Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
«Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники»

УДК 681.5:004.9

АГАПОВА
Виктория Олеговна

АЛГОРИТМЫ И МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ СИСТЕМАМИ ДИСПЕТЧЕРИЗАЦИИ «УМНОГО ДОМА»

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание степени магистра

по специальности 7-06-0713-02 Электронные системы и технологии
(профилизация «Компьютерные технологии проектирования
электронных систем»)

Минск 2026

Работа выполнена на кафедре проектирования информационно-компьютерных систем учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»

Научный руководитель: **ЛИХАЧЕВСКИЙ Дмитрий Викторович,** заместитель начальника Секретариата Наблюдательного совета ПВТ, канд.техн.наук.

Рецензент: **ЯКОВЦЕВА Валентина Александровна,** ведущий научный сотрудник НИЛ 4.2 НИЧ БГУИР, канд.техн.наук

Защита диссертации состоится «25» июня 2026 г. года в $18^{\underline{00}}$ часов на заседании Государственной экзаменационной комиссии по защите магистерских диссертаций в учреждении образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» по адресу: 220013, Минск, ул. П.Бровки, 6, копр. 1, ауд. 415, тел. 293-20-80, E-mail: kafpiks@bsuir.by

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники».

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время развитие интеллектуальных бытовых систем связано с активным распространением технологий интернета вещей, мобильных приложений, облачных сервисов и локальных средств автоматизации. Система «умного дома» все чаще рассматривается не только как набор отдельных устройств дистанционного управления, но и как программно-аппаратная среда, в которой датчики, исполнительные устройства, пользовательские профили и сервисы должны работать согласованно.

Рост количества устройств и сценариев домашней автоматизации приводит к усложнению логики управления. В простых системах команда пользователя или сценария передается непосредственно устройству, однако при одновременном поступлении нескольких событий могут возникать противоречия: одно правило включает устройство, другое выключает его, сценарий энергосбережения конфликтует с настройками комфорта, а фоновая сервисная операция может задерживать аварийное действие. В таких условиях требуется самостоятельный слой диспетчеризации, способный принимать события, анализировать состояние объектов, выбирать допустимые команды, разрешать конфликты и фиксировать результат выполнения.

Особое значение имеет управление климатическими и сервисными объектами интеллектуальной домашней среды: помещениями, датчиками температуры и влажности, кондиционером, термостатом, осушителем, пользовательскими профилями, геозонами, уведомлениями и локальными задачами. В данной предметной области одновременно возникают события от датчиков, ручные команды пользователя, автоматические сценарии комфорта, требования энергосбережения и аварийные ограничения. Поэтому она является показательной для исследования алгоритмов диспетчеризации команд и событий.

В имеющихся подходах к построению систем «умного дома» широко используются сценарные правила, облачная синхронизация и мобильный доступ. Вместе с тем недостаточно внимания уделяется формализации самой процедуры диспетчеризации: разграничению событий и команд, расчету итогового приоритета, проверке конфликтов, выделению аварийных ситуаций и обеспечению полноты журналирования. Это приводит к снижению предсказуемости поведения системы и затрудняет последующий аудит ее решений.

В диссертации рассматриваются архитектурные подходы к построению программных систем «умного дома», формализуются объекты, состояния, события, команды, сценарии и приоритеты, разрабатывается адаптивный алгоритм диспетчеризации команд и событий, а также проводится экспериментальное исследование эффективности предложенного подхода на сценариях моделирования интеллектуальной домашней среды.

Автор выражает благодарность Лихачевскому Д. В. – руководителю, кандидату технических наук за квалифицированную помощь и консультации во время подготовки магистерской диссертации.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования

Актуальность темы диссертационного исследования определяется необходимостью повышения надежности, безопасности и предсказуемости управления интеллектуальной домашней средой. Современный «умный дом» включает большое число неоднородных устройств и источников событий, а также использует мобильные клиенты, локальные хранилища, удаленные API и облачные сервисы. При отсутствии единого логического слоя управления такие компоненты могут формировать конкурирующие команды, что приводит к конфликтам, циклическому переключению устройств, задержкам аварийной обработки и неполноте контроля действий системы.

Для обеспечения корректной работы требуется алгоритм диспетчеризации, который не ограничивается простой передачей команд, а выполняет нормализацию событий, оценку состояния устройств, приоритизацию управляющих воздействий, разрешение конфликтов, обработку аварийных ситуаций и журналирование. Разработка такого алгоритма и программной архитектуры его реализации является актуальной задачей для систем домашней автоматизации.

Степень разработанности проблемы

Теоретической и практической основой исследования являются работы и технические материалы, посвященные архитектуре программных систем, мобильной разработке, интернету вещей, сценарной автоматизации, локальному и облачному хранению данных, а также обнаружению и разрешению конфликтов в IoT-системах. При разработке программной архитектуры учитывались подходы Android Developers к разделению приложения на слои, возможности Retrofit для сетевого взаимодействия, Room для локального хранения и Cloud Firestore для облачной синхронизации.

В научной литературе рассматриваются конфликты между trigger-action правилами, IoT-приложениями, устройствами, сервисами и политиками. Однако в имеющихся материалах недостаточно полно раскрыта задача построения объяснимого и адаптивного диспетчера для бытовой интеллектуальной среды, который одновременно учитывает источник события, состояние устройства, пользовательский контекст, аварийные признаки, риск конфликта и необходимость последующего аудита решений.

Цель и задачи исследования

Целью магистерской диссертации является разработка и исследование алгоритмов и методов управления системами диспетчеризации «умного дома», обеспечивающих обработку событий, приоритизацию команд, разрешение конфликтов и повышение эффективности управления интеллектуальной домашней средой.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие основные задачи:

1. Провести теоретический анализ предметной области и выбор архитектурных решений.

2. Разработать ключевые алгоритмы: модели приоритизации команд/событий и механизма разрешения конфликтов между сценариями.

3. Разработать программный комплекс, включающий серверную часть (обработка логики, конфликтов и приоритетов) и клиентскую часть (мобильное приложение).

4. Провести экспериментальное исследование и оценку эффективности предложенного решения

Объект и предмет исследования

Объектом исследования является программная система управления интеллектуальной домашней средой.

Предметом исследования являются алгоритмы диспетчеризации команд и событий в системе «умного дома».

Область исследования

Содержание диссертации соответствует образовательному стандарту углубленного высшего образования (магистратуры) ОСВО 7-06-0231-01-2023 специальности 7-06-0713-02 Электронные системы и технологии (профилизация «Компьютерные технологии проектирования электронных систем»).

Теоретическая и методологическая основа исследования

В основу диссертации легли научные и технические источники в области систем «умного дома», интернета вещей, архитектуры программных систем, мобильной разработки, безопасности IoT-устройств и разрешения конфликтов в trigger-action системах. В работе использованы методы системного анализа, формализации предметной области, сравнительного анализа, объектно-ориентированного проектирования, событийного моделирования, имитационного эксперимента и анализа показателей эффективности.

Информационная база исследования сформирована на основе литературы, открытой технической документации, нормативных правовых актов, электронных ресурсов, материалов научных конференций, а также публикаций автора по тематике безопасности Android-приложений и мобильных систем.

Научная новизна, теоретическая и практическая значимость

Научная новизна и значимость полученных результатов работы заключается в разработке адаптивного алгоритма диспетчеризации команд и событий, отличающийся использованием контекстно-зависимой коррекции приоритетов, обработкой устаревших состояний устройств и механизмом группировки конфликтов по целевым ресурсам.

Теоретическая значимость работы состоит в развитии математического аппарата управления гетерогенными системами «умного дома» посредством строгой теоретико-множественной формализации предметной области и обоснования принципов контекстно-зависимой коррекции приоритетов, что создает научный базис для бесконфликтного функционирования распределенных систем реального времени.

Практическая значимость диссертации состоит в разработке готовой к внедрению программной архитектуры и адаптивного алгоритма диспетчеризации, которые повышают долю успешно выполняемых команд и разрешенных конфликтов, обеспечивают полноту журналирования и сохраняют приемлемое время реакции системы при масштабировании парка устройств «умного дома».

Основные положения, выносимые на защиту

1. Модель диспетчеризации интеллектуальной домашней среды, основанная на структурированном представлении множеств устройств, состояний, событий, команд и сценариев, которая позволяет единообразно описывать процессы управления и обеспечивает основу для алгоритмической обработки конфликтных ситуаций.

2. Разработан адаптивный алгоритм диспетчеризации событий и механизм разрешения конфликтов между командами и сценариями, базирующийся на многоуровневой приоритизации с учетом контекстных поправок (источник, время ожидания, контекст, аварийность, риск коллизий), что позволяет повысить долю разрешенных конфликтов на 31,3% без потери производительности и с сохранением полноты журналирования при масштабировании интеллектуальной среды.

3. Архитектура программной системы диспетчеризации, включающая мобильный Android-клиент, доменный слой, диспетчер команд, локальное хранилище, удаленный API, облачную синхронизацию и подсистему мониторинга.

Апробация диссертации и информация об использовании ее результатов

Результаты исследований, вошедшие в диссертацию, докладывались и обсуждались на 61-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР «Электронные системы и технологии» (г. Минск, Республика Беларусь, 2025 год), VII Всероссийской молодёжной научно-практической конференции с международным участием «Информационные технологии обеспечения комплексной безопасности в цифровом обществе» (г. Уфа, Российская Федерация, 2025 год), XII Международной научно-практической конференции «Big Data и анализ высокого уровня» / «Big Data and Advanced Analytics» (г. Минск, Республика Беларусь, 2026 год), а также отражены в публикациях по смежной тематике интеллектуального управления и обеспечения безопасности мобильных приложений.

Отдельные положения диссертации могут быть использованы при преподавании дисциплин, связанных с разработкой мобильных приложений, проектированием программных систем, архитектурой IoT-систем, информационной безопасностью мобильных приложений и интеллектуальным управлением устройствами «умного дома».

Публикации

Изложенные в диссертации основные положения и выводы опубликованы в 7 печатных работах: 3 статьи в сборниках материалов научных конференций и 4 тезиса докладов на научных конференциях.

Общий объем публикаций по теме диссертации составляет 27 страниц.

Структура и объем работы

Диссертация состоит из перечня условных обозначений, введения, общей характеристики работы, трех глав с краткими выводами по каждой главе, заключения, списка использованных источников и приложений.

В первой главе выполнен анализ предметной области и формализация задачи диспетчеризации «умного дома».

Во второй главе разработан адаптивный алгоритм диспетчеризации команд и событий и описана программная реализация системы.

В третьей главе проведено исследование эффективности предложенного подхода.

В приложениях представлены псевдокод основных процедур диспетчеризации, структуры данных и описание API, дополнительные результаты моделирования, матрица приоритетов и конфликтов, развернутые сценарии эксплуатации и варианты развертывания системы.

Общий объем диссертационной работы составляет 120 страниц. Из них 78 страниц основного текста, 7 иллюстраций на 7 страницах, 16 таблицы на 14 страницах, библиографический список из 51 наименований на 6 страницах, список собственных публикаций соискателя из 7 наименований на 2 страницах, 4 приложения на 36 странице.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первой главе выполнен анализ предметной области систем диспетчеризации «умного дома». Система «умного дома» рассмотрена как программно-аппаратная среда, в которой датчики, исполнительные устройства, мобильные приложения, облачные сервисы и локальные хранилища объединяются для повышения комфорта, безопасности и энергоэффективности жилого пространства. Показано, что диспетчеризация отличается от обычного дистанционного управления наличием управляющего слоя, принимающего события, анализирующего состояние системы, выбирающего допустимые действия и фиксирующего результаты выполнения.

Рассмотрены централизованная, распределенная, облачная, локальная и гибридная архитектуры построения систем «умного дома». Для разрабатываемой системы наиболее обоснован гибридный подход, сочетающий Android-клиент, удаленные API, локальное хранение данных и самостоятельный слой диспетчеризации. Такой подход позволяет сохранить удобство удаленного доступа и синхронизации, но не переносить всю логику управления только в пользовательский интерфейс или только в облако.

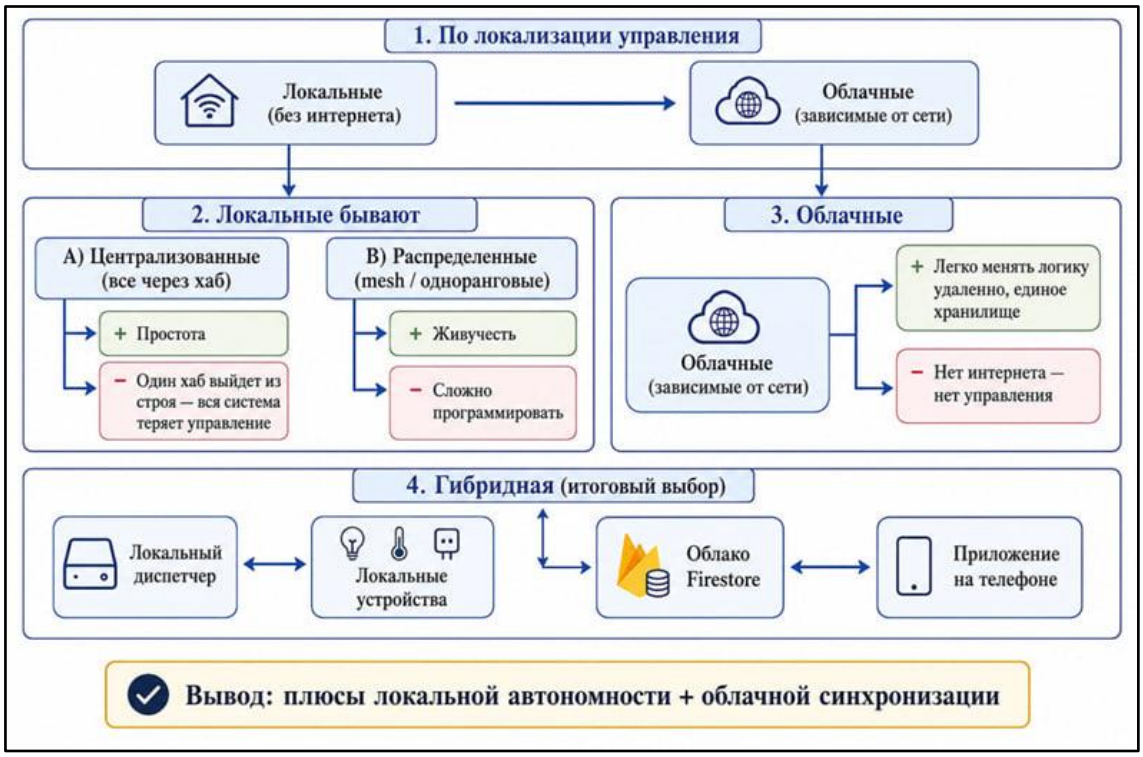


Рисунок 1 – Классификация типов архитектур построения систем «умный дом»

В главе формализованы основные сущности диспетчеризации. Система «умного дома» представлена множеством устройств:

$$D = \{d_1, d_2, ..., d_n\}$$

Состояние устройства в момент времени t описывается набором параметров:

$$si(t) = \{p_1, p_2, ..., p_k\}$$

Событие определяется как факт изменения состояния или поступления управляющего сигнала:

$$e = <source, type, time, payload, priority>$$

Команда задается как *c = <target, action, params, source, priority, timestamp>*, а сценарий как *r = <trigger, condition, action, priority>*

Предложены классы приоритетов команд: аварийный, безопасность, пользовательский, 8-комфорт, энергосбережение и сервисный. Наличие приоритетов позволяет исключить ситуацию, при которой второстепенная автоматизация отменяет критическое действие. При этом приоритеты должны применяться совместно с механизмом обнаружения конфликтов, поскольку противоречия могут возникать между правилами, приложениями, устройствами, сервисами и политиками.

Задача диспетчеризации сформулирована как нахождение допустимого подмножества команд, максимизирующего многокритериальную функцию эффективности управления при выполнении аппаратных ограничений, ограничений безопасности и пользовательских запретов. В прикладном смысле вычислительное ядро диспетчера должно решать четыре связанные задачи: ранжирование команд, выявление возможности параллельного выполнения, фильтрацию конфликтующих команд и фиксацию действий в журнале.

Выполнен сравнительный анализ методов управления и диспетчеризации: ручного императивного управления, приоритетных очередей, оптимизационных методов, методов машинного обучения и гибридного подхода. Сделан вывод, что для разрабатываемой системы наиболее целесообразен гибридный подход, основанный на событийной обработке, динамических приоритетах и предикатных фильтрах конфликтов. Он обеспечивает баланс между вычислительной скоростью, детерминированностью, гибкостью и объяснимостью решений.

В первой главе также определены критерии эффективности управления: время реакции T_r, доля успешных команд K_s, доля разрешенных конфликтов K_c, количество аварийных задержек N_a, стабильность состояния K_{st} и полнота журналирования K_l. Эти критерии использованы в третьей главе для экспериментальной оценки предложенного алгоритма.

Для комплексной оценки качества диспетчеризации дополнительно введен интегральный показатель эффективности

$$F = w_1 K_s + w_2 K_c + w_3 K_l + w_4 K_{st} + w_5 T_r + w_6 N_a$$

где K_s – доля успешно выполненных команд, K_c – доля разрешенных конфликтов, K_l – полнота журналирования, T_r – среднее время реакции системы, w_i – весовые коэффициенты критериев.

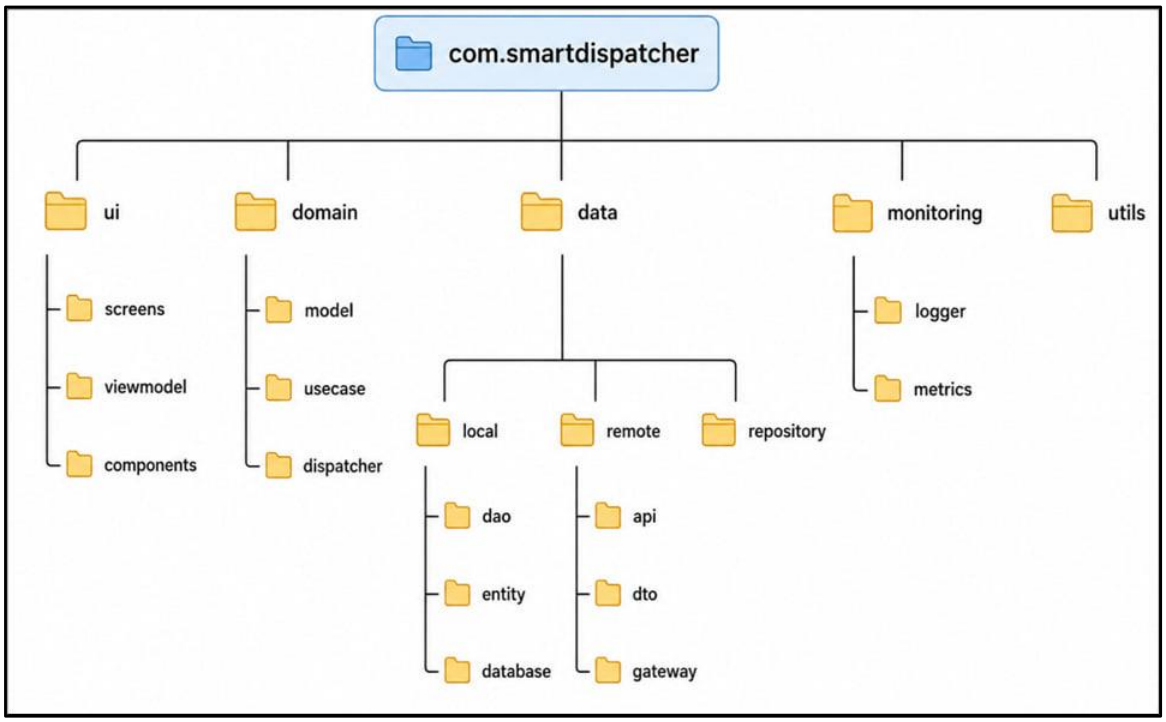


Рисунок 2 – Структура программного проекта мобильного приложения системы диспетчеризации «умного дома»

Использование интегрального показателя позволяет сравнивать различные алгоритмы диспетчеризации по совокупности характеристик эффективности.

Во второй главе разработана архитектура программной системы и адаптивный алгоритм диспетчеризации команд и событий. Система ориентирована на управление климатическими и сервисными объектами интеллектуальной домашней среды: помещениями, датчиками температуры и влажности, кондиционером, термостатом, осушителем, пользовательскими профилями, геозонами, уведомлениями и локальными задачами.

Уровень диспетчеризации выполняет центральную функцию выбора команды и контроля конфликтов.

Логика функционирования разработанного адаптивного диспетчера представлена на рисунке 3. Алгоритм реализует последовательную обработку событий, проверку актуальности состояния устройств, формирование набора допустимых команд, вычисление итогового приоритета с учетом контекстных поправок, обнаружение и разрешение конфликтов, а также контроль выполнения и журналирование результатов.

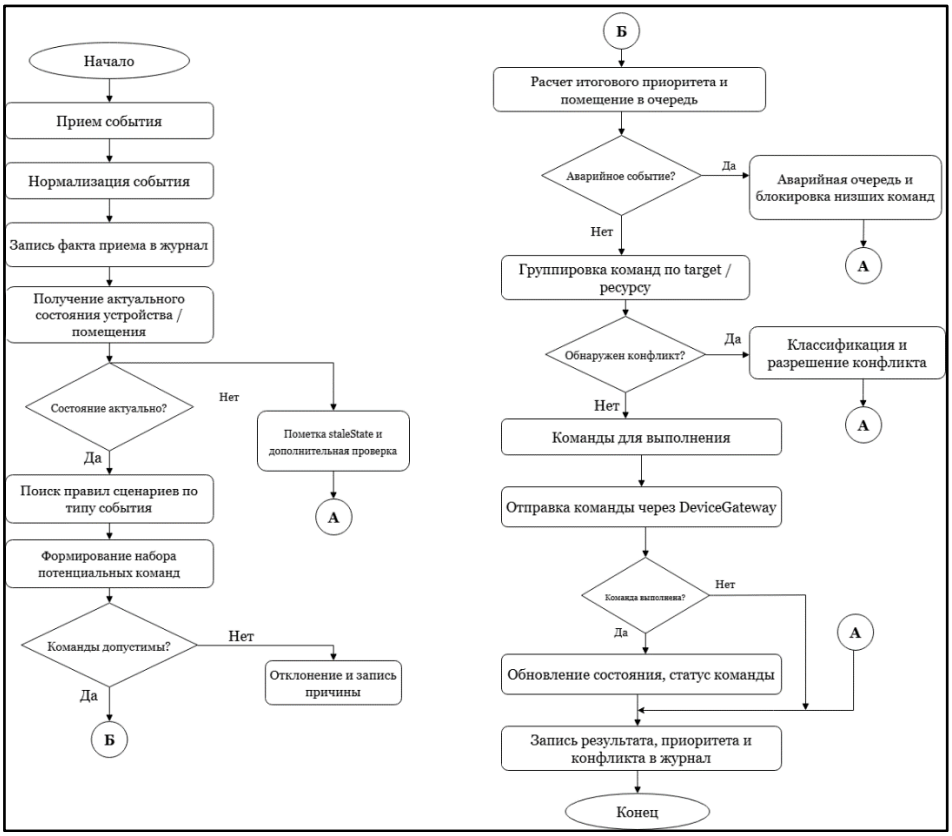


Рисунок 3 – Алгоритм адаптивной диспетчеризации команд и событий

Алгоритм начинается с приема и нормализации события, поступающего от датчика, пользовательского интерфейса или внешнего сервиса. После регистрации события в журнале выполняется получение и проверка актуального состояния объекта управления. При обнаружении устаревшего состояния инициируется дополнительная проверка и синхронизация данных.

На основании типа события производится выбор релевантных сценариев и формирование множества потенциальных управляющих команд. Для каждой команды выполняется проверка допустимости с учетом ограничений безопасности, пользовательских настроек и текущего состояния устройства.

Для допустимых команд вычисляется итоговый приоритет, включающий базовый класс приоритета и набор контекстных поправок. После этого команды группируются по целевому ресурсу и проходят процедуру обнаружения конфликтов. В случае выявления конфликта применяется механизм разрешения, основанный на сравнении приоритетов, анализе совместимости действий и политик безопасности.

Команды, прошедшие этап диспетчеризации, передаются исполнительному уровню через DeviceGateway. После завершения выполнения производится обновление состояния объектов и запись результатов обработки в журнал событий.

Архитектура системы представлена совокупностью уровней: уровень представления, доменный уровень, уровень диспетчеризации, уровень данных, уровень интеграции с устройствами и уровень мониторинга. Уровень

представления реализуется мобильным Android-клиентом и отвечает за отображение состояния помещений, устройств, журнала событий и сценариев. Доменный уровень содержит модели предметной области: SmartRoom, Device, SensorState, Command, Event, ScenarioRule, PriorityClass и DispatchResult. Уровень диспетчеризации выполняет центральную функцию выбора команды и контроля конфликтов.

Для обеспечения сопровождаемости программная система разделена на модули: UI, domain, dispatcher, data, network и monitoring. Модуль UI содержит экраны мобильного приложения, domain реализует модели и use case, dispatcher содержит алгоритм очереди, приоритетов и конфликтов, data отвечает за репозитории Room и Firestore, network включает Retrofit-интерфейсы, monitoring обеспечивает журналирование и вычисление метрик эффективности.

Адаптивность предложенного алгоритма состоит в том, что он не просто сортирует команды по фиксированному приоритету, а уточняет итоговую оценку команды на основании контекста: источника события, актуального состояния устройства, аварийных признаков, времени ожидания, пользовательских настроек, конфликтов и истории выполнения. При этом алгоритм остается объяснимым: каждое решение может быть восстановлено по журналу и связано с конкретным событием, правилом и выбранной командой.

Итоговый приоритет команды рассчитывается как сумма базового значения и контекстных поправок:

$$P_i(c) = P_b(c) + k_s(c) + k_t(c) + k_u(c) + k_a(c) - k_r(c),$$

где $P_i(c)$ – базовый приоритет, $k_s(c)$ – поправка на источник команды, $k_t(c)$ – поправка на время ожидания, $k_u(c)$ – поправка на пользовательский контекст, $k_a(c)$ – аварийная поправка, $k_r(c)$ – штраф за риск или конфликтность команды.

В системе используется шкала базовых приоритетов от 0 до 100: аварийные команды получают базовое значение 90, команды безопасности – 75, пользовательские – 60, команды комфорта – 45, энергосбережения – 30, сервисные – 15. Контекстные поправки ограничиваются так, чтобы сервисная команда не могла превысить аварийную только за счет времени ожидания.

Разработан механизм разрешения конфликтов между командами и сценариями. Под конфликтом понимается ситуация, при которой две или более команды не могут быть выполнены одновременно без нарушения ограничений, ухудшения состояния или потери смысла управления. В системе выделены конфликты устройства, параметра, цели, политики и порядка выполнения.

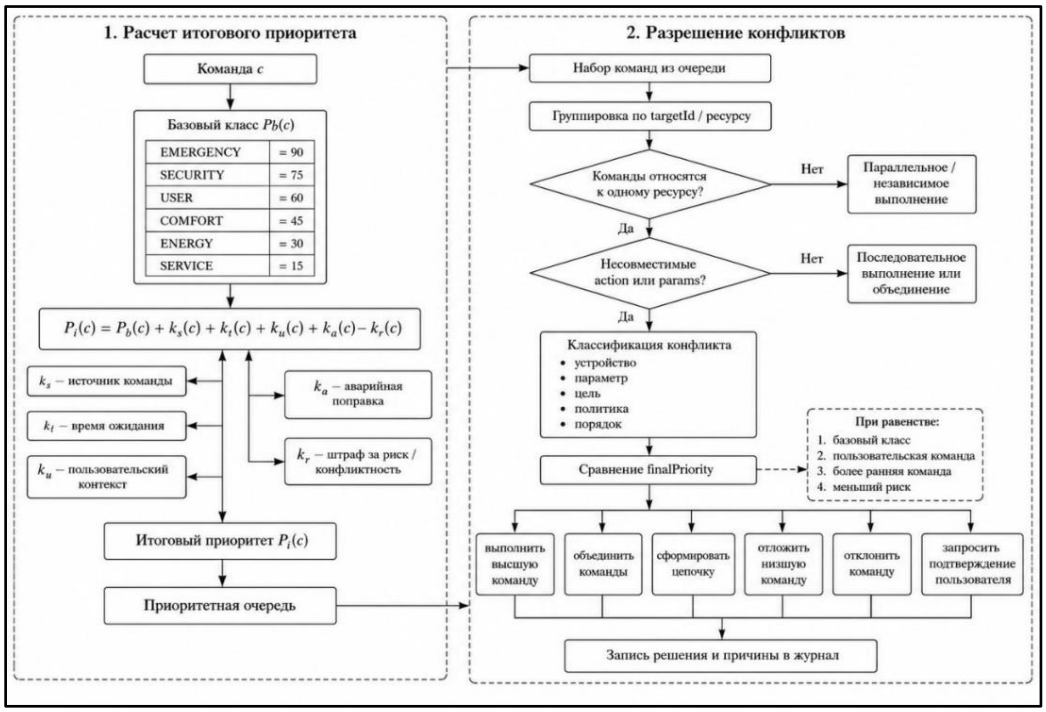


Рисунок 4 – Схема приоритизации и разрешения конфликтов.

Для разрешения используются выбор команды с большим приоритетом, объединение команд, последовательное выполнение, отклонение, откладывание или запрос подтверждения пользователя.

Отдельно рассмотрена обработка аварийных ситуаций. Аварийное событие получает максимальный приоритет и переводит связанные устройства в режим ограниченного управления. Все команды, которые могут усугубить аварийное состояние, временно блокируются. После завершения аварийного режима система выполняет восстановление: проверяет актуальность датчиков, запрашивает состояние устройства, снимает блокировку, сохраняет итоговую запись и только затем разрешает обычные команды.

Выполнена оценка вычислительной сложности. При использовании индексации правил и группировки конфликтов по ресурсам итоговая сложность обработки пакета событий представлена как

$$T(m, rt, q, k) = O(m \cdot rt + q \cdot \log q + q \cdot k),$$

где m – количество событий, r_t – число релевантных правил, q – размер очереди команд, k – число потенциальных конфликтов внутри группы ресурсов. Показано, что при ограниченных r_t и k алгоритм близок к линейному по числу событий и команд и является приемлемым для домашней системы.

В третьей главе выполнено исследование эффективности разработанного адаптивного алгоритма диспетчеризации команд и событий. Основная задача эксперимента состояла в проверке того, насколько

использование приоритетной очереди, контекстных поправок, механизма разрешения конфликтов и журналирования влияет на качество управления системой «умного дома».

Методика эксперимента основана на моделировании типовых ситуаций эксплуатации интеллектуальной домашней среды. В качестве объекта моделирования рассматривалась программная система, включающая мобильный клиент, логический уровень диспетчеризации, локальное хранилище, облачную синхронизацию и набор виртуальных устройств. В эксперименте сравнивались два варианта обработки: A0 – базовый диспетчер, выполняющий команды в порядке поступления, и A1 – предложенный адаптивный алгоритм.

Для моделирования были сформированы основные сценарии: S1 – климатический комфорт, S2 – ручное управление, S3 – конфликт сценариев, S4 – аварийная ситуация, S5 – сетевая недоступность, S6 – рост нагрузки. Дополнительно рассмотрены повторяющиеся события датчика, устаревшее состояние, групповая команда и возврат после аварии.

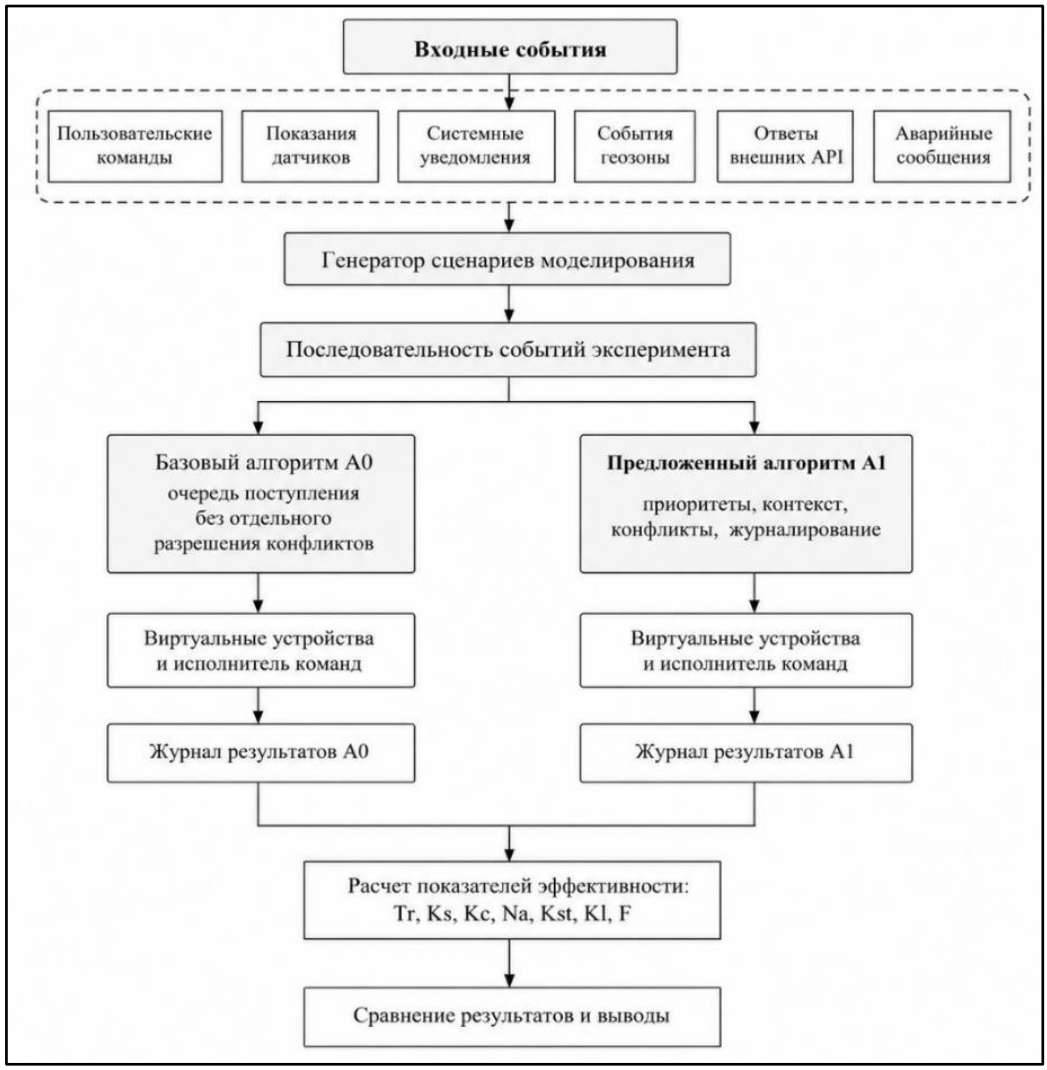


Рисунок 5 – Общая схема экспериментального исследования

Таблица 1 – Сравнение алгоритмов A0 и A1

Метрика	**A0**	**A1**	**Улучшение**
Ks	86.5	96.4	+11.4%
Kc	71.2	93.5	+31.3%
Kl	82.1	99.1	+20.7%
Tr	145	181	+24.8%

Таблица 2 – Результаты предложенного алгоритма A1 по основным сценариям

Сценарий	**A1: Tr, мс**	**A1: Ks, %**	**A1: Kc, %**	**A1: Kl, %**
S1	158	96,4	-	98,2
S2	166	95,7	91,3	98,7
S3	181	94,1	93,5	99,1
S4	121	97,8	96,7	99,4
S5	238	93,2	88,4	98,9
S6	312	91,6	87,9	98,1

Результаты моделирования показывают, что алгоритм в большинстве обычных сценариев имеет несколько большее среднее время реакции, чем базовый вариант. Это объясняется дополнительными этапами обработки: расчетом итогового приоритета, проверкой конфликтов, группировкой команд и расширенным журналированием. Однако увеличение времени реакции является умеренным и компенсируется ростом успешности выполнения команд и качества разрешения конфликтов.

Наиболее заметное улучшение наблюдается в сценарии S3, где моделируются конфликтующие команды. Базовый вариант A0 разрешает только часть конфликтов, так как фактически не анализирует несовместимость действий. Вариант A1 обнаруживает конфликт на уровне целевого ресурса и выбирает допустимое действие с учетом приоритета, источника и контекста. В аварийном сценарии S4 предложенный алгоритм показывает меньшее время реакции, поскольку аварийные события обрабатываются по специальной ветви с максимальным приоритетом.

Проверка масштабируемости показала, что при росте количества устройств и правил время реакции увеличивается у обоих алгоритмов. При этом предложенный алгоритм имеет большую вычислительную нагрузку, но сохраняет более высокое качество разрешения конфликтов. Для практического применения алгоритм следует использовать совместно с индексированием правил и группировкой команд по целевым ресурсам.

Отдельно была проверена полнота журналирования. Для базового варианта журнал часто содержит только факт поступления команды и результат ее выполнения. Для предложенного варианта в журнал включаются исходное событие, расчетный приоритет, обнаруженный конфликт, выбранное правило разрешения и причина отказа. Это делает систему более удобной для анализа и последующего улучшения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные научные результаты диссертации

1. Предложена формальная модель диспетчеризации, включающая описание устройств, состояний, событий, команд, сценариев, приоритетов и ограничений. Задача диспетчеризации сформулирована как выбор допустимого подмножества команд, максимизирующего многокритериальную функцию эффективности управления.

2. Разработан адаптивный алгоритм приоритизации команд и событий, использующий базовые классы приоритета и контекстные поправки. Алгоритм учитывает источник события, время ожидания, пользовательский контекст, аварийные признаки, риск конфликта и состояние устройства.

3. Предложен механизм разрешения конфликтов между командами и сценариями. Механизм включает обнаружение конфликта, его классификацию и выбор решения: выполнение команды с большим приоритетом, объединение действий, последовательное выполнение, отклонение, откладывание или запрос подтверждения пользователя.

4. Разработана архитектура программной системы диспетчеризации, включающая мобильный Android-клиент, доменный слой, диспетчер команд, локальное хранение Room, удаленный API, облачную синхронизацию Firestore и подсистему мониторинга.

5. Экспериментально установлено, что алгоритм A1 повышает долю успешно выполненных команд, долю разрешенных конфликтов и полноту журналирования. В аварийных ситуациях система реагирует быстрее за счет выделения критических событий в отдельный класс обработки.

6. Предложенный алгоритм сохраняет приемлемое поведение при росте количества устройств и правил при условии использования индексации сценариев и группировки команд по целевым ресурсам.

В дальнейшем планируется расширить поддержку Matter-совместимых устройств, усилить локальную обработку критических сценариев, интегрировать голосовые ассистенты, применить предиктивные модели и разработать средства автоматического обнаружения конфликтующих правил.

Рекомендации по практическому использованию результатов

1. Предложенный в работе алгоритм может использоваться как основа для разработки программного диспетчера команд и событий в системах «умного дома».

2. Архитектура программной системы может применяться при создании мобильных Android-приложений для управления IoT-устройствами, в которых требуется разделение пользовательского интерфейса, доменной логики, локального хранения, облачной синхронизации и мониторинга.

3. Разработанный механизм журналирования может использоваться для аудита решений диспетчера, анализа конфликтов между сценариями и повышения прозрачности поведения системы для пользователя и разработчика.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ

1. Лихачевский, Д. В. Интеллектуальные алгоритмы координации и управления устройствами «умного дома» = Intelligent algorithms for coordination and control of smart home devices / Д. В. Лихачевский, С. А. Мигалевич, В. О. Агапова // Big Data и анализ высокого уровня = Big Data and Advanced Analytics : сборник научных статей XII Международной научно-практической конференции, Республика Беларусь, Минск, 23 апреля 2026 года : в 2 ч. Ч. 2 / БГУИР [и др.] ; редкол.: В. А. Богуш [и др.]. – Минск, 2026. – С. 100–105.

2. Агапова, В. О. Применение Zero Trust подхода для мобильных Android-устройств в корпоративной среде = Applying Zero Trust approach to Android mobile devices in an enterprise environment / В. О. Агапова // Электронные системы и технологии : сборник материалов 61-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР, Минск, 21–25 апреля 2025 г. / БГУИР ; редкол.: Д. В. Лихаческий [и др.]. – Минск, 2025. – С. 860–861.

3. Агапова, В. О. Анализ уязвимостей Android-приложений на примере популярных мобильных банков = Analysis of android application vulnerabilities using popular mobile banks / В. О. Агапова // Электронные системы и технологии : сборник материалов 61-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР, Минск, 21–25 апреля 2025 г. / БГУИР ; редкол.: Д. В. Лихаческий [и др.]. – Минск, 2025. – С. 862–864.

4. Агапова, В. О. Анализ методов скрытия вредоносных приложений = Analysis of methods for hiding malicious applications / В. О. Агапова // Информационные технологии обеспечения комплексной безопасности в цифровом обществе : материалы VII Всероссийской молодёжной научно-практической конференции с международным участием, Уфа, 23–24 мая 2025 г. / Уфимский университет науки и технологий ; редкол.: Д. С. Юнусова (отв. ред.) [и др.]. – Уфа, 2025. – С. 106–110.

5. Агапова, В. О. Использование шифрования, защищенной памяти и KeyStore API для защиты данных в мобильных приложениях / В. О. Агапова // Информационные технологии обеспечения комплексной безопасности в цифровом обществе : материалы VII Всероссийской молодёжной научно-практической конференции с международным участием, Уфа, 23–24 мая 2025 г. / Уфимский университет науки и технологий ; редкол.: Д. С. Юнусова (отв. ред.) [и др.]. – Уфа, 2025. – С. 110–113.

6. Писецкий, Ю. В. Интеллектуальное управление энергопотреблением базовых станций в сетях 5G / Ю. В. Писецкий, К. А. Вотинов, В. О. Агапова // TANQ / Phoenix Publication. – 2026.

7. Агапова, Виктория. Пути продвижения деструктивного контента интернет-сообществами / Виктория Агапова // 58-я научная конференция аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР. – Минск, 2022. – С. 72–73.

РЭЗЮМЭ

Агапава Вікторыя Алегаўна

Алгарытмы і метады кіравання сістэмамі дыспетчарызацыі “Разумнага дома”

Ключавыя словы: «разумны дом», дыспетчарызацыя, інтэрнэт рэчаў, мабільны дадатак, прыярытэт каманд, канфлікт сцэнарыяў, журналяванне.

Мэта працы распрацоўка і даследаванне алгарытмаў і метадаў кіравання сістэмамі дыспетчарызацыі «разумнага дома», якія забяспечваюць апрацоўку падзей, прыярытызацыю каманд, вырашэнне канфліктаў і павышэнне эфектыўнасці кіравання інтэлектуальным хатнім асяроддзем.

Атрыманыя вынікі і іх навізна: фармалізавана задача дыспетчарызацыі каманд і падзей у сістэме «разумнага дома», прапанаваны адаптыўны алгарытм прыярытызацыі, распрацаваны механізм вырашэння канфліктаў паміж камандамі і сцэнарыямі, апісана архітэктура праграмнай сістэмы на базе мабільнага Android-кліента, лакальнага захоўвання, аддаленага API і воблачнай сінхранізацыі. Праведзена мадэляванне, якое пацвердзіла павышэнне долі паспяхова выкананых каманд, долі вырашаных канфліктаў і паўнаты журналявання.

Ступень выкарыстання: вынікі могуць быць выкарыстаны пры распрацоўцы мабільных дадаткаў для кіравання IoT-прыладамі і ў навучальным працэсе па дысцыплінах, звязаных з мабільнай распрацоўкай, інтэлектуальнымі сістэмамі і бяспекай праграмнага забеспячэння.

Вобласць ужывання: праграмныя сістэмы «разумнага дома», мабільныя сістэмы кіравання IoT-прыладамі, сістэмы хатняй аўтаматызацыі.

РЕЗЮМЕ

Агапова Виктория Олеговна

Алгоритмы и методы управления системами диспетчеризации “Умного дома”

***Ключевые слова*:** «умный дом», диспетчеризация, интернет вещей, мобильное приложение, приоритет команд, конфликт сценариев, журналирование.

***Цель работы*:** разработка и исследование алгоритмов и методов управления системами диспетчеризации «умного дома», обеспечивающих обработку событий, приоритизацию команд, разрешение конфликтов и повышение эффективности управления интеллектуальной домашней средой.

***Полученные результаты и их новизна*:** формализована задача диспетчеризации команд и событий в системе «умного дома», предложен адаптивный алгоритм приоритизации, разработан механизм разрешения конфликтов между командами и сценариями, описана архитектура программной системы на базе мобильного Android-клиента, локального хранения, удаленного API и облачной синхронизации. Проведено моделирование, подтвердившее повышение доли успешно выполненных команд, доли разрешенных конфликтов и полноты журналирования.

***Степень использования*:** результаты могут быть использованы при разработке мобильных приложений для управления IoT-устройствами и в учебном процессе по дисциплинам, связанным с мобильной разработкой, интеллектуальными системами и безопасностью программного обеспечения.

***Область применения*:** программные системы «умного дома», мобильные системы управления IoT-устройствами, системы домашней автоматизации.

SUMMARY

Agapova Viktoriya Olegovna

Algorithms and Methods for Managing Dispatching Systems of the "Smart Home"

***Keywords*:** smart home, dispatching, Internet of Things, mobile application, command priority, scenario conflict, logging.

***The object of study*:** to develop and study algorithms and methods for managing smart home dispatching systems that ensure event processing, command prioritization, conflict resolution, and increased efficiency in managing an intelligent home environment.

***The results and novelty*:** the task of dispatching commands and events in a smart home system has been formalized; an adaptive prioritization algorithm has been proposed; a mechanism for resolving conflicts between commands and scenarios has been developed; and the architecture of a software system based on a mobile Android client, local storage, remote API, and cloud synchronization has been described. Simulation was carried out, confirming an increase in the proportion of successfully executed commands, the proportion of resolved conflicts, and the completeness of logging.

***Degree of use*:** the results can be used in the development of mobile applications for managing IoT devices and in the educational process in disciplines related to mobile development, intelligent systems, and software security.

Sphere of application: smart home software systems, mobile systems for managing IoT devices, and home automation systems.