

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОГРАММНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ОБРАБОТКИ БЛОКЧЕЙН-ТРАНЗАКЦИЙ В СЕТИ УМНЫХ СЧЁТЧИКОВ

Дмитрийчук Д.И. (ТПУ), Зарубин В.А. (ТПУ)

Научный руководитель – кандидат технических наук, доцент Демин А.Ю.
(ТПУ)

Введение. С развитием технологий умные счётчики стали ключевым элементом энергетических систем, позволяя автоматически фиксировать и передавать данные о электропотреблении. Однако с увеличением объёма информации и числа подключённых устройств возрастает необходимость в надёжных механизмах обработки данных, обеспечивающих их безопасность и неизменность [1]. По данным аналитического агентства Onside, на конец 2024 года группа «Россети» установила более 7 млн умных счётчиков. Эти устройства дистанционно снимают показания и применяют многотарифный учет. Однако внедрение блокчейн-платформ в управление умными устройствами, на данный момент, рассмотрено, в основном, в теории и представлено единичными объектами. Поэтому блокчейн-технологии представляют собой перспективное решение этих задач, предлагая децентрализованное хранение и защищённую передачу информации без посредников [2].

Традиционные подходы к обработке данных в сетях умных счётчиков часто основаны на централизованных системах, которые сталкиваются с ограниченной масштабируемостью и потенциальными уязвимостями. В то же время современные программные решения всё чаще строятся на микросервисной архитектуре, которая позволяет создавать гибкие, распределённые системы, адаптируемые к высоким нагрузкам [3]. Использование асинхронных технологий в сочетании с микросервисным подходом позволяет значительно повысить эффективность обработки транзакций и обмена данными между устройствами в реальном времени [4].

В данной работе рассматривается проектирование программной архитектуры для обработки данных в сети умных счётчиков. Предлагаемое решение основано на использовании языка программирования Python и асинхронного веб-фреймворка FastAPI, что обеспечивает высокую производительность, масштабируемость и надёжность системы.

Основная часть. Разрабатываемая система обработки данных в сети умных счётчиков основана на децентрализованной архитектуре с использованием асинхронных микросервисов, что обеспечивает прозрачность, неизменность и безопасность данных. Каждый счётчик функционирует как узел распределённой сети, фиксируя показания потребления электроэнергии в цепочке блоков.

Использование Proof of Stake (PoS) и Proof of Authority (PoA) в качестве механизмов консенсуса обеспечивает защиту от манипуляций и снижает вычислительную нагрузку по сравнению с Proof of Work (PoW). Данные подписываются приватными ключами узлов, передаются по TLS-защищённым каналам и хешируются алгоритмом SHA-256 [5].

Проект использует микросервисный подход, обеспечивающий гибкость, масштабируемость и отказоустойчивость. Выделены три основных сервиса:

- Data Collector Service – получает данные от счётчиков и записывает их в PostgreSQL.
- Blockchain Service – выполняет майнинг блоков, их валидацию и запись в блокчейн.
- Database Management Service – управляет структурой базы, миграциями (Alembic) и доступом к данным.

Микросервисы взаимодействуют через REST API и используют асинхронную обработку запросов с FastAPI, что позволяет обрабатывать большие объёмы данных в режиме реального времени. Для организации единой точки входа в систему применяется API Gateway, который управляет маршрутизацией, балансировкой нагрузки и безопасностью API-запросов.

Алгоритм работы системы начинается с этапа сбора данных, где сервис Data Collector Service получает информацию от умных счётчиков и записывает её в базу данных. Далее на основе этих данных Blockchain Service формирует блоки: сервис загружает данные, рассчитывает их хеш с использованием алгоритма SHA-256 и добавляет новый блок в цепочку. Для обеспечения целостности данных используется асинхронная функция валидации блоков, которая проверяет правильность цепочки, сравнивая хеши и proof каждого блока. В случае обнаружения ошибок или сбоев в цепочке система автоматически инициирует процесс восстановления целостности данных с помощью репликации узлов.

Система контейнеризирована с помощью Docker и Docker Compose, что упрощает развёртывание и управление сервисами. Для тестирования использовался pytest с поддержкой pytest.mark.asyncio, что позволило моделировать асинхронные сценарии и нагрузочные тесты.

Основные проверки системы включают несколько этапов. Во-первых, проводится создание и валидация генезис-блока, который инициализирует цепочку. Затем осуществляется проверка целостности цепочки – контролируется правильность хеширования и ссылок между блоками, чтобы убедиться в отсутствии нарушений. Важным аспектом является API-тестирование, где проверяются запросы на создание и получение данных. Для оценки масштабируемости и отказоустойчивости системы проводятся тесты, симулирующие нагрузку с большим числом параллельных запросов. Это позволяет оценить её способность справляться с высокими объёмами данных и обеспечивать бесперебойную работу.

Выводы. Разработанная система представляет собой децентрализованную сеть, в которой каждый счётчик функционирует как узел блокчейна, записывая данные о потреблении электроэнергии в цепочку блоков. Это обеспечивает защиту от манипуляций и исключает возможность подделки информации.

Микросервисная архитектура позволяет разделить функциональность системы на компоненты: сервис сбора данных, блокчейн-сервис и сервис управления базой данных, взаимодействующие через REST API. Для повышения производительности используется асинхронная обработка запросов, а маршрутизация обеспечивается API Gateway. В случае сбоя система инициирует процесс автоматического восстановления, используя репликацию узлов. Покрываемость кода тестами составила более 90%, что подтверждает готовность системы к интеграции и эксплуатации.

Список использованных источников:

1. Singh M, Ahmed S, Sharma S, Singh S, Yoon B. BSEMS—A Blockchain-Based Smart Energy Measurement System. *Sensors*. 2023; 23(19):8086. <https://doi.org/10.3390/s23198086> (дата обращения: 8.02.2025)
2. Число умных счетчиков в России выросло за год на 21% – Текст : электронный // *vedomosti.ru* – URL: <https://www.vedomosti.ru/esg/reports/news/2025/01/29/1089008-chislo-umnih-schetchikov-v-rossii-viroslo-za-god-na-21> (дата обращения: 8.02.2025)
3. Белкин П.А., Посмаков Н.П., Ростовский Н.С. Применение технологии блокчейн в электроэнергетике как связующей цифровой технологии при переходе на децентрализованную генерацию. *Современные наукоемкие технологии*. – 2020. – № 3 – С. 19-24. (дата обращения: 8.02.2025)
4. Фазульянов Д.В. Проектирование информационной системы учета и оплаты услуг ЖКХ на основе технологии блокчейн // *Электронный научный журнал «Вектор экономики»*. – 2020. – № 6 (48) – С. 19-24. URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_43118719_86248910.pdf (дата обращения: 11.02.2025)
5. Как Python применяется в блокчейн. – Текст : электронный // *Proglib.io*. – URL: <https://proglib.io/p/kak-python-primenyaetsya-v-blokcheyn-2021-03-19>. (дата обращения: 11.02.2025)