

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г.ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра системного анализа и автоматического управления

ИССЛЕДОВАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ

МАРШРУТИЗАТОРА

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

студентки 4 курса 481 группы

направления 27.03.03 – Системный анализ и управление

факультета компьютерных наук и информационных технологий

Беликовой Анны Алексеевны

Научный руководитель

доцент, к. ф.-м. н.

Н. П. Фокина

Заведующий кафедрой

к. ф.-м. н., доцент

И. Е. Тананко

Саратов 2019

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы. В настоящее время компьютерные сети интенсивно используются как средства коммуникации и получения информации. В связи с этим значительно расширилась сфера применения аппарата теории массового обслуживания. Сети массового обслуживания (СеМО) и системы массового обслуживания используются в качестве моделей при проектировании топологии сетевых систем, разработке протоколов, выборе алгоритмов маршрутизации и др. Широкое применение аппарата сетей и систем массового обслуживания обусловлено простотой и естественностью отображения с их помощью исследуемых сетевых систем и процессов обработки в них требований различных типов, а так же накопленным практическим опытом использования моделей массового обслуживания при решении указанных задач [1, 2].

Одним из самых мощных инструментов анализа, которыми располагают специалисты, ответственные за разработку и функционирование сложных процессов и систем, является имитационное моделирование. Имитационное моделирование как метод научного исследования предполагает использование компьютерных технологий для имитации различных процессов или операций – моделирования. Его использование дает возможность экспериментировать с существующими или предлагаемыми системами в тех случаях, когда сделать это на реальных объектах практически невозможно или нецелесообразно [3].

Цель бакалаврской работы – провести исследование математической модели маршрутизатора.

Поставленная цель определила **следующие задачи**:

1. изучить структуру и принципы функционирования маршрутизатора;
2. разработать алгоритм анализа маршрутизатора методом имитационного моделирования;
3. разработать имитационную модель маршрутизатора;

4. оценить адекватность аналитической модели с использованием результатов имитационного моделирования.

Методологические основы исследования математической модели маршрутизатора представлены в работах В. М. Вишневого [1], В. Г. Олифера [2], Ю. И. Митрофанова [4], Уэ. Одома [5, 6].

Теоретическая и/или практическая значимость бакалаврской работы.

Теоретическая значимость работы заключается в разработанных методах моделирования сетей, являющихся моделями маршрутизаторов.

Практическая значимость заключается в возможности дальнейшего использования программного продукта (программы для анализа маршрутизатора методом имитационного моделирования) для исследования маршрутизаторов с произвольными длительностями обслуживания и поступления.

Структура и объём работы. Бакалаврская работа состоит из введения, 5 разделов, заключения, списка использованных источников и 4 приложений. Общий объём работы – 50 страниц, из них 34 страницы – основное содержание, включая 11 рисунков и 3 таблицы, 10 страниц приложений, список использованных источников информации – 20 наименований.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Первый раздел «Сети массового обслуживания» посвящен описанию однородных открытых сетей массового обслуживания и аналитического метода анализа таких сетей.

Подраздел «Основные сведения» включает в себя основные понятия теории сетей массового обслуживания.

Сеть массового обслуживания представляет собой совокупность взаимосвязанных систем массового обслуживания (СМО), обеспечивающих в процессе функционирования сети прием, хранение, обработку и выдачу требований, поступающих в системы обслуживания. Если сеть массового

обслуживания обслуживает требования только одного класса, то сеть называется однородной [4]. Если у сети есть внешний источник требований, то сеть называется открытой, а если нет, то – замкнутой.

В подразделе «Однородные открытые сети массового обслуживания» рассматривается однородная открытая экспоненциальная сеть массового обслуживания. Рассматриваемая сеть обслуживания содержит L систем $S_i, i = 1, \dots, L$, обслуживающих требования одного класса, поступающие из внешнего источника C_0 . Входящий в сеть поток требований пуассоновский с интенсивностью λ_0 . Система $S_i, i \in 1, \dots, L$, содержит K_i одинаковых приборов, работающих параллельно; длительность обслуживания требований прибором имеет экспоненциальное распределение с параметром μ_i . Выбор в S_i очередного требования на обслуживание производится согласно дисциплине *FCFS* из общей очереди неограниченной длины.

В подразделе «Теорема Джексона» приводится теорема Джексона [4] для однородных открытых экспоненциальных сетей массового обслуживания и описывается алгоритм, реализующий метод анализа однородных открытых экспоненциальных СеМО, основанный на данной теореме.

Второй раздел «Моделирование маршрутизатора сетью массового обслуживания» содержит в себе подробное описание структуры и принципов функционирования маршрутизатора, а так же его математической модели в виде однородной открытой экспоненциальной сети массового обслуживания.

В подразделе «Описание маршрутизатора» приводятся основные сведения о маршрутизаторах, включая описание основных компонентов и принципы функционирования.

Маршрутизатор – это устройство, которое связывает между собой различные сегменты сети, обрабатывает полученные пакеты по заданным

правилам и определяет путь для пересылки пакетов на основе таблиц маршрутизации.

Маршрутизатор сети состоит из следующих основных компонентов: сетевых адаптеров, служащих интерфейсами с глобальными и локальными сетями; управляющего процессора, определяющего маршрут и обновляющего информацию о топологии; основной магистрали.

После поступления пакета на интерфейсный модуль (сетевой адаптер), происходит анализ адреса назначения и его поиск в таблице маршрутизации; управляющий процессор отдает команды для определения выходного порта. В случае, когда в таблице маршрутизации не оказывается описанного маршрута для адреса назначения, пакет отбрасывается. Если же маршрут найден, пакет по основной магистрали передается в интерфейсный модуль, предназначенный для связи с адресуемым сегментом локальной или глобальной сети. Допускается только одно соединение с выходом из входящего порта сетевого адаптера и одно или несколько соединений с входами выходящих портов. Другими словами, пакет может быть передан только в одном направлении, но через выходящий порт могут передаваться пакеты, пришедшие из разных сегментов сети.

В подразделе «Описание маршрутизатора» строится математическая модель маршрутизатора в виде открытой сети массового обслуживания. Для этого элементы модели ставятся в соответствие элементам маршрутизатора и его окружающей среды.

Сегменту i в модели поставим в соответствие источник требований C_i , который отображает поток пакетов, поступающих в маршрутизатор из i сегмента сети.

Пусть система массового обслуживания S_i типа $M/M/1$ [4] отображает передающую среду, объединяющую все терминальные ЭВМ в единый сегмент сети с номером i , $i = 1, \dots, L$. Положим, что из источника C_i в систему S_i требования поступают в соответствии с пуассоновским распределением вероятностей с интенсивностью λ_i . Длительность обслуживания требований

прибором системы S_i распределена по экспоненциальному закону с интенсивностью μ и отображает время, затраченное на прием группы пакетов и поиска маршрута для ее дальнейшего следования. Пусть вероятность того, что адрес назначения поступившего требования присутствует в таблице маршрутизации, известна и равна p_i . Тогда требование будет возвращаться в источник с вероятностью $1 - p_i$.

Выходной порт сетевого адаптера с номером j представим в модели системой массового обслуживания S_{L+j} , $j = 1, \dots, L$ типа $M/M/1$ с неограниченной очередью и интенсивностью обслуживания μ , полагая, таким образом, что потери сообщений, связанные с переполнением числа мест ожидания в очереди, невозможны.

После завершения обслуживания в системе S_i требование с вероятностью $p_i \theta_{i,L+j}$, $j \neq i$, переходит в очередь системы S_{L+j} , где $\theta_{i,L+j}$ – вероятность того, что пакет из сегмента сети с номером i должен быть передан в сегмент с номером j , $j \neq i$. После завершения обслуживания в S_{L+j} требование переходит в источник C_j [7].

Очевидно, что среднее время обслуживания требования в системе S_i соответствует среднему времени передвижения пакета из входного порта сетевого адаптера с номером i в выходной порт сетевого адаптера j , $j \neq i$.

Третий раздел «Алгоритм анализа модели маршрутизатора методом имитационного моделирования» содержит подробное описание алгоритма метода анализа модели маршрутизатора.

В подразделе «Принципы организации имитационной модели» приводятся особенности построения имитационной модели маршрутизатора.

Каждой системе обслуживания в имитационной модели должно соответствовать описание данной системы на языке программирования, оформленное в виде подпрограммы. Подпрограммы, соответствующие системам обслуживания $S_i, i = 1, \dots, 2L$, считаются эквивалентными. Будем считать, что система S_i состоит из следующих объектов: источник требований, очередь, обслуживающий прибор, требование. Все объекты

системы, за исключением требования, могут быть только в единственном экземпляре. Поставим в соответствие объектам системы S_i объекты имитационной модели.

В общем случае требования представляют собой перемещаемые по системе объекты. В компьютерной модели требование можно представить в виде области памяти, которая содержит форматированные поля – атрибуты. В данной модели используются следующие атрибуты требования:

- момент поступления требования,
- момент начала обслуживания требования,
- момент завершения обслуживания требования.

Очередь является самостоятельным объектом имитационной модели и служит для хранения требований, которые ожидают обработки. Основными характеристиками очередей являются максимальное число требований в очереди, дисциплина постановки требований в очередь и выбора их из очереди, приоритет требований. В данной модели у требований один уровень приоритета, а длина очередей полагается бесконечной.

Модельное время в имитационной модели представлено глобальной переменной вещественного типа, принимающей значения на интервале $[0, \infty)$

Событие – причина, вызывающая мгновенное изменение состояния модели системы S_i , которое характеризуется совокупностью текущих значений ее атрибутов и связей. Событие представляется условиями возникновения и типом события, определяющим алгоритм обработки этого события.

Будем различать три типа событий:

- генерация требования в СМО S_i ,
- начало обслуживания требования прибором системы S_i ,
- завершение обслуживания требования обслуживающим прибором.

Процесс функционирования системы $S_i, i = 1, \dots, 2L$, в имитационной модели представляется логически связанной последовательностью событий

на оси модельного времени, которая характеризуется интервалами времени между событиями и типом событий.

В подразделе «Структурная схема» приводится структурная схема алгоритма. Алгоритм имеет блочную структуру и состоит из 10 блоков.

В подразделе «Описание блоков алгоритма» содержатся подробные описания следующих блоков алгоритма.

Блок 1. Начало программы.

Блок 2. Обработка входных данных.

L – число систем обслуживания, входящих в состав сегмента сети;

– вектор интенсивностей обслуживания требований в системах сети, ;

– вектор интенсивностей поступления требований из источников в системы первого сегмента сети, ;

– маршрутная матрица;

– вектор вероятностей того, что для поступившего требования в таблице маршрутизации найдется адрес назначения, ;

– время моделирования.

Блок 3. Сравнение текущего момента времени с временем моделирования. При следует завершение работы программы.

Блок 4. Начало цикла. В программе цикл реализуется оператором для переменной , которая принимает значения от 1 до .

Блок 5. Обработка требования в системе первого сегмента сети.

Блок 6. Переход требования из системы в систему .

Блок 7. Начало цикла. В программе цикл реализуется оператором для переменной , которая принимает значения от 1 до .

Блок 8. Обработка требования в системе второго сегмента сети.

Блок 9. Сбор и обработка статистики.

Блок 10. Конец программы.

Четвертый раздел «Назначение и описание программы анализа маршрутизатора» содержит в себе описание разработанной программы, реализующей метод анализа маршрутизатора. Программа выполнена на

языке программирования C# с использованием интегрированной среды разработки Visual Studio 2017.

В подразделе «Список основных идентификаторов» содержится описание основных идентификаторов программы.

В подразделе «Описание и назначение функций» содержится описание вспомогательных функций, используемых в программе.

Пятый раздел «Аспекты практического использования программы» содержит результаты численных экспериментов, полученных с использованием программы. По этим результатам сделаны следующие выводы:

- значения, полученные с помощью имитационной модели, согласуются со значениями аналитической модели;
- при увеличении интенсивности входящего потока оценка м.о. времени реакции маршрутизатора нелинейно возрастает.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной выпускной квалификационной работе было представлено описание математической модели маршрутизатора в виде сети массового обслуживания; был описан метод анализа модели маршрутизатора. По описанному методу анализа был разработан алгоритм, а также была составлена блок-схема данного алгоритма с подробным описанием входящих в ее состав блоков.

Для реализации предложенного алгоритма была разработана программа на языке программирования C# в среде программирования Visual Studio 2017. Программа позволяет по входным параметрам сетевых адаптеров вычислять стационарные характеристики маршрутизатора. Также в работе была подробно описана структура этой программы, приведен список идентификаторов, а так же представлен внешний вид графического окна интерфейса данной программы.

С помощью описанной программы был проведен ряд экспериментов, на основе которого была подтверждена адекватность аналитической модели маршрутизатора.

Программа для анализа модели маршрутизатора, которая является результатом данной бакалаврской работы, в дальнейшем может быть использована для решения задач, связанных с проектированием и модификацией компьютерных сетей.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Вишневский, В. М. Теоретические основы построения компьютерных сетей. / В. М. Вишневский. - М.: Техносфера, 2003. - 512 с.

2 Олифер, В. Г. Компьютерные сети: Принципы, технологии, протоколы: Учебное пособие / В. Г. Олифер, Н. А. Олифер. - СПб. : Питер, 2001. - 672 с.

3 Тананко, И. Е. Моделирование систем. / И.Е. Тананко. - Саратов. Научная книга, 2007. - 116 с.

4 Митрофанов, Ю. И. Анализ сетей массового обслуживания : Учебное пособие для студентов университетов. / Ю. И. Митрофанов - Саратов : Научная книга, 2004. - 175 с.

5 Одом, Уэ. Компьютерные сети. Первый шаг. / Уэ. Одом. - М. : ООО "И.Д. Вильямс", 2006. - 432 с.

6 Одом, Уэ. Официальное руководство Cisco по подготовке к сертификационным экзаменам CCNA ICND2 200-101: маршрутизация и коммутация, акад. изд. / Уэ. Одом. - М. : ООО "И.Д. Вильямс", 2015. – 736 с.

7 Фокина, Н. П. Архитектура маршрутизаторов в компьютерных сетях. Компьютерные науки и информационные технологии: Материалы Междунар. науч. конф. - Саратов, СГУ, 30 июня - 2 июля 2016 г. Саратов: Издат. центр "Наука", 2016. С. 448-450