

УДК 004.7:628.14

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ИНЖЕНЕРНЫХ СЕТЕЙ: ПРИМЕНЕНИЕ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ И АНАЛИТИКИ БОЛЬШИХ ДАННЫХ ДЛЯ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ПРОТЕЧЕК В МНОГОКВАРТИРНЫХ ДОМАХ



И.В. Тимошкевич
Аспирант ИКТ, БГУИР,
научный сотрудник
Института жилищно-
коммунального хозяйства
НАН Беларуси
tim6iv@gmail.com

И.В. Тимошкевич

Окончил: высшее образование первого уровня Белорусский национально технический университет, высшее образование второго уровня Университет НАН Беларуси по специальности экономика. Область научных интересов связана с разработкой методов и алгоритмов построения информационно-компьютерных систем, создание информационных моделей многоквартирных жилых домов, повышение энергоэффективности многоквартирных зданий с применение технологий Интернета вещей.

Аннотация. В статье рассматривается применение технологий Интернета вещей (IoT) и аналитики больших данных для мониторинга и предотвращения протечек в водопроводных и канализационных системах многоквартирных домов. Анализируются основные проблемы, связанные с утечками воды, и предлагаются интеллектуальные решения на основе датчиков и алгоритмов машинного обучения. Описаны принципы работы таких систем, их преимущества, включая снижение экономических потерь, повышение безопасности и экологическую устойчивость. Также обсуждаются вызовы, связанные с внедрением данных технологий, и перспективы их развития в контексте умных городов.

Ключевые слова: Интернет вещей, большие данные, мониторинг трубопроводов, предотвращение протечек, многоквартирные дома, интеллектуальные системы, умные города, инженерные сети.

Введение. Современные многоквартирные дома представляют собой сложные инженерные системы, где водопроводные и канализационные сети играют ключевую роль в обеспечении комфорта жильцов. Однако протечки в этих системах могут привести к серьезным последствиям: от повреждения имущества до аварийных ситуаций, требующих дорогостоящего ремонта. Внедрение интеллектуальных систем мониторинга, основанных на технологиях Интернета вещей и анализе больших данных, становится ключевым инструментом для предотвращения этих проблем. Традиционные методы мониторинга и предотвращения протечек зачастую недостаточно эффективны, так как основаны на ручном контроле и реагировании на уже возникшие проблемы. В этой статье мы рассмотрим, как технологии больших данных (Big Data) и расширенной аналитики, интегрированные с Интернетом вещей, могут революционизировать подход к мониторингу и предотвращению протечек в многоквартирных домах.

Проблема протечек в многоквартирных домах.

Протечки водопроводных и канализационных труб — это не только вопрос комфорта, но и серьезная экономическая и экологическая проблема. По данным исследований, до 20% воды в городских системах теряется из-за утечек. В многоквартирных домах это может привести к:

- повреждению стен, потолков и полов;
- образованию плесени и грибка;
- увеличению счетов за воду;
- риску аварийных ситуаций, таких как затопление подъездов или подвалов.

Традиционные методы обнаружения протечек, такие как визуальный осмотр или использование простых датчиков, часто недостаточно оперативны и точны. Это создает необходимость внедрения более интеллектуальных и автоматизированных решений [1].

Технологии IoT в мониторинге трубопроводов. Интернет вещей предлагает новый подход к мониторингу состояния трубопроводов. С помощью сети подключенных устройств, таких как датчики давления, температуры, влажности и вибрации, можно в реальном времени отслеживать состояние водопроводных и канализационных систем. Эти устройства собирают данные и передают их в централизованную систему для анализа. Технологии IoT обеспечивают беспроводное соединение между различными устройствами, что позволяет создавать распределённые сети датчиков [2]. Эти сети могут:

1 Автоматически собирать данные о состоянии трубопроводов без необходимости ручного контроля.

2 Передавать информацию в режиме реального времени, что позволяет быстро реагировать на изменения и предотвращать аварийные ситуации.

3 Интегрироваться с другими системами управления зданием (BMS), что обеспечивает комплексный подход к мониторингу всех инженерных сетей.

Преимущества IoT в мониторинге трубопроводов:

1 Реальное время: Данные поступают непрерывно, что позволяет оперативно реагировать на изменения.

2 Точность: Датчики могут обнаруживать даже незначительные изменения в давлении или влажности, указывающие на потенциальные протечки.

3 Масштабируемость: Система может быть легко расширена для охвата всего многоквартирного дома или даже целого микрорайона.

Умные счетчики обеспечивают точные данные, что исключает ошибки при начислении платежей и повышает доверие к системе расчетов.

Роль больших данных и расширенной аналитики. Сбор данных с IoT-устройств — это только первый шаг. Для эффективного использования этой информации необходимы технологии больших данных и расширенной аналитики. Аналитика больших данных играет важную роль в повышении эффективности ИСМ. Сбор больших объемов данных с датчиков позволяет:

1 Датчики генерируют огромное количество данных в секунду. Большие данные позволяют обрабатывать и анализировать эту информацию в реальном времени.

2 Выявлять закономерности: анализ исторических данных помогает выявить закономерности, связанные с утечками, можно выявлять аномалии, которые указывают на возможные протечки. Например, резкое падение давления в трубе может быть признаком разрыва.

3 Оптимизировать управление ресурсами: на основе анализа можно улучшить планирование технического обслуживания и минимизировать затраты.

4 Прогнозировать риски: Расширенная аналитика позволяет не только обнаруживать уже возникшие проблемы, но и прогнозировать потенциальные утечки на основе исторических данных и текущих показателей.

5 Создавать отчеты: Регулярная генерация отчетов о состоянии инженерных систем помогает управляющим компаниям принимать более обоснованные решения.

Принципы и примеры работы интеллектуальных систем мониторинга. Интеллектуальные системы мониторинга (ИСМ) представляют собой комплекс программно-аппаратных решений, которые осуществляют сбор, обработку и анализ данных о состоянии инженерных сетей зданий в режиме реального времени. Основные компоненты таких систем включают [2]:

1 Датчики: устанавливаются на трубопроводах и в потенциально уязвимых местах для обнаружения утечек. Они фиксируют изменения в таких параметрах, как влажность, давление и температура.

2 Облачные платформы: собранные данные передаются на облачные серверы для хранения и анализа. Это позволяет обрабатывать большие объемы информации и применять алгоритмы машинного обучения для прогнозирования возможных утечек.

3 Интерфейсы для пользователей: специальные приложения и панели управления позволяют управляющим компаниям и жильцам отслеживать состояние систем и получать уведомления о потенциальных проблемах.

Рассмотрим, как может работать интеллектуальная система мониторинга на практике:

1 Сбор данных: Датчики, установленные на трубах, собирают информацию о давлении, температуре, влажности и вибрации.

2 Передача данных: Данные передаются в облачную платформу через IoT-шлюзы.

3 Анализ данных: Система анализирует данные с помощью алгоритмов машинного обучения, выявляя аномалии.

4 Оповещение: При обнаружении потенциальной протечки система отправляет уведомление управляющей компании или жильцам.

5 Автоматическое реагирование: В некоторых случаях система может автоматически перекрыть воду в проблемном участке, чтобы минимизировать ущерб [3].

Преимущества интеллектуальных систем мониторинга. Внедрение интеллектуальных систем мониторинга на базе IoT и больших данных имеет множество преимуществ:

1 Снижение затрат: Раннее обнаружение протечек позволяет избежать дорогостоящего ремонта и снизить потери воды.

2 Повышение безопасности: Система минимизирует риск аварийных ситуаций, таких как затопления.

3 Экологическая устойчивость: Снижение потерь воды способствует более рациональному использованию ресурсов.

4 Удобство для жильцов: Автоматизация процессов мониторинга и реагирования избавляет жильцов от необходимости самостоятельно контролировать состояние труб.

Вызовы и перспективы. Несмотря на очевидные преимущества, внедрение интеллектуальных систем мониторинга сталкивается с рядом вызовов:

1 Высокая стоимость оборудования: Установка IoT-датчиков и создание инфраструктуры для сбора и анализа данных требует значительных инвестиций.

2 Защита данных: Необходимо обеспечить безопасность передачи и хранения данных, чтобы предотвратить утечки конфиденциальной информации.

3 Интеграция с существующими системами: В старых домах может быть сложно интегрировать новые технологии с устаревшими инженерными системами.

Однако с развитием технологий и снижением стоимости оборудования эти вызовы постепенно преодолеваются. В будущем можно ожидать массового внедрения интеллектуальных систем мониторинга в многоквартирных домах, что сделает их более безопасными, экономичными и экологически устойчивыми.

Примеры успешного применения. Система мониторинга SODIS Building FM: эта система объединяет данные с различных датчиков и предоставляет информацию о

состоянии инженерных систем в режиме реального времени. Она позволяет автоматически уведомлять управляющие компании о возникновении аварийных ситуаций [4,5].

Проект «Умный дом»: В рамках этого проекта используются IoT-датчики для мониторинга состояния водопроводных труб. При обнаружении утечки система автоматически перекрывает подачу воды и уведомляет жильцов через мобильное приложение [6,7].

Аналитические платформы: такие платформы, как AWS IoT Analytics, позволяют обрабатывать данные с множества устройств, обеспечивая глубокую аналитику и визуализацию состояния инженерных систем [8,9].

Внедрение IoT-систем позволяет оптимизировать использование ресурсов за счёт автоматического регулирования подачи воды в зависимости от потребностей жильцов. Это также способствует экономии воды и снижению затрат на коммунальные услуги.

Устройства IoT могут быть интегрированы с системами «умного дома», позволяя жильцам управлять инженерными системами через мобильные приложения. Например, жильцы могут получать уведомления о состоянии водопроводных систем и управлять ими удаленно.

Как работают ПОТ-системы на стеке Big Data: архитектура и принципы действия. Современные промышленные системы Интернета вещей (ПОТ) объединяют физические устройства, облачные вычисления и аналитику данных, создавая интеллектуальные решения для оптимизации процессов. Рассмотрим несколько примеров применения ПОТ в сочетании с Big Data и Machine Learning (ML), которые демонстрируют их потенциал в реальных условиях.

Пример: Мониторинг качества воды в умных городах. Проблема загрязнения воды в городских канализационных системах.

Решение: Датчики: Сенсоры pH, мутности и содержания химикатов (BLE или LoRaWAN для передачи). Брокер сообщений: RabbitMQ управляет очередями данных с тысяч устройств, обеспечивая доставку без потерь. Облако: Данные хранятся в InfluxDB (для временных рядов) и анализируются в Grafana. ML: Нейросети (PyTorch) обнаруживают аномалии в составе воды, предупреждая о выбросах токсинов.

Результат: Сокращение времени реагирования на загрязнения с часов до минут. Ключевые технологии для масштабирования ПОТ-решений. Распределенные брокеры сообщений:

- Apache Kafka — для обработки высоконагруженных потоков данных (например, с тысяч датчиков на конвейере);
- RabbitMQ — для гарантированной доставки сообщений в системах с жесткими требованиями к надежности;
- Edge Computing.

Локальная обработка данных на устройствах (NVIDIA Jetson, Raspberry Pi) снижает задержки и нагрузку на облако.

Гибридные облака:

Использование AWS Greengrass или Azure Edge для синхронизации edge-устройств и облачных аналитических моделей.

Вызовы интеграции ПОТ и Big Data

Латентность: Реальные системы требуют обработки данных за миллисекунды (решение — Apache Flink для потоковой аналитики).

Безопасность: Шифрование данных на уровне MQTT (TLS/SSL) и аутентификация устройств через X.509-сертификаты.

Интероперабельность: Интеграция legacy-оборудования с современными протоколами (например, шлюзы OPC UA для систем на базе CAN bus).

На рисунке 1 представлена схематичная архитектура ПОТ-системы [10].

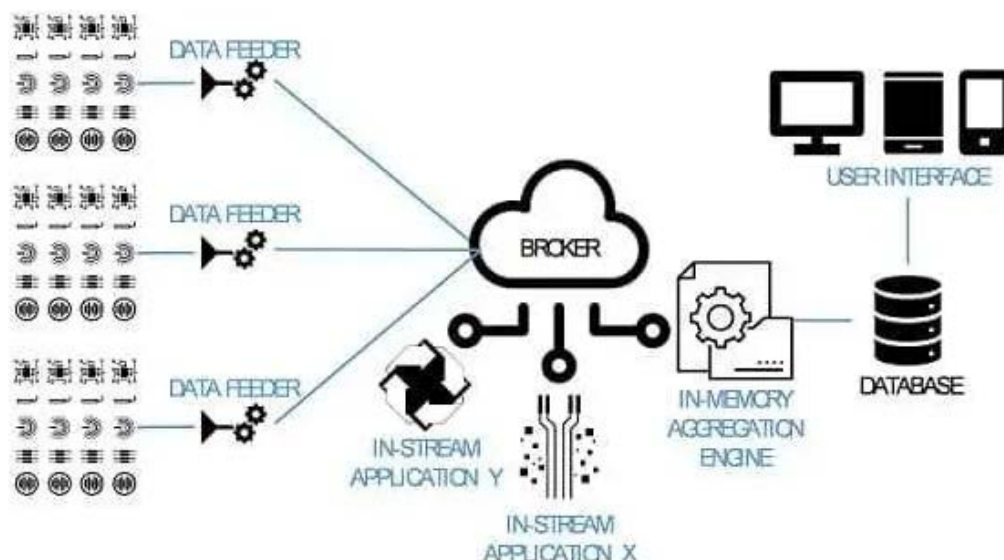


Рисунок 1. Схематическая архитектура IIoT-системы

Системы мониторинга протечек на основе технологий Big Data и Интернета вещей (IoT) позволяют значительно повысить эффективность управления инженерными сетями многоквартирных домов. Аналогично тому, как мобильные операторы анализируют телеметрию для обеспечения стабильной связи, интеллектуальные системы мониторинга водопроводных и канализационных труб собирают и обрабатывают огромные объемы данных. С помощью анализа этих данных можно выявлять утечки, прогнозировать аварии и оптимизировать затраты на обслуживание. Автоматизированные алгоритмы машинного обучения позволяют не только оперативно обнаруживать проблемные участки, но и предлагать экономически эффективные решения, например, локальный ремонт труб вместо полной замены системы. Такой подход способствует снижению потерь воды, уменьшению расходов на ремонт и повышению безопасности жилых объектов.

Заключение. Интеллектуальные системы мониторинга инженерных сетей и предотвращения протечек водопроводных и канализационных труб на базе технологий Интернета вещей и больших данных представляют собой важный шаг в развитии умных городов. Эти системы не только повышают комфорт жильцов, но и способствуют более рациональному использованию ресурсов, снижению затрат и повышению безопасности, что делает их незаменимыми в современном строительстве и эксплуатации зданий. Внедрение таких решений — это не только технологический прогресс, но и вклад в устойчивое развитие городской инфраструктуры.

IIoT-системы, объединенные с Big Data и Machine Learning, становятся основой для цифровой трансформации промышленности. Они позволяют не только реагировать на проблемы, но и прогнозировать их, оптимизируя ресурсы и снижая затраты. Успешная реализация таких проектов требует:

Правильного выбора протоколов (MQTT для датчиков, Kafka для потоков).

Использования облачных и edge-вычислений для баланса между скоростью и мощностью. Этот пример демонстрирует, как технологии IIoT переходят из области экспериментов в критически важные инструменты для промышленности 4.0.

Список литературы

- [1] Тимошкевич И.В. «Метод априорного ранжирования факторов при исследовании технологического процесса водоснабжения». // Сборник материалов XII Международного водно-химического форума Минск 2024. С. 159-164.
- [2] Тимошкевич И.В. Основные принципы взаимодействия совместной работы BIM И IOT / Межвузовская научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых специалистов имени Е.В. Арменского. // Материалы конференции. - М. -: МИЭМ НИУ ВШЭ, 2024. –С. 155-159.

[3] И.В. Тимошкевич, К.А. Полтавцев Технология интернета вещей в жизни и в ЖКХ. / Технологии передачи и обработки информации = Technologies of Information Transmission and Processing : материалы Международного научно-технического семинара (Минск, апрель 2024 г.). – Минск : БГУИР, 2024. – 100-105 с.

[4] Система мониторинга инженерных систем (СМИС) / СОДИС Лаб [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.sodislab.com/ru/smis> – Дата доступа: 15.12.2024.

[5] СМИС. Система мониторинга и управления инженерными системами / сайт СМИС эксперт [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://smis-expert.com/smis-sistema-monitoringa-inzhenernykh-sistem/> – Дата доступа: 03.01.2024.

[6] Интеллектуальные системы мониторинга и управления технически сложных объектов / Центр инженерного предпринимательства и инноватики [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://cipi.samgtu.ru/node/40> – Дата доступа: 09.01.2024.

[7] Система мониторинга инженерных систем / ЦЕНТР СМИС "БАЗИС" [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://basis-smis.ru/smis> – Дата доступа: 13.01.2024.

[8] Мониторинг инженерных систем ЦОДа: что, зачем и как / Информационный портал [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.iksmedia.ru/articles/5937262-Monitoring-inzhenernyx-sistem-CZODa.html> – Дата доступа: 18.01.2024.

[9] Система мониторинга инженерными системами — здания и сооружения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.akruks.net/article/ustrojstvo_inzhiniringovyh_sis/p499-monitoring-inzhenernyh-sistem/ – Дата доступа: 25.01.2024.

[10] Industrial Internet of Things: как работает умное железо с Big Data / Школа больших данных сооружения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://bigdataschool.ru/blog/news/цифровая-трансформация/industrial-iot-big-data-machine-learning-cases.html> – Дата доступа: 03.02.2024.

Авторский вклад

И.В. Тимошкевич – Полный анализ вопроса и возможностей в создании интеллектуальные системы мониторинга инженерных сетей: применение интернета вещей и аналитики больших данных для предотвращения протечек в многоквартирных домах

INTELLIGENT ENGINEERING NETWORK MONITORING SYSTEMS: THE USE OF THE INTERNET OF THINGS AND BIG DATA ANALYTICS TO PREVENT LEAKS IN APARTMENT BUILDINGS

I.V. Timoshkevich

*Postgraduate student of ICT, BSUIR,
Researcher Institute of Housing and
Communal Services of the National
Academy of Sciences of Belarus*

Abstract. The article discusses the use of Internet of Things (IoT) technologies and big data analytics to monitor and prevent leaks in water and sewer systems of apartment buildings. The main problems associated with water leaks are analyzed and intelligent solutions based on sensors and machine learning algorithms are proposed. The principles of operation of such systems and their advantages, including reduction of economic losses, improvement of safety and environmental sustainability, are described. The challenges associated with the introduction of these technologies and the prospects for their development in the context of smart cities are also discussed.

Keywords: Internet of Things, big data, pipeline monitoring, leak prevention, apartment buildings, intelligent systems, smart cities, engineering networks.