

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4

«ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ МУЛЬТИПРОГРАММНОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ»

Цели лабораторной работы. Исследование технологии динамического моделирования на примере имитационной модели мультипрограммной вычислительной системы.

Трудоемкость лабораторной работы: 9 ч (6 ч – аудиторных, 3 ч – самостоятельная работа студента).

Компетенции студента, формируемые в результате выполнения лабораторной работы.

- способность проводить моделирование процессов и систем (ПК-5);
- способность обосновывать правильность выбранной модели, сопоставляя результаты экспериментальных данных и полученных решений (ПК-25).

Краткие теоретические сведения.

Дискретно-событийное моделирование вычислительных систем

Ресурсы вычислительной системы – это различные устройства (процессор, дисплей, клавиатура, накопители на магнитных дисках и т.д.), а также память, файлы, программные модули. В случае занятости нужного ресурса, который требует программа, к нему создается очередь. Таким образом, если программы пользователей, которые выполняются компьютером используют одинаковые ресурсы в некоторые промежутки времени, то выполнение таких программ будет существенно задерживаться.

Компьютерная система обычно работает в мультипрограммном или многозадачном режиме. В любом режиме работы (мультипрограммном или многозадачном) компьютер с одним процессором в каждый момент времени выполняет только одну программу (одну команду). Если используется мультипроцессорная система с несколькими одинаковыми процессорами, то становится возможным выполнение нескольких программ на разных процессорах. Большей частью такая система моделируется как многоканальная СМО в отличие от СМО с одним устройством обслуживания, которая моделирует работу однопроцессорной системы.

При выполнении операций ввода-вывода для записи или считывания данных с магнитных носителей информации, эти операции большей частью осуществляются через буфер ввода-вывода. Обмен данными между памятью и внешними устройствами осуществляется через контроллеры ввода-вывода, но скорость их работы на порядок больше скорости электромеханических устройств. При моделировании можно считать, что эти операции выполняют сами устройства. Поиск информации на магнитных дисках связан с перемещением головок на нужный сектор и с непосредственным выполнением операции записи или счи-

тывания данных, которые зависят от скорости вращения диска. Поэтому для моделирования времени поиска информации используют равномерное распределение, для которого минимальное и максимальное время берут из технических характеристик устройств.

Таким образом, работу вычислительной системы можно представить как работу сети СМО.

При моделировании обычно исследуется время пребывания программы пользователя в системе или число программ, выполненных системой за единицу времени. Типичная программа пользователя может описываться: временем поступления в систему, емкостью, занимаемой памяти, количеством запросов к устройствам ввода–вывода и распределением их по времени, количеству данных, которые вводятся и выводятся на тех или иных устройствах.

Динамическое моделирование вычислительных систем

Методология IDEF2 реализует динамическое моделирование системы. В данной методологии модель разбивается на четыре подмодели:

- подмодель возможностей, которая описывает их инициаторов;
- подмодель потока сущностей, которая определяет их трансформацию;
- подмодель распределения ресурсов, необходимых для осуществления переходов между состояниями;
- подмодель системы, которая описывает внешние взаимодействия.

Методология предполагает, что набор подмоделей может быть переведен в динамическую модель, построенную на базе сетей Петри. Классические сети Петри ввел Карл Адам Петри в 60-х гг. XX в. С тех пор их использовали для моделирования и анализа самых разных систем с приложениями от протоколов, аппаратных средств и внедренных систем до гибких производственных систем, пользовательского взаимодействия и бизнес-процессов.

Сети Петри предназначены для моделирования систем, которые состоят из множества взаимодействующих друг с другом компонент. При этом компонента сама может быть системой. Действиям различных компонент системы присущ параллелизм. Примерами таких систем могут служить вычислительные системы, в том числе и параллельные, компьютерные сети, программные системы, обеспечивающие их функционирование, а также экономические системы, системы управления дорожным движением, химические системы, и т. д.

Представление системы сетью Петри основано на двух основополагающих понятиях: событиях и условиях. Возникновением событий управляет состояние системы, которое может быть описано множеством условий. Условие может принимать либо значение «истина», либо значение «ложь».

Возникновение события в системе возможно, если выполняются определённые условия – предусловия события. Возникновение события может привести к выполнению других условий – постусловий события. В качестве примера рассмотрим следующую ниже задачу моделирования.

Важная особенность сетей Петри — это их асинхронная природа. В сетях Петри отсутствует измерение времени. В них учитывается лишь важнейшее свойство времени – частичное упорядочение событий.

Выполнение сети Петри (или поведение моделируемой системы) рассматривается здесь как последовательность дискретных событий, которая является одной из возможных. Если в какой-то момент времени разрешено более одного перехода, то любой из них может стать «следующим» запускаемым.

Переходы в сети Петри, моделирующей некоторую систему, представляют её примитивные события (длительность которых считается равной 0), и в один момент времени может быть запущен только один разрешённый переход.

Моделирование одновременного (параллельного) возникновения независимых событий системы в сети Петри демонстрируется на рисунке 17.

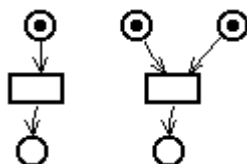


Рисунок 17 – Моделирование параллельных событий с помощью сети Петри

В этой ситуации два перехода являются разрешенными и не влияют друг на друга в том смысле, что могут быть запущены один вслед за другим в любом порядке.

Другая ситуация приведена на рисунке 18.

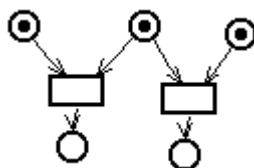


Рисунок 17 – Моделирование конфликта с помощью сети Петри

Эти два разрешённые перехода находятся в конфликте, т. е. запуск одного из них удаляет фишку из общей входной позиции и тем самым запрещает запуск другого. Таким образом, моделируются взаимоисключающие события системы.

Вырожденным случаем параллельной системы процессов является система с одним процессом. Стандартный способ представления структуры программы и потока управления в ней — это схема алгоритма, которая в свою очередь может быть представлена сетью Петри. Схема алгоритма и соответствующая ей сеть Петри представлена на рисунке 19.

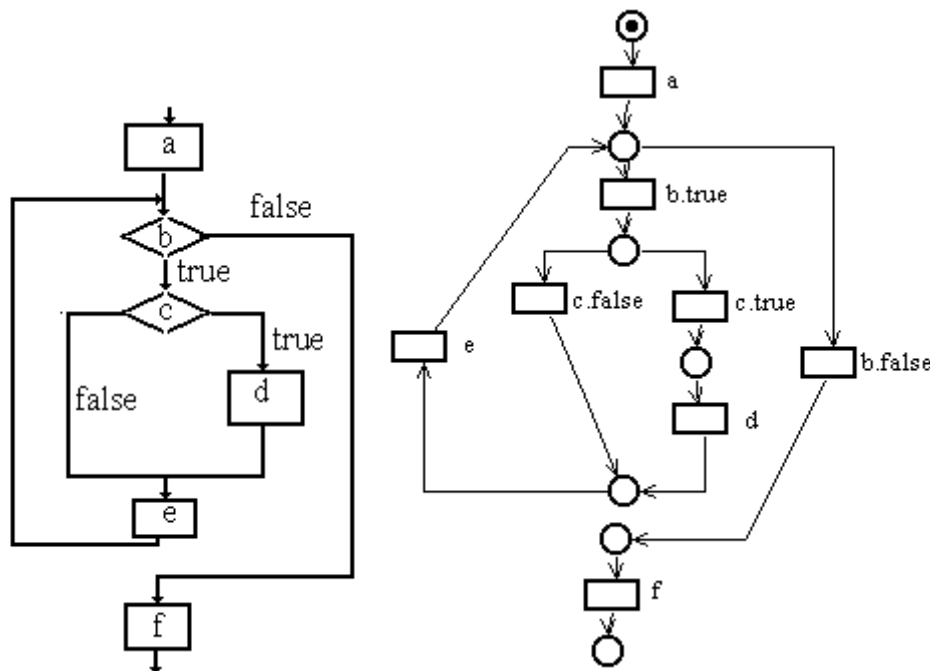


Рисунок 19 – Моделирование работы алгоритма с помощью сети Петри

Параллельная система может строиться несколькими способами. Один из способов состоит в простом объединении процессов, без взаимодействия во время их одновременного выполнения. Так, например, если система строится этим способом из двух процессов, каждый из которых может быть представлен сетью Петри, то сеть Петри моделирующая одновременное выполнение двух процессов, является простым объединением сетей Петри для каждого из двух процессов. Начальная маркировка составной сети Петри имеет две фишки, по одной в каждой сети, представляя первоначальный счетчик команд процесса.

Такой способ введения параллелизма имеет низкое практическое значение. Далее будем рассматривать параллельные системы процессов, допускающие взаимодействие процессов во время их параллельного выполнения.

Существуют различные виды взаимодействия (синхронизации) процессов, в том числе: взаимодействие посредством общей памяти; - посредством передачи сообщения различных видов.

Таким образом, для моделирования сетями Петри параллельных систем процессов, помимо последовательных процессов, необходимо уметь моделировать различные механизмы взаимодействия (синхронизации) процессов.

Описание функционирования вычислительной системы

В состав мультипрограммной ВС входят (рисунок 20):

- центральный процессор;
- оперативная память;
- селекторный канал с запоминающими устройствами на магнитных дисках.

Для обеспечения мультипрограммирования оперативная память выделяется заданиям фиксированными разделами.

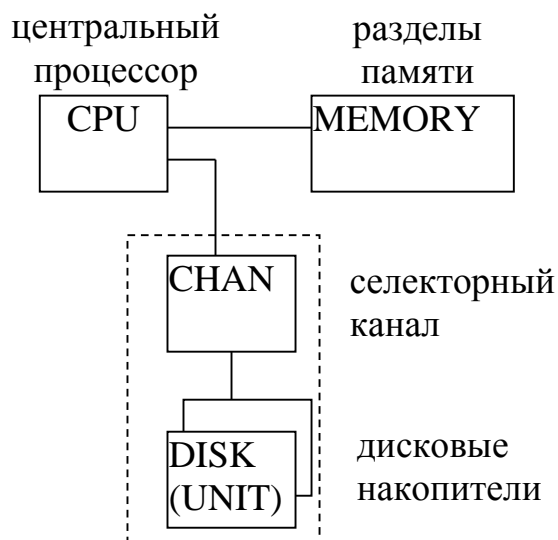


Рисунок 20 – Структура моделируемой системы

Система обрабатывает поток заданий. Процесс выполнения задания (рисунок 21) состоит из следующих этапов:

- запуска задания;
- цикла выполнения задания;
- завершения обработки.

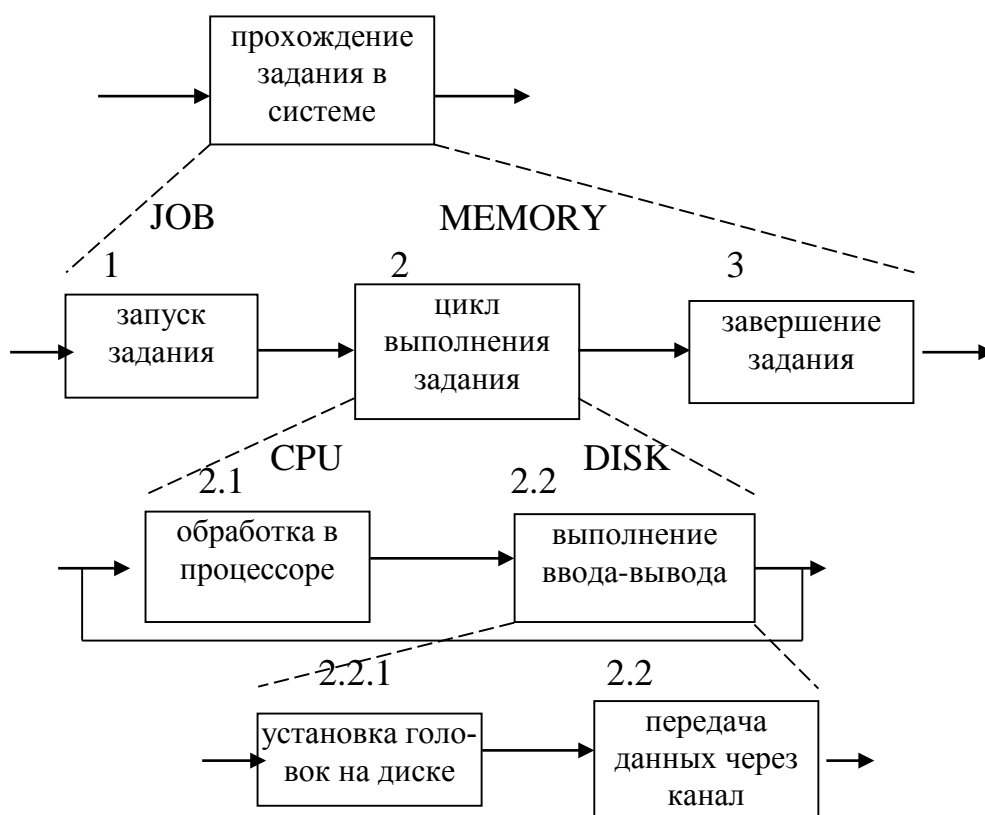


Рисунок 21 – Структура моделируемого процесса

На этапе запуска задания, поступающее задание помещается в очередь системы (блок 1). Если есть доступный раздел памяти, то он выделяется заданию

(блок 2). При отсутствии доступного раздела, задание ждет освобождения памяти.

На этапе цикла выполнения задания - фазы обработки в процессоре повторяются (блок 2.1) и выполняются операции ввода-вывода (блок 2.2). Фаза ввода-вывода в свою очередь разбивается на операции установки головок на магнитном диске (блок 2.2.1) и передачи данных через селекторный канал (блок 2.2.2) в оперативную память.

На этапе завершения обработки (блок 3) освобождается память и выводится задание из системы.

Входные характеристики заданий: объем обработки в процессоре, число операций ввода-вывода, интенсивность поступления заданий, средний объем памяти программы, распределение обращений к дискам.

Входные характеристики системы: объем доступной для программ памяти, характеристики дисков (количество, время установки головок, время передачи данных), число каналов.

Изменяя характеристики заданий или конфигурацию системы, можно исследовать следующие выходные характеристики:

- загрузку устройств,
- среднее время: выполнения заданий, операций ввода-вывода,
- время прохождения задания,
- уровень мультипрограммирования.

Описание программы имитационной модели

При построении программы модели был сделан ряд допущений, позволяющих упростить модель. Например, все задания считаются статистически однородными, обслуживание запросов к процессору, дискам и каналам производится в порядке очередности поступления, поток заданий предполагается пуассоновским, а распределение времени обслуживания - равномерным или детерминированным. Не учитывается зависимость доступа к диску от размещения информации и периодичности вращения носителя. Число операций ввода-вывода считается фиксированным, а распределение обращений к накопителям - равномерным. Время передачи данных принимается равным времени оборота диска.

Параметрами модели являются:

- емкость многоканального устройства, равная числу каналов;
- емкость многоканального устройства, равная числу дисков;
- распределение номеров дисков, определяемое распределением обращений к дискам;
- емкость многоканального устройства, соответствующая числу разделов памяти и зависящая от объема памяти и среднего размера программы;
- среднее время обслуживания в устройстве, зависящее от объема вычислений, быстродействия процессора и числа операций ввода-вывода;
- среднее время обслуживания в устройстве, равное времени передачи данных;

- средний интервал поступления заданий;
- масштаб времени в модели.

Программа и методика выполнения работы.

1. Создать аналитическую модель описанной системы в форме сети Петри.
2. Создать имитационную модель в среде Anylogic с использованием библиотеки моделирования процессов.
3. Создать имитационную модель в среде Anylogic на основе сети Петри (пример реализации приведен в справочном руководстве Anylogic: Справка>Примеры моделей>Petri Nets).

Варианты заданий

Каждое задание предполагает исследование характеристик измененной системы и их сравнение с характеристиками исходной системы. Изменению подвергаются входные характеристики заданий и программ или состав и структура ВС.

Таблица 5 – Варианты заданий

№ варианта	Описание задания
1	В системе планируется добавить дополнительный селекторный канал. А также произвести оптимизацию программы по объему занимаемой памяти до 30%.
2	В результате оптимизации программы во время выполнения удалось сократить объем вычислений в процессоре на 40% и уменьшить количество обращений к дискам на 20%. Однако в 2,5 раза увеличился общий объем программы за счет роста массивов данных.
3	В системе произведена замена процессора и двух дисков на более быстродействующие. Быстродействие ЦП возросло на 50%, новые диски имеют время оборота 20мс и установку головок 0...40. Обеспечить обслуживание 60% обращений новыми дисками.
4	При оптимизации программы по объему занимаемой памяти для ее сокращения вдвое потребовалось увеличить объем вычислений на 50% и количество обращений к дискам – на 25 %.
5	На ВЦ установлена новая ЭВМ. Процессор имеет в 2,5 раза большее быстродействие. Объем памяти, доступной для программ, увеличился на 60%. Подсистема ВЗУ имеет два диска большой емкости с временем оборота 17 мс и временем установки 0...50 мс. Ожидается, что 65% всех обращений будут адресованы к одному диску.
6	Организация программы в виде структуры с перекрытиями (оверлеями) позволила уменьшить объем раздела памяти на 37%. Но это привело к увеличению вдвое числа обращений к одному из дисков.

№ варианта	Описание задания
7	На ВЦ поступает два потока заданий. Второй поток оптимизирован по объему занимаемой памяти, но для ее сокращения вдвое потребовалось увеличить для второго потока объем вычислений на 50% и количество обращений к дискам – на 25 %.
8	В системе планируется замена дисков на более быстродействующие с временем доступа 5...65 мс, но не обеспечивающие предварительную установку головок на дисках. Ожидается снижение числа обращений на 37,5% при увеличении объема раздела памяти на 25%.
9	В вычислительной системе расширяется подсистема ВЗУ за счет добавления двух дисков с устройствами управления и одного селекторного канала. Новые диски имеют время оборота 17 мс и установки 0...50мс. Ожидается, что они обслужат 50% обращений. Конфигурация ВЗУ обеспечивает два пути доступа к каналам.
10	Использование заблокированного формата записей на диске позволило снизить в 5 раз количество обращений программы к одному из дисков, но при этом за счет роста буферов ввода/вывода объем программы увеличился на 25%.
11	На ВЦ поступает два потока заданий. Для обслуживания заданий второго потока требуется объем вычислений в процессоре на 40% меньший в сравнение с исходным потоком и меньшее количество обращений к дискам на 20%. Однако задания второго потока имеют в 2 раза больший общий объем программы за счет больших массивов данных.
12	В системе произведена замена процессора и основной памяти. Быстродействие ЦП возросло на 150%. При увеличении степени мультипрограммирования в 3 раза ожидается 100-процентный прирост обращений к дискам.
13	На ВЦ поступает два потока заданий. Второй поток использует заблокированный формат записей на диске, что позволило снизить в 5 раз количество обращений программы к одному из дисков, но при этом за счет роста буферов ввода/вывода объем программы увеличился на 25%.
14	В системе планируется добавить дополнительный селекторный канал и произвести увеличение основной памяти в два раза. А также произвести замену дисков на более быстродействующие с временем доступа 5...45 мс.

Описание лабораторной установки.

При выполнении лабораторной работы используется компьютер с установленным программным пакетом Anylogic.

Результаты экспериментальных исследований.

При анализе результатов работы системы необходимо проанализировать полное время обслуживания заявки. Оценивается как гистограмма распределения времени обслуживания заявок, так и усредненное значение времени обслуживания для каждого прогона модели.

Содержание отчета.

Отчет по выполняемой лабораторной работе выполняется каждым студентом индивидуально на листах формата А4 в рукописном или машинном варианте исполнения и должен содержать:

- название работы;
- цель и задачи исследований;
- входные характеристики системы в базовом и измененном вариантах;
- расчет параметров моделирования;
- граф сети Петри системы в базовом и измененном вариантах;
- структурная схема СМО системы в базовом и измененном вариантах;
- результаты моделирования и выполнения модели;
- таблица входных характеристик системы;
- оценка результатов с точки зрения администрации системы и ее пользователей;
- характеристики программы модели (объем памяти, время трансляции и моделирования, среднее время исполнения блока);
- выводы по работе.

Контрольные вопросы

1. По какому принципу осуществляется продвижение модельного времени в имитационной модели?
2. Почему величины, вырабатываемые программными генераторами случайных величин, являются псевдослучайными?
3. Перечислить методы генерирования случайных величин с заданным законом распределения.
4. Для чего и каким образом формируются предположения и допущения при разработке модели?
5. Какими достоинствами и недостатками обладает имитационное моделирование по сравнению с другими методами моделирования?
6. Что такое сеть Петри и для моделирования каких систем она предназначена?
7. Элементы сети Петри. Графическое и аналитическое описание.
8. Какими элементами сети Петри моделируются в системах: условия, действия, события, состояния?
9. Каким образом сеть Петри может быть смоделирована в Anylogic?

Библиографический список рекомендуемой литературы

1. Салмина Н.Ю. Имитационное моделирование [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Салмина Н.Ю.— Электрон. текстовые данные.— Томск: Эль

Контент, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012.— 90 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/13930>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю.

2. Замятина О.М. Моделирование сетей [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Замятина О.М.— Электрон. текстовые данные.— Томск: Томский политехнический университет, 2012.— 160 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/34683>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю.

3. Шелухин О.И. Моделирование информационных систем [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Шелухин О.И.— Электрон. текстовые данные.— М.: Горячая линия - Телеком, 2012.— 536 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/12002>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю.