

УДК: 004.414

EDN: EFGSP

DOI: <https://doi.org/10.47813/2782-2818-2024-4-1-0161-0175>

Мобильное приложение для мониторинга и контроля климата в серверном помещении

Р. Р. Измайлов, В. А. Корякова

Астраханский государственный университет им. В.Н. Татищева, Астрахань, Россия

Аннотация. Цель работы – повысить эффективность в отслеживании и контроле климата серверного помещения, чтобы исключить перегрев оборудования и выход его из строя путем разработки мобильного приложения для мониторинга и изменения в режиме реального времени показателей, влияющих на температуру и влажность помещения. Мониторинг серверных помещений с целью контроля климатических параметров должен осуществляться непрерывно и круглосуточно в течение всего срока эксплуатации серверных и центров обработки данных. Разработка мобильного приложения позволит эффективно осуществлять мониторинг за климатом в серверном помещении, изменяя необходимые показания оборудования для поддержания идеальной среды за счет удобства в использовании и возможности оперативно среагировать на возникшую ситуацию. Теоретическая значимость работы заключается в разработке методики для сбора, обработки информации, получаемых от датчиков серверного помещения для предотвращения технических неисправностей серверного оборудования. Практическая значимость работы заключается в разработке новых программно-инструментальных средств, которые обладают новыми функциями, обеспечивающими сбор и обработку данных для мониторинга и контроля серверного оборудования. Для решения поставленных задач используются методы системного анализа, методы моделирования и объектно-ориентированного проектирования информационных систем.

Ключевые слова: мониторинг, серверное помещение, показатели микроклимата, контроль и управление оборудованием, программное обеспечение.

Для цитирования: Измайлов, Р. Р., & Корякова, В. А. (2024). Мобильное приложение для мониторинга и контроля климата в серверном помещении. Современные инновации, системы и технологии - Modern Innovations, Systems and Technologies, 4(1), 0161–0175. <https://doi.org/10.47813/2782-2818-2024-4-1-0161-0175>

Mobile application for climate control in the server room

R. R. Izmailov, V. A. Koryakova

Astrakhan State University named after V.N. Tatishchev, Astrakhan, Russian Federation

Abstract. The purpose of the work is to increase efficiency in monitoring and controlling the climate of a server room in order to prevent overheating of equipment and its failure by developing a mobile application for monitoring and changing in real time the indicators that affect the temperature and

humidity of the room. Monitoring of server rooms in order to control climatic parameters should be carried out continuously and around the clock during the entire period of operation of server rooms and data processing centers. The development of a mobile application will allow you to effectively monitor the climate in the server room, changing the necessary equipment readings to maintain an ideal environment due to ease of use and the ability to quickly respond to the situation that has arisen. The theoretical significance of the work lies in the development of a methodology for collecting and processing information received from the server room sensors to prevent technical malfunctions of the server equipment. The practical significance of the work lies in the development of new software and tools that have new functions that provide the collection and processing of data for monitoring and controlling server hardware. To solve the tasks set, methods of system analysis, methods of modeling and object-oriented design of information systems are used.

Keywords: monitoring, server room, microclimate indicators, equipment control and management, software.

For citation: Izmailov, R. R., & Koryakova, V. A. (2024). Mobile application for climate control in the server room. Modern Innovations, Systems and Technologies, 4(1), 0161–0175. <https://doi.org/10.47813/2782-2818-2024-4-1-0161-0175>

ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день программная автоматизация зачастую охватывает широчайший спектр бизнес процессов предприятий. Помимо стандартных систем управления ресурсами, сюда все чаще включаются автоматизированные системы различного назначения, базы данных с внутренней документацией и прочие решения, от работоспособности которых напрямую зависит производительность предприятия. Возросшее количество программных решений неизменно ведёт к росту потребляемых серверных мощностей. Необходимость дублирования и резервного копирования данных существенно увеличивает количество используемого серверного оборудования. Однако бывают случаи, когда производительность сервера может быть нарушена. Одной из причин является перегрев сервера. Помимо перегрева, влияющим фактором является влажность серверного помещения, которая может повлиять на срок службы компонентов в сервере. Очень высокая температура и резкое повышение температуры, как следствие, увеличивают влажность, а быстрое падение температуры приводит к конденсации на устройствах; что влечет за собой более высокие затраты на замену оборудования. Простои в бизнес-процессах могут нанести ущерб организационному и личному имиджу, потере клиентов и снижению доходов.

В настоящий момент на рынке доступно большое количество решений для мониторинга климата серверных помещений, обладающих расширенным функционалом, но в большинстве случаев, сопряженных со значительными затратами на

приобретение и внедрение. В связи с этим, необходимо разработать такое программное обеспечение, которое бы позволит эффективно осуществлять мониторинг климата при работе компьютерного оборудования, постоянно отслеживая, контролируя параметры и уведомляя дежурный персонал в случае необходимости.

Объемы цифровой информации растут экспоненциально. В 2022 году объемы всех данных, накопленных человечеством, составили примерно 97 зеттабайт, а к 2025 году это число возрастет до 180 зеттабайт [1]. Основные предпосылки такого роста – не только развлекательные платформы. Это системы видеоконтроля, оборудование, имеющее доступ и управление через интернет. Несмотря на большую популярность облачных сервисов, сейчас сложно представить современный офис компании без собственной серверной.

Неправильная организация центров обработки данных и экономия на системах жизнеобеспечения – системах вентиляции, кондиционирования, пожаротушения, контроля доступа и видеонаблюдения - может стать причиной негативных последствий. При выходе из строя центр обработки данных может заблокировать доступ к информации, а в худшем случае произойдет ее безвозвратная потеря.

Микроклимат производственных помещений – метеорологические условия внутренней среды этих помещений, которые определяются действующими на организм человека сочетаниями температуры, влажности, скорости движения воздуха и теплового излучения.

Показателями, характеризующими микроклимат, являются:

1. Температура воздуха;
2. Относительная влажность воздуха;
3. Скорость движения воздуха;
4. Интенсивность теплового излучения.

Согласно отчету [2], стандартная серверная комната должна поддерживать температуру от 18 до 27 С. Постоянный высокий уровень влажности приводит к образованию конденсата и развитию грибка, при котором печатные платы подвергаются коррозии, коротким замыканиям и повреждениям. Идеальная влажность помещения для серверной, составляет 40-60%. Известно, что более низкие значения вызывают накопление электростатического заряда, а выше установленного значения происходит конденсация, влияющая на процесс окисления компонентов.

Серверные помещения эффективно охлаждают с помощью кондиционеров. В дополнение к этим кондиционерам помещения, как правило, оснащены системами противопожарной защиты и имеют более звукоизолированные стены, чем обычный рабочий офис. Охлаждающая способность необходима для обеспечения надежной работы компьютеров и другого сетевого оборудования. Не менее важным является предупреждение в режиме реального времени или уведомление о проблемах и резервировании системы охлаждения. Поддержание параметров микроклимата в рекомендуемых пределах является обязательным. Для этого серверная комната должна контролироваться несколькими датчиками температуры и влажности, размещенными в ключевых точках внутри комнаты. Кроме того, эти датчики также можно размещать вблизи серверных стоек, так как температура в этих зонах выше, чем в окружающей среде. Для эффективного мониторинга эти датчики должны работать централизованно, образуя экосистему, которая позволяет круглосуточно отслеживать считываемые параметры и может уведомлять специалистов о любых изменениях или неисправностях.

Сегодня на рынке доступно большое количество решений для мониторинга, обладающих многочисленными преимуществами, но в большинстве случаев сопряженных со значительными затратами на приобретение и внедрение.

В связи с непрерывным ростом популярности и функциональности мобильных устройств постоянно растет спрос на передовые мобильные приложения, которые будут использоваться в повседневной жизни людей и в рабочих процессах.

АНАЛИЗ НОРМАТИВНОЙ БАЗЫ

В настоящее время разработан СН 512-78 Строительные нормы. Инструкция по проектированию зданий и помещений для электронно-вычислительных машин [3]. Российская инструкция СН 512-78 (п.3) предъявляет следующие требования к микроклимату:

- температура воздуха в помещениях - $20^{\circ}\pm 2^{\circ}\text{C}$ (не более 25°C). При подаче охлажденного воздуха непосредственно в устройства (стойки с аппаратурой) температура его на входе не должна быть ниже 14°C ;
- относительная влажность воздуха - 20-70 % (не более 75 % в холодный период, в теплый для 25°C - не более 65 %, для 24°C и ниже - не более 70 %);

- оптимальная скорость потока воздуха - 0,2 м/с (не более 0,3 м/с для холодного, 0,5 м/с для теплого периодов);
- запыленность воздуха помещений не должна превышать: в серверной - 0,75 мг/м³, с размерами частиц не более 3 мкм (атм. пыль, сажа, дым, споры, асбест); в помещениях обработки данных - 2 мг/м³.

Американский стандарт ANSI/TIA-942 Telecommunications Infrastructure Standard for Data Centers [4], опубликованный в 2017 году, содержит требования и рекомендации по телекоммуникационной инфраструктуре ЦОД, включая кабели и соединительное оборудование, кабельные трассы, телекоммуникационные помещения. В приложениях к данному стандарту описаны 4 уровня надежности инфраструктуры ЦОД (1-ый базовый, 2-ой с резервированием, 3-ий непрерывного обслуживания, 4-ый отказоустойчивый) и опубликованы таблицы с записями по уровням надежности ЦОД. Американский стандарт TIA 942 предъявляет следующие требования к микроклимату:

- температура воздуха по сухому термометру: от +20 °С до + 25°С (не более 25 °С);
- точка нормальной настройки: +22 °С;
- контрольный диапазон изменений: ± 1 °С;
- относительная влажность воздуха: от 40% до 50%;
- точка росы: не более +21 °С;
- скорость изменения температуры: не более +5 °С в час.

При сравнении основных показателей микроклимата, определяемых этими нормативными документами, было отмечено, что более строго заданы в TIA-942. Но зарубежные стандарты не действуют на территории РФ, а могут носить только рекомендательный характер.

Практику построения серверных комнат и устройства машинных залов ЦОДа регулирует комплекс стандартов и регламентов. Из основных:

- Российские ГОСТы, СНИПы, СанПИНЫ, ППБ и ПУЭ с критериями проектирования, реализации и испытаний пожарной безопасности, систем охраны и кабельной инфраструктуры дата-центра;
- Международные нормативы TIA-942, TIA/EIA-568A, TIA/EIA-569, ANSI/NECA/BICSI 568-2001, ANSI/TIA/EIA-607;
- Нормы технологического проектирования (РД 45.120-2000) и пр.

В 2020 году были разработаны два новых национальных стандарта – ГОСТ Р 58811-2020 «Центры обработки данных. Инженерная инфраструктура. Стадии создания» [5] и ГОСТ Р 58812-2020 «Центры обработки данных. Инженерная инфраструктура. Операционная модель эксплуатации. Спецификация» [6]. Настоящие стандарты распространяются на инженерную инфраструктуру центров обработки данных различного назначения, создаваемых любыми организациями, действующими на территории Российской Федерации. Стандарты устанавливают стадии создания инженерной инфраструктуры центров обработки данных, а также этапы внутри стадий и содержание работ на каждом этапе.

АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ ПОДХОДОВ ДЛЯ МОНИТОРИНГА МИКРОКЛИМАТА

За прошедшие годы был проведен ряд исследований с мобильными приложениями, которые могут выполнять мониторинг данных и управление различным оборудованием. Например, в исследовании [7] предлагается мобильное приложение, которое использует вложенные расширяемые виджеты для отображения текущих показаний датчиков в виде текста. Разработанное мобильное приложение под названием Blynk использовалось для отображения текущих показаний датчиков и управления водяными насосами в исследовании, проведенном в работе [8].

Есть также исследования, в которых используются специально разработанные мобильные приложения для Android, которые могут как отслеживать показания датчиков, так и управлять ирригационным оборудованием с помощью служб обмена текстовыми сообщениями и модулей GSM [9-11]. Однако в большинстве этих исследований не учитываются предшествующие данные, а сообщаются только самые последние данные датчиков. Есть всего несколько исследований, связанных с отображением исторических данных в мобильных приложениях в виде графиков. В одном исследовании, посвященном историческим данным, для визуализации данных, поступающих из облака, использовалось приложение, предоставленное ThingSpeak [12]. Это приложение позволяет пользователю контролировать несколько параметров и управлять системой орошения фермы. Кроме того, имеется ограниченное количество исследований, связанных с разработкой мобильного приложения, которое может работать как в операционной системе Android, так и в iOS. В исследовании, проведенном

в работе [13], было разработано мобильное приложение, которое может работать как на Android, так и на iOS, для управления ирригационными клапанами в любой момент времени и создания графика ирригации.

Авторами [14] была представлена система домашней автоматизации на базе Wi-Fi. Она использует веб-сервер на базе ПК (со встроенной картой Wi-Fi), который управляет подключенными домашними устройствами. Пользователи могут управлять и контролировать систему локально (локальная сеть) или удаленно (интернет).

Существующие меры в процессе мониторинга серверных помещений, документированные в большинстве литературных источников [15-17], имеют ряд недостатков. Предложенный системный подход в [15] не был ни валидирован, ни реализован, а меры в [16,17] были связаны с частичным охватом угроз, непредсказуемостью, отсутствием мониторинга и контроля в реальном времени из-за пробелов в процессах и ответственности, а также отслеживания потери из-за частых изменений окружающей среды.

Таким образом, эффективный мониторинг и контроль тепла и других параметров окружающей среды в серверном помещении в режиме реального времени являются стандартными требованиями к эффективному поддержанию микроклимату, чтобы избежать простоев и сбоев.

ОНТОЛОГИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ, СТРУКТУРНОЕ И ОБЪЕКТНО-ОРИЕНТИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Учитывая большое разнообразие интеллектуальных устройств на рынке, оснащенных датчиками, необходимо разработать удобную программную среду, которая позволила бы интегрировать, отслеживать и контролировать серверное оборудование для предотвращения его технических неисправностей, обеспечения надежности и предупреждения возникновения аварийных ситуаций.

В связи с этим целью работы является повышение эффективности в отслеживании и контроле климата серверного помещения, чтобы исключить перегрев оборудования и выход его из строя путем разработки мобильного приложения для мониторинга и изменения в режиме реального времени показателей, влияющих на температуру и влажность помещения.

Была построена онтологическая модель, которая позволит отобразить ключевые аспекты предметной области максимально полно и достоверно (см. рисунок 1).

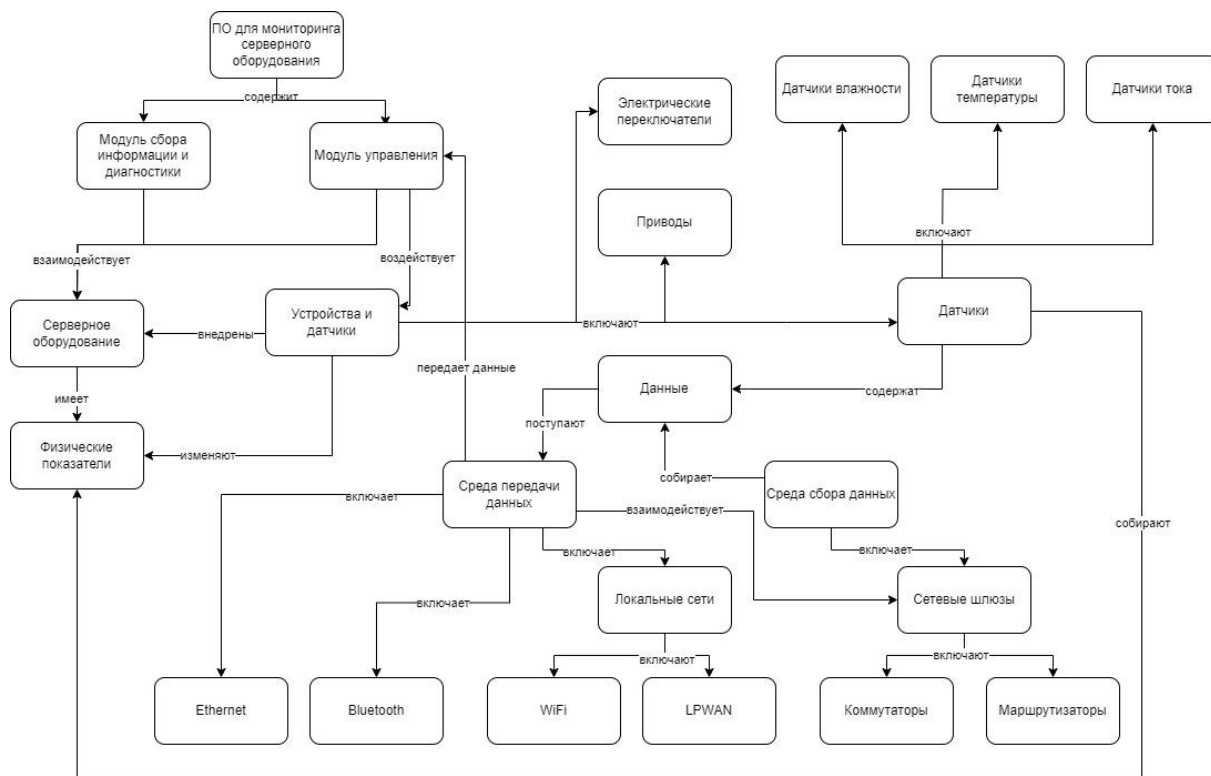


Рисунок 1. Онтологическая модель.

Figure 1. Ontology model.

Разработанное мобильное приложение должно обеспечивать в серверном помещении заданный уровень влажности и температуры, необходимый для нормального функционирования активного оборудования независимо от времени года, и должна быть рассчитана на круглосуточную непрерывную работу. Для обеспечения надежности вышеуказанной системы и для предупреждения возникновения аварийных ситуаций используется система мониторинга микроклимата. Разработка мобильного приложения позволит эффективно осуществлять мониторинг за климатом в серверном помещении, изменяя необходимые показания оборудования для поддержания идеальной среды за счет удобства в использовании и возможности оперативно среагировать на возникшую ситуацию.

Для отображения структуры и функций процесса обеспечения контроля и управления серверным оборудованием была создана функциональная модель. Модель создавалась с применением методологии функционального моделирования IDEF0. Данная методология основана на технологии анализа сложных систем SATD (Structured

Analysis and 53 Design Technique), разработанной группой американских аналитиков во главе с Дугласом Россом в 1973 году. Метод, предлагаемый стандартом IDEF0, предназначен для моделирования выполнения функций объекта, путем создания описательной графической модели, показывающей, что, как и кем делается в рамках функционирования системы. Функциональная модель представляет собой структурированное изображение функций системы, информации и объектов, связывающих эти функции.

В качестве основного бизнеса-процесса будет выступать осуществление контроля и управления серверным оборудованием (см. рисунок 2). На вход данной функции поступают информация с датчиков (температура, влажность и пр.), также сам перечень серверного оборудования, управление которым будет осуществляться.

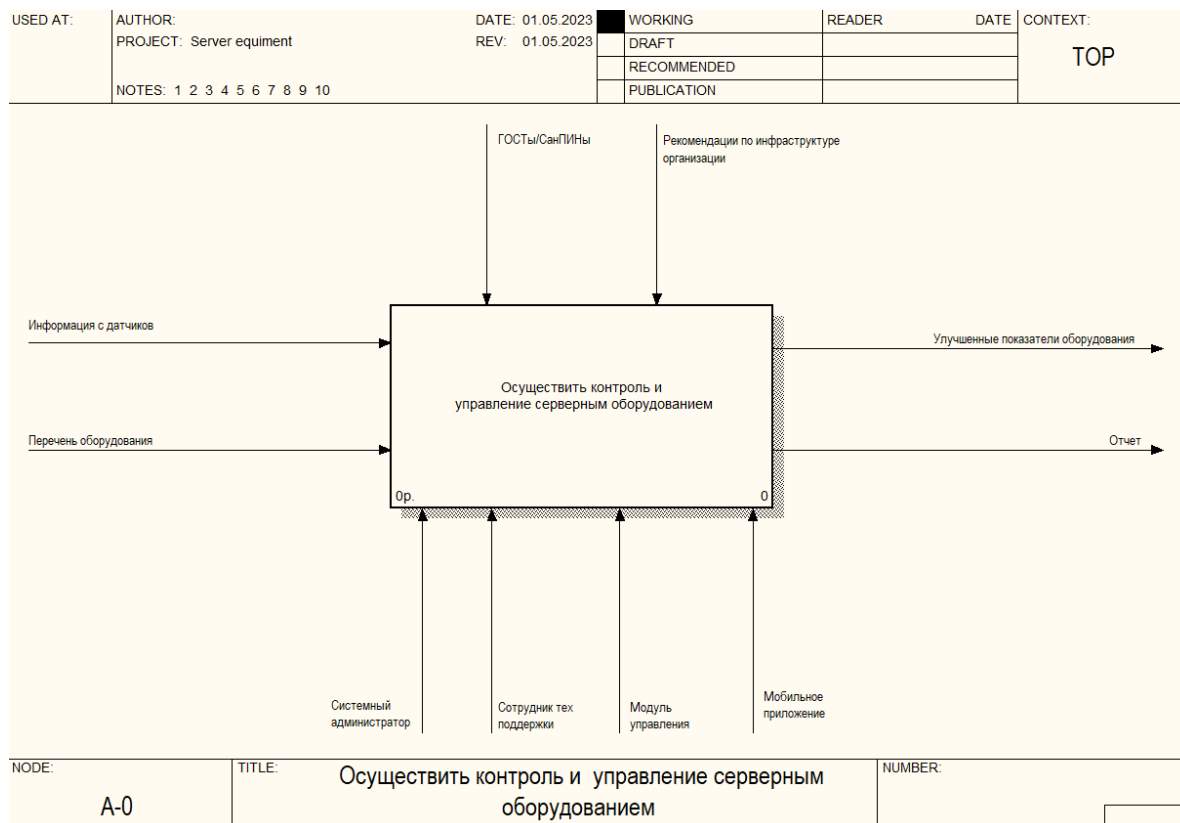


Рисунок 2. Контекстная диаграмма.

Figure 2. Context diagram.

Управление будет реализовываться, опираясь на различные ГОСТы, СанПИНЫ и нормативную документацию организации. Они будут являться регламентирующими документами. В качестве механизмов будут являться системный администратор, сотрудник технической поддержки, модуль управления, на который приходит вся

информация с датчиков и куда передаются команды управления оборудованием. На выходе будут получены улучшенные показатели и отчетность.

Далее была проведена декомпозиция данного процесса (см. рисунок 3).

Блок, представленный на родительской диаграмме, был разбит на следующие функциональные блоки:

- сбор актуальной информации с датчиков (A1);
- сравнение с нормами (A2);
- установка необходимых показателей (A3);
- выгрузка отчета (A4).

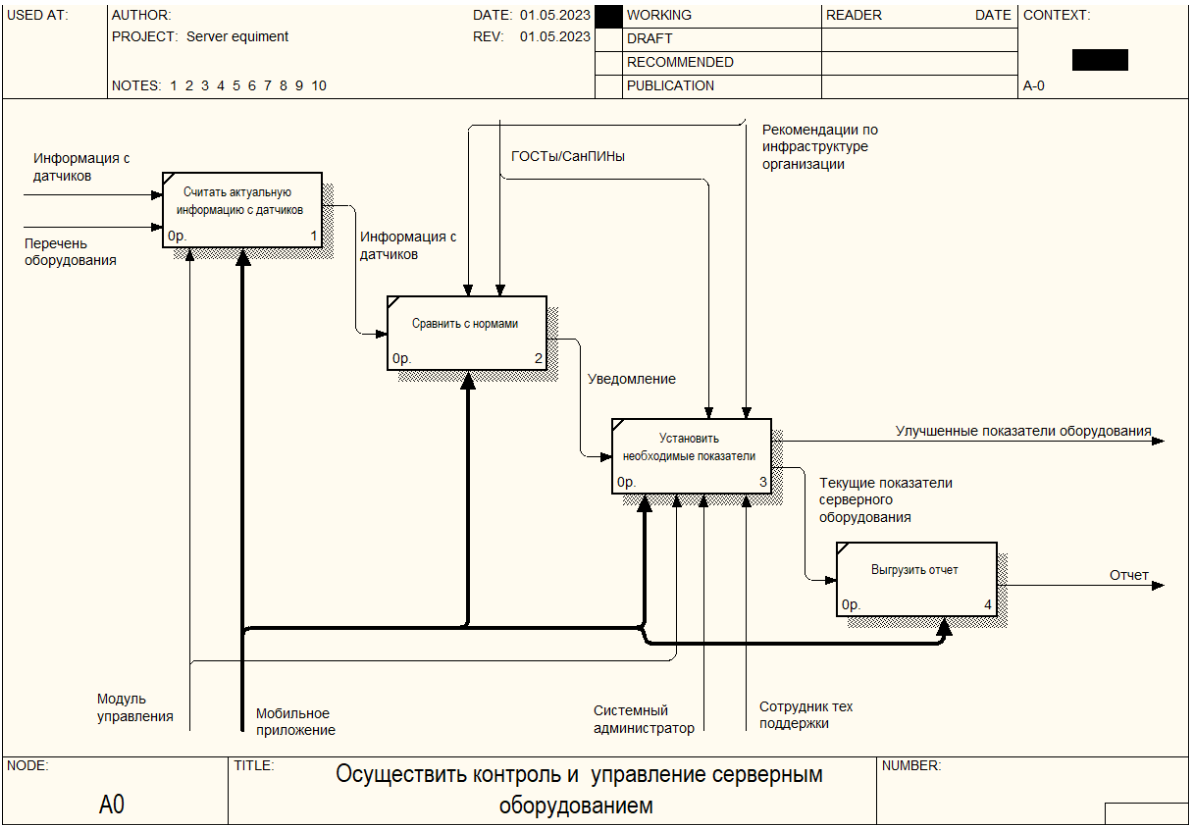


Рисунок 3. Функциональная модель.

Figure 3. Functional model.

Диаграмма вариантов использования, отражающая отношения между актерами и прецедентами и являющаяся составной частью модели прецедентов, позволит описать систему на концептуальном уровне.

Было принято решение использовать данную диаграмму для описания возможностей взаимодействия пользователей с разработанным мобильным приложением (см. рисунок 4).

В качестве пользователей выступают системный администратор, сотрудник технической поддержки. Функционал у данных пользователей идентичен, за исключением возможностей добавления/удаления и изменения информации о серверном оборудовании для системного администратора.

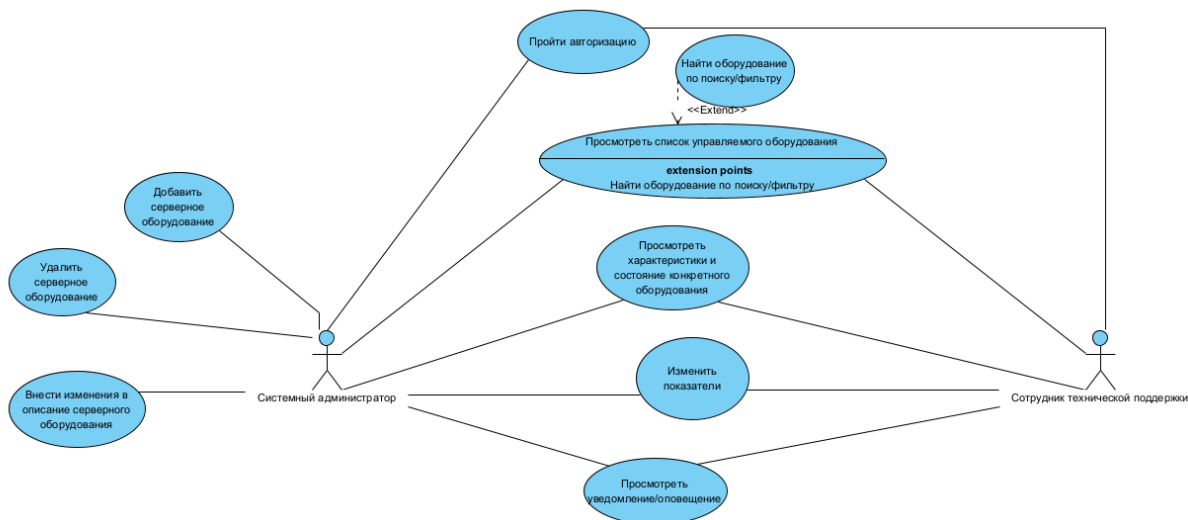


Рисунок 4. Диаграмма вариантов использования.

Figure 4. Use case diagram.

Поток событий варианта использования мобильного приложения может выглядеть следующим образом:

Основной поток:

1. Пользователь авторизуется и заходит под учетной записью либо системного администратора, либо сотрудника технической поддержки.
2. Пользователю предоставляется возможность просмотреть полный список оборудования, установленного в серверном помещении и за которым необходимо осуществлять контроль.
3. Для каждой единицы выводится информация о состоянии, технические характеристики, строятся графики.
4. На основании данных показателей и генерируемых оповещении об отклонениях пользователь изменяет на необходимые показатели для выравнивания состояния серверного оборудования.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, серверная комната обеспечивает необходимое помещение для инфраструктуры компьютерной сети, поддерживающей передачу и хранение данных. Помимо сетевых атак и сбоев в подключении, безопасность данных зависит главным образом от защиты таких инфраструктур от выхода из строя в результате воздействия микроклимата. В связи с этим, организация мониторинга микроклимата в серверной комнате является ключевой необходимостью поддержания стабильной работы серверного оборудования и всей IT-инфраструктуры в целом. Контроль микроклимата в серверной позволяет предотвратить выход из строя серверного оборудования в случае возникновения проблем с системой охлаждения, что в свою очередь уменьшает вероятность простоя IT-сервисов, которое может нанести огромные убытки предприятию. Мониторинг серверных помещений с целью контроля климатических параметров должен осуществляться непрерывно и круглосуточно в течение всего срока эксплуатации серверных и центров обработки данных.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Volume of data/information created, captured, copied, and consumed worldwide from 2010 to 2020, with forecasts from 2021 to 2025. Statista URL: <https://www.statista.com/statistics/871513/worldwide-data-created/> (дата обращения: 01.03.2024).
- [2] Vermesan O., Friess P. Internet of Things: Global Technological and Societal Trends from Smart Environments and Spaces to Green ICT. River Publishers. 2011.
- [3] СН 512-78 Строительные нормы. Инструкция по проектированию зданий и помещений для электронно-вычислительных машин. URL: https://global.ihs.com/doc_detail.cfm?&csf=TIA&item_s_key=00414811&item_key_date=820519&input_doc_number=942%2DB&input_doc_title=&org_code=TI А (дата обращения: 01.03.2024).
- [4] Standard ANSI/TIA-942 (2013). URL: https://global.ihs.com/doc_detail.cfm?&csf=TIA&item_s_key=00414811&item_key_date=820519&input_doc_number=942%2DB&input_doc_title=&org_code=TI А (дата обращения: 01.03.2024).
- [5] ГОСТ Р 58811-2020 Центры обработки данных. Инженерная инфраструктура.

Стадии создания. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200171331> (дата обращения: 01.03.2024).

[6] ГОСТ Р 58812-2020 Центры обработки данных. Инженерная инфраструктура. Операционная модель эксплуатации. Спецификация. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200171332> (дата обращения: 01.03.2024).

[7] Hemamalini V., Durgadevi G., Santhi N., Mahakavipriya J. App For Smart Irrigation And Soil Nutrient Detection System. Journal of Critical Reviews. 2019; 5(1): 48-52.

[8] Seenu N., Mohan M. Android Based Intelligent Irrigation System. International Journal of Pure and applied mathematics. 2018; 119(7): 67-71.

[9] Monica M., Yeshika B., Abhishek G. S., Sanjay H. A., Dasiga S. IoT based control and automation of smart irrigation system: An automated irrigation system using sensors, GSM, Bluetooth and cloud technology. Proceeding International Conference on Recent Innovations in Signal Processing and Embedded Systems (RISE); 2017: 601-607. <https://doi.org/10.1109/RISE.2017.8378224>

[10] Krishnan R.S., et al. Fuzzy Logic based Smart Irrigation System using Internet of Things. J. Clean. Prod. 2020; 252(119902): 119902. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119902>

[11] Pavithra H., Srinath M.S. GSM based automatic irrigation control system for efficient use of resources and crop planning by using an android mobile. IOSR j. mech. civ. eng. 2014; 11(4): 49-55. <https://doi.org/10.9790/1684-11414955>

[12] Ismail N. Smart irrigation system based on internet of things (IOT). J. Phys. Conf. Ser. 2019; 1339: 012012. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1339/1/012012>

[13] Zhao W., Lin S., Han J., Xu R, Hou L. Design and implementation of smart irrigation system based on LoRa. 2017 IEEE Globecom Workshops (GC Wkshps); 2017. <https://doi.org/10.1109/GLOCOMW.2017.8269115>

[14] ElShafee A., Hamed K.A. Design and Implementation of a WiFi Based Home Automation System. World Academy of Science, Engineering and Technology. 2012; 68: 2177-2180.

[15] Narkhede P., Kiratkar B., Suryawanshi B. Physical Conditions Monitoring in Server Room Internet of Things. International Journal of Electrical and Electronics Research. 2015; 3(4): 237- 239.

[16] Bulk Technology. Server Room Environmental Monitoring. URL: <https://www.burk.com> (дата обращения: 01.03.2024).

[17] Environmux: Protecting your server room from environmental threats. URL:

<https://www.networktechinc.com> (дата обращения: 01.03.2024).

REFERENCES

- [1] Volume of data/information created, captured, copied, and consumed worldwide from 2010 to 2020, with forecasts from 2021 to 2025. Statista URL: <https://www.statista.com/statistics/871513/worldwide-data-created/> (data obrashcheniya: 01.03.2024).
- [2] Vermesan O., Friess P. Internet of Things: Global Technological and Societal Trends from Smart Environments and Spaces to Green ICT. River Publishers. 2011.
- [3] SN 512-78 Stroitel'nye normy. Instrukciya po proektirovaniyu zdaniy i pomeshchenij dlya elektronno-vychislitel'nyh mashin. URL: https://global.ihs.com/doc_detail.cfm?&csf=TIA&item_s_key=00414811&item_key_date=820519&input_doc_number=942%2DB&input_doc_title=&org_code=TI A (data obrashcheniya: 01.03.2024). (in Russian)
- [4] Standard ANSI/TIA-942 (2013). URL: https://global.ihs.com/doc_detail.cfm?&csf=TIA&item_s_key=00414811&item_key_date=820519&input_doc_number=942%2DB&input_doc_title=&org_code=TI A (data obrashcheniya: 01.03.2024).
- [5] GOST R 58811-2020 Centry obrabotki dannyh. Inzhenernaya infrastruktura. Stadii sozdaniya. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200171331> (data obrashcheniya: 01.03.2024). (in Russian)
- [6] GOST R 58812-2020 Centry obrabotki dannyh. Inzhenernaya infrastruktura. Operacionnaya model' ekspluatatsii. Specifikaciya. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200171332> (data obrashcheniya: 01.03.2024). (in Russian)
- [7] Hemamalini V., Durgadevi G., Santhi N., Mahakavipriya J. App For Smart Irrigation And Soil Nutrient Detection System. Journal of Critical Reviews. 2019; 5(1): 48-52.
- [8] Seenu N., Mohan M. Android Based Intelligent Irrigation System. International Journal of Pure and applied mathematics. 2018; 119(7): 67-71.
- [9] Monica M., Yeshika B., Abhishek G. S., Sanjay H. A., Dasiga S. IoT based control and automation of smart irrigation system: An automated irrigation system using sensors, GSM, Bluetooth and cloud technology. Proceeding International Conference on Recent Innovations in Signal Processing and Embedded Systems (RISE); 2017: 601-607.

<https://doi.org/10.1109/RISE.2017.8378224>

- [10] Krishnan R.S., et al. Fuzzy Logic based Smart Irrigation System using Internet of Things. J. Clean. Prod. 2020; 252(119902): 119902. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119902>
- [11] Pavithra H., Srinath M.S. GSM based automatic irrigation control system for efficient use of resources and crop planning by using an android mobile. IOSR j. mech. civ. eng. 2014; 11(4): 49-55. <https://doi.org/10.9790/1684-11414955>
- [12] Ismail N. Smart irrigation system based on internet of things (IOT). J. Phys. Conf. Ser. 2019; 1339: 012012. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1339/1/012012>
- [13] Zhao W., Lin S., Han J., Xu R, Hou L. Design and implementation of smart irrigation system based on LoRa. 2017 IEEE Globecom Workshops (GC Wkshps); 2017. <https://doi.org/10.1109/GLOCOMW.2017.8269115>
- [14] ElShafee A., Hamed K.A. Design and Implementation of a WiFi Based Home Automation System. World Academy of Science, Engineering and Technology. 2012; 68: 2177-2180.
- [15] Narkhede P., Kiratkar B., Suryawanshi B. Physical Conditions Monitoring in Server Room Internet of Things. International Journal of Electrical and Electronics Research. 2015; 3(4): 237- 239.
- [16] Bulk Technology. Server Room Environmental Monitoring. URL: <https://www.burk.com> (data obrashcheniya: 01.03.2024).
- [17] Environmux: Protecting your server room from environmental threats. URL: <https://www.networktechinc.com> (data obrashcheniya: 01.03.2024).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Измайлов Ринат Рамилевич, магистрант кафедры информационных технологий АГУ им. В.Н. Татищева, Астрахань, Россия

Rinat Izmailov, Master's student of the Department of Information Technology Astrakhan State University named of V.N. Tatishcheva, Astrakhan, Russian Federation

Корякова Виктория Андреевна, ассистент кафедры информационной безопасности, АГУ им. В.Н. Татищева, Астрахань, Россия

Victoria Koryakova, assistant, Department of Information Security, Astrakhan State University named of V.N. Tatishcheva, Astrakhan, Russian Federation

Статья поступила в редакцию 20.03.2024; одобрена после рецензирования 29.03.2024; принята к публикации 29.03.2024.

The article was submitted 20.03.2024; approved after reviewing 29.03.2024; accepted for publication 29.03.2024.