

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

На диссертационную работу Алию Башира «Моделирование и анализ процессов управления перегрузками в беспроводных распределенных сенсорных сетях», представленную к защите в Диссертационном совете ПДС 0200.006 на базе Российского университета дружбы народов имени Патриса Лумумбы на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.2.3. Теоретическая информатика, кибернетика».

Актуальность темы.

Гистерезисные эффекты наблюдаются во многих отраслях, включая физику, электротехнику, экономику и др. уже достаточно давно. Теория и модели гистерезисного управления были обусловлены еще в работах Красносельского в 60-х годах, а с 90-х годов разработанные им модели нашли дальнейшее применение в телекоммуникационных сетях, в связи с активным развитием последних. Одними из первых применений гистерезисного управления в системах массового обслуживания было его использование для контроля трафика в сети связи 2-го поколения. Вопросами применения двух-, равно как и многоуровневого гистерезисного управления, в т.ч. для произвольного числа порогов, в телекоммуникационных сетях активно занимались Абаев, Самуйлов, Цитович. Особое внимание в их работах уделялось нахождению вероятностно-временных характеристик среднего числа заявок и средних времен пребывания, обслуживания, ожидания и пр.

В данной работе рассматривается применение двух- и четырех порогового управления для системы распределенных сенсорных сетей, входящих в качестве одной из ключевых компонент в понятие интернета вещей, образовавшегося в рамках сетей 5-го поколения. В диссертационной работе рассмотрено применение данной технологии в сценарии применения беспроводной сенсорной сети (WSN) при охране сельскохозяйственных угодий. Для исследуемых систем получены формулы расчета их основных характеристик, в исследовании содержатся результаты численных экспериментов.

Ввиду вышеизложенного, считаю, что тематика диссертации является актуальной, а сама работа соответствует специальности 1.2.3 «Теоретическая информатика, кибернетика».

Краткое содержание работы.

Во **введении** представлены актуальность и новизна темы диссертационной работы, ее цели и задачи, а также степень разработанности и достоверности темы, и апробация результатов.

Глава 1 посвящена особенностям построения моделей систем облачных беспроводных сенсорных сетей. В разделе 1.1 представлен обзор сценариев перегрузки в системах облачных беспроводных сенсорных сетей. Также в нем описаны известные подходы по снижению перегрузки на шлюзах облачных WSN. В разделе 1.2 представлена улучшенная модель произвольного раннего обнаружения (IREД) по управлению перегрузкой шлюза сенсорной сети. В разделе 1.3 представлена постановка задачи по исследованию контроля перегрузки шлюза WSN с использованием метода порогового управления.

Глава 2 посвящена анализу марковской модели порогового управления очередью, и ее сравнению с моделью IRED. В разделе 2.1 представлена модель массового обслуживания с двухуровневым пороговым управлением. В разделе 2.2 получена система уравнений равновесия (СУР) и стационарное распределение вероятностей состояний марковского процесса (МП), описывающего поведение исследуемой системы. Раздел 2.3 посвящен численному анализу вероятностно-

временных характеристик.

Глава 3 посвящена анализу законы распределения и вероятностно-временных характеристик (ВВХ) времени пребывания МП, описывающего функционирование модели, в множестве состояний перегрузки. В разделе 3.1 предложен метод нахождения закона распределения случайной величины времени пребывания в множестве состояний перегрузки. В разделе 3.2 представлен метод расчета ВВХ, а в разделе 3.3 – анализ модели управления с несколькими пороговыми значениями.

В **заключении** приведены основные результаты исследования.

Достоверность и новизна результатов исследования.

Достоверность полученных в диссертации результатов следует из использования строгих математических методов теории массового обслуживания, теории вероятностей, теории случайных процессов и математической теории телетрафика, а также проведенных численных экспериментов.

В диссертационной работе представлены следующие новые результаты:

1. Разработана модель порогового управления перегрузками в беспроводных распределенных сенсорных сетях в виде системы массового обслуживания с порогами сброса и снижения нагрузки. Модель позволяет оценить влияние порогового управления на ВВХ системы.

2. Для двухпороговой модели управления перегрузкой в распределенных сенсорных сетях получено стационарное распределение двумерного МП, описывающего поведение системы и его основные ВВХ. Проведен численный эксперимент, показывающий область применения модели по сравнению с улучшенным алгоритмом произвольного раннего обнаружения.

3. Построена модель многопорогового управления перегрузками и разработан метод расчета ВВХ в переходном режиме – функции распределения времени пребывания в множестве состояний перегрузки и превышенной нагрузки, а также среднего значения и дисперсии времени пребывания в множестве состояний перегрузки и превышенной нагрузки.

Ценность для науки и практики результатов работы.

Научная ценность диссертации отражается в дальнейшем развитии теории массового обслуживания и теории телетрафика, заключающемся в возможности обобщения полученных результатов на случай СеМО.

Практическая ценность результатов диссертации определяется тем, что полученные в диссертационной работе результаты могут быть использованы проектными и научно-исследовательскими организациями, операторами сетей связи при планировании сетей радиодоступа для предоставления услуг с требуемым качеством. Разработанные математические модели позволяют провести анализ показателей эффективности в беспроводных распределенных сенсорных сетях с пороговым управлением перегрузками.

Подтверждение опубликованных основных результатов диссертации в научной печати.

Основные результаты диссертации опубликованы в 7 печатных работах, из которых 1 работа входит в список журналов из перечня ведущих изданий, рекомендованных ВАК РФ и 3 изданий входят в международную базу данных Scopus. Кроме того, результаты диссертации докладывались на различных российских и международных конференциях.

Соответствие содержания автореферата основным положениям диссертации

Автореферат в достаточной мере отражает содержание диссертационного исследования.

Замечания по работе.

1. Разделы 1.1 и 3.1 описывают один и тот же сценарий использования два раза. Аналогичная ситуация наблюдается с разделом 1.3 и пунктом цели и задачи введения, где дважды описывается одна и та же задача.
2. Единообразная монотонность приведенных графиков не дает достаточного представления о результатах проведенного исследования. Не показаны эффекты, выявленные в процессе численного эксперимента.
3. Текст содержит много опечаток, плохо форматирован, в т.ч. используются различные шрифты и качество рисунков, различные отступы при нумерации формул, имеется множество опечаток и пр.

Общий вывод по диссертационной работе.

Приведенные замечания не снижают научную ценность результатов диссертационной работы и не влияют на ее положительную оценку.

Считаю, что диссертация Алию Башира на тему «Моделирование и анализ процессов управления перегрузками в беспроводных распределенных сенсорных сетях» является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится новое решение задачи управления трафиком для системы распределенных сенсорных вычислений.

Работа соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, согласно п.2.2 раздела II Положения о присуждении ученых степеней в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы», утвержденного Ученым советом РУДН протокол № УС-12 от 03.07.2023г., а её автор, Алию Башир, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.2.3. Теоретическая информатика, кибернетика.

Официальный оппонент

доктор физико-математических наук (01.01.03 – Математическая физика), заведующий отделом Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН»

Орлов Юрий Николаевич

«12» февраля 2024 г.

Подпись Орлова Ю.Н. заверяю
Ученый секретарь ИПМ им. М.В. Келдыша РАН



А.А. Давыдов

Федеральное государственное учреждение «Федеральный исследовательский центр
Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша Российской академии наук»
Адрес: 125047, Москва, Миусская пл., д.4,
тел.: +7 499 978-13-14
e-mail: office@keldysh.ru