

Министерство образования и науки Российской Федерации
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г.ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра системного анализа
и автоматического управления

**Системы массового обслуживания с обслуживанием групп требований
ограниченного размера и их применение для исследования протокола
управления потоковой передачей**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

Студента 4 курса 481 группы
направления 27.03.03 – Системный анализ и управление
факультета компьютерных наук и информационных технологий
Караваяева Антона Олеговича

Научный руководитель

к.ф.-м.н., доцент

Е.С. Рогачко

Заведующий кафедрой

к. ф.-м. н., доцент

И. Е. Тананко

Саратов 2018

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы. Системы с групповым обслуживанием находят применение для решения широкого спектра научно-прикладных задач. Разнообразие проблем, стоящих перед исследователями, привело к разработке самых различных модификаций систем массового обслуживания (СМО) – со всевозможными типами входящих потоков и дисциплинами обслуживания, приоритетами, конечной очередью, ненадёжным прибором и другое. Важной областью применения СМО являются телекоммуникации, переживающие в настоящий момент скачок в своём развитии. Растущие требования пользователей и возможности современного оборудования сопровождаются появлением новых технологий, одной из которых стал протокол SCTP, обеспечивающий в IP-сетях надёжную передачу данных при оказании пользователям услуг реального времени.

Цель выпускной квалификационной работы – изучение систем массового обслуживания с обслуживанием групп требований ограниченного размера и их применение для исследования протокола управления потоковой передачей (SCTP).

Поставленная цель определила **следующие задачи.**

1. Изучение систем массового обслуживания с обслуживанием групп требований ограниченного размера: $M/M(a,b)/1$, $M/M(1,b)/c$, $M/GI(1,s)/1$.
2. Разработка алгоритмов методов анализа СМО с групповым обслуживанием и написание программы по этим алгоритмам.
3. Использование программы для исследования протокола управления потоковой передачей SCTP.

Методологические основы бакалаврской работы составляют результаты по теории систем массового обслуживания, теории вероятностей, теории марковских процессов [1-8].

Теоретическая и/или практическая значимость бакалаврской работы. СМО с обслуживанием групп требований ограниченного размера широко используются в качестве математических моделей реальных систем обслуживания со стохастическим характером функционирования, например, информационно-вычислительных и телекоммуникационных систем. В бакалаврской работе СМО данного класса использованы для исследования протокола управления потоковой передачей SCTP с заданными параметрами.

Структура и объем работы. Бакалаврская работа состоит из введения, 4 разделов, списка использованных источников и 1 приложения. Общий объем работы – 80 страниц, из них 63 страницы – основное содержание, включая 6 таблиц и 12 рисунков, список использованных источников – 23 наименования.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первом разделе «Описание систем массового обслуживания с групповым обслуживанием требований» приводится краткое описание каждой рассмотренной системы.

Подраздел «Система массового обслуживания типа $M/M(a,b)/1$ » содержит описание соответствующей системы и метода ее анализа. В систему поступает пуассоновский поток требований с интенсивностью λ . Обслуживание требований производится группами с использованием общего правила обслуживания группы. Обслуживание начинается только тогда, когда размер очереди достигает или превосходит a . Емкость прибора равна b , $b \geq a \geq 1$. Длительность обслуживания группы – экспоненциально распределенная случайная величина с параметром μ .

Состояние системы массового обслуживания обозначается (i, n) , где i – индикаторная переменная, $i = 1$, когда прибор занят обслуживанием группы

размером s , $a \leq s \leq b$, и $i = 0$, если прибор свободен, n – число требований в очереди системы.

Были получены следующие формулы для вычисления стационарных вероятностей состояний рассматриваемой системы [3]:

$p_{1,n}$ – вероятность того, что прибор занят обслуживанием и в очереди системы находятся n требований,

$$p_{1,n} = \left(\frac{1-r^b}{1-r} \right) p_{0,0} r^{n+1}, \quad n = 0, 1, 2, \dots,$$

где r ($0 < r < 1$) – единственный вещественный корень характеристического уравнения

$$\lambda - (\lambda + \mu)z + \mu z^{b+1} = 0;$$

$p_{0,q}$ – вероятность того, что прибор не занят обслуживанием и q требований ждут в очереди,

$$p_{0,q} = \frac{1-r^{q+1}}{1-r} p_{0,0}, \quad q = 1, 2, \dots, a-1;$$

$p_{0,0}$ – вероятность того, что в системе нет требований,

$$p_{0,0} = \left[\frac{a}{1-r} + \frac{r^{a+1} - r^{b+1}}{(1-r)^2} \right]^{-1}.$$

Подраздел «Системы массового обслуживания с несколькими приборами» содержит описание соответствующих систем и методов их анализа. Рассматриваются системы типа М/М(а,б)/2 и М/М(1,б)/с [3].

Система типа М/М(1,б)/с отличается от системы типа М/М(а,б)/1 тем, что в ней имеются s обслуживающих приборов, а минимальный размер обслуживаемой группы требований равен 1.

Были получены следующие формулы для вычисления стационарных вероятностей состояний данной системы [3]:

$p_{0,0}$ – вероятность того, что в системе нет требований,

$$p_{0,0} = \left[\frac{\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^c}{c!(1-r)} + \sum_{m=0}^{c-1} \frac{\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^m}{m!} \right],$$

где r ($0 < r < 1$) – единственный вещественный корень характеристического уравнения

$$\lambda - (\lambda + c\mu)z + c\mu z^{b+1} = 0;$$

$p_{m,0}$ – вероятность того, что m приборов заняты обслуживанием и в очереди нет требований,

$$p_{m,0} = \frac{p_{0,0} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^m}{m!}, m = 1, \dots, c - 1;$$

$p_{c,n}$ – вероятность того, что все приборы заняты и в очереди находятся n требований,

$$p_{c,n} = \frac{r^n p_{0,0} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^c}{c!}, n = 0, 1, 2, \dots$$

Подраздел «Система массового обслуживания типа $M/GI(1,s)/1$ » содержит описание соответствующей системы и метода ее анализа. В систему поступает пуассоновский поток требований с интенсивностью λ . Обслуживание требований производится группами. Минимальный размер обслуживаемой группы требований равен 1. Емкость прибора равна b , $b \geq 1$. Длительность обслуживания группы является случайной величиной с функцией распределения вероятностей $B(t)$ и средним значением $1/\mu$. В качестве типов функции распределения длительностей обслуживания

требований были рассмотрены экспоненциальное, детерминированное распределения и распределение Эрланга.

Для системы типа $M/GI(1,s)/1$ с рассмотренными типами распределения длительностей обслуживания требований были получены формулы для вычисления основных стационарных характеристик [1].

Во втором разделе «Алгоритмы для вычисления характеристик систем массового обслуживания с групповым обслуживанием требований» описываются разработанные алгоритмы для соответствующих систем: $M/M(a,b)/1$ (подраздел «Алгоритм для системы типа $M/M(a,b)/1$ »), $M/M(1,b)/c$ (подраздел «Алгоритм для системы типа $M/M(1,b)/c$ »), $M/GI(1,s)/1$ (подраздел «Алгоритм для системы типа $M/GI(1,s)/1$ »). Алгоритмы имеют блочную структуру. Основными блоками всех алгоритмов являются следующие блоки.

Блок «Ввод исходных данных». В данном блоке вводятся параметры системы массового обслуживания.

Блок «Нахождение вещественного корня уравнения». В данном блоке находятся корни характеристического уравнения, используемые для вычисления стационарных характеристик системы. Корни находятся одним из двух методов: методом деления отрезка пополам или методом Ньютона [9].

Блок «Вычисление стационарных вероятностей и характеристик системы». В этом блоке вычисляются основные стационарные характеристики системы: математическое ожидание числа требований в очереди, математическое ожидание числа требований в системе, математическое ожидание длительности пребывания требований в очереди и математическое ожидание длительности пребывания требований в системе.

Блок «Вывод результатов». В данном блоке выводятся значения стационарных характеристик системы.

В третьем разделе «Программа для анализа систем массового обслуживания с обслуживанием групп требований ограниченного размера» описывается разработанная программа.

Подраздел *«Назначение и структура программы»* включает в себя описание структуры программы и программных средств, использованных для ее написания. Программа написана на языке Java версии 1.8 с использованием интегрированной среды разработки IntelliJIDEA 2018.1 [10-13].

Подраздел *«Описание идентификаторов»* включает списки основных идентификаторов, используемых в программе.

Подраздел *«Описание подпрограмм»* содержит описание функций, используемых в классах для обработки взаимодействия пользователя с интерфейсом программы, а также для проведения необходимых вычислений.

Подраздел *«Интерфейс и правила использования программы»* содержит рисунки с интерфейсом программы и описание использования основных элементов интерфейса [14-17].

Подраздел *«Пример использования программы»* содержит пример использования программы для вычисления характеристик системы массового обслуживания с групповым обслуживанием.

В четвертом разделе «Исследование протокола SCTP с использованием систем массового обслуживания с групповым обслуживанием требований» приводится описание протокола управления потоковой передачей SCTP и проводится исследование функционирования данного протокола с использованием написанной программы для анализа

систем массового обслуживания с обслуживанием групп требований ограниченного размера.

Подраздел *«Описание протокола»* содержит краткое описание протокола SCTP. Протокол управления потоковой передачей SCTP – это транспортный протокол стека TCP/IP, обеспечивающий надёжную передачу данных пользователя в независимых упорядоченных потоках [18-20]. Протокол SCTP является важным элементом концепции построения сетей следующего поколения, использующих IP-транспорт и ориентированных на предоставление пользователям услуг с высокими требованиями к показателям качества обслуживания.

Протокол SCTP имеет ряд отличительных особенностей. Во-первых, он предусматривает возможность как надёжной (TCP), так и ненадёжной (UDP) доставки данных с возможностью поддержки порядка передачи внутри каждого из организуемых потоков (функция Multistreaming). Во-вторых, в случае необходимости, надёжность передачи контролируется механизмами выборочных подтверждений, повторных передач и перенаправления потока с недоступного IP-адреса на резервный адрес (функция Multihoming).

Подраздел *«Параметры и характеристики модельной системы массового обслуживания с групповым обслуживанием требований»* содержит описание математической модели функционирования протокола SCTP [21-23] – системы массового обслуживания типа M/M(a,b)/1 с обслуживанием групп требований ограниченного размера.

Подраздел *«Результаты исследования»* включает результаты исследования функционирования протокола SCTP с заданными параметрами. Результаты получены с помощью разработанной программы для анализа систем массового обслуживания с групповым обслуживанием. Исследовалась зависимость математического ожидания длительностей пребывания сообщений в очереди системы от интенсивности входящего

потока сообщений. По результатам исследования был сделан вывод о том, что значение минимального размера обслуживаемой группы требований влияет на стационарные характеристики системы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В бакалаврской работе были рассмотрены системы массового обслуживания с обслуживанием групп требований ограниченного размера: $M/M(a,b)/1$, $M/M(1,b)/c$, $M/GI(1,s)/1$, разработаны алгоритмы методов их анализа и написана программа для анализа данных систем. Программа позволяет вычислять основные стационарные характеристики систем массового обслуживания с обслуживанием групп требований ограниченного размера.

Разработанная программа использовалась для анализа функционирования протокола управления потоковой передачей SCTP, была исследована зависимость математического ожидания длительностей пребывания сообщений в очереди системы от интенсивности входящего потока сообщений.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Саати, Т.Л. Элементы теории массового обслуживания и её приложения / Т.Л Саати; под редакцией И.И.Коваленко, Р.Д.Когана. М.: Издательство «Советское радио», 1965. 505 с.

2 Митрофанов, Ю.И. Анализ сетей массового обслуживания / Ю.И.Митрофанов. Саратов: Издательство «Научная книга», 2004. 175 с.

3 Medhi, J. Stochastic models in queuing theory / J. Medhi. USA: Elseiver Science, 1991. 477 pp.

4 Chaudhry, M. L. A first course in bulk service / M.L. Chaughry, J.G.K. Templton. John Wiley & Sons, 1983. 343 pp.

- 5 Новиков, О. А. Прикладные вопросы теории массового обслуживания / О.А. Новиков, С.И. Петухов. М.: изд-во «Советское радио», 1969. 400 с.
- 6 Клейнрок, Л. Вычислительные системы с очередями. В 2 ч. Ч. 2. / Л. Клейнрок; под редакцией Б.Г.Цыбакова. М.: Издательство «Мир», 1979. 600 с.
- 7 Клейнрок, Л. Теория массового обслуживания / Л. Клейнрок; под редакцией В.И. Неймана. М.: Машиностроение, 1979. 432 с.
- 8 Крылов, В.В. Теория телетрафика и её приложения / В.В.Крылов, С.С.Самохвалова. Санкт-Петербург: Издательство «БХВ-Петербург», 2005. 288 с.
- 9 Бахвалов, Н.С. Численные методы / Н.С.Бахвалов, Н.П.Жидков, Г.М.Кобельков. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008. 636 с.
- 10 Эккель, Б. Философия Java 4-е полное изд. / Б. Эккель. СПб.: Питер, 2017. 1168 с.
- 11 Kathy Sierra. Head First Java / Kathy Sierra, Bert Bates, 2003. 677 pp.
- 12 Herbert Schildt. Java: A Beginner's Guide / Herbert Schildt. USA: Mc GrawHil, 2012. 601 pp.
- 13 Kent Beck. Test-Driven Development / Kent Beck. Canada: Person Education, Inc., 2003. 217 pp.
- 14 Erich Gamma, Design Patterns / Erich Gamma, Richard Helm, Ralph Johnson, John Vlissides; Addison-Wesley, 1994. 395 pp.
- 15 Elizabeth Freeman. Head First Design Patterns / Elizabeth Freeman, Kathy Sierra: O`Reily, 2009. 688 pp.
- 16 Jenifer Tidwell, Designing Interfaces / Jenifer Tidwell: O`Reilly, 2010. 578 pp.
- 17 Alan Cooper, About Face 3: The Essentials of Interaction Design / Alan Cooper, Robert Reiman, David Cronin: Wiley Publishing, Inc., 2007. 581 pp.
- 18 Martin P. Clark, Data Networks, IP and the Internet / Martin P. Clark. England: John Wiley & Sons Ltd., 2003. 815 pp.

19 Eric Hall, Internet Core Protocols: The Definitive Guide / Eric Hall, Vint Cerf: O`Reily, 2009. 472 pp.

20 Jeanna Mathews, Computer Networking: Internet Protocols in Action / Jeanna Mathews: John Wiley & Sons, 2005. 269 pp.

21 Самуйлов, К. Е. Разработка модели функционирования протокола управления потоковой передачей / К. Е. Самуйлов, А.В. Чукарин, Н.В. Першаков // Вестник РУДН. Серия Прикладная и компьютерная математика. 2005. Т. 4, № 1. С. 40-47.

22 Першаков, Н. В. Системы M/G/1 с групповым обслуживанием и их применение к анализу модели протокола управления потоковой передачей. Часть I / Н.В. Першаков, К. Е. Самуйлов // Вестник РУДН. Серия Математика. Информатика. Физика. 2009. Т. 4, № 1. С. 34-44.

23 Першаков, Н. В. Системы M/G/1 с групповым обслуживанием и их применение к анализу модели протокола управления потоковой передачей. Часть II / Н.В. Першаков, К. Е. Самуйлов // Вестник РУДН. Серия Математика. Информатика. Физика. 2009. Т. 4, № 1. С. 43-53.