

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г.ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра системного анализа
и автоматического управления

**Моделирование ненадежных систем передачи данных сетями массового
обслуживания с задержкой информации**

АВТОРЕФЕРАТ МАГИСТЕРСКОЙ РАБОТЫ

студента 2 курса 271 группы
направления 09.04.01 «Информатика и вычислительная техника»
факультета компьютерных наук и информационных технологий
Люкшина Ильи Андреевича

Научный руководитель
к. ф. – м. н, доцент

И. Е. Тананко

Заведующий кафедрой
к. ф. – м. н, доцент

И. Е. Тананко

Саратов 2020

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы. Системы передачи данных являются широко распространенными средствами доставки сообщений, то есть обмена информацией. В информационных технологиях системы передачи данных представляются компьютерными сетями. Типичной структурой такой сети является древовидная топология, или иерархическая звезда. Исследования сетей такой топологии необходимо проводить, используя в качестве моделей открытую сеть массового обслуживания (СеМО) с ненадежными элементами и задержкой информации.

Цель данной работы – изучение структуры и принципов функционирования систем передачи данных, а также построение математической и компьютерной моделей системы передачи данных.

В соответствии с поставленной целью определены **следующие задачи:**

1. Изучить структуру и принципы функционирования системы передачи данных с ненадежными элементами;
2. Изучить понятие сетей массового обслуживания, их параметры и характеристики;
3. Построить модель реальной системы передачи данных в виде ненадежной сети массового обслуживания с задержкой информации об изменении ее структуры;
4. Разработать алгоритм метода анализа ненадежной сети массового обслуживания с задержкой информации;
5. Провести эксперименты и определить зависимости основных характеристик сети массового обслуживания от параметров некоторых систем обслуживания сети, проанализировать полученные результаты.

Методологические основы. В работе использовались методы теории вероятностей, теории марковских процессов, теории массового обслуживания, теории сетей массового обслуживания.

Практическая значимость бакалаврской работы. Системы передачи данных используются во всех отраслях человеческой жизни, где требуется

передача информации. В мире информационных технологий примером такой системы является компьютерная сеть. Результаты магистерской работы могут использоваться для исследования, оптимизации и проектирования реальных стохастических сетевых систем с ненадежными элементами. К таким системам относятся телекоммуникационные и вычислительные системы.

Структура и объём работы. Бакалаврская работа состоит из введения, шести разделов, заключения, списка использованных источников и одного приложения. Общий объём работы – 62 страницы, из них 52 страниц – основное содержание, включая 21 рисунок и 25 таблиц, 10 страниц приложения, список использованных источников – 22 наименования.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Первый раздел «Системы передачи данных» посвящён описанию структуры и алгоритмов функционирования систем передачи данных, типов каналов связи, возможных топологий компьютерной сети и видов сетей передачи данных [1-5].

В первом разделе работы вводятся определения передачи данных, систем передачи данных и канала связи. Рассматриваются режимы передачи информации в каналах связи: дуплексный, полудуплексный, симплексный.

Рассматриваются несколько наиболее часто встречающихся топологий сетей передачи данных: древовидная топология, кольцевая топология, топология типа «звезда», ячеистая топология и полносвязная топология. В дальнейшей работе рассматривается сеть передачи данных с древовидной топологией. Следует отметить, что древовидная структура имеет ряд преимуществ по сравнению с другими топологиями сети, а именно: минимальная длина всех каналов связи сети, простота при подключении новых каналов связи и дополнительных компьютеров к конкретным каналам, при внезапном отключении какого-либо компьютера функционирование остальных компьютеров и всей сети в целом, не прекращается.

Вводятся специальные правила, позволяющие всем компьютерам, подключенным к общему каналу получать доступ к нему для передачи сообщений. Такие правила делятся на три класса: 1) селективные; 2) правила, основанные на соперничестве; 3) правила, основанные на резервировании времени.

Существуют три основных метода коммутации: коммутация каналов; коммутация сообщений; коммутация пакетов. При построении математической модели предполагалось, что в сети передачи данных используется метод коммутации пакетов.

Второй раздел «Математическая модель системы передачи данных» посвящён описанию модели описываемой системы передачи данных и формул, с помощью которых осуществляется численное моделирование сети массового обслуживания и рассчитываются математические характеристики сети.

Сопоставим компоненты системы передачи данных в соответствие создаваемой модели сети массового обслуживания. Серверу и коммутатору поставим в соответствие систему массового обслуживания типа $M/M/1$, каналу передачи данных – связь между системами массового обслуживания с определенными вероятностями, которые задаются с помощью маршрутной матрицы переходов, запросам сети – требования, которые поступают в системы. Источнику требований поставим в соответствие терминальные устройства, в данном случае персональные ЭВМ.

Рассматривается открытая ненадежная сеть массового обслуживания с задержкой информации. Под открытой сетью понимается следующее: требования поступают в системы из источника, и могут туда возвращаться. Ненадежная сеть — сеть, в которой любая из систем массового обслуживания может выйти из строя, т.е. прекратить обслуживание требований. При этом все требования, находившиеся в системе обслуживания в момент отказа, теряются. Через конечный случайный

интервал времени система обслуживания восстанавливается. В сети массового обслуживания учтена задержка информации о выходе из строя системы обслуживания. В этот период времени все требования, направляемые в отказавшую систему, теряются. После завершения интервала задержки маршрутная матрица перестраивается таким образом, что требования не поступают в отказавшую систему.

Определены три режима функционирования системы сети обслуживания:

1) Система обслуживания работоспособна, т. е. принимает, обслуживает и отправляет требования другим системам сети обслуживания.

2) С момента выхода из строя системы обслуживания и до момента изменения маршрутной матрицы проходит ненулевое время, в течение которого все требования, поступающие в эту систему обслуживания, возвращаются в источник.

3) Восстановление системы. В этот случайный период времени, который является экспоненциально распределенной случайной величиной, требования не поступают в отказавшую систему обслуживания. В период восстановления системы обслуживания в ней нет требований.

Вводятся следующие обозначения: вероятность нахождения в сети массового обслуживания определенного количества требований, а также следующие характеристики систем сети: математическое ожидание числа требований в каждой из систем, интенсивность потока требований в каждую из систем и математическое ожидание длительности пребывания требований в каждой из систем обслуживания.

Вероятность нахождения сети массового обслуживания в состоянии n , где $n=(n_1, \dots, n_L)$, n_i – число требований в i -системе в момент t определяется из численного решения дифференциальных уравнений:

$$\begin{aligned}
\frac{dP(n)}{dt} = & -\lambda_0 \sum_{i=1}^L \theta_{0i} * P(n) - \sum_{i=1}^L \delta(n) * (\mu_i * P(n)) \\
& + \sum_{i=1}^L \mu_i * \theta_{i0} * P(n_1, \dots, n_i + 1, \dots, n_L) \\
& + \sum_{i=1}^L \delta(n) * \lambda_0 * \theta_{0i} * P(n_1, \dots, n_i - 1, \dots, n_L) \\
& + \sum_{i=1}^L \sum_{j=1}^L \delta(n) * \mu_i * \theta_{ij} * P(n_1, \dots, n_i + 1, \dots, n_j - 1, \dots, n_L),
\end{aligned}$$

где $P(n)$ – это вероятность нахождения сети обслуживания в состоянии n ,
 λ_0 – это интенсивность поступления требований в системы сети обслуживания из источника,
 μ_i – это интенсивность обработки требований в системе i ,
 θ – вероятности переходов требований в между системами обслуживания сети и между источником требований.

Формула расчета математического ожидания числа требований выглядит следующим образом:

$$\bar{n}_i = \sum_{n=1}^k n P_i(n, t),$$

где $\bar{n}_i$ – математическое ожидание числа требований в системе i ,
 $i = 1, 2, \dots, L$, в момент времени t ;
 n_i – число требований в системе i ;
 k – максимальное число требований в системе i ;
 $P_i(n_i, t)$ – вероятность нахождения n_i требований в системе i , $i = 1, 2, \dots, L$, в момент времени t .

Формула расчета интенсивности потока требований:

$$\lambda_i(t) = (1 - P_i(0, t))\mu_i,$$

где $P_i(0, t)$ – вероятность отсутствия требований в системе i , $i = 1, 2, \dots, L$, в момент времени t ,
 μ_i – это интенсивность обработки требований в системе i [9].

Формула расчета математического ожидания длительности пребывания требований в системе i :

$$\bar{u}_i = \frac{\bar{n}_i}{\lambda_i(t)}.$$

Третий раздел «Алгоритм метода анализа ненадежной сети массового обслуживания с задержкой информации» посвящён описанию алгоритма метода анализа ненадежной сети массового обслуживания с задержкой информации об изменении ее структуры.

Алгоритм состоит из 5 блоков.

В первом блоке описывается ввод исходных данных: количество систем массового обслуживания, максимально возможное количество требований в сети обслуживания, маршрутная матрица для моделируемой сети, вектор интенсивностей обслуживания требований, вектор интенсивностей наработки на отказ систем обслуживания, вектор интенсивностей восстановления систем обслуживания, интенсивность потока требований в сеть обслуживания.

Во втором блоке описывается процедура нахождения длительностей наработки на отказ, нахождения минимального из них, и, следовательно, нахождения системы обслуживания, которая выйдет из строя. Кроме того, описывается процедура нахождения длительности восстановления системы обслуживания.

В третьем блоке описывается процедура вычисления распределения вероятностей числа требований в системах сети.

В четвертом блоке описывается вычисление основных характеристик каждой из систем массового обслуживания.

В пятом блоке описывается вывод результатов программы: распределение вероятностей числа требований в системах сети и математические характеристики каждой из систем обслуживания.

Четвертый раздел «Программа для анализа ненадежной сети массового обслуживания с задержкой информации» посвящён описанию программы для анализа ненадежной сети массового обслуживания с задержкой информации. В нем описываются важнейшие части разработанной программы, которые необходимы для правильного функционирования программы: отключение в включение ненадежной системы обслуживания и вычисление характеристик сети обслуживания.

Пятый раздел «Пример использования программы» посвящён описанию интерфейса и правила использования программы. Программа имеет консольный интерфейс, вывод осуществляется в 3 файла.

В первый файл программа записывает распределение вероятностей состояний сети в каждый момент времени, а также математические характеристики каждой из систем в этот момент времени.

Во втором файле находятся значения вероятностей того, что в сети нет требований. Вероятности вычисляются с заданным временным шагом на всем интервале наблюдения за функционированием сети. По данным этого файла можно построить график изменения вероятности в зависимости от времени. В третьем файле находится информация об изменениях структуры сети массового обслуживания, а именно: какая система отключается, сколько времени она находилась в работоспособном состоянии, и через какие интервалы времени она восстановилась, а также изменения маршрутной матрицы в моменты работы всех систем, после каждого отключения и начала восстановления одной из систем.

Шестой раздел «Исследование ненадежной сети массового обслуживания с задержкой информации» посвящён исследованию ненадежной сети массового обслуживания с задержкой информации. В этом разделе показаны результаты численного моделирования гипотетической компьютерной сети и произведен расчет характеристик этой сети. Кроме

того, было проведено сравнение этих характеристик в зависимости от изменения параметров сети массового обслуживания. В ходе экспериментов было установлено, что::

- 1) включение в модель элементов надежности систем обслуживания повышает адекватность модели реальным системам передачи данных;
- 2) при увеличении задержки передачи информации об изменении структуры сети обслуживания увеличивается вероятность потерь требований, что приводит в среднем к увеличению простоя всех систем обслуживания сети;
- 3) При уменьшении времени наработки на отказ системы обслуживания с небольшим потоком, характеристики остальных систем сети обслуживания меняются незначительно; при уменьшении времени наработки на отказ системы обслуживания со значительным потоком, проходящим через эту систему, характеристики остальных систем сети значительно ухудшаются.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе данной работы была построена математическая и компьютерная модели систем передачи данных, разработана программа для нахождения численных характеристик такой компьютерной модели, реализованной в виде сети массового обслуживания. Также была изучена специализированная литература по темам, связанным со структурой системы передачи данных и принципами её функционирования.

Все цели, поставленные в ходе магистерской работы, были выполнены.

Полученные в работе результаты могут быть использованы для анализа, оптимизации и проектирования больших сложных стохастических систем с сетевой структурой с ненадежными элементами и с ненулевой задержкой информации об изменении структуры системы.

Результаты работы докладывались на XI Всероссийской научно-практической конференции "Информационные технологии в образовании"

(Саратов, 1-2 ноября 2019г.), а также в ежегодной студенческой научной конференции факультета КНиИТ (Саратов, 24 апреля 2020 г.).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Олифер В., Олифер Н. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы. — Санкт-Петербург, 2013. — 944 с.
- 2 Коммутация (компьютерные сети). [Электронный ресурс] сайт. URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Коммутация_\(компьютерные_сети\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/Коммутация_(компьютерные_сети)). Дата обращения 15.04.2020.
- 3 Таненбаум Э., Уэзеролл Д. Компьютерные сети. 5-е изд. — СПб.: Санкт-Петербург, 2012. — 960 с.
- 4 Беделл, П. Сети. Беспроводные технологии/ П. Беделл; М.: НТ Пресс, 2008. — 441 с.
- 5 Митрофанов Ю. И. Анализ сетей массового обслуживания. Издательство «Научная книга», Саратов, 2004. — 175 с.
- 6 Тананко И.Е., Фокина Н.П. Исследование сетей массового обслуживания с централизованным управлением маршрутизацией и задержкой информации // Обозрение прикладной и промышленной математики. 2009. Т.16. Вып. 4, с. 717-718.
- 7 Юдаева Н.В. Сети массового обслуживания с динамической локальной маршрутизацией и задержкой информации // Автоматика и вычислительная техника, 2006, № 1, стр. 57-66.
- 8 Тананко И.Е., Юдаева Н.В. Моделирование сети массового обслуживания с ненадежными системами и задержкой информации // Компьютерные науки и информац. технологии: Тез.доклМеждунар. науч. конф., посвященной памяти проф. А.М.Богомоллова. - Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 2007. - 156 с. С. 119-120.

- 9 Вишневский В.М. Широкополосные беспроводные сети передачи информации / В.М. Вишневский, А.И. Ляхов, С.Л.Портной, И.В.Шахнович, – М.: Техносфера, 2005. – 592 с.
- 10 Вишневский В.М. Теоретические основы проектирования компьютерных сетей / В.М.Вишневский. – М. : Техносфера, 2003. - 512 с.
- 11 Башарин Г.П. Модели для анализа качества обслуживания в сетях связи следующего поколения: Учеб. пособие / Г.П. Башарин, Ю.В. Гайдамака, К.Е. Самуйлов, Н.В. Яркина – М.: РУДН, 2008. – 137 с.
- 12 Клейнрок Л. Вычислительные системы с очередями / Л. Клейнрок. – М.: Мир, 1979. – 600 с.
- 13 Тананко И.Е. Об открытых сетях массового обслуживания с отказами и малыми длительностями восстановлений систем обслуживания // Актуальные задачи мат. моделир-я и инф. технологий: Материалы V Всероссийской научно-практ. конф., Сочи, 10-15 мая 2009г. / Соч. гос. ун-т туризма и курорт.дела. - Сочи, 2009. - С. 104-105.
- 14 Тананко И.Е., Фокина Н.П. Метод анализа сетей массового обслуживания с централизованным управлением маршрутизацией и задержкой информации // Компьютерные науки и информационные технологии: Материалы Междунар. науч. конф. - Саратов: Изд-во Сарат. ун-та, 2009. - С. 182-185.
- 15 Тананко И.Е., Юдаева Н.В. О сети массового обслуживания с ненадежными системами, управлением потоком и задержкой информации // Обозрение прикл. и промышл. матем. 2009. Т.16. Вып. 5, с. 930.
- 16 Тананко И.Е., Юдаева Н.В. Исследование сети массового обслуживания с ненадежными системами и задержкой информации // Обозрение прикл. и промышл. матем. 2007. Т.14. Вып. 6, с. 1137-1138.
- 17 Башарин, Г. П. Анализ очередей в вычислительных сетях. Теория и способы расчета / Башарин, Г. П., Бочаров, П. П Я, Коган, А. – М. : Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1989. 336 с.

- 18 Митрофанов Ю. И. Синтез сетей массового обслуживания / Ю.И.Митрофанов. – Саратов: из-дво Сарат. ун-т -, 1995. - 164с.
- 19 Жожикашвили В.А. Сети массового обслуживания. Теория и применение к сетям ЭВМ / В.А. Жожикашвили, В.М.Вишневский. – М.: Радио и связь, 1988. – 192 с.
- 20 Клейнрок, Л. Теория массового обслуживания / В. И. Нейман; пер. И. И. Грушко. – М. : Машиностроение, 1979. - 143 с.
- 21 Гнеденко, Б. В. Введение в теорию массового обслуживания. / И. Н. Коваленко, – М. : Издательство ЛКИ, 2013. - 586 с.
- 22 Назаров А.А. Теория массового обслуживания: учеб. пособие / А.А. Назаров, А.Ф.Терпугов. – Томск: изд-во НТЛ. – 2010. – 228 с.