

УДК 004.75:004.056

СИСТЕМА ПОДТВЕРЖДЕНИЯ ТРАНЗАКЦИЙ В БЛОКАХ ПУБЛИЧНЫХ БЛОКЧЕЙН-СЕТЕЙ

А.А. Буневич

*Учреждение образования «Белорусская государственная академия связи»,
г. Минск, Республика Беларусь*

Аннотация. Статья посвящена проблеме неэффективности традиционного механизма ускорения транзакций в блоках публичных блокчейн-сетей. В работе предлагается концепция архитектуры для оптимизации подтверждения транзакций, основанной на комбинации метода Replace-By-Fee, машинного обучения и распределенной файловой системы. Рассмотренный алгоритм, анализирует исторические и реальные данные о состоянии блокчейна, прогнозирует оптимальные комиссии для ускорения включения транзакций в блоки, а также автоматически корректирует их в процессе подтверждения. Данный подход позволяет существенно сократить время подтверждения транзакций, снизить процент отклоненных и количество неуспешных операций по сравнению с традиционными подходами.

Ключевые слова: блокчейн; Replace-By-Fee; оптимизация подтверждения транзакций; адаптивные алгоритмы; машинное обучение; распределенная файловая система; сетевая нагрузка; динамическое управление транзакциями.

TRANSACTION CONFIRMATION SYSTEM IN BLOCKS OF PUBLIC BLOCKCHAIN NETWORKS

A.A. Bunevich

*Educational Institution “Belarusian State Academy of Communications”,
Minsk, Republic of Belarus*

Abstract. The article addresses the issue of inefficiency in the traditional mechanism for accelerating transactions within blocks of public blockchain networks. The paper proposes an architectural concept for optimizing transaction confirmation, based on a combination of the Replace-By-Fee method, machine learning, and a distributed file system. The discussed algorithm analyzes historical and real-time blockchain state data, predicts optimal fees to accelerate the inclusion of transactions in blocks, and automatically adjusts them during the confirmation process. This approach significantly reduces transaction confirmation time and lowers the rate of rejected and failed operations compared to traditional methods.

Keywords: blockchain; Replace-By-Fee; transaction confirmation optimization; adaptive algorithms; machine learning; distributed file system; network load; dynamic transaction management.

Введение

Стремительное развитие технологий распределенного реестра и их интеграция в различные сферы экономической деятельности обусловили повышение требований к производительности и надежности публичных блокчейн-сетей. Стандартные механизмы, такие как статические комиссии за транзакции и ограниченное место в блоке для транзакций, часто неэффективны в условиях изменчивой сетевой нагрузки и динамически

сменяющегося спроса на операции. Это приводит к длительному ожиданию подтверждения, повышенным комиссиям и риску невыполнения транзакций, особенно при пиковых нагрузках.

Основная часть

Традиционный подход к ускорению подтверждения – механизм Replace-Buy-Fee (далее – RBF) – позволяет отправителю увеличить комиссию уже отправленной неподтвержденной транзакции, чтобы ускорить ее включение в блок [1]. Однако этот механизм, как правило, реализуется вручную или с использованием статических правил, что не обеспечивает оптимального баланса между скоростью, стоимостью и надежностью операции. Необходимость в автоматизации и адаптации комиссий к текущим рыночным и сетевым условиям становится очевидной [2].

Ключевым элементом предложенной архитектуры является модель адаптивного RBF на основе машинного обучения. Данная модель обучается на исторических данных: истории транзакций, включая время отправки, первоначальную комиссию, динамику изменения комиссии, время ожидания подтверждения и фактическое включение в блок. С помощью регрессионных и классификационных алгоритмов модель учитывает множество факторов: текущую загрузку сети, исторические тенденции, сезонность, динамику цены комиссии в зависимости от времени суток или дня недели [3–4]. На основе этого анализа для каждой новой транзакции модель формирует оптимальное значение комиссии, максимизирующее вероятность ее быстрого включения в следующий блок [5].

Для эффективной работы адаптивных алгоритмов используется модуль прогнозирования состояния блокчейна и сети. Информация собирается из публичных нод и аналитических сервисов блокчейна, а также из логов собственной системы. На их основе формируются рекомендации по динамической настройке параметров транзакций [6].

Для обеспечения централизации, но при этом высокой доступности и безопасности метаданных используется распределенное хранение на базе таких технологий, как IPFS (InterPlanetary File System) или распределенные базы данных. Каждая транзакция и ее текущий статус, история изменений комиссии, попытки подтверждения и метаданные о сети хранятся в распределенной файловой системе. Такая архитектура позволяет не только быстро получать доступ к историческим данным для обучения моделей, но и обеспечивает резервирование и синхронизацию данных между узлами сети блокчейна [7].

Процесс работы предлагаемой системы начинается с анализа входящей транзакции: модуль определяет текущее состояние сети

блокчейна, исторические тенденции и параметры транзакции. Затем машинное обучение модель вычисляет оптимальную начальную комиссию и стратегию возможного изменения комиссии через RBF в зависимости от прогнозируемого состояния блока и сети. После отправки транзакции система мониторит ее статус в реальном времени с помощью распределенного хранилища. Если транзакция не подтверждается в ожидаемые сроки, модель динамически рекомендует или автоматически инициирует новую RBF-операцию с повышенной комиссией. Все события фиксируются в распределенной базе данных, что позволяет не только отслеживать историю, но и постоянно улучшать модели адаптации.

Реализация предложенной архитектуры, также требует тесной интеграции с узлами блокчейна, поддержки API для получения актуальных данных о блоках и транзакциях, а также механизмов безопасности для защиты метаданных от несанкционированного доступа и манипуляций. Организованная асинхронная обработка событий обеспечивает минимальную задержку при принятии решений о корректировке комиссии.

Также необходимо обратить внимание масштабируемости решения. Архитектура, основанная на микросервисах и распределенных компонентах, позволяет легко добавлять новые узлы для обработки и хранения данных, а также масштабировать модели машинного обучения при росте объема транзакций. Интеграция с популярными платформами блокчейна через стандартные API, облегчает внедрение решения в уже существующие экосистемы [8].

Важно отметить, что предлагаемая система не затрагивает консенсус-механизмы самих блокчейнов, а фокусируется на оптимизации поведения участников и инструментов для повышения эффективности транзакционного процесса на уровне пользовательских и операторских операций.

Заключение

Использование адаптивных алгоритмов позволяет минимизировать время ожидания подтверждения, снижать стоимость транзакций и повышать их успешную надежность даже при экстремальных нагрузках. Модульная структура архитектуры обеспечивает гибкость, масштабируемость и безопасность хранения метаданных. В перспективе такая оптимизация может стать частью стандартного набора инструментов для блокчейновых платформ, способствуя повышению их привлекательности для широкого круга пользователей и разработчиков.

Список использованных источников

1. Загоруйко Н.Г. Прикладные методы анализа данных и знаний. – Новосибирск: ИМ СО РАН, 2016. – 350 с.

2. Мищенко В.А., Мищенко А.В. Распределенные системы хранения данных: учебное пособие. – СПб.: Университет ИТМО, 2019. – 124 с.
3. Назаров Д.М., Петров А.А. Блокчейн-технологии в цифровой экономике. – М.: ИНФРА-М, 2020. – 208 с.
4. Орехов И.А., Васильев Д.В. Машинное обучение в задачах обработки данных финансовых рынков. – М.: ЛЕНАНД, 2018. – 240 с.
5. Соколов И.А. Технологии распределенного реестра: блокчейн. – М.: ИНФРА-М, 2021. – 192 с.
6. Талалаев А.В., Иванов П.В. Методы оптимизации транзакций в блок-чейн-системах. – СПб.: НИУ ИТМО, 2020. – 168 с.
7. Филимонов А.Е. Интеллектуальные системы управления блокчейн-сетями. – М.: МЦНМО, 2019. – 256 с.
9. Шумский С.А. Распределенные вычисления и блокчейн. – М.: Горячая линия-Телеком, 2020. – 320 с.

References

1. Zagoruiko N.G. Applied Methods of Data and Knowledge Analysis. – Novosibirsk: Institute of Mathematics SB RAS, 2016. – 350 p.
2. Mishchenko V.A., Mishchenko A.V. Distributed Data Storage Systems: A Tutorial. – St. Petersburg: ITMO University, 2019. – 124 p.
3. Nazarov D.M., Petrov A.A. Blockchain Technologies in the Digital Economy. – Moscow: INFRA-M, 2020. – 208 p.
4. Orekhov I.A., Vasiliev D.V. Machine Learning in Financial Market Data Processing Tasks. – Moscow: LENAND, 2018. – 240 p.
5. Sokolov I.A. Distributed Ledger Technologies: Blockchain. – Moscow: INFRA-M, 2021. – 192 p.
6. Talalaev A.V., Ivanov P.V. Methods for Optimizing Transactions in Blockchain Systems. – St. Petersburg: NRU ITMO, 2020. – 168 p.
7. Filimonov A.E. Intelligent Control Systems for Blockchain Networks. – Moscow: MCCME, 2019. – 256 p.
8. Shumsky S.A. Distributed Computing and Blockchain. – Moscow: Hotline-Telecom, 2020. – 320 p.

Сведения об авторах

Буневич А.А., аспирант, учреждения образования «Белорусская государственная академия связи», kndraleks@gmail.com.

Information about the authors

Bunevich A.A., Postgraduate Student, Educational Institution “Belarusian State Academy of Communications”, kndraleks@gmail.com.