

СТАТЬИ

УДК 004.75

DOI 10.17513/snt.39756

**РАЗРАБОТКА АРХИТЕКТУРЫ СИСТЕМЫ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ
НА ОСНОВЕ ГИБРИДНОГО ГОЛОСОВАНИЯ
В ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННОЙ АВТОНОМНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ****Атеев К.О., Широков И.А., Олимпиев Н.В.***ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский университет ИТМО», Санкт-Петербург,
e-mail: 307692@niuitmo.ru*

Децентрализованные автономные организации преобразуют архитектуру управления системами и методы кооперации, позволяя принимать решения в децентрализованной среде без доверия. Несмотря на преимущества децентрализованных автономных организаций, эффективное управление ими остается ключевой проблемой, особенно в части оптимизации транзакционных издержек, которые могут сдерживать участие в голосовании. On-chain голосование, несмотря на свою безопасность и прозрачность, является дорогостоящим и требует много времени. Голосование off-chain, напротив, используя криптографические технологии для пакетной обработки запросов нескольких пользователей, сокращает время и затраты. В данной статье представлена гибридная архитектура, сочетающая методы голосования on-chain и off-chain. Предлагаемая архитектура предоставляет пользователям опцию выбора наиболее релевантного метода, расширяя функционал голосования и оптимизируя временные и финансовые затраты на управление децентрализованной автономной организацией. В предложенной архитектуре особое внимание уделяется потребностям пользователей, интеграции и интероперабельности. Предложенные открытые API-интерфейсы архитектуры обеспечивают быструю интеграцию в приложения сторонних разработчиков и повышают удобство работы пользователей в их используемой среде. Данная архитектура открывает перспективы для повышения эффективности демократического принятия решений в децентрализованных автономных организациях и закладывает основу для будущих исследований и разработок в области децентрализованного управления.

Ключевые слова: блокчейн, децентрализация, автономные организации, гибридное голосование, консенсус**DEVELOPMENT OF A DECISION-MAKING SYSTEM
ARCHITECTURE BASED ON HYBRID VOTING
IN A DECENTRALIZED AUTONOMOUS ORGANIZATION****Ateev K.O., Shirokov I.A., Olimpiev N.V.***ITMO University, Saint Petersburg, e-mail: 307692@niuitmo.ru*

Decentralized autonomous organizations are transforming systems management architecture and cooperation methods, allowing decisions to be made in a decentralized environment without trust. Despite the benefits of decentralized autonomous organizations, their effective management remains a key challenge, especially in optimizing transaction costs that can deter voting participation. On-chain voting, while secure and transparent, is costly and time-consuming. Off-chain voting on the contrary, by utilizing cryptographic techniques to batch process multiple users' requests, reduces time and cost. This paper presents a hybrid architecture that combines on-chain and off-chain voting methods. The proposed architecture gives users the option to select the most relevant method, extending the voting functionality and optimizing the time and cost of managing a decentralized autonomous organization. The proposed architecture emphasizes on user needs, integration and interoperability. The proposed open APIs of the architecture provide fast integration into third-party applications and enhances the user experience in their used environment. The architecture opens perspectives for improving the efficiency of democratic decision making in decentralized autonomous organizations and lays the foundation for future research and development in decentralized governance.

Keywords: blockchain, decentralization, autonomous organizations, hybrid voting, consensus

Переход от централизованных решений к децентрализованным открывает новые возможности для управления системами и приводит к изменению архитектуры взаимодействия субъектов сообщества, позволяя создавать децентрализованные автономные организации (DAO) [1]. Gartner определяет DAO как одно из семи революционных изменений для IT-бизнеса, которые могут сильно изменить многие современные нормы технологической отрасли [2].

Децентрализованные автономные организации, используя прозрачность и не-

изменность блокчейна, позволяют децентрализованно принимать решения за счет одноранговой структуры, где регулятором выступает децентрализованное приложение – смарт-контракт. Такие инновационные модели обладают преимуществами за счет среды без доверия и программируемого консенсуса, что повышает прозрачность принимаемых решений и повышает эффективность кооперации, согласно отчету PricewaterhouseCoopers [3]. Кроме того, DAO – это новая форма управления, которая позволяет вовлекать различных агентов

в принятие продуктивных решений для более демократизированного и устойчивого развития. Выбор системы управления может оказать большое влияние на успех DAO и его дальнейший путь развития, поскольку она напрямую определяет модель взаимодействия участников в сети для принятия решений.

Однако обеспечение эффективного управления в децентрализованных автономных организациях остается важнейшей задачей, поскольку сами модели on-chain голосования могут быть менее эффективными из-за высоких комиссий сети и затраченного времени [4]. Подавляющее большинство DAO в сети Ethereum требуют оплату газа при голосовании, и, согласно исследованию Tally, затраты влияют на участие, и их влияние усиливается по мере увеличения затрат [5]. При более высоких транзакционных комиссиях голосует меньшее количество участников, что приводит к снижению участия в управлении организацией. Кроме того, согласно исследованию, достаточно низкие комиссии могут быть более приемлемы для некоторых участников, являясь компромиссом для безопасности принимаемых решений в DAO.

Необходимо найти баланс между преимуществами голосования on-chain и возникающими при этом проблемами, такими как малая опциональность и высокие транзакционные издержки. Соответственно, возникает потребность в реализации новых подходов управления децентрализованными организациями, таких как гибридный подход, использующий решения как on-chain, так и off-chain, которые бы позволяли

снизить транзакционные издержки участников, при этом сохраняя возможность проведения всего голосования в цепочке блокчейна. Гибкость гибридной архитектуры способна вовлечь большее число участников в процесс голосования и демократизировать управление. Цель исследования – разработать архитектуру, предоставляющую пользователю возможность выбрать релевантный механизм участия в принятии управленческих решений в децентрализованной автономной организации.

Сравнение прямого взаимодействия со смарт-контрактом пользователем и взаимодействие через внутреннее приложение представлено на рис. 1.

При on-chain взаимодействии пользователи отправляют свои голоса и предложения непосредственно смарт-контракту DAO. Учитывая прозрачную природу блокчейна, эти голоса видны всем, они неизменны и не требуют посредников [6]. Но в таком подходе есть свои недостатки: затраченное время на подтверждение сети [7] и транзакционные комиссии для участника при каждом взаимодействии со смарт-контрактом. При достаточно большом количестве участников децентрализованной автономной организации суммарные затраты на голосование могут быть существенными, особенно когда сеть нагружена и стоимость газа повышена. Согласно расчетам авторов работы [8], часто она достигает десятков тысяч долларов и выше в развитых DAO. Кроме того, неизменность принятого решения и раскрытие выбора могут быть неприемлемыми для некоторых DAO или отдельных участников.

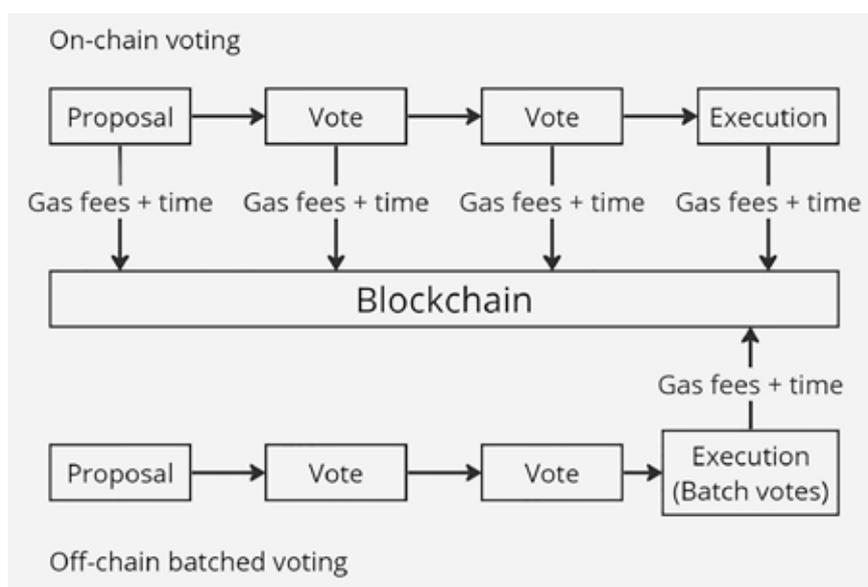


Рис. 1. Сравнение подходов on-chain и off-chain голосования

При off-chain голосовании предложения и голоса сначала отправляются на внутреннее приложение. Это приложение объединяет действия пользователей в пакет с помощью криптографических методов и отправляет смарт-контракту DAO консолидированную транзакцию, что позволяет сократить время голосования большого количества участников, общее количество транзакций в сети и соответствующие комиссии. Комиссию за пакетную транзакцию могут компенсировать из казны DAO при отправке предложения. Кроме того, при таком способе голосования пользователи смогут выбрать наиболее приемлемый для себя тип предложения: открытый, закрытый или смешанный, в котором пользователи смогут выбрать видимость своего голоса для остальных. При такой архитектуре участники имеют опцию конфигурирования предложений и голосов, не тратят время при голосовании на подтверждение сети, а также не тратят свои активы при голосовании в DAO. Такой подход позволяет участникам суммарно снизить издержки на управление децентрализованной автономной организацией пропорционально количеству участников и до 100% при компенсации стоимости транзакций из общей казны.

Например, имея DAO со 100 активными участниками в Ethereum, средней стоимостью транзакции – 5 долл.; средним временем на обработку блока транзакции – 3 мин [7]. При on-chain голосовании на транзакционные издержки будет затрачено 505 долл. и 5,5 ч, при off-chain голосовании 5 долл. и 3 мин на завершающую пакетную транзакцию, что на 89% ниже соответственно.

Материалы и методы исследования

Для разработки архитектурного подхода использованы методы: декомпозиция требований, анализ и моделирование. Чтобы разработать архитектуру, включающую гибридный механизм голосования в рамках DAO, проведено систематическое исследование. Проведен анализ требований к системе DAO с разбивкой их на основные элементы, с целью понимания проблем пользователей и возможных решений для их удовлетворения. На основе требований и анализа были созданы модели, наглядно представляющие механизм работы предлагаемой архитектуры.

В ходе исследования выявлено несколько основных требований, которым должна удовлетворять архитектура системы принятия решений на основе гибридного голосования:

Интероперабельность: архитектура должна быть совместима со стандартными DAO смарт-контрактами на основе стандартов OpenZeppelin [9], для поддержки взаимодействия с уже существующими децентрализованными автономными организациями.

Низкие транзакционные издержки: участники децентрализованной организации должны иметь возможность голосовать бесплатно и без задержек на подтверждение транзакции сетью.

Опциональность: участники должны иметь возможность выбора типа голосования, а также типа предложения, чтобы иметь возможность взаимодействовать через смарт-контракт напрямую через тот же интерфейс. Off-chain предложения и голоса должны быть гибко конфигурируемы.

Открытые API: система должна иметь открытый API, позволяющий сторонним разработчикам осуществлять быструю интеграцию в сторонние приложения, для голосования из наиболее удобного для пользователя интерфейса, например, в социальных сетях.

Разработанная архитектура системы принятия решений на основе гибридного голосования в DAO, изображенная на рис. 2, основана на принципе использования как on-chain, так и off-chain механизмов. Она объединяет в себе безопасность и масштабируемость систем вне цепочки.

Участник DAO, используя интерфейс, имеет опции голосования и предложения как on-chain, так и off-chain. Выбор определенного метода зависит от потребности пользователя и смарт-контракта DAO. В случае вызова on-chain методов пользователь через используемого провайдера подписывает и оплачивает транзакцию, тем самым участвуя в управлении децентрализованной организацией и принимая решения, работая напрямую со смарт-контрактом в среде без доверия.

При вызове off-chain методов пользователь предварительно настраивает параметры голоса или предложения, подписывает запись с помощью закрытого ключа через провайдера, после чего отправляет в очередь для обработки бэкенд приложением. До завершения предложения данные хранятся в базе данных или публикуются в IPFS, исходя из потребностей пользователя. После завершения предложения полученный результат записывается в IPFS, в соответствии с выбранными параметрами, это могут быть открытые или закрытые результаты голосования.

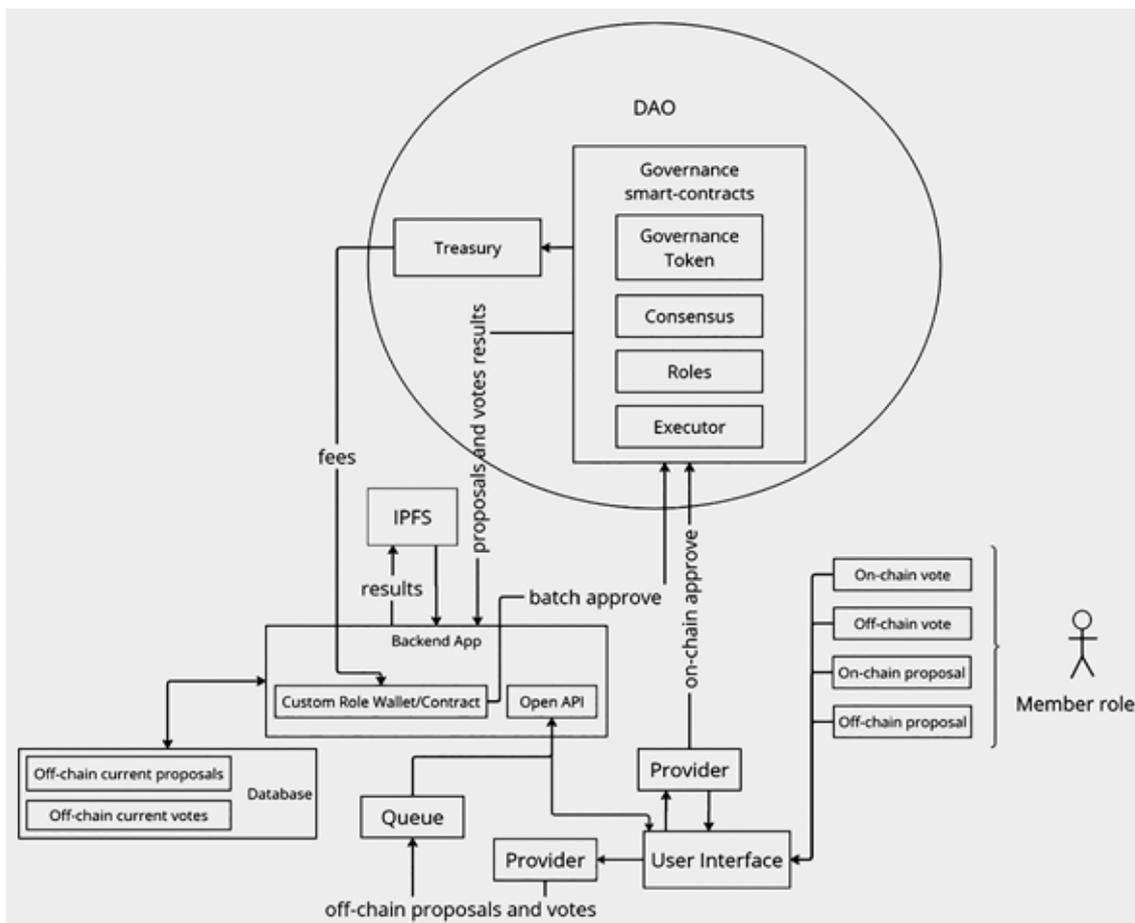


Рис. 2. Архитектура системы принятия решений на основе гибридного голосования в децентрализованной автономной организации

Далее IPFS хэш, ссылающийся на полученные данные, записывается в смарт-контракт DAO как завершенное предложение, используя расширенные стандартные методы стандарта OpenZeppelin, для сохранения интероперабельности. Вызов функций смарт-контрактом DAO может регулироваться отдельно через сам смарт-контракт организации. Комиссия за транзакцию может быть выплачена через смарт-контракт DAO как часть предложения, если вызов функций доступен. Выполненные предложения могут быть отозваны после публикации в блокчейн в течение некоторого времени, если в смарт-контракте предусмотрен timelock, чтобы избежать возможного неправомерного управления.

После успешного завершения предложения полученные результаты доступны для клиентов в том виде, которые соответствуют заданным параметрам предложения и могут быть интегрированы в сторонние приложения напрямую из IPFS или смарт-

контракта. Также для разработчиков доступно внешнее взаимодействие через Open API для возможности взаимодействия с системой через свой интерфейс и более быстрой интеграции функционала в сторонние продукты.

Результаты исследования и их обсуждение

Голосование on-chain на данный момент является стандартным способом принятия решений в децентрализованных автономных организациях. Несмотря на многочисленные преимущества, такие как прозрачность и неизменяемость, он имеет и определенные проблемы. Одним из основных его недостатков являются высокие транзакционные издержки, связанные с непосредственным взаимодействием с блокчейном. По мере роста платы за пользование сетью вовлеченность пользователей в процесс принятия решений снижается. Это не только препятствует демократизации

управления, но и накладывает на пользователей дополнительное финансовое бремя. Кроме того, такой подход имеет ограниченную возможность конфигурации и может быть неприемлем для некоторых организаций или участников сети.

Голосование off-chain, характеризующееся наличием промежуточного внутреннего приложения, позволяет с помощью криптографических методов достоверно свести множество пользовательских заявок в единый пакет, который далее отправляется в смарт-контракт DAO в виде консолидированной транзакции. Такая стратегия позволяет значительно сократить продолжительность голосования, общее количество транзакций в сети и сопутствующие транзакционные сборы. Дополнительным преимуществом такого подхода является возможность конфигурирования выбора типа предложения – открытого, закрытого или гибридного, что дает пользователям возможность самостоятельно определять степень прозрачности голосования.

Соединяя эти два подхода в единой архитектуре, пользователь получает возможность выбрать наиболее релевантный способ для управления децентрализованной организацией, повышая эффективность и универсальность процесса голосования. Данная архитектура позволяет оптимально экономить время и средства в процессе управления DAO. Главным преимуществом разработанной архитектуры системы на основе гибридного голосования является комплексный подход, нацеленный на удовлетворение основных потребностей участников при управлении. При проектировании была заложена возможность минимизировать транзакционные издержки и задержки, связанные с сетевыми подтверждениями и тем самым максимально повысить эффективность взаимодействия участников. Если уделять особое внимание пользовательской компетенции, архитектура также облегчает участникам выбор предпочтительных типов голосования и предложений, поддерживая интероперабельность и поддержку стандартов OpenZeppelin. Подпись транзакций закрытым ключом и публикация данных в IPFS минимизирует возможность подделки проведенных операций.

Использование открытых API обеспечивает проницаемость, что способствует ускоренной интеграции в различные приложения со стороны разработчиков, повышает удобство работы пользователей в процессе голосования в привычной для них среде и сокращает сроки работы и затраты бизнеса при интеграции.

Заключение

По мере роста популярности DAO необходимость в надежных, справедливых и эффективных механизмах принятия решений будет приобретать первостепенное значение. Гибридное голосование, сочетающее в себе различные системы голосования, представляет собой перспективный путь для достижения этой цели.

Данная архитектура является вариантом реализации эффективных систем управления в децентрализованной среде и может оказать влияние на развитие децентрализованных автономных сообществ. Гибридная архитектура, как сочетание опциональности, безопасности и низких транзакционных комиссий, позволяет принимать решения в децентрализованной автономной организации более гибко и эффективно, особенно когда в ней большое количество участников. Она также может быть использована при выборе структур управления и механизмов голосования, помогая обеспечить высокий уровень участия и демократичность принятия решений. И, наконец, это основа для дальнейших исследований и разработок, открывающая путь к созданию более сложных моделей и инструментов управления децентрализованными автономными организациями.

Список литературы

1. El Faqir Y., Arroyo J., Hassan S. An overview of decentralized autonomous organizations on the blockchain // Proceedings of the 16th international symposium on open collaboration. 2020. P. 1–8. DOI: 10.1145/3412569.3412579.
2. Gartner Highlights Seven Disruptions CIOs Might Not See Coming // Gartner. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2022-09-14-gartner-highlights-seven-disruptions-cios-might-not-see> (дата обращения: 19.08.2023).
3. Time for trust // PricewaterhouseCoopers. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.pwc.com/cy/en/issues/assets/blockchain-time-for-trust.pdf> (дата обращения: 19.08.2023).
4. Liu L. et al. From technology to society: An overview of blockchain-based DAO // IEEE Open Journal of the Computer Society. 2021. Vol. 2. P. 204–215. DOI: 10.1109/OJCS.2021.3072661.
5. Gas Costs and Voter Participation // Tally. [Электронный ресурс]. URL: <https://blog.tally.xyz/gas-costs-and-voter-participation-174f56d78874> (дата обращения: 19.08.2023).
6. Singh M., Kim S. Blockchain technology for decentralized autonomous organizations // Advances in computers. Elsevier. 2019. Vol. 115. P. 115–140. DOI: 10.1016/bs.adcom.2019.06.001.
7. Blockchain Confirmations // Circle. [Электронный ресурс]. URL: <https://developers.circle.com/developer/docs/confirmations> (дата обращения: 19.08.2023).
8. Feichtinger R. et al. The Hidden Shortcomings of (D) AOs – An Empirical Study of On-Chain Governance // arXiv preprint arXiv:2302.12125. 2023. DOI: 10.48550/arXiv.2011.14940.
9. Governance // OpenZeppelin. [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.openzeppelin.com/contracts/4.x/api/governance> (дата обращения: 19.08.2023).