 - средние времена обслуживания.
4. Задать связи между узлами с помощью матрицы вероятностей передач.

Программа обеспечивает оценку следующих характеристик сетевой модели и соответствующей ей вычислительной системы:

1. Для каждого узла (устройства) модели:
 - а) коэффициент загрузки, который для перегруженных устройств («узких мест») имеет значения более 0.5;
 - б) среднее количество заявок в узле и очереди на обслуживание;
 - в) средние времена ожидания и пребывания заявок.
2. Для модели в целом:
 - а) среднее количество заявок (задач) в сети (уровень мультипрограммирования);
 - б) средние времена ожидания и пребывания заявок (время ответа);
 - в) среднюю длину очереди.

Перечисленные характеристики позволяют для заданного типа

архитектуры вычислительного комплекса выявить так называемые «узкие места» (наиболее загруженные участки комплекса) и дать рекомендации о построении сбалансированной структуры, у которой все устройства загружены одинаково. При этом основной характеристикой служит коэффициент загрузки каждого узла. Если он больше 0.5, как отмечено выше, то соответствующее устройство можно считать «узким местом». Разгрузка такого узла достигается за счет добавления устройств (каналов в СМО).

Результаты расчетов выводятся на экран дисплея или в файл, имя которого задает пользователь. Информация из файла может быть затем отпечатана обычным образом.

Порядок выполнения лабораторной работы

Подготовка к работе

Подготовка предполагает выполнение следующих этапов.

1. Знакомство со всеми разделами руководства.
2. Получение у преподавателя задания на моделирование ММВК (см. прил. 2).
3. Разработка схемы и модели многомашинного комплекса, имеющего заданную структуру.
4. Определение параметров модели из приложения и по формулам (4.1) и (4.3).
5. Расчет характеристик ММВК с помощью программы Pvs v 2.0.

Содержание отчета о выполненной работе

Отчет о выполненной работе должен содержать.

1. Название и цель работы.
2. Схему предложенного варианта многомашинного комплекса.

3. Модель ММВК.

4. Параметры и характеристики модели (в виде распечатки, полученной с помощью программы Pvs v 2.0).

Контрольные вопросы

1. Какие модели используются для описания работы вычислительных систем?
2. Что является элементом моделей массового обслуживания?
3. Какие типы СМО Вы знаете?
4. Какой моделью описывается работа подсистемы «Процессор – ОП»?
5. Какой моделью описывается работа подсистемы «Контроллер – ВЗУ»?
6. К какому классу относится модель ММВК?
7. Какие свойства вычислительных систем отображаются в моделях?
8. Какие параметры должны быть заданы в модели ММВК?
9. Какие характеристики можно определить с помощью модели?
10. Какое устройство можно считать «узким местом» системы?
11. Какие узловые характеристики являются наиболее важными?
12. Какие общие (сетевые) характеристики являются наиболее важными?
13. Как влияет на характеристики ММВК увеличение числа процессоров?
14. Как влияет на характеристики ММВК увеличение числа ВЗУ?
15. Как влияет на характеристики ММВК увеличение числа контроллеров?

Лабораторная работа №5

МОДЕЛИ СИСТЕМ С ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫМ ДОСТУПОМ

Краткая теория

Цель работы. Изучение особенностей построения стохастических сетевых моделей вычислительных систем с телекоммуникационным доступом и оценки с их помощью временных характеристик обслуживания задач.

Оценка характеристик вычислительных систем (ВС), как

отмечалось в предыдущих работах, традиционно осуществляется с использованием стохастических сетевых моделей, в которых воспроизводится физическая структура системы и особенности протекания процессов в ней. Основные устройства ВС отображаются отдельными узлами модели. Такими узлами являются системы массового обслуживания, вид которых приведен на рисунке 3.1.

Вычислительные системы с телекоммуникационным доступом (ВСТД) предназначены для обработки информации, поступающей в них по каналам связи. Центральная часть может состоять из одной ЭВМ или представлять собой комплекс с архитектурой любого типа (МПК или ММПК), которые рассмотрены в предыдущих работах. В этих системах для подключения удаленных источников информации и пользователей к центральной части используются линии связи и аппаратура передачи даны (АПД - сетевые адаптеры, карты, контроллеры, коммутаторы, мультиплексоры).

ВСТД на основе IBM PC могут быть выполнены с использованием встроенного и удаленного коммутатора (мультиплексора). В первом случае подключение мультиплексора к системной шине может осуществляться через параллельный порт (если оконечными устройствами являются обычные терминалы) или через последовательный (если оконечными устройствами являются датчики или другие источники сигналов). Система телекоммуникационного доступа со встроенным мультиплексором может иметь структуру, приведенную на рис. 5.1. ВСТД с удаленным мультиплексором может быть построена, как показано на рис. 5.2.

Моделью вычислительной системы, как и в предыдущей работе, является совокупность взаимосвязанных СМО, т.е. стохастическая сеть. В ней отображаются только те устройства, которые вносят задержку в вычислительный процесс, а именно, центральный процессор, накопители и контроллеры. Терминалы (мониторы, клавиатура) и другие устройства в ней не воспроизводятся. Линия связи и аппаратура передачи данных вносят задержку в

вычислительный процесс.

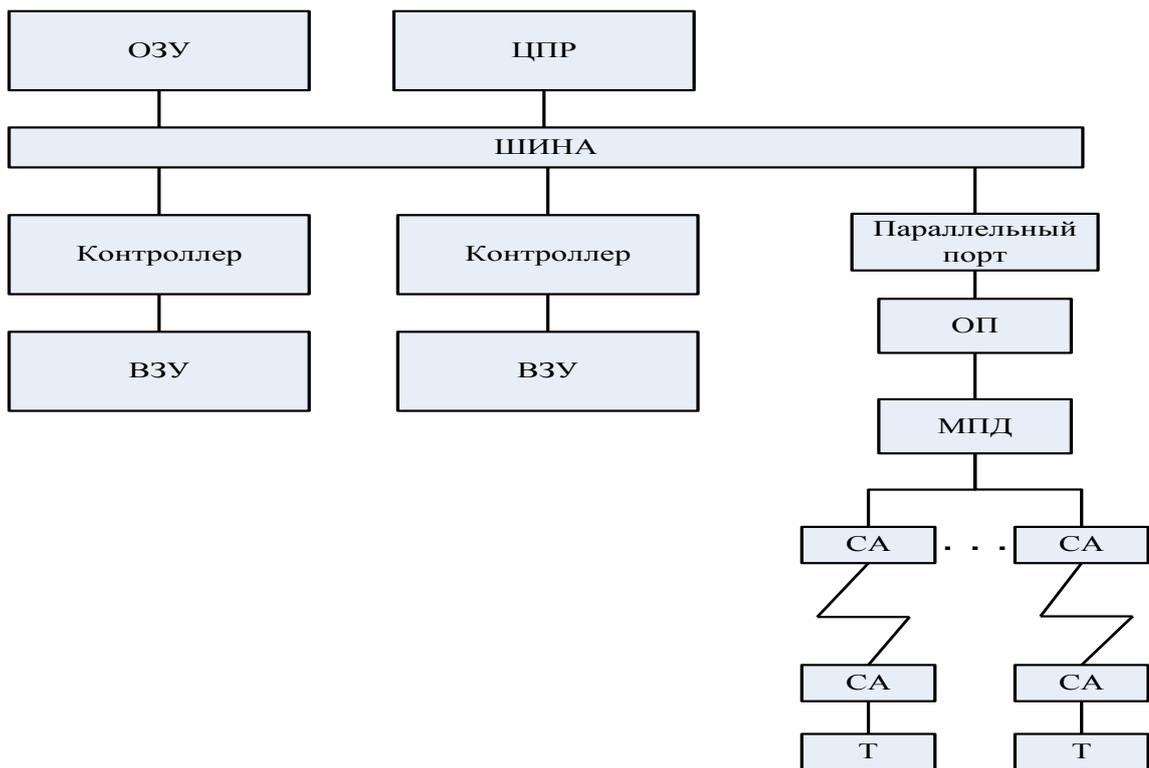


Рис. 5.1. Типовая структура ВСТД с встроенным мультиплексором на IBM PC

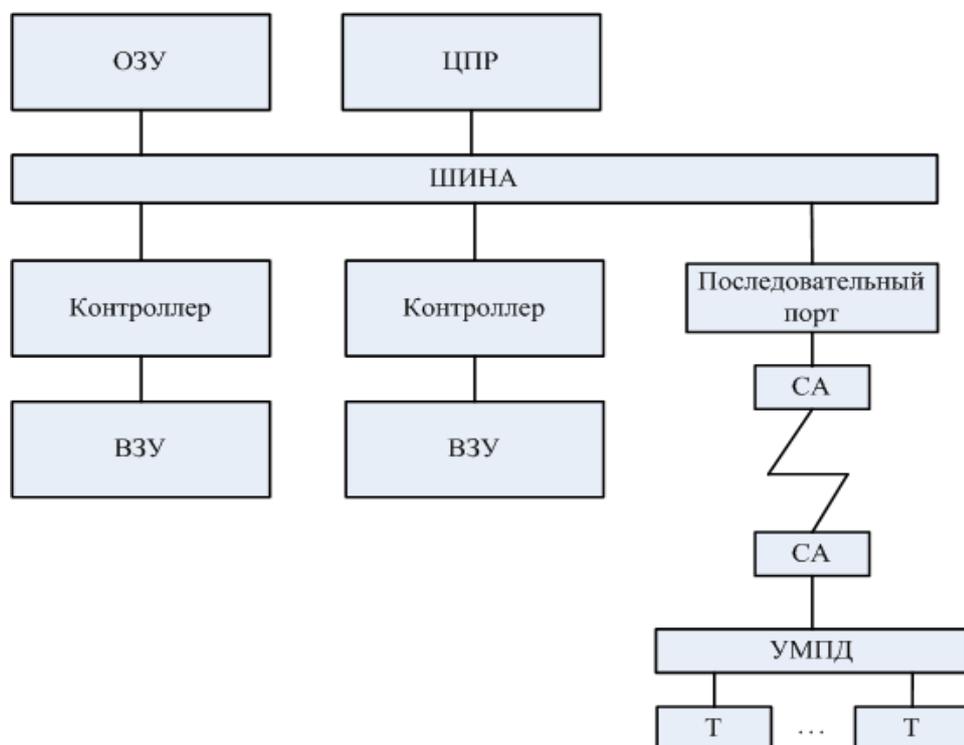


Рис. 5.2. Типовая структура ВСТД с удаленным мультиплексором на IBM PC

Одна линия с аппаратурой передачи данных (рис. 5.3,а) может быть представлена одноканальной СМО, приведенной на рис. 5.3,б). На рисунке

$\lambda_{лс} = \Lambda q$ – интенсивность потока запросов от удаленных пользователей,

$\nu_{лс} = Z/B_{лс}$ – время передачи пакета по линии связи;

Z — стандартная длина пакета, которая дана в задании на проектируемую ситсему;

$B_{лс}$ — пропускная способность линии.

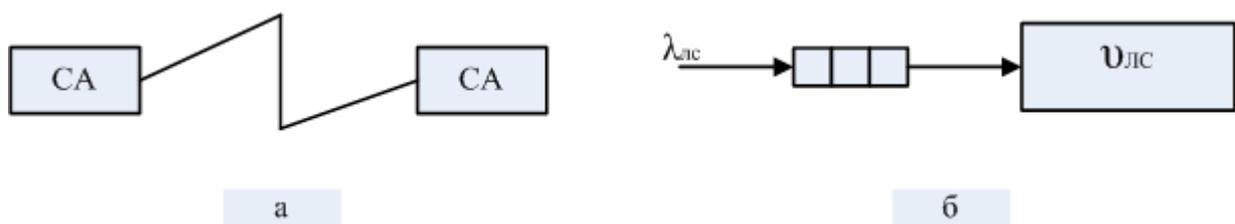


Рис. 5.3 Подсистема «Линия связи + АПД» (а) и ее модель (б)

Если пропускная способность линии связи $B_{лс}$ мала, то в системе используется K параллельных линий, которые подключаются к АПД с помощью коммутаторов или мультиплексоров. Моделью такой подсистемы служит K -канальная СМО (рис. 5.4).

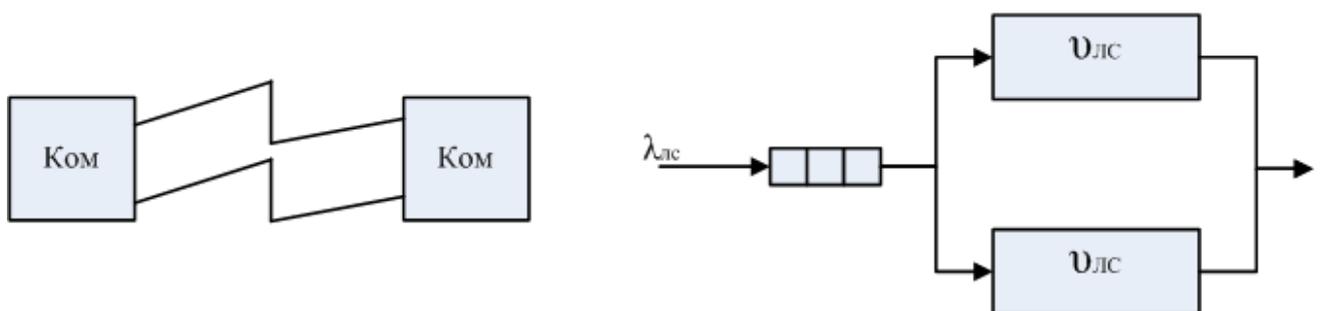


Рис. 5.4. Подсистема « K линий связи + АПД» и ее модель

В сетевой модели отображаются все три составляющие ВС:

1) структура (состав устройств и связи между ними), которая представляется совокупностью СМО и их связями;

2) режим работы системы (отображается связями, вероятностями переходов и дисциплинами обслуживания в узлах);

3) рабочая нагрузка (поток заявок, времена обслуживания, вероятности переходов).

Модель ВСТД относят к классу моделей с центральным обслуживающим прибором (которым является процессор). Задачи первоначально поступают в процессор и затем периодически возвращаются в него после завершения операции ввода-вывода, связанной с обращением к ВЗУ или к удаленным пользователям. Таким образом, модель вычислительной системы с телекоммуникационным доступом в общем случае можно представить в виде рис. 5.5.

Модель задана, если заданы ее параметры:

1) количество узлов (СМО) – N (в программе оценки характеристик их может быть 20 и более);

2) число каналов K_1, \dots, K_N в СМО S_1, \dots, S_N ;

3) интенсивность источника заявок (задач) Λ ;

4) средние длительности обслуживания в узлах ν_1, \dots, ν_N ;

5) связи между СМО, которые представляются в виде матрицы вероятностей передач $P = p[i,j]$. Элемент p_{ij} этой матрицы задает вероятность перехода заявки из СМО S_i в СМО S_j в процессе решения задачи. Матрица имеет размерность $(N+1)*(N+1)$, так как в сети используется дополнительная (фиктивная) СМО S_0 – источник и приемник заявок (внешняя среда).

Все параметры приведены в Приложении 3, кроме матрицы P . Вероятности этой матрицы определяются как в предыдущей работе. Так, для процессоров

1. $p_{ЦП,0}$ — вероятность окончания счета,

$$p_{ЦП,0} = 1/N_{ЦП}, \quad (5.1)$$

где $N_{ЦП}$ – количество прерываний центрального процессора

$$N_{ЦПр} = \sum_{k=1}^K D_{НМДк} + q + 1, \quad (5.2)$$

$D_{НМДк}$ – количество обращений к НМД_к,
 q – количество обращений удаленных пользователей.

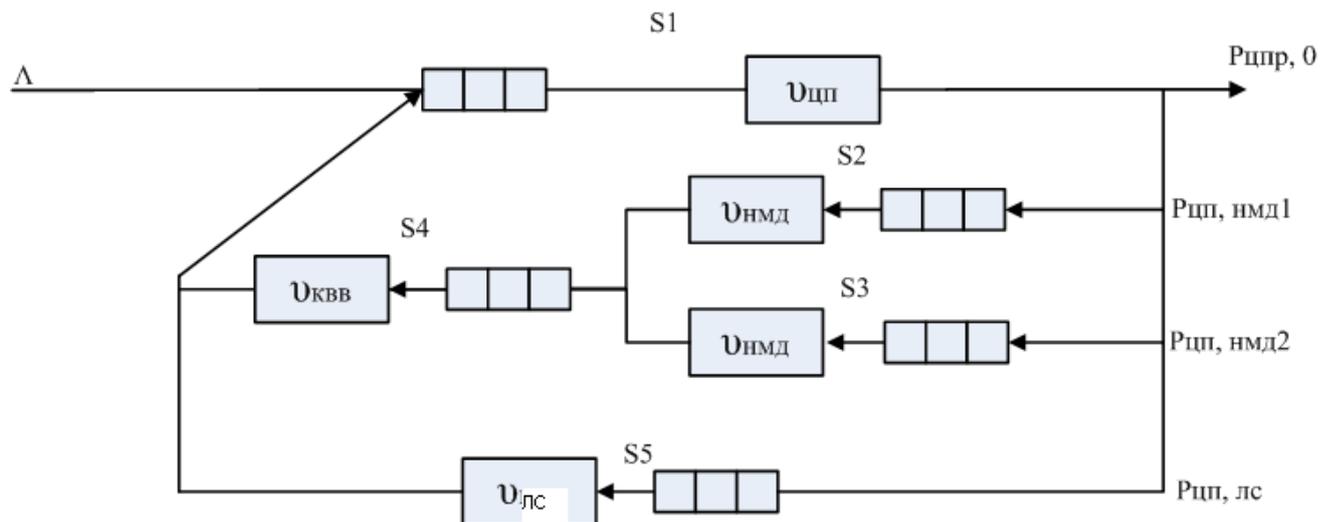


Рис. 5.5. Модель ВСТД на одном процессоре

2. $p_{НМДк}$ – вероятность обращения к НМД с номером k ,

$$p_{НМДк} = D_{НМДк} / N_{ЦПр}. \quad (5.3)$$

3. $p_{ЛС}$ – вероятность обращения к линии связи (удаленным источникам информации),

$$p_{ЛС} = q / N_{ЦПр}. \quad (5.4)$$

Все исходные данные, необходимые для задания модели ВСТД, как уже отмечалось, приведены в Приложении 3.

Описание лабораторной установки

Лабораторная работа выполняется на ПЭВМ типа IBM, работающей в среде Windows 2000/NT и др. В ней используется та же

программа, что и в предыдущей работе. Она имеет имя Pvs v 2.0 и позволяет сделать следующее.

5. Ввести интенсивность входного потока.

6. Задать количество узлов (СМО) сетевой модели.

7. Ввести параметры каждого узла:

- количество каналов;
- средние времена обслуживания.

8. Задать связи между узлами с помощью матрицы вероятностей передач.

Программа обеспечивает оценку следующих характеристик сетевой модели и соответствующей ей вычислительной системы:

1. Для каждого узла (устройства) модели:

а) коэффициент загрузки, который для перегруженных устройств («узких мест») имеет значения более 0.5;

б) среднее количество заявок в узле и очереди на обслуживание;

в) средние времена ожидания и пребывания заявок.

2. Для модели в целом:

а) среднее количество заявок (задач) в сети (уровень мультипрограммирования);

б) средние времена ожидания и пребывания заявок (время ответа);

в) среднюю длину очереди.

Перечисленные характеристики позволяют для заданного типа архитектуры вычислительного комплекса выявить так называемые «узкие места» (наиболее загруженные участки системы) и дать рекомендации о построении сбалансированной структуры, у которой все устройства загружены одинаково. При этом основной характеристикой служит коэффициент загрузки каждого узла. Если он больше 0.5, как отмечено выше, то соответствующее устройство можно считать «узким местом». Разгрузка такого узла достигается за счет добавления устройств (каналов в СМО).

Результаты расчетов выводятся на экран дисплея или в файл, имя которого задает пользователь. Информация из файла может быть затем отпечатана обычным образом.

Порядок выполнения лабораторной работы

Подготовка к работе

Подготовка предполагает выполнение следующих этапов.

1. Знакомство со всеми разделами руководства.
2. Получение у преподавателя задания на моделирование ВСТД (см. прил. 3).
3. Разработка схемы и модели вычислительной системы с телекоммуникационным доступом, имеющей заданную структуру.
4. Определение параметров модели из приложения и по формулам (5.1), (5.3) и (5.4).
5. Расчет характеристик ВСТД с помощью программы Pvs v 2.0.

Содержание отчета о выполненной работе

Отчет о выполненной работе должен содержать.

1. Название и цель работы.
2. Схему предложенного варианта вычислительной системы с телекоммуникационным доступом.
3. Модель ВСТД.
4. Параметры и характеристики модели (в виде распечатки, полученной с помощью программы Pvs v 2.0).

Контрольные вопросы

1. Какие модели используются для описания работы вычислительных систем?
2. Что является элементом моделей массового обслуживания?
3. Какие типы СМО Вы знаете?
4. Какой моделью описывается работа подсистемы «Процессор – ОП»?
5. Какой моделью описывается работа подсистемы «Контроллер – ВЗУ»?
6. Как в модели представляется линия связи и аппаратура передачи данных?
7. К какому классу относится модель ВСТД?
8. Какие характеристики можно определить с помощью модели?
9. Какое устройство можно считать «узким местом» системы?
10. Какие узловые характеристики являются наиболее важными?
11. Какие общие (сетевые) характеристики являются наиболее важными?
12. Как влияет на характеристики ВСТД увеличение числа процессоров?
13. Как влияет на характеристики ВСТД увеличение числа ВЗУ?
14. Как влияет на характеристики ВСТД увеличение числа контроллеров?
15. Как влияет на характеристики ВСТД увеличение числа линий связи?

Лабораторная работа №6 МОДЕЛИ ЛОКАЛЬНЫХ СЕТЕЙ

Краткая теория

Цель работы. Изучение особенностей построения стохастических сетевых моделей локальных вычислительных сетей и оценки с их помощью временных характеристик обслуживания задач.

Оценка характеристик вычислительных систем (ВС), как отмечалось в предыдущих работах, традиционно осуществляется с использованием стохастических сетевых моделей, в которых воспроизводится физическая структура системы и особенности протекания процессов в ней. Основные устройства ВС отображаются отдельными узлами модели. Такими узлами являются системы

массового обслуживания, вид которых приведен на рисунке 3.1.

Известно, что сети на ПЭВМ в настоящее время применяются довольно широко. Наибольшее распространение получили локальные вычислительные сети (ЛВС) с тремя типами топологий:

- 1) моноканал (шина) — это сети типа Ethernet (рис. 6.1);
- 2) петля (кольцо), типичный пример — Token Ring (рис. 6.2);
- 3) звезда, которая реализует технологию «клиент – сервер» (рис. 6.3).

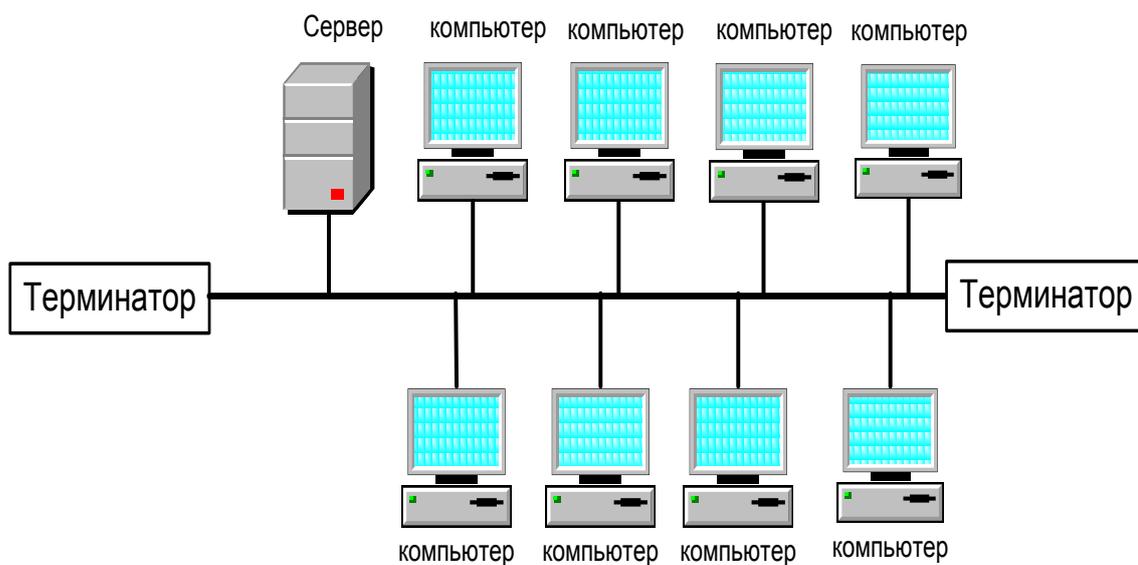


Рис. 6.1. Типовая структура локальной сети шинной топологии

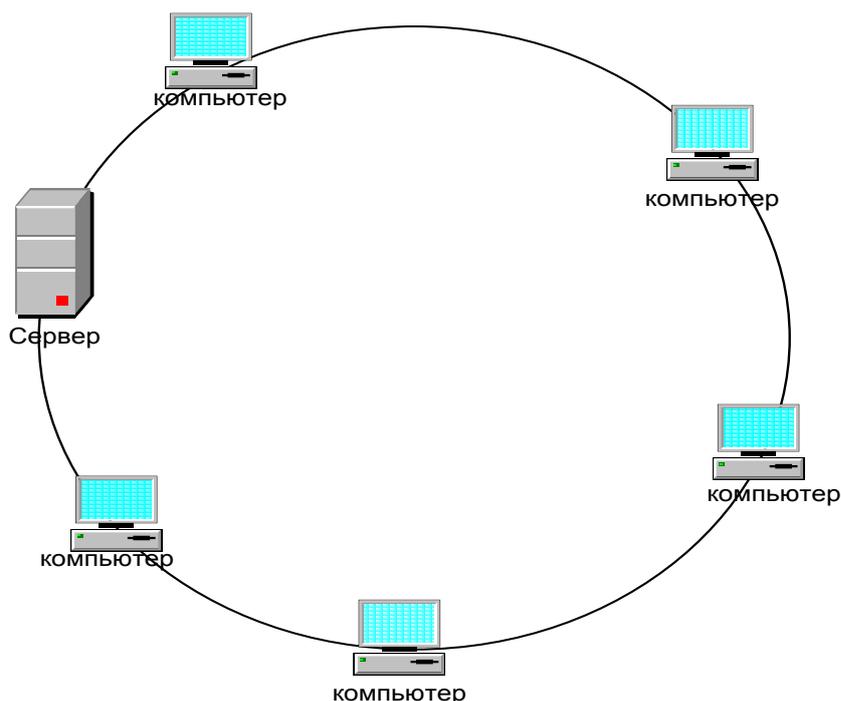


Рис. 6.2. Типовая структура локальной сети кольцевой топологии

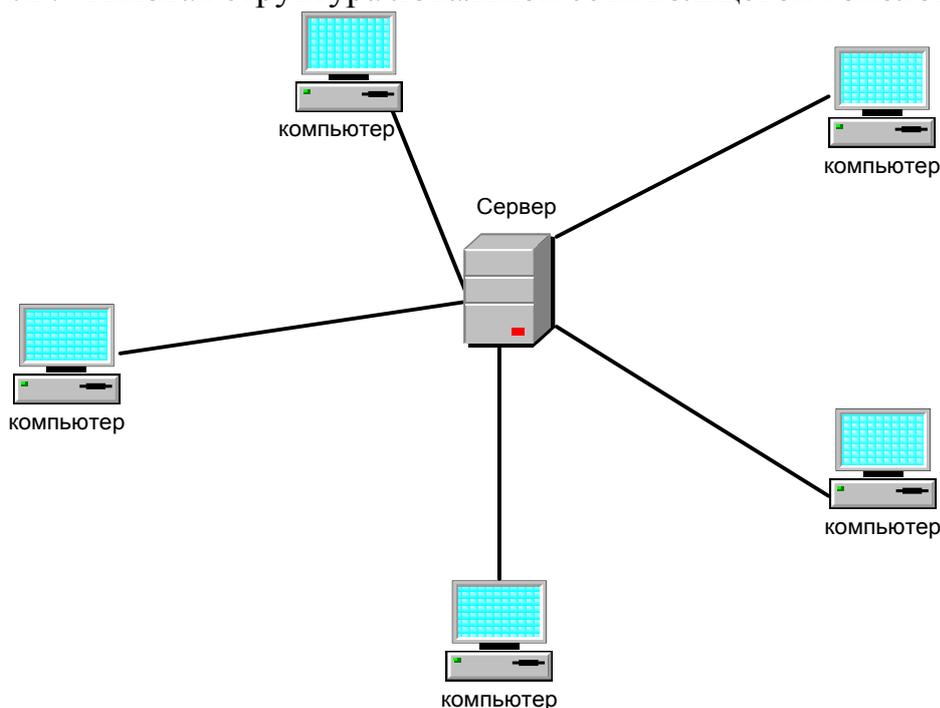
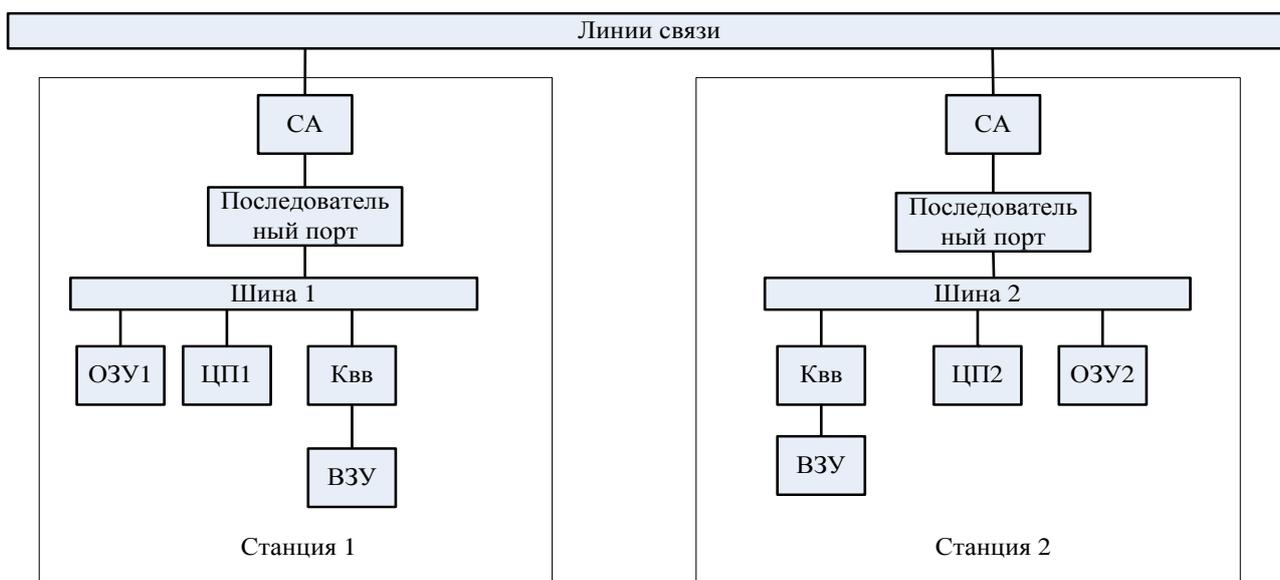


Рис. 6.3. Типовая структура локальной сети звездообразной топологии

В линейных сетях используется случайный метод доступа (захват канала в любой момент) с проверкой столкновений и несущей. При проверке столкновения обнаруживается наложение передаваемого пакета на тот, который движется по каналу. Эта операция выполняется сетевым адаптером. Если обнаружено столкновение, передача прекращается. Следующая попытка предпринимается через случайный интервал времени τ . При проверке несущей адаптер прослушивает канал и начинает передачу только при отсутствии в ней пакета (несущей частоты).

В кольцевых сетях используется детерминированный (маркерный, эстафетный) метод доступа. При этом сетевой адаптер получает разрешение на передачу пакета в момент поступления специального маркера. Обычно его роль играет пустой пакет. После получения заполненного пакета адаптер освобождает его от информации и гонит по каналу. В звездообразных сетях также применяется детерминированный метод доступа.

Для простоты будем считать, что сеть строится *на двух компьютерах* (станциях). При этом все топологии будут иметь одинаковую структуру типа моноканала. В качестве канала чаще всего применяют витую пару телефонных проводов. В зависимости от технологии построения сети канал обеспечивает пропускную способность 100 Мбод (для Fast Ethernet) и 1Гбод (для Gigabit Ethernet). Для подключения к каналу используют сетевые адаптеры (карты), в состав которых включены и модемы.



Наиболее простая архитектура ЛВС на IBM PC может иметь типовую структуру которая показана на рис.6.4.

Рис. 6.4. Типовая структура линейной ЛВС на IBM PC

В сетевой модели ЛВС, как и в предыдущих работах, отображаются все три составляющие ВС:

- 1) структура (состав устройств и связи между ними), которая представляется совокупностью СМО и их связями;
- 2) режим работы системы (отображается связями, вероятностями переходов и дисциплинами обслуживания в узлах);
- 3) рабочая нагрузка (поток заявок, времена обслуживания, вероятности переходов).

Модель сети изображена на рис. 6.5. В ней считается, что пользователи подключаются сначала к линии связи, откуда задачи

поступают в процессор, после чего они выполняют обращения к ВЗУ или снова к линии.

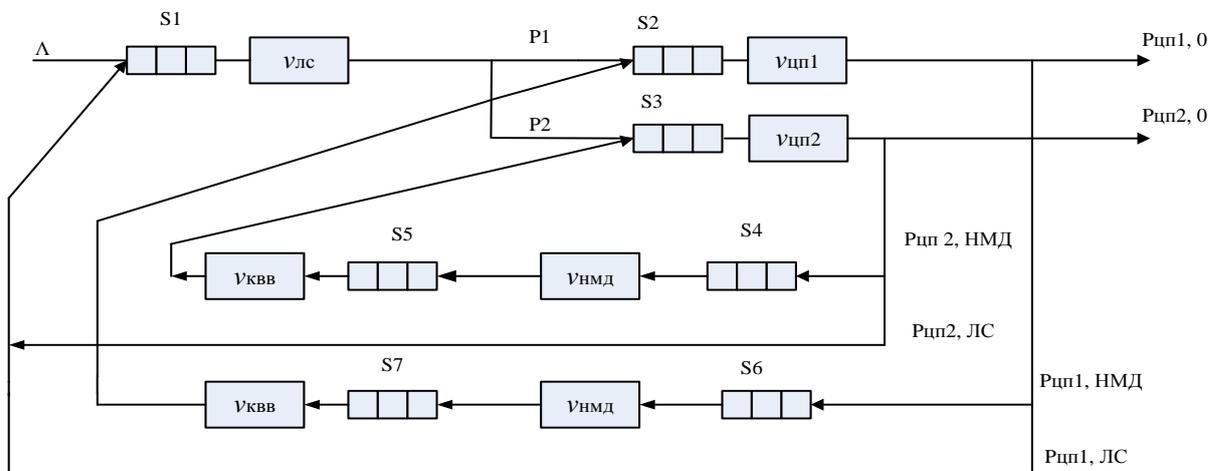


Рис. 6.5. Модель ЛВС на двух станциях на IBM PC

Модель задана, если заданы ее параметры:

- 1) количество узлов (СМО) – N (в программе оценки характеристик их может быть 20 и более);
- 2) число каналов K_1, \dots, K_N в СМО S_1, \dots, S_N ;
- 3) интенсивность источника заявок (задач) Λ ;
- 4) средние длительности обслуживания в узлах v_1, \dots, v_N ;
- 5) связи между СМО, которые представляются в виде матрицы вероятностей передач $P = p[i,j]$. Элемент p_{ij} этой матрицы задает вероятность перехода заявки из СМО S_i в СМО S_j в процессе решения задачи. Матрица имеет размерность $(N+1)*(N+1)$, так как в сети используется дополнительная (фиктивная) СМО S_0 – источник и приемник заявок (внешняя среда).

Все параметры приведены в Приложении 4, кроме матрицы P . Вероятности этой матрицы определяются как в предыдущей работе. Так, для процессоров

$P_{цп,0}$ — вероятность окончания счета,

$$P_{цп,0} = 1/N_{цп}, \quad (6.1)$$

где $N_{цп}$ – количество прерываний центрального процессора

$$N_{\text{ЦПр}} = \sum_{k=1}^K D_{\text{НМДк}} + q + 1, \quad (6.2)$$

$D_{\text{НМДк}}$ – количество обращений к НМД_к,
 q – количество обращений удаленных пользователей.

2. $p_{\text{НМДк}}$ – вероятность обращения к НМД с номером k ,

$$p_{\text{НМДк}} = D_{\text{НМДк}} / N_{\text{ЦПр}}. \quad (6.3)$$

3. $p_{\text{ЛС}}$ – вероятность обращения к линии связи (удаленным источником информации),

$$p_{\text{ЛС}} = q / N_{\text{ЦПр}}. \quad (6.4)$$

Все исходные данные, необходимые для задания модели ЛВС, как уже отмечалось, приведены в Приложении 4.

Описание лабораторной установки

Лабораторная работа выполняется на ПЭВМ типа IBM, работающей в среде Windows 2000/NT и др. В ней используется та же программа, что и в предыдущей работе. Она имеет имя Pvs v 2.0 и позволяет сделать следующее.

1. Ввести интенсивность входного потока.
2. Задать количество узлов (СМО) сетевой модели.
3. Ввести параметры каждого узла:
 4. количество каналов;
 5. средние времена обслуживания.
6. Задать связи между узлами с помощью матрицы вероятностей передач.

Программа обеспечивает оценку следующих характеристик сетевой модели и соответствующей ей вычислительной системы:

1. Для каждого узла (устройства) модели:

а) коэффициент загрузки, который для перегруженных устройств («узких мест») имеет значения более 0.5;

б) среднее количество заявок в узле и очереди на обслуживание;

в) средние времена ожидания и пребывания заявок.

2. Для модели в целом:

а) среднее количество заявок (задач) в сети (уровень мультипрограммирования);

б) средние времена ожидания и пребывания заявок (время ответа);

в) среднюю длину очереди.

Перечисленные характеристики позволяют для заданного типа архитектуры вычислительного комплекса выявить так называемые «узкие места» (наиболее загруженные участки системы) и дать рекомендации о построении сбалансированной структуры, у которой все устройства загружены одинаково. При этом основной характеристикой служит коэффициент загрузки каждого узла. Если он больше 0.5, как отмечено выше, то соответствующее устройство можно считать «узким местом». Разгрузка такого узла достигается за счет добавления устройств (каналов в СМО).

Результаты расчетов выводятся на экран дисплея или в файл, имя которого задает пользователь. Информация из файла может быть затем отпечатана обычным образом.

Порядок выполнения лабораторной работы

Подготовка к работе

Подготовка предполагает выполнение следующих этапов.

1. Знакомство со всеми разделами руководства.

2. Получение у преподавателя задания на моделирование ЛВС (см. прил. 4).

3. Разработка схемы и модели локальной вычислительной сети, состоящей из двух станций, имеющих заданную структуру.
4. Определение параметров модели из приложения и по формулам (6.1), (6.3) и (6.4).
5. Расчет характеристик ЛВС с помощью программы Pvs v 2.0.

Содержание отчета о выполненной работе

Отчет о выполненной работе должен содержать.

1. Название и цель работы.
2. Схему предложенного варианта локальной вычислительной сети.
3. Модель ЛВС.
4. Параметры и характеристики модели (в виде распечатки, полученной с помощью программы Pvs v 2.0).

Контрольные вопросы

1. Какие модели используются для описания работы вычислительных систем?
2. Что является элементом моделей массового обслуживания?
3. Какие типы СМО Вы знаете?
4. Какой моделью описывается работа подсистемы «Процессор – ОП»?
5. Какой моделью описывается работа подсистемы «Контроллер – ВЗУ»?
6. Как в модели представляется линия связи и аппаратура передачи данных?
7. К какому классу относится модель ЛВС?
8. Какие характеристики можно определить с помощью модели?
9. Какое устройство можно считать «узким местом» системы?
10. Какие узловые характеристики являются наиболее важными?
11. Какие общие (сетевые) характеристики являются наиболее важными?
12. Как влияет на характеристики ЛВС увеличение числа процессоров?
13. Как влияет на характеристики ЛВС увеличение числа ВЗУ?
14. Как влияет на характеристики ЛВС увеличение числа контроллеров?

15. Как влияет на характеристики ЛВС увеличение числа линий связи?

Лабораторная работа №7

Исследование типовых одноранговых сетей

Краткая теория

Цель работы. Изучение принципов построения работы имитационных моделей на примере простейшей одноранговой вычислительной сети, а также оценка времени обслуживания и конфликтов в этих сетях.

В настоящее время, как уже отмечалось в предыдущей работе, широкое распространение получили локальные вычислительные сети (ЛВС), которые строятся на ПЭВМ, соединенных линией связи и аппаратурой, поддерживающей соответствующий интерфейс. Информация в таких сетях передается в виде пакетов стандартной длины и формата. Структура пакета и методы его обработки регламентируются специальными протоколами. Если передаваемое сообщение имеет большую длину, то оно представляется как последовательность пакетов. Такая операция выполняется с использованием сетевого оборудования и его программного обеспечения.

В качестве канала чаще всего применяют высокочастотный телефонный кабель с пропускной способностью 40 - 1000 Кбод. Для подключения к нему используют сетевые адаптеры (контроллеры, сетевые карты), в состав которых могут быть включены модемы.

Наиболее распространенными структурами сети, как отмечалось в предыдущей работе, являются:

- моноканал или шина, типичным примером которых служит Ethernet;

- звезда (, например Fast Ethernet;
- петля (кольцо), классическим примером которой является сеть Token Ring.

В линейных сетях используется случайный метод доступа (захват канала в любой момент - CSMA/CD). При этом возможно наложение пакетов, передаваемых с разных станций, т.е. искажение информации. Оно обнаруживается оборудованием сетевых адаптеров (СА). Случайный доступ реализуется двумя основными способами: с проверкой столкновений и несущей. Первый способ (с проверкой столкновений) только обнаруживает наложение передаваемого пакета на тот, который движется по каналу. При обнаружении столкновения передача прекращается, и следующая попытка предпринимается через случайный интервал времени τ . Этот способ применяется в слабо загруженных сетях. При проверке несущей адаптер прослушивает канал и начинает передачу только, если в ней отсутствует пакет (нет несущей частоты). Такой способ обеспечивает меньшую вероятность столкновения пакетов и лучшую загрузку линии связи.

Описание лабораторной установки

Лабораторная работа выполняется на ПЭВМ типа IBM, работающей в среде Windows XP/NT. В ней используется программа имитационного моделирования наиболее распространенной сети, имеющей архитектуру типа моноканала (аналога Ethernet). Программа составлена на языке Delphi 4.0. Она позволяет выполнить следующие операции:

1. Варьировать количество и типы программ, обрабатываемых каждой станцией (от 1 до 20).

2. Изменять для всех программ одновременно или для каждой в отдельности

- * количество и длину передаваемых пакетов, а также

* максимальное значение интервала времени между отправлениями двух соседних пакетов.

3. Варьировать пропускную способность линии связи от 40 до 1024 Кбайт.

4. Задать один из двух методов доступа к линии: с проверкой столкновений или с проверкой несущей.

5. Установить один из двух режимов моделирования: непрерывно или по тактам. По умолчанию моделирование осуществляется в непрерывном режиме.

Моделируемая сеть может содержать до 10 станций, соединенных между собой каналом связи. Работа каждой станции представляется закраской ее на схеме соответствующим цветом. Станция может находиться в состоянии обслуживания программы или передачи пакета. Пакеты передаются в канал в случайные моменты времени, которые определяются с помощью генератора случайных чисел. Максимальное значение интервала времени между отправлениями двух соседних пакетов, как отмечалось выше, является характеристикой соответствующей программы. Передача пакета в модели представляется закраской канала цветом ее станции.

Как отмечалось выше, важной особенностью и недостатком случайного метода доступа к каналу являются наложения (столкновения) пакетов. В модели предусмотрено обнаружение этой ситуации, прекращение передачи и возобновление ее через случайный промежуток времени. Количество столкновений подсчитывается программой и является одной из характеристик сети.

Исполняемый модуль программы моделирования имеет имя **Lan.exe** и находится в папке **Lab 7**. Запуск программы осуществляется традиционным способом. После запуска на экране появляется первое окно, позволяющее задать параметры модели и режим моделирования.

В левой части окна находится панель управления приложением. На ней размещено несколько кнопок, каждая из которых снабжена всплывающей подсказкой. Кнопка с изображением раскрытой книги переводит приложение в режим ввода характеристик или моделирования. После запуска установлен первый режим.

Все поле для ввода параметров разделено на четыре основных блока.

1. «Типы задач», обеспечивающий задание до двадцати различных типов задач, каждый из которых характеризуется числом пакетов, их размером и максимальным интервалом времени между двумя соседними пакетами;

2. «Линия связи», позволяющий ввести пропускную способность линии, которая может изменяться в пределах от 40 до 1024 Кбайт в секунду.

3. В блоке «Характеристики станции» задаются количество, типы задач и порядок их обслуживания для каждой станции в отдельности или для всех одновременно. Последняя операция обеспечивается выбором поля «Принять для всех станций». При этом необходимо выбрать тип задачи из соответствующего блока, а затем нажать кнопку пересылки. Указанная кнопка находится между блоками. На ней изображена стрелка, направленная вправо. Задачи, которые приписаны станции, изображаются в ее списке в том порядке, в котором они будут впоследствии обрабатываться. Этот список можно очистить или удалить из него какую-либо запись с помощью соответствующих кнопок (название кнопки можно увидеть на всплывающей подсказке).

4. В последнем блоке, «Дисциплина доступа станций к линии связи», задаются методы доступа станций к каналу: с проверкой столкновений или несущей.

После того как ввод всех параметров закончен нужно переключиться на режим моделирования. Запуск модели

осуществляется нажатием на кнопку с изображением зеленой лампочки. При этом будет поддерживаться непрерывный режим, а кнопка утоплена. В любой момент можно остановить моделирование повторным нажатием на ту же кнопку, а затем – снова продолжить. Имеется возможность исследовать работу сети в каждом такте, определяемом ее новым состоянием (началом или окончанием передачи очередного пакета). Выполнение такта начинается после нажатия мышью кнопки с изображением красной лампочки.

Во время моделирования появляется окно приложения, в верхней части которого изображена структура сети (станции и линия связи), а в нижней - представлена трасса загрузки канала и станций. Каждой станции, как отмечалось выше, соответствует свой цвет. В нижней части экрана выводится столько трасс (временных диаграмм), сколько рабочих станций считалось активными в моделируемой сети. При возникновении конфликта через все диаграммы проводится вертикальная линия белого цвета.

В средней части экрана в процессе моделирования в полях «Прошло времени», «Количество конфликтов», «Среднее время выполнения» выводятся основные характеристики сети. После каждого запуска модели программа запоминает значение среднего времени выполнения задач и строит график этого времени, который располагается в рамке, находящейся в правой половине средней части экрана. Для его получения нужно запустить программу, по меньшей мере, дважды.

Порядок выполнения лабораторной работы

Подготовка к работе

1. Знакомство со всеми разделами руководства.

2. Получение у преподавателя задания на исследование сети с различными параметрами устройств, потока задач и режимов их обслуживания.
3. Исследование заданной сети.
4. Оформление отчета.

Последовательность выполнения лабораторной работы

В лабораторной работе необходимо провести следующие исследования.

1. Меняя **количество программ**, обрабатываемых сетью и станциями, **при одинаковых параметрах** самих программ определить времена их пребывания в сети и среднее время выполнения одной программы, а также количество столкновений для каждого из двух способов доступа.

2. Задавая **разные параметры программ**, обрабатываемых сетью и станциями, **при постоянном общем количестве программ**, определить времена их пребывания в сети и среднее время выполнения одной программы, а также количество столкновений для каждого из двух способов доступа.

3. Варьируя **параметры станций и линии связи** при **постоянных параметрах программ** и их **количестве**, определить времена их пребывания в сети и среднее время выполнения одной программы, а также количество столкновений для каждого из двух способов доступа.

4. Построить графики зависимости времени и количества столкновений от изменяемых параметров.

Содержание отчета о выполненной работе

Отчет должен содержать следующее:

1. Название и цель работы.
2. Исходные данные.
3. Графики следующих зависимостей для каждого из двух способов доступа к линии связи:
 - 1) общего и среднего времени выполнения программ от количества программ;
 - 2) количества столкновений от числа программ;
 - 3) общего и среднего времени выполнения программ от длины пакета и максимального интервала времени между последовательными моментами отправления двух пакетов;
 - 4) количества столкновений от длины пакета и максимального интервала времени между последовательными моментами отправления двух пакетов;
 - 5) общего и среднего времени выполнения программ от заданного преподавателем параметра одной или нескольких станций или линии связи;
 - 6) количества столкновений от заданного преподавателем параметра одной или нескольких станций или линии связи.

Контрольные вопросы

1. Назовите основные типы структур локальных вычислительных сетей.
2. Какие методы доступа используются в сетях?
3. Как обнаруживается наложение пакетов при передаче и что делается в этой ситуации?
4. Как влияет количество задач, обрабатываемых одной станцией, на характеристики сети?
5. Как влияет общее количество задач, обрабатываемых сетью, на ее характеристики?
6. Как влияет на характеристики сети пропускная способность канала?
7. Как влияют характеристики задач, обрабатываемых одной станцией, на характеристики сети в целом?

8. Какое влияние на работу сети оказывают общие характеристики задач, обрабатываемых станциями?
9. Как влияет на характеристики сети длина пакета сообщения?
10. Как влияет на характеристики сети максимальный интервал времени между последовательными моментами отправления двух пакетов?
11. При каком методе доступа наложения пакетов наиболее вероятны?
12. Какой из исследованных вами режимов работы сети можно считать лучшим и почему?

Лабораторная работа №8

Исследование одноранговых сетей с помехами в канале

Краткая теория

Цель работы. Изучение на простейшей имитационной модели особенностей работы одноранговых вычислительных сетей при наличии помех в канале.

В настоящее время, как отмечалось в руководстве к работе 4, широкое применение получили локальные вычислительные сети (ЛВС), которые строятся на ПЭВМ, соединенных линией связи и аппаратурой, поддерживающей соответствующий интерфейс. Информация в таких сетях передается в виде пакетов стандартной длины и формата. Структура пакета и методы его обработки регламентируются специальными протоколами. Такая операция выполняется с использованием сетевого оборудования и его программного обеспечения. В качестве канала чаще всего применяют высокочастотный телефонный кабель с пропускной способностью 40 - 1000 Кбод.

Одной из наиболее распространенных структур локальных сетей является моноканал или шина (рис. 6.1). В таких сетях используется случайный метод доступа. При этом возможно наложение пакетов, передаваемых с разных станций, т.е. искажение информации. Случайный доступ, как отмечалось в руководстве к лабораторной работе 4, реализуется двумя основными способами: с проверкой столкновений и несущей. Первый из них самый простой и применяется в слабо загруженных сетях, а второй обеспечивает меньшую вероятность столкновения пакетов и лучшую загрузку линии связи.

Передача информации по каналу занимает определенную часть времени ее обработки. Она может быть прервана из-за появления помех в линии. Для сетей любого уровня и архитектуры характерны как единичные, так и продолжительные помехи. При их обнаружении выполняется повторная передача очередного пакета. Если помехи длительные, то таких попыток может быть несколько. Их количество обычно ограничивается разумными пределами (например, не более 15 попыток). При достижении такого предела задача снимается (работа станции блокируется).

Описание лабораторной установки

Лабораторная работа выполняется на ПЭВМ типа IBM, работающей в среде Windows XP/NT. В ней используется программа имитационного моделирования, аналогичная той, которая была в работе 7. Программа составлена на языке Delphi 4.5. Она позволяет выполнить те же операции, что и в предыдущей работе, а именно:

1. Варьировать количество и типы программ, обрабатываемых каждой станцией (от 1 до 20).

2. Изменять для всех программ одновременно или для каждой в отдельности:

- количество и длину передаваемых пакетов, а также
- максимальное значение интервала времени между отправлениями двух соседних пакетов.

3. Варьировать пропускную способность линии связи от 1024 до 10240 Кбайт, а также задавать меньшие значения, начиная от 1.

4. Задать один из двух методов доступа к линии: с проверкой столкновений или с проверкой несущей.

5. Установить один из двух режимов моделирования: непрерывно или по тактам. По умолчанию моделирование осуществляется в непрерывном режиме.

Кроме того, имеется дополнительная возможность задавать **параметры помех** в канале:

- максимальную длительность и
- максимальное количество попыток повторной передачи пакета при искажении.

В программе предусмотрена стандартная реакция на продолжительные помехи: если после заданного числа попыток пакет так и не передан, то соответствующая задача снимается.

Моделируемая сеть может содержать до 10 станций, соединенных между собой каналом связи. Так же, как и в предыдущей работе, функционирование каждой станции представляется закраской ее на схеме соответствующим цветом. Станция работает по тому же алгоритму. Передача пакета в модели представляется закраской канала цветом ее станции. Возникновение конфликта отображается на временной диаграмме работы станций вертикальной линией пурпурного цвета. Помехи также представляются на временной диаграмме группой серых линий, количество которых соответствует длительности помех.

Исполняемый модуль программы моделирования имеет имя **Lan.exe** и находится в папке **Lab 8**. Запуск программы осуществляется традиционным способом. После запуска на экране появляется первое окно, позволяющее задать параметры модели и режим моделирования.

Слева в окне расположена панель управления приложением. На ней находятся несколько кнопок, каждая из которых снабжена всплывающими подсказками. Кнопка с изображением раскрытой книги переводит приложение в режим ввода характеристик или моделирования. После запуска установлен первый.

Все поле ввода параметров разделено на пять основных блоков.

1. «Типы задач» обеспечивает задание до двадцати типов задач, каждый из которых характеризуется числом пакетов, их размером, максимальным интервалом времени между двумя соседними пакетами

и максимальным числом попыток передачи пакета при помехах.

2. «Помехи» обеспечивает задание максимального интервала времени между помехами и их максимальной продолжительности. Блок «Линия связи» позволяет ввести пропускную способность линии. Она может изменяться в пределах от 1024 до 10240 Кбайт в секунду.

3. «Характеристики станции», в котором можно задать как для отдельной станции, так и для всех одновременно их характеристики. Характеристиками станций являются количество, типы задач и порядок их обслуживания. Для их ввода необходимо выполнить те же действия, что и в работе 7, т.е. выбрать тип задачи из соответствующего блока, а затем нажать кнопку пересылки. Указанная кнопка находится между блоками. На ней изображена стрелка, направленная вправо. Задачи, которые приписаны к станции, изображаются в ее списке в том порядке, в котором они будут впоследствии обрабатываться. Этот список можно очистить или удалить из него какую-либо запись с помощью соответствующих кнопок (название кнопки можно увидеть во всплывающей подсказке).

4. Станции, как отмечалось выше, могут работать в двух режимах: с проверкой столкновений и с проверкой несущей. Эти характеристики можно задать в последнем блоке: «Дисциплина доступа станций к линии связи».

После того как ввод всех параметров закончен, нужно переключиться в режим моделирования. *Запуск модели* осуществляется последовательным *нажатием на кнопки с изображением книги* (настройки параметров), а затем — *зеленой лампочки*. При этом будет поддерживаться непрерывный режим и кнопка западет. В любой момент можно остановить модель повторным нажатием на зеленую кнопку, а затем снова продолжить. Генерацию каждого следующего такта можно выполнить вручную нажатием на кнопку с изображением красной лампочки.

При имитации работы станций и канала считается, что интервалы между пакетами в задачах, а также интервалы между помехами и

длительность самих помех являются случайными величинами, диапазон изменения которых определяется исходными данными.

Во время моделирования появляется окно приложения, в верхней части которого изображена структура сети (станции и линия связи), а в нижней - представлены временные диаграммы (трассы) загрузки канала и станций. При этом количество трасс соответствует числу активных рабочих станций. Каждой станции, как отмечалось выше, соответствует свой цвет.

В средней части окна в полях: «Прошло времени», «Общее число наложений помех на пакеты», «Количество снятых задач» представлены основные характеристики. По окончании работы программа запоминает значение общего времени работы сети. При нескольких последовательных запусках приложения в центральной части экрана строится график изменения этого времени.

Порядок выполнения лабораторной работы

Подготовка к работе

1. Знакомство со всеми разделами руководства.
2. Получение у преподавателя задания на исследование сети с помехами в канале.
3. Исследование заданной сети.
4. Оформление отчета.

Последовательность выполнения лабораторной работы

В лабораторной работе необходимо провести следующие исследования.

1. Варьируя **длительность помех при постоянных параметрах станций** и программ и фиксированном количестве тех и других, определить характеристики сети для каждого из двух способов доступа.

2. Варьируя **интервалы между помехами** при **постоянных параметрах станций** и программ и фиксированном количестве тех и других, определить характеристики сети для каждого из двух способов доступа.

3. Задавая разное **количество программ**, обрабатываемых сетью и станциями, **при одинаковых параметрах самих программ** и варьируя параметры помех определить те же характеристики, что и в п.п.1 и 2.

4. Определить те же характеристики, что и в п.п.1 и 2, для разных параметров программ при постоянном общем их количестве и изменяющихся параметрах помех.

5. Построить графики зависимости времени, количества столкновений и числа снятых задач от параметров помех для разных вариантов параметров задач, выбранных при выполнении п.п. 2 — 4.

Содержание отчета о выполненной работе

Отчет должен содержать следующее:

1. Название и цель работы.
2. Исходные данные.
3. Графики зависимостей для каждого из двух способов доступа к линии связи и вариантов исследованных характеристик задач:

а) общего и среднего времени выполнения программ при одинаковых характеристиках задач и станций от длительности помех;

б) общего и среднего времени выполнения программ при одинаковых характеристиках задач и станций от длительности интервалов между помехами;

с) общего и среднего времени выполнения программ при одинаковых характеристиках задач и станций и нескольких вариантах

длин пакетов и максимальных интервалов между последовательными отправлениями пакетов от длительности интервалов между помехами;

d) общего и среднего времени выполнения программ при одинаковых характеристиках задач и станций, нескольких вариантах длин пакетов и интервалов между последовательными отправлениями пакетов от длительности помех;

e) общего и среднего времени выполнения программ при одинаковых характеристиках задач и станций, нескольких вариантах длин пакетов и максимальных интервалов между последовательными отправлениями пакетов от длительности интервалов между помехами;

f) количества снятых задач при одинаковых характеристиках их и станций от длительности помех;

g) количества снятых задач при одинаковых характеристиках их и станций от длительности интервалов между помехами;

h) количества снятых задач при нескольких вариантах их характеристик и станций от длительности помех;

i) количества снятых задач при нескольких вариантах их характеристик и станций от длительности интервалов между помехами.

Контрольные вопросы

1. Назовите основные типы структур локальных вычислительных сетей и области их применения.

2. Какие методы доступа используются в сетях?

3. Как обнаруживается наложение пакетов при передаче и что предпринимается в этой ситуации?

4. Какие виды помех возникают в канале сети?

5. Какова стандартная реакция на обнаружение помехи в канале сети?

6. Как влияет длительность помех в канале на характеристики сети?

7. Как влияет на характеристики сети длительность интервалов между помехами в канале?

8. Как влияет на характеристики сети допустимое количество повторных передач пакетов при помехах в канале?

9. При каком методе доступа к каналу влияние помех наиболее ощутимо?

10. Как влияет на характеристики сети пропускная способность канала при наличии помех в нем?

11. Как влияет на характеристики сети при помехах длина пакета сообщения?

12. Как влияет на характеристики сети при помехах максимальный интервал времени между последовательными моментами отправления двух пакетов?

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Типы вычислительных процессов, исследуемых в лабораторной работе 1

1. Ввод и отладка на станции локальной сети программы, составленной на языке высокого уровня.

2. Ввод и отладка на отдельной ПЭВМ программы, составленной на языке высокого уровня.

3. Редактирование текста на ПЭВМ. Вывод выходных документов на печать.

4. Работа на станции локальной сети с базой данных, находящейся на сервере.

5. Работа на станции локальной сети с базой данных, находящейся на этой станции.

6. Выполнение готовой программы на станции локальной сети с использованием файлов, находящихся на сервере.

7. Выполнение готовой программы на станции локальной сети с использованием файлов, находящихся на этой станции.

8. Работа в локальной сети в режиме телеконференции (количество участников телеконференции — не менее 4).

9. Работа на станции локальной сети с базой данных, находящейся на сервере. Вывод выходных документов на печать.

10. Работа на станции локальной сети с базой данных, находящейся на этой станции. Вывод выходных документов на печать.

Основные исходные данные для оценки трудоемкости алгоритмов

Вариант	Количество строк (записей)				Количество операций процессора при выполнении программы, млн		Вероятности ошибок	
	При вводе информации		При выводе информации					
	Минимум	Максимум	Минимум	Максимум	Минимум	Максимум	Минимум	Максимум
1	20	1000			1	100	0.01	0.5
2	20	1000			1	100	0.01	0.5
3	20	1000	20	1000	0.1	10	0.01	0.5
4	10	100	10	100	0.1	10	0.01	0.5
5	10	100	10	100	0.1	10	0.01	0.5
6	20	1000	20	1000	0.1	10	0.01	0.5
7	20	1000	20	1000	0.1	10	0.01	0.5
8	5	10	5	10	0.01	1	0.01	0.5
9	20	1000	20	1000	0.1	10	0.01	0.5
10	20	1000	20	1000	0.1	10	0.01	0.5

**Параметры многопроцессорных и многомашинных
вычислительных комплексов,
исследуемых в лабораторной работе 3 и 4**

Таблица П 2.1. Количество устройств комплекса

Вариант	Количество процессоров	Количество ВЗУ	Количество контроллеров
1	4	2	1
2	2	2	2
3	4	1	1
4	2	1	1
5	6	2	2
7	6	1	2
8	6	2	1
9	6	4	2
10	6	4	4

Таблица П 2.2. Быстродействие устройств комплекса

Вариант	Быстродействие процессоров, Млрд. оп.	Время доступа ВЗУ, мс	Быстродействие контроллеров, Мб/ с
1	40	3	18
2	25	4	20
3	32	5	16
4	50	5	18
5	42	4	20
7	38	3	24
8	46	3	20
9	28	4	18
10	52	5	16

Таблица П 2.3. Трудоемкости операций, выполняемых устройствами комплекса

Вариант	Трудоемкость процессорных операций, Млрд. оп.	Длина записей, передаваемых контроллерами, Кб
1	40	90
2	25	120
3	32	88
4	50	99
5	42	140
7	38	180
8	46	160
9	28	108
10	52	128

Таблица П 2.4. Количество обращений к каждому ВЗУ комплекса

Вариант	Количество обращений
1	250
2	220
3	200
4	180
5	180
7	200
8	220
9	250
10	250

**Параметры вычислительных систем с
телекоммуникационным доступом,
исследуемых в лабораторной работе 5**

Таблица П 3.1. Количество устройств системы

Вариант	Количество ВЗУ	Количество контроллеров
1	2	1
2	2	2
3	1	1
4	1	1
5	2	2
7	1	2
8	2	1
9	4	2
10	4	4

Таблица П 3.2. Быстродействие устройств системы

Вариант	Быстродействие процессоров, Млрд. оп.	Время доступа ВЗУ, мс	Быстродействие контроллеров, Мб/с	Пропускная способность (Быстродействие) линии связи, Мбит/с
1	40	3	18	1
2	25	4	20	2
3	32	5	16	3
4	50	5	18	4
5	42	4	20	4
7	38	3	24	3
8	46	3	20	2
9	28	4	18	1
10	52	5	16	2

Таблица П 3.3. Трудоемкости операций, выполняемых устройствами системы

Вариант	Трудоемкость процессорных операций, Млрд. оп.	Длина записей, передаваемых контроллерами, Кб	Длина пакета сообщений, Кбит
1	40	90	2
2	25	120	1
3	32	88	1
4	50	99	2
5	42	140	3
7	38	180	4
8	46	160	3
9	28	108	2
10	52	128	1

Таблица П 2.4. Количество обращений к каждому ВЗУ и линиям связи

Вариант	Количество обращений к ВЗУ	Количество обращений к линии связи
1	250	20
2	220	30
3	200	40
4	180	50
5	180	50
7	200	40
8	220	30
9	250	20
10	250	20

**Параметры локальных вычислительных сетей,
исследуемых в лабораторной работе 6**

Таблица П 4.1. Количество устройств каждой станции сети

Вариант	Количество ВЗУ	Количество контроллеров
1	2	1
2	2	2
3	1	1
4	1	1
5	2	2
7	1	2
8	2	1
9	4	2
10	4	4

Таблица П 4.2. Быстродействие устройств каждой станции сети

Вариант	Быстродействие процессоров, Млрд. оп.	Время доступа ВЗУ, мс	Быстродействие контроллеров, Мб/с	Пропускная способность (Быстродействие) линии связи, Мбит/с
1	40	3	18	1
2	25	4	20	2
3	32	5	16	3
4	50	5	18	4
5	42	4	20	4
7	38	3	24	3
8	46	3	20	2
9	28	4	18	1
10	52	5	16	2

Таблица П 4.3. Трудоемкости операций, выполняемых устройствами каждой станции сети

Вариант	Трудоемкость процессорных операций, Млрд. оп.	Длина записей, передаваемых контроллерами, Кб	Длина пакета сообщений, Кбит
1	40	90	2
2	25	120	1
3	32	88	1
4	50	99	2
5	42	140	3
7	38	180	4
8	46	160	3
9	28	108	2
10	52	128	1

Таблица П 4.4. Количество обращений к каждому ВЗУ и линиям связи каждой станции сети

Вариант	Количество обращений к ВЗУ	Количество обращений к линии связи
1	250	20
2	220	30
3	200	40
4	180	50
5	180	50
7	200	40
8	220	30
9	250	20
10	250	20

Библиографический список

1. Цилькер Б.Я., Орлов С.А. Организация ЭВМ и систем: Учебник для ВУЗов. – СПб.: Питер, 2010. – 586 с.
2. Андреев, А.М. Многопроцессорные вычислительные системы: теоретический анализ, математические модели и применение: Учебное пособие / А.М. Андреев, Г.П. Можаров, В.В. Сюзев. - М.: МГТУ им. Баумана, 2011. – 332 с.
3. Ефимушкина Н.В., Орлов С.П. Вычислительные системы и комплексы: Учебн. пособие. – М.: Машиностроение-1, 2006. – 268 с.
4. Бройдо, В.Л. Вычислительные системы, сети и телекоммуникации: Учебник для вузов / В.Л. Бройдо, О.П. Ильина. - СПб.: Питер, 2011. - 560 с.
5. Гудыно, Л.П. Вычислительные системы, сети и телекоммуникации: Учебное пособие / А.П. Пятибратов, Л.П. Гудыно, А.А. Кириченко; Под ред. А.П. Пятибратов. - М.: КноРус, 2013. - 376 с.
6. Пятибратов, А.П. Вычислительные системы, сети и телекоммуникации: Учебник / А.П. Пятибратов, Л.П. Гудыно, А.А. Кириченко. - М.: ФиС, ИНФРА-М, 2008. - 736 с.

Оглавление

Лабораторная работа № 1. МАРКОВСКИЕ МОДЕЛИ АЛГОРИТМОВ	3
Лабораторная работа № 2. ОЦЕНКА ТРУДОЕМКОСТИ АЛГОРИТМОВ СЕТЕВЫМ МЕТОДОМ	10
Лабораторная работа №3_МОДЕЛИ МНОГОПРОЦЕССОРНЫХ КОМПЛЕКСОВ	21
Лабораторная работа №4_МОДЕЛИ МНОГОМАШИННЫХ КОМПЛЕКСОВ...	31
Лабораторная работа №5_МОДЕЛИ СИСТЕМ С ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫМ ДОСТУПОМ	37
Лабораторная работа №6_МОДЕЛИ ЛОКАЛЬНЫХ СЕТЕЙ.....	45
Лабораторная работа №7 ИССЛЕДОВАНИЕ ТИПОВЫХ ОДНОРАНГОВЫХ СЕТЕЙ.....	53
Лабораторная работа №8 ИССЛЕДОВАНИЕ ОДНОРАНГОВЫХ СЕТЕЙ С ПОМЕХАМИ В КАНАЛЕ	61
Библиографический список	77