К.В. Чудинова, О.Я. Кравец

КАЧЕСТВО ОБСЛУЖИВАНИЯ В РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ МОНИТОРИНГА: УПРАВЛЕНИЕ НА ОСНОВЕ РЕКУРСИВНЫХ БАЙЕСОВСКИХ ОЦЕНОК

Монография

Воронеж

Издательство «Научная книга»

2019

УДК 004.75:519.22
ББК 32.973.202
Ч 84

Рецензенты:

Атласов Игорь Викторович, доктор физико-математических наук, профессор, ФГКОУ ВО «Московский университет МВД России имени В.Я. Кикотя», профессор кафедры информатики и математики

Лебеденко Евгений Викторович, кандидат технических наук, доцент, ФГКВОУ ВО «Академия Федеральной службы охраны Российской Федерации», сотрудник

Ч 84 **Чудинова, К.В.** Качество обслуживания в распределенных информационных системах мониторинга: управление на основе рекурсивных байесовских оценок: монография/ К.В. Чудинова, О.Я. Кравец. – Воронеж: Издательство «Научная книга», 2019. – 128 с.

ISBN 978-5-98222-990-8

В книге представлены результаты исследования методов управления качеством обслуживания в распределенных информационных системах мониторинга на основе рекурсивных байесовских оценок. Предложен адаптивный алгоритм принятия решений по реструктуризации системы мониторинга, сочетающий в себе эвристический метод, который ограничивает поиск в определенных классах решений, с полным поиском в каждом классе для оптимальной структуры, и разделяющий сеть на некоторое число идеальных подсетей одинакового размера; разработаны алгоритмы анализа и прогнозирования состояния элементов распределенной информационной системы с использованием рекурсивного байесовского подхода, позволяющие осуществлять сетевое оценивание с помощью моделей сети, основанных на статических и динамических сетевых связях; получен ряд иных важных результатов.

УДК 004.75:519.22
ББК 32.973.202
Ч 84

ISBN 978-5-98222-990-8

© **Чудинова К.В., Кравец О.Я., 2019**

Содержание

Список сокращений и обозначений 6

Введение 7

Глава 1. Проблемы моделирования и алгоритмизации управления распределенными информационными системами для обеспечения необходимого уровня качества обслуживания 9

1.1. Анализ состояния проблемы исследования системы управления крупномасштабными сетевыми инфраструктурами 9

1.2. Особенности управления гарантированным качеством обслуживания в беспроводных сенсорных сетях 12

1.3. Технологии выбора рациональной конфигурации модулей управления в иерархической распределенной системе мониторинга 16

1.3.1. Субоптимальная иерархическая конфигурация 17

1.3.2. Общая эвристика конфигурации 21

1.4. Постановка задач работы 24

Глава 2. Динамическое управление данными в межмодульном взаимодействии подсистем управления крупномасштабных информационных систем с нестационарной топологией на основе рекурсивных байесовских оценок 26

2.1. Механизмы сетевой оценки состояния сети с учетом прошедших доставок пакетов без потерь информации 26

2.1.1. Объект управления и сетевые модели 28

2.1.2. Механизм сетевого оценивания 32

2.2. Сетевая процедура FPD 33

2.2.1. Механизм сетевого оценивания и прогнозирование доставки пакетов....34
2.2.2. Механизм оценки сети модели SIHS....35
2.2.3. Механизм оценки сети модели GEIHS....36
2.3. Вычислительная сложность решения задачи прогнозирования состояния сети....38
2.4. Модель процедуры FPD и ее сравнительный анализ....40
2.5. Сравнительный анализ контроллеров....43
2.6. Расчет оптимального коэффициента усиления....46
2.6.1. Алгоритм расчета s_N....46
2.6.2. Вычислительная сложность расчета оптимального коэффициента усиления управления....47
2.7. Численное моделирование....48
2.8. Выбор модели....52
2.9. Выводы....54

Глава 3. Моделирование и алгоритмизация функционирования беспроводной подсистемы системы управления на основе двухуровневой модели потоков и микропотоков....55
3.1. Обобщенный сценарий работы беспроводной сенсорной подсистемы системы управления....55
3.2. Модель входного потока....56
3.3. Модель гарантированного QoS....61
3.3.1. Модель узла QoS....61
3.3.2. Одно- и многостадийная модель QoS....63
3.4. Вычислительный эксперимент....65
3.4.1. Узел QoS....67
3.4.2. Случай однородной интенсивности обслуживания....71
3.4.3. Случай неоднородной интенсивности обслуживания....75

3.4.4. Самоподобный трафик 76
3.5. Выводы 79

Глава 4. Технологии и инструменты выбора рациональной конфигурации модулей управления в иерархической распределенной системе мониторинга 81
4.1. Типовые топологии сетей 81
4.1.1. Ячеистые сети 81
4.1.2. n-гиперкубы 84
4.2. Функция стоимости и стартовые модели 86
4.3. Особенности конфигураций с иерархией одного количества уровней и параллелизм 94
4.4. Элементы программной реализации многоагентной системы мониторинга и прогнозирования распределенных информационных систем 98
4.4.1. Модуль мониторинга 102
4.4.2. Модуль прогнозирования 104
4.4.3. Функциональность системы повышения устойчивости . 107
4.5. Выводы 114

Основные результаты работы 115

Список использованных источников 116

Список сокращений и обозначений

БСС - беспроводная сенсорная сеть

КС - кластерная система

ПДП - последовательность доставки пакетов

РИС – распределенная информационная система

РЦОД - резервный центр обработки данных

ССУ - сетевая система управления

ЦОД - центр обработки данных

CR - темп снижения затрат (Cost Reduction rate)

FPD – сетевая процедура управления доставкой пакетов с учетом предсказания (future packet delivery)

GEIHS - независимые связи модели Гильберта-Эллиотта, пошаговая маршрутизации, оценка сети по расписанию (Gilbert-Elliot Independent links, Hop-by-hop routing, Scheduled network estimator).

IID-контроллер - доставки пакетов независимые и имеют распределение Бернулли с вероятностью доставки, равной априорной вероятности доставки пакета по сети

LQG - гипотетический оптимальный контроллер

LUDB - принцип наименьшей верхней задержки

ON-контроллер - пакеты всегда доставляются, или сеть всегда полностью работоспособна

P/C - отношение стоимости обработки к стоимости связи (Ratio of Processing cost versus Communication cost)

QoS - качество обслуживания

SIHS - статические независимые связи, пошаговая маршрутизации, оценка сети по расписанию (Static Independent links, Hop-by-hop routing, Scheduled network estimator)

Введение

Достижения современной науки и информационных технологий определили тенденции к широкому использованию распределенных информационных систем (РИС), требующих постоянного контроля состояния узлов и каналов связи в рамках систем мониторинга, функционирующих в реальном масштабе времени. Эффективность систем мониторинга связана с включением в структуру дополнительных модулей прогнозирования поведения РИС на уровне загрузки узлов и каналов связи, обеспечивающих принятие соответствующих решений.

Проблема использования эвристических оценок, основанных на вероятностных методах для решения задачи прогнозирования динамики потоков данных в РИС, в настоящее время является наиболее важной. Так как РИС реализуются практически во всех областях науки и техники, оптимизация их функционирования является важной практической задачей.

Пути ее решения связаны с разработкой алгоритмов оптимального управления потоками данных в РИС. Значительная часть существующих решений в настоящее время основывается на теории массового обслуживания, они являются сложными с вычислительной точки зрения, что оказывает существенное влияние на общую производительность системы. Альтернативой здесь выступают модели и алгоритмы, реализующие процесс прогнозирования динамики потоков данных на основе аппарата теории вероятностей.

Вопросы оптимизации управления распределенными информационными системами исследовались в работах В.Л. Бурковского, И.В. Ковалева, В.В. Кульбы, А.Д. Цвиркуна и других.

Однако следует отметить, что вопросам выбора архитектуры самой мониторинговой системы уделяется недостаточно внимания. Традиционно в этой области используется «плоская» или централизованная система мониторинга, однако подходы, базирующиеся в том числе на аппарате кла-

стеризации, могут оказаться полезными при проектировании многоуровневых архитектур с учетом вычислительной сложности применяемых алгоритмов мониторинга и прогнозирования.

В качестве базовых критериев, связанных с повышением эффективности мониторинга распределенных систем, можно выделить следующие: максимизация средней скорости обработки потоков между модулями программных систем; минимизация задержек при обработке в реальном времени; обеспечение заданного уровня качества обслуживания.

Таким образом, актуальность исследования продиктована необходимостью повышения эффективности мониторинга состояния РИС на основе дальнейшего развития аппарата прогнозирования, базирующегося на рекурсивных Байесовских оценках для обеспечения принятия решений, ориентированных на высокий уровень качества обслуживания в рамках распределенных информационных систем.

Wireless Sensor Networks. Advances in Communication Systems and Electrical Engineering. pp 139-154.

Научное издание

Чудинова Ксения Владиславовна
Кравец Олег Яковлевич

Качество обслуживания в распределенных информационных системах мониторинга: управление на основе рекурсивных байесовских оценок

Монография

Издание публикуется в авторской редакции

Дизайн обложки С.А. Кравец

Подписано в печать 12.06.2019. Формат 60x84 1/16
Усл. печ. л. 8,0. Заказ 000. Тираж 500 экз.

ООО Издательство «Научная книга»
394077, Россия, г. Воронеж, ул. 60-й Армии, 25-120
http://www.sbook.ru/

Отпечатано с готового оригинал-макета
в ООО «Цифровая полиграфия»
394036, Россия, г. Воронеж, ул. Ф. Энгельса, 52
Тел. (473) 261-03-61