

УДК 004.03

СРАВНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ РАСПРЕДЕЛЕННОГО РЕЕСТРА

¹Карелин И.В., ¹Акимова И.В., ¹Грошева Е.С., ²Артюхин В.В.

¹ФГБОУ ВО «Московский государственный университет технологий и управления имени К.Г. Разумовского (Первый казачий университет)», филиал, Пенза, e-mail: vanishkar@bk.ru, ulrih@list.ru, e.yudina@outlook.com;

²ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет», Пенза, e-mail: scar@sura.ru

В статье представлен сравнительный анализ основных систем, использующих технологию распределенного реестра. Для усовершенствования уже существующих систем могут применяться технологии, основанные на распределенном реестре. В настоящее время происходит постоянное развитие и совершенствование данных систем. Технология была включена в состав национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации», что говорит о её постоянном развитии и поддержке со стороны государства. Постоянное развитие рынков национальной технической инициативы приводит к развитию систем, на которых они строятся, это позволяет создателям систем распределенного реестра быть уверенными в том, что они найдут рынок сбыта для своей технологии. Технология также входит в основные цифровые сквозные технологии, развитие которых планируется еще длительное время. Длительное время технологии распределенного реестра не могли набрать необходимую популярность из-за отсутствия четкого статуса в рамках закона, но, согласно исследованиям, с 2020 г. этот вопрос был решен, и создание систем на данной технологии полностью легально. В данный момент наиболее узнаваемой, из-за ее распространенности, считается система блокчейн, но данная система подходит не всем проектам, так как обладает рядом важных недостатков. В данной статье представлено сравнение систем, основанных на технологии распределенного реестра, таких как BLOCKCHAIN, HASHGRAPH, DAG, HOLOCHAIN, TRACECHAIN.

Ключевые слова: BLOCKCHAIN, HASHGRAPH, DAG, HOLOCHAIN, TRACECHAIN, Distributed Ledger Technology, DLT

COMPARISON OF DISTRIBUTED LEDGER TECHNOLOGIES

¹Karelin I.V., ¹Akimova I.V., ¹Grosheva E.S., ²Artukhin V.V.

¹K.G. Razumovsky Moscow State University of Technologies and Management», branch, Penza, e-mail vanishkar@bk.ru, ulrih@list.ru, e.yudina@outlook.com;

²Penza State University, Penza, e-mail: scar@sura.ru

The article presents a comparative analysis of the main systems using distributed ledger technology. Technologies based on a distributed ledger can be used to improve existing systems. These systems are being continuously developed and improved. The technology was included in the national program “Digital Economy of the Russian Federation,” which indicates its constant development, and support from the state. The continuous development of STI markets leads to the development of the systems on which they are built, this allows the creators of distributed ledger technology systems to be confident that they will find a market for their technology. The technology is also included in the main digital end-to-end technologies, the development of which is planned for a long time. For a long time, distributed ledger technology could not gain the necessary popularity, due to the lack of a clear status within the framework of the law, but, according to research, this issue has been resolved since 2020, and the creation of systems on this technology is completely legal. At the moment, the most recognizable, due to its prevalence, is the blockchain system, but this system is not suitable for all projects as it has a number of important drawbacks. This article presents a comparison of systems based on distributed ledger technology, such as: BLOCKCHAIN, HASHGRAPH, DAG, HOLOCHAIN, TRACECHAIN.

Keywords: BLOCKCHAIN, HASHGRAPH, DAG, HOLOCHAIN, TRACECHAIN, Distributed Ledger Technology, DLT

Технология распределенного реестра (Distributed Ledger Technology, или DLT) – это электронная система баз данных, распределенная между несколькими сетевыми узлами или устройствами [1, 2]. Для безопасности данной технологии в ней предусмотрены определенные соглашения (консенсусы), на которые опираются все транзакции в сети. Первые упоминания о технологии распределенного реестра прослеживаются в 1980–1990-х гг. За более чем 20 лет технология развилась и получила признание среди множества пользователей.

Но несмотря на то, что технологии распределенного реестра занимают приоритетное место в современных исследованиях, по данной теме наблюдается недостаток литературы, в частности по теме сравнения технологий, выявления их основных преимуществ и недостатков.

Целью нашего исследования стало сравнение технологий распределенного реестра по следующим показателям: масштабируемость, скорость обработки транзакций, структура системы, способ достижения консенсуса.

Материалы и методы исследования

Сравнение технологий

Основным представителем DLT уже продолжительное время является BlockChain (рис. 1), он заслужил высокий уровень доверия и внес перемены не только в информационную среду, а в десятки сфер, таких как технологическая, финансовая и др.

На последующих рисунках вершины графов – узлы в сети (некоторая вычислительная машина), дуги графов – показывают связь между узлами.



Рис. 1. Визуализация технологии BlockChain

В данной системе все транзакции, подтвержденные уникальными цифровыми подписями пользователей, проходят проверку, согласуются участниками сети и, если большинство участников подтверждает сделку, помещаются в блоки, которые при достижении определенного размера консервируются. Каждый новый блок содержит информацию обо всех предшествующих блоках, которая хранится в виде хэш-строки [3]. Самые популярные представители технологии блокчейн – Биткоин и Эфириум.

Но, несмотря на популярность, технология обладает рядом недостатков, такими как: низкая масштабируемость (пропускная способность данной системы крайне мала), невозвратность (при неверно указанных данных получателя вернуть отменить перевод невозможно), риск атаки (при контроле одним участником более чем 50 % мощности сети, появляется возможность полного контроля над системой), легализация (во многих государствах правовой статус блокчейна не определен).

Основными преимуществами являются: анонимность, прозрачность, пользователь сам регулирует размер комиссии (от комиссии напрямую зависит скорость транзакции, чем выше комиссия – тем быстрее пройдет транзакция).

Основным конкурентом достаточно продолжительное время является HASHGRAPH, технология, отказавшаяся от цепочки блоков, информация добавляется нелинейно, без последовательной цепи блоков (рис. 2) [4].

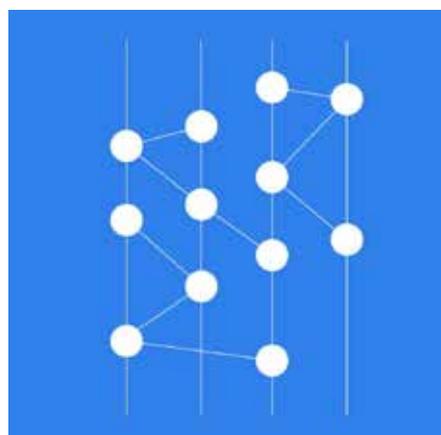


Рис. 2. Визуализация технологии HASHGRAPH

В отличие от блокчейна, в реестре хэш-графа в пределах одной временной метки, называемой «событием», в параллельном стеке могут храниться несколько транзакций [5]. Главным отличием от блокчейна является то, что хэшграф не отсеивает транзакции, майнеры не могут выбрать, какую транзакцию им выполнить, а какую нет, все операции выполняются в хронологическом порядке. После инициации события узел передает данные о нем двум другим случайным узлам, которые передают их двум другим узлам (в сумме уже четырем) и так далее, это приводит к экспоненциальному распространению информации по всей сети [6]. Используя алгоритм консенсуса «Сплетни о сплетнях», каждая нода делится своими данными о транзакции в сети для достижения согласия, так каждый участник сети знает, кто и когда совершал операции. Поскольку у каждого узла есть информация обо всех операциях, он знает всю историю, он может заранее определить, как будут вести себя другие узлы в сети.

К основным плюсам технологии HASHGRAPH можно отнести: высокую скорость обработки транзакций, широкий выбор инструментов разработки, неизменность истории транзакций.

Но технология не лишена и минусов: это посредственный уровень анонимности, ограниченность скоростью интернета.

Рассмотрим следующую технологию распределенного реестра, которая легла в основу хэшграфа, это технология направленного ациклического графа DAG (рис. 3).

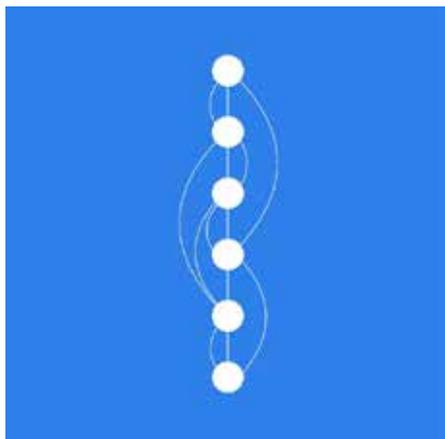


Рис. 3. Визуализация технологии DAG (Directed Acyclic Graph)

Проверка транзакций полностью полагается на механизм консенсуса, используя протокол сплетен, участники обмениваются данными, для одобрения транзакции системой она должна пройти проверку в нескольких узлах. Любой узел может инициировать транзакцию, но для проверки он должен проверить две (или более) предыдущие транзакции в реестре. Стоит заметить, что участники сети обмениваются только данными о транзакции, а не всей информацией о сети. В данной системе каждая транзакция обрабатывается в порядке получения, а также не требует длительного хранения записи о транзакции, так как каждый участник сети, получивший её, производит проверку, это уменьшает количество места, необходимого для хранения данных. Скорость обработки данных напрямую зависит от количества узлов в сети [7].

Направленный ациклический граф используют Nano (NANO), Iota (MIOTA) и др.

Основными преимуществами технологии DAG являются её масштабируемость, а также широкий выбор инструментов разработки, к минусам все так же можно отнести посредственный уровень анонимности.

Далее рассмотрим относительно новую технологию HoloChain (рис. 4), которая предлагает революционные методы хранения и обработки данных в распределенном реестре.

Данная технология кардинально отличается от технологий DAG, HASHGRAPH и BlockChain тем, что она использует агентно-ориентированный подход к данным, данные структурируются как цепочки, которые поддерживают конкретные пользователи. В ранее рассмотренных типах сетей каждый узел должен обрабатывать предшествующие ему данные для обеспечения их

целостности, в HoloChain нет необходимости использовать механизм консенсуса, так как целостность поддерживается индивидуально среди неограниченных пиров. Технология позволяет пользователям обезопасить свои данные и скрыть конфиденциальную информацию пользователя от потенциальных взломов.

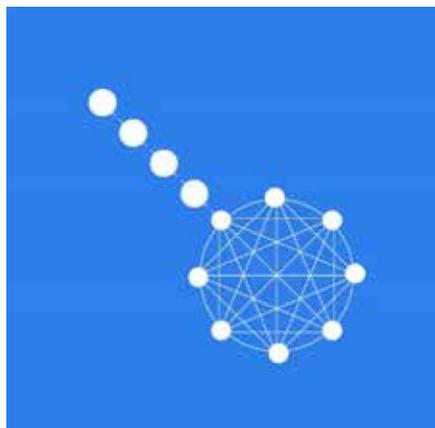


Рис. 4. Визуализация технологии HoloChain

Уход от глобального консенсуса дает HoloChain практически безграничную масштабируемость [8]. Самым большим преимуществом является скорость, которая может достигать миллиона транзакций в секунду, эта скорость возможна благодаря механизму, полностью лишенному посредников, все проверки происходят на микроуровне.

Каждый отдельный узел в сети имеет свою собственную цепочку, где они имеют независимость для работы в своей собственной сети, будучи частью более крупной сети, состоящей из тысяч других подобных узлов. Пользователи могут хранить данные в так называемой распределенной хэш-таблице (DHT), используя определенные ключи – это хранилище данных также остается распределенным в разных местах по всему миру.

Основными преимуществами данной технологии перед конкурентами являются: отсутствие требований к аппаратному обеспечению, отсутствие комиссии за транзакции, безграничная масштабируемость. Также сюда можно отнести то, что уже более 90 % токенов находится в обороте, что ограничит возможность манипулировать их ценностью в будущем.

Минусы технологии: для полноценного функционирования сети необходимо большое количество участников, сеть не имеет такой высокой распространенности, как вышеизложенные системы, высокая степень опасности при старте собственного проекта на данной системе.

Следующая технология – TraceChain, была представлена российскими разработчиками в 2018 г. [9], в ней были применены элементы ИИ и совершенно новая структура, которая образует замкнутые кольца при её визуализации (рис. 5).

К принципиальным отличиям новой технологии от классической цепочки блоков относятся иные принципы синхронизации и порядок нахождения консенсуса [10]. Модель данной системы снабжена искусственным интеллектом и представляет собой замкнутые кольца, расположенные одно в другом. Это позволяет проверять всеми узлами сети более 50000 записей в секунду [11]. Сигналы идут от внешнего радиуса к центру, затем они синхронизируются внутри нескольких мощных ядер и рассеиваются обратно по сети [12]. Ядра нестатичны и постоянно меняются путем голосования. Добавление в сеть сверхмощных компьютеров не делает их автоматически главными, что защищает сеть от захвата. Узел нельзя использовать для замедления работы сети или ее нарушения. Если он работает неправильно, узел теряет значение доверия. Он не сможет использовать свой полный потенциал в течение длительного времени после нарушения. Основной сегмент сети полностью децентрализован и защищен алгоритмами доверия, а также перекрестными проверками с внешнего радиуса.

К плюсам данной технологии можно отнести возможность управления нагрузкой в сети, отсутствие посредников, отсутствие необходимости в дополнительном оборудовании, а также использование элементов искусственного интеллекта [13]. Недостатки: посредственная анонимность, а также резервные данные в блокчейне.

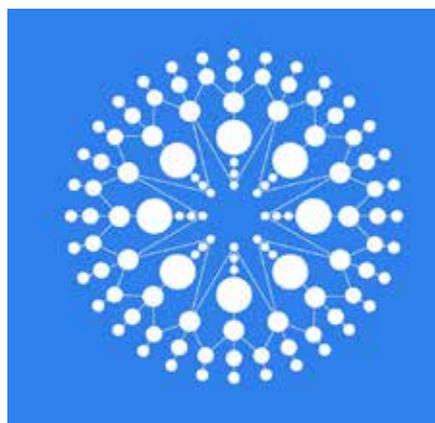


Рис. 5. Визуализация технологии TraceChain

Результаты исследования и их обсуждение

Для более наглядного сравнения технологий распределенного реестра были составлены табл. 1 и 2, данные взяты из открытых источников сети Интернет.

Таблица 1

Сравнение технологий BLOCKCHAIN, HASHGRAPH, DAG

	BLOCKCHAIN	HASHGRAPH	DAG
Метод подтверждения транзакций	Участники сети, достигают соглашения используя возможности майнеров, которые получают токены за свою работу	Узлы достигают консенсуса при помощи виртуального голосования	Для достижения консенсуса необходимо проверить две предыдущие транзакции
Количество транзакций в секунду	До 7 транзакций в секунду	До 4 000 транзакций в секунду	До 10 000 транзакций в секунду
Структура данных	Данные структурированы в блоки, которые подтверждаются майнерами	Последовательность параллельно выполняемых транзакций в общем потоке	Структура данных соответствует механизму направленного ациклического графа, где каждая транзакция независима
Дата запуска	Стал доступным в 2006 г.	Стал доступным с 24 августа 2018 г.	Впервые была использована 9 ноября 2015 г.
Реализация в следующих проектах	Bitcoin, Etherium	Swirls, NOIA, Hedera Hashgraph	NXT, Tangle, ByteBall, IOTA

Таблица 2

Сравнение технологий HOLOCHAIN, TRACECHAIN

	HOLOCHAIN	TRACECHAIN
Метод подтверждения транзакций	Узлы работают над собственными цепочками, подтверждение достигается путем соблюдения консенсуса	Проверка происходит во всех узлах, которые встречает транзакция на пути к центральным ядрам
Количество транзакций в секунду	Неограниченная масштабируемость	До 50 000 транзакций в секунду
Структура данных	Уникальные блоки, из которых состоит система	Замкнутые кольца, расположенные одно в другом
Дата запуска	Релиз альфа-версии 26 мая 2018 г.	Апрель 2018 г.
Реализация в следующих проектах	Holochain	Tracechain

Заключение

По итогу проведенной работы мы можем увидеть, что у каждой системы есть свои преимущества и свои недостатки. Для реализации не очень масштабных сетей с высокой степенью защищенности данных лучше выбрать сеть BLOCKCHAIN, если требуется большая масштабируемость, лучше посмотреть в сторону других систем. Если необходимо контролирование DLT-системы, с сохранением степени защищенности данных от изменений, – хорошим выбором станет использование системы HASHGRAPH или DAG, так как они считаются надежными и уже используются многими крупными компаниями. Системы HOLOCHAIN и TRACECHAIN не имеют такой популярности как предыдущие системы, но они очень перспективны: HOLOCHAIN имеет неограниченную масштабируемость, TRACECHAIN предлагает систему, которая использует искусственный интеллект, что позволяет ей быть еще более защищенной, чем конкуренты. Выбор определенной системы зависит от поставленной задачи, бюджета и количества конечных, постоянных пользователей, иногда выгоднее не строить новую систему на базе DLT, а комбинировать их с уже распространенными решениями, что позволит достичь защищенности в необходимых сферах и достаточной масштабируемости.

Список литературы

1. Федеральный закон от 31 июля 2020 г. № 259-ФЗ «О цифровых финансовых активах, цифровой валюте и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Рос-

сийской Федерации». [Электронный ресурс]. URL: <https://rg.ru/2020/08/06/tsifra-dok.html> (дата обращения: 15.12.2021).

2. Чепкова Т. Что такое технология распределенного реестра. [Электронный ресурс]. URL: <https://beincrypto.ru/learn/chto-takoe-tehnologiya-raspredeleennogo-reestra/> (дата обращения: 15.12.2021).

3. Шустов Д. Блокчейн и технология распределенных реестров. [Электронный ресурс]. URL: <https://ex4.ru/blockcheyn/blokcheyn-i-tehnologiya-raspredeleennyh-reestrov/> (дата обращения: 15.12.2021).

4. Клейн Д. Технология распределенного реестра DLT за рамками блокчейна. [Электронный ресурс]. URL: <https://crypto-fox.ru/faq/distributed-ledger-technology> (дата обращения: 15.12.2021).

5. Разные типы распределенных реестров и принципы их работы. [Электронный ресурс]. URL: <https://cryptor.net/kriptovalyuty/different-types-of-dlts> (дата обращения: 15.12.2021).

6. HEDERA (HashGraph). [Электронный ресурс]. URL: <https://hedera.com/> (дата обращения: 15.12.2021).

7. Направленный ациклический граф (DAG). [Электронный ресурс]. URL: [https://ru-bitcoinwiki-org.turbopages.org/ru.bitcoinwiki.org/s/wiki/Направленный_ациклический_граф_\(DAG\)](https://ru-bitcoinwiki-org.turbopages.org/ru.bitcoinwiki.org/s/wiki/Направленный_ациклический_граф_(DAG)) (дата обращения: 15.12.2021).

8. HOLOCHAIN open platform. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.holochain.org/> (дата обращения: 15.12.2021).

9. Хачатурян С. Российские энтузиасты разработали TraceChain, удешевлённую альтернативу блокчейну. [Электронный ресурс]. URL: <https://tproger.ru/news/tracechain-blockchain-alternative/> (дата обращения: 15.12.2021).

10. Малиничев Д.М., Ионова А.К., Черный Ф.Ю., Чинкиров В.В. Tracechain или российский блокчейн // Аллея науки. 2018. № 9. С. 890–899.

11. HOLOCHAIN open platform. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.holochain.org/> (дата обращения: 15.12.2021).

12. Помазкова Е.Е. Сравнительный анализ блокчейна и альтернативных технологий распределенного реестра // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2019. № 4–2. С. 43–50.

13. TraceChain major benefits. [Электронный ресурс]. URL: <https://medium.com/metahash/tracechain-major-benefits-6808f9d94fae> (дата обращения: 15.12.2021).