

УДК 338.364.4

DOI:10.37890/jwt.vi83.602

Анализ и проектирование бизнес-процессов блокчейн в логистических компаниях

М.В. Фирсов

ORCID: 0009-0001-1377-1598

А.С. Степанова

ORCID: 0000-0002-6611-1518

А.А. Крит

ORCID: 0000-0003-5194-7910

Волжский государственный университет водного транспорта, г. Нижний Новгород

Аннотация. За последние два десятилетия отрасли грузоперевозок, логистики и коммерческого транспорта претерпели значительное количество технологических инноваций, позволяющих уменьшить стоимость комбинированной доставки.

Технология блокчейн, которая стала известна с 2008 года благодаря криптовалютам, в настоящее время является технологией, которая обещает трансформировать логистическую и транспортную отрасли наряду с искусственным интеллектом и машинным обучением.

В статье проводится анализ преимуществ применения блокчейн в логистической сфере, исследуется реализация смарт-контрактов для логистической системы, особенности бизнес-процессов блокчейн в логистических компаниях с целью повышения их эффективности и дальнейшей разработки программного кода блокчейн системы.

Центральным звеном данных бизнес-процессов является выбор вариантов реализации консенсуса блокчейн. Приводится методика и дополнительные условия внедрения блокчейн в логистике.

Ключевые слова: бизнес-процесс, блокчейн, blockchain, смарт-контракт, логистика, система мониторинга.

Analysis and design of blockchain business processes in logistics companies

Michail V. Firsov

ORCID: 0009-0001-1377-1598

Alla S. Stepanova

ORCID: 0000-0002-6611-1518

Andrey A. Krit

ORCID: 0000-0003-5194-7910

Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia

Abstract. Over the past two decades, the trucking, logistics, and commercial transportation industries have undergone a significant number of technological innovations to reduce the cost of combined shipping.

Blockchain technology, which has become famous since 2008 thanks to cryptocurrencies, is currently a technology that promises to transform the logistics and transportation industries along with artificial intelligence and machine learning.

The article analyzes the advantages of using blockchain in the logistics sector, examines the implementation of smart contracts for the logistics system, the specifics of blockchain business processes in logistics companies in order to increase their efficiency and further develop the software code of the blockchain system.

The central link of these business processes is the choice of options for implementing blockchain consensus. The methodology and additional conditions for the implementation of blockchain in logistics are presented.

Keywords: business process, blockchain, blockchain, smart contract, logistics, monitoring system.

Постановка проблемы

Блокчейн обладает многими преимуществами. Децентрализация основа блокчейн позволяет повысить объективность контроля логистических бизнес-процессов, повысить их безопасность, ускорить реализацию и повысить в целом их управляемость. Совместное использование инфраструктуры блокчейн должно снизить издержки.

Однако сама процедура консенсуса неоднозначна, и каждый раз определяется требованиями заказчика, отраслевой принадлежности, масштабами деятельности и т.д. Сами бизнес-процессы зависят как от отраслевой принадлежности, так и процедуры консенсуса. Поэтому остро встает вопрос идентификации и анализа бизнес-процессов блокчейн именно для логистических систем с целью повышения их эффективности и дальнейшей разработки программного кода блокчейн системы для логистических компаний. Важно исследовать бизнес-процессы блокчейн параллельно с логистическими бизнес-процессами.

Автоматизированных систем управления логистическим бизнесом много. Важно исследовать и понять, что же нового привносит блокчейн для повышения эффективности логистического бизнеса.

В то же время реализованных проектов блокчейн в логистической сфере пока немного.

Цель статьи – представить концепцию разработки бизнес-процессов блокчейн и их внедрения в логистических системах.

Предпосылки применения блокчейн в логистике

Технология блокчейн позволяет решить разные проблемы на транспорте и в логистике, такие как задержки платежей и споры. Около 140 миллиардов долларов США в день задерживаются из-за споров о платежах [1].

Технология блокчейн приносит следующие преимущества в логистике и грузоперевозках:

- Скорость платежей. Блокчейн позволяет проводить транзакции и платежи через свои узлы, в том числе международные очень быстро. По сути, ограничением является только время на формирование новых блоков в цепочке блокчейн и на последующее обеспечение общей надежности сети, предотвращение ошибок и возвратов платежей при ветвлении цепи.

- Формирование справедливой цены. Внедрение блокчейн в логистические процессы позволяет транспортным компаниям значительно сэкономить на уменьшении количества логистических брокеров и других посредников, за счет формирования более справедливой цены на услуги перевозки в отсутствие искажающего влияния посредников. Смарт-контракты могут заключаться напрямую между пользователями и транспортными компаниями, в том числе в цифровой валюте. Блокчейн в логистике экономит оборотные средства и снижает стоимость услуг.

- Прозрачность. Каждая операция движения товара, начиная от его производства и заканчивая конечным потребителем, регистрируется в блокчейне через неизменяемую запись. Это позволяет всем участникам цепочки поставок отслеживать товары в реальном времени, что значительно снижает вероятность мошенничества,

потерь и краж. Результаты транзакций не могут быть изменены. Их можно отслеживать в реальном времени.

Благодаря прозрачности бизнес-процессов, компании могут резко сократить время обработки документов. Это сократит общее время прохождения грузов через логистические точки и более быстрой доставке товаров конечному потребителю. Клиенты получают доступ к данным об истории происхождения товара и истории транспортировки, где набор данных может впечатляющим, а детализация ограничивается только условиями смарт-контракта и возможностями технологий технического контроля. Это особенно актуально для цепочек поставок, связанных с продуктами питания, опасными грузами, фармацевтическими изделиями, где безопасность и соблюдение стандартов качества играют критическую роль. Также важно отслеживать момент повреждений изделий при транспортировке.

– Безопасность данных. С учетом большого объема передаваемых и обрабатываемых данных, блокчейн предоставляет высокую степень защиты, поскольку каждая запись (блок) в цепи закодирована и связана с предыдущей. Благодаря децентрализованной природе блокчейна, не будет сбоя, который приведет к потере данных. Участники могут быть уверены, что информация, хранящаяся в блокчейне, безопасна и недоступна для несанкционированного изменения.

– Повышение уровня доверия. В традиционных логистических сетях доверие между участниками часто ставится под сомнение, что может привести к нарушению условий контрактов и задержкам в доставке. Блокчейн создает неизменяемую и прозрачную запись всех транзакций, что повышает доверие между бизнес-партнерами.

– Анализ и прогнозирование. Система блокчейна неизменно генерирует обширные данные о каждой транзакции. Эти данные могут быть использованы для глубокой аналитики и прогнозирования трендов в цепочке поставок. Логистические компании могут анализировать поведение потребителей, оптимизировать маршруты доставки и предсказывать потенциальные проблемы, такие как задержки или дефициты, что позволит минимизировать риски и лучше планировать ресурсы. Обработка и анализ этих данных становятся более эффективными благодаря блокчейну, так как информация уже централизована и доступна в реальном времени. Это создает возможность для компаний адаптироваться к изменениям на рынке и предложениям потребителей более гибким образом.

– Глубокое использование технологий. Использование RFID-меток – уже устоявшаяся практика в цепочке поставок. Однако блокчейн идет дальше и записывает данные с RFID-меток в неизменяемую историю производства и транспортировки продукции.

– Повышение надежности грузовых перевозок. Многие транспортные компании настороженно относятся к онлайн-доскам погрузки, потому что данные часто могут путаться или дублироваться, что дает ненадежное представление о спросе. С помощью блокчейна грузоотправители могут публиковать грузы с отметками времени, которые записываются и проверяются децентрализованной сетью. Груз не может быть продублирован и данные сохранят свою целостность.

Таблица 1

Отличие технологии автоматизации контроля доставки с помощью RFID-меток (RFID) от технологии блокчейн

Исследуемые признаки	Характеристика признака для технологий	
	RFID	Блокчейн
Хранение данных	централизованное	распределённое
Уровень проникновения (охвата) логистических бизнес-процессов	Точечный в соответствии с требованиями оформления груза	Сплошной согласно смарт-контракту, включая производственные процессы
Стандарты	Соблюдение обязательных стандартов безопасности перевозки и правил оформления грузов	Соблюдение добровольных отраслевых стандартов блокчейн

Основные риски блокчейна заключаются в потере или краже приватных ключей, необходимых для участия в блокчейне, а также при использовании программ-мостов при интеграции разных систем блокчейн.

Проекты Блокчейн на практике финансируются и разрабатываются в рамках альянсов транспортных и логистических компаний. Так, транспортном альянсе (ViTA) насчитывает около 500 членов из более чем 25 стран.

Члены альянса выдвинули общую миссию – способствовать внедрению новых технологий. Чтобы успешно работать в этом направлении, они разрабатывают отраслевые стандарты, обучают участников отрасли блокчейн-технологиям и поощряют внедрение этих технологий. В совет директоров ViTA входят представители крупных логистических компаний, таких как FedEx и UPS, и транспортных компаний, таких как Delta, BNSF и Daimler.

Следует сказать об отличительных особенностях блокчейн от автоматизации контроля доставки с помощью RFID-меток (табл.1).

Само по себе оснащение груза RFID-меткой для автоматизации отслеживания местоположения и взаимодействия между разными участниками логистической цепочки, измерения важных показателей (температура, влажность и т.д.) может применяться и без блокчейн на централизованном сервере.

Но большое количество бюрократических процедур приводит к увеличению стоимости доставки в среднем на 30%. Количество споров между контрагентами в логистической цепи также огромно. Именно с целью решить эти проблемы стала применяться распределенная технология блокчейн.

Тенденции интеграции данных в бизнесе и роль блокчейн в интеграции

Для управления внутренними бизнес-процессами предприятия используются так называемые ESB и BPM.

ESB (Enterprise Service Bus) обеспечивает сложную интеграцию и обмен данными между приложениями внутри предприятия.

BPM (Business Process Management) используется для моделирования, автоматизации бизнес-процессов на предприятиях с целью повышения их производительности, эффективности и гибкости.

В рамках ESB и BPM обмен информацией по контрактам между компаниями не обеспечивает полного контроля всей цепочки одного интегрированного в рамках нескольких компаний бизнес-процесса.

На текущем горизонте развития именно технология блокчейна обеспечивает прозрачность такого интегрированного процесса.

В блокчейне все участники работают с одним бизнес-процессом на основе смарт-контрактов. Общее состояние по всем входящим бизнес-процессам хранится в распределенном реестре.



Рис. 1. Место блокчейн в развитии структуры и инструментов интеграции бизнес-процессов

Блокчейн рассматривается в качестве следующего этапа эволюции интеграции бизнес-процессов [2].

Общая эволюция интеграции бизнес-процессов и технических средств представлена на рис.1. От протоколов FTP перешли к API (WSDL, SOAP). А теперь все перечисленные протоколы работают в рамках смарт-контрактов. Следующий этап – подключение к смарт-контрактам искусственного интеллекта в лице агентов.

Контроль общих данных и бизнес-процессов вовне компании с помощью блокчейн не подходит для всех компаний. Такое возможно применять только в определенных отраслях и на тех предприятиях, где процессы можно и хотят стандартизировать.

Следующим этапом интеграции является вовлечение в блокчейн агентов на основе искусственного интеллекта, способных самостоятельно выстраивать цепочки и заключать договора поставки.

В результате внедрения блокчейн и электронных агентов значительно сокращается количество грузовых брокеров и других посредников.

Анализ бизнес-процессов передачи информации технологии блокчейн

Для описания бизнес-процессов и технологии блокчейн будем следовать методике, используемой для проектирования бизнес-процессов.

Технологию блокчейн как комплексная структура включает в себя элементы: бизнес-процессы, смарт-контракты, технологии защиты информации и компьютерную программу.

Данные, которые могут входить в смарт-контракт блокчейна логистической компании:

- Идентификация сторон, участвующих в сделке. Это могут быть отправители, получатели, транспортные компании, страховые организации. Все участники должны быть подтверждены через их уникальные идентификаторы в блокчейне.

- Условия выполнения контракта. Смарт-контракт должен включать четкие условия доставки, такие как место отправления, конечный пункт, время доставки и допустимые задержки, маршруты, объём, характеристики груза и стоимость услуг. Может отдельно прописываться вся цепочка движения груза. Эта информация помогает автоматически отслеживать и проверять выполнение обязательств сторон, промежуточные этапы и альтернативные маршруты.
- Условия транспортировки. Включает описание груза, его вес, объём, стоимость. Смарт-контракт позволяет отслеживать температуру, влажность, уровень наклона, вибрацию, уровень шума в процессе доставки. В случае достижения предельных значений параметров программный компонент смарт-контракта рассылает сторонам логистической сделки сообщение о событии и, либо реализует, либо предлагает альтернативные варианты бизнес-процесса.
- Условия оплаты и финансового учёта. Включают стоимость перевозки, сроки платежей и валюту расчетов. Можно предусмотреть возможность автоматического списания средств с кошелька отправителя в момент выполнения условий доставки.
- Механизмы мониторинга и отчетности. Для логистических компаний важно отслеживать движение грузов в реальном времени. Смарт-контракты могут взаимодействовать с IoT-устройствами, которые обеспечивают обновления о местонахождении груза, его состоянии и других ключевых параметрах. Информация о статусе выполнения договора будет автоматически обновляться в самом смарт-контракте.
- Правила разрешения споров. В смарт-контракте должна быть предусмотрена процедура, которая позволит сторонам разрешать конфликты. Это может быть сделано путем автоматического обращения к третьей стороне в случае несоответствия или нарушения условий контракта.

Можно выделить следующие основные элементы информационных процессов блокчейн.

Токен – расчетная единица либо эквивалент актива. Токены в логистике нужны для быстрых расчетов. Если нужен дополнительный выпуск в рамках логистического альянса, то он должен быть ограничен скоростью товарооборота в логистической системе в виде процента от товарооборота. В логистике это может быть крипто-валюта, выпускаемая для оплаты услуг в логистической цепи с учетом затрат на амортизацию инфраструктуры блокчейн.

Транзакция – совокупность действий клиентов и участников логистического альянса в рамках одной неделимой логистической операции (перемещение товара и оформление электронных документов, оплата). Операция атомарна, и отменяется в случае отмены хотя бы одного ее элемента.

Результат действий на выходе из транзакции определяет состояние. Результаты всех транзакций определяют состояние сети блокчейн и ее физического аналога - логистической цепи.

Узлы сети генерируют и упаковывают транзакции в блоки, блоки – в цепочки блоков и рассылают их между собой [3], [4].

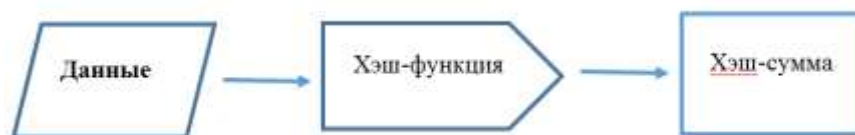


Рис. 2. Формирование хэш-суммы

Цепочка блоков содержит состояние переменных по всем транзакциям в хронологической последовательности выработки блока.

Для идентификации транзакций и блоков в блокчейн вычисляется хэш-сумма (набор байт) с помощью хэш-функции, которая выражается через данные транзакции и блоков (рис.2). Данную математическую функцию нельзя определить за разумное время. Коллизия по хэш-сумме разрешается путем сравнения всех элементов транзакции или блока.

Блоки и транзакции подписываются электронной подписью для идентификации узла.

Результаты транзакций и транзакции в блоках вместе с их хэш-суммами шифруются по распространенному алгоритму с публичным и частным (закрытым) ключом. Ключи генерируются при использовании электронной подписи (рис.3).

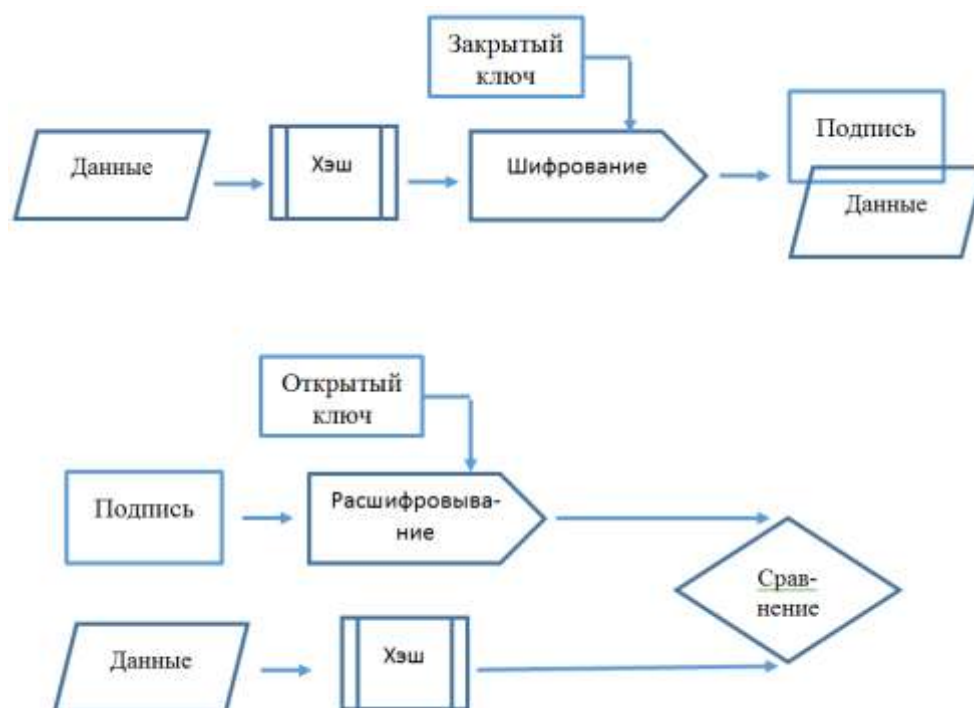


Рис. 3. Использование электронной подписи

Зашифрованные вместе с данными и рассчитанные на основе полученных данных хэш-суммы при валидности данных одинаковые [5]. Подделать все данные и хэш-суммы за разумное время невозможно.

В данные по каждому блоку включают хэш предыдущего блока (рис.4).

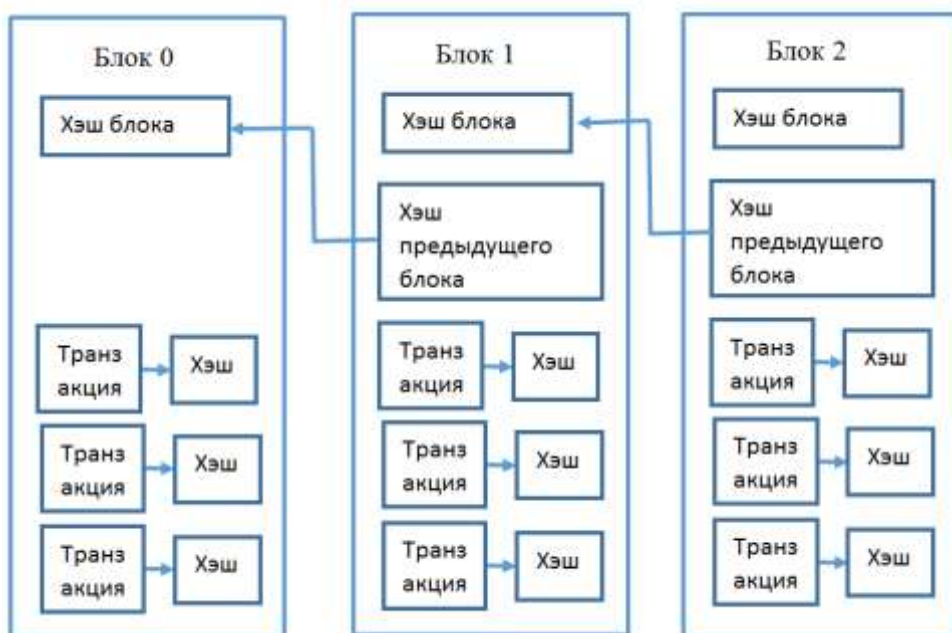


Рис. 4. Формирование цепочки блоков

Владельцы компаний логистической цепи, логистические брокеры, а также их клиенты осуществляют транзакции через узлы сети. Узлы генерируют транзакции и упаковывают их в блоки. Для обмена в сети по протоколу используют программный компонент – кошелек (рис.5). Также есть специализированные узлы

По мере накопления транзакций на их основе узел-генератор создает новый блок. Рассылка блока по сети обеспечивает сохранность и доступность данных в сети.



Рис. 5. Взаимодействие узлов в сети блокчейн

Генерация и валидация блока предполагают использование взаимосвязанного алгоритма консенсуса, позволяющего сети эффективно работать.

Анализ возможных вариантов реализации консенсуса блокчейн в логистике

Консенсус необходим для нормального функционирования распределенной сети.

В попытке балансировать затраты и надежность доставки данных было разработано множество алгоритмов консенсуса.

Теорема CAP Эрика Брюэра говорит о невозможности распределенной системы одновременно реализовать три условия: согласованности, доступности и устойчивости к разделению. При отключении каких-либо узлов от сети, система будет выбирать между согласованностью и доступностью.

Рассмотрим основные понятия, входящие в аббревиатуру CAP.

Согласованность предполагает одинаковые данные во всех узлах в определенный момент времени.

Доступность предполагает возможность получить необязательно идентичных данных в любой момент от разных компонент системы.

Устойчивость предполагает функциональную работу критического большинства узлов сети.

Разработка консенсуса сродни нахождению компромисса по требованиям теоремы CAP.

Применение CAP-теоремы в разработке бизнес-процессов предполагает следующие действия:

- Провести анализ требований к бизнес-процессам логистической системы. Как правило, логистические бизнес-процессы допускают некоторую задержку поступления финансовых данных. В приоритете могут быть технические данные для обеспечения безопасности движения. Тонкий момент, это расчет критически важных промежутков задержки информации, так как это влияет на точность, безопасность и, наконец, затраты на построение системы логистического блокчейна.

Для блокчейн наибольшее применение имеют два алгоритма консенсуса: proof of work (PoW) и proof of Stake (PoS).

Сразу нужно отметить, что в биткойн-блокчейне узлы заранее не определены и подключаются к сети хаотично. Поэтому выработка консенсуса обеспечивается алгоритмом шифрования самой сети биткойна, использующим доказательство работы (PoW).

Узлы-генераторы перебирают хэша с целью найти тот, в котором зашифрованы данные: версия ПО, хэш предыдущего блока, корень Меркла с актуальным состоянием всех транзакций в блокчейне, временной штамп, уровень сложности, случайное значение nonce.

Мощность биткойн-сети стремительно увеличивается, что снижает вероятность атаки на сеть из-за ее дороговизны. Любой узел-генератор обладает данными по транзакции кроме nonce, поэтому перебирает число nonce. Узел, который первый подобрал значение nonce, получает вознаграждение за работу. Данный алгоритм предполагает многочисленное дублирование вычислительной работы у соревнующихся за вознаграждение узлов.

Потому появились варианты новых алгоритмов.

В алгоритме proof of Stake (PoS), или доказательстве доли владения, узлы-валидаторы блока получают вознаграждение и выбираются случайно. Узел-валидатор выбирается чаще, если вносит залог для возмещения потерь от своих действий и имеет на балансе высокую долю криптовалюты [6].

Proof of Elapsed Time (PoET), доказательство потраченного времени. В этом алгоритме узлы ждут произвольный промежуток времени, чтобы начать генерировать новый блок.

PoE, Proof of Ethic, доказательство на основе этических правил. Данный алгоритм дает возможность зарабатывать вознаграждение всем узлам сети.

И ряд других алгоритмов.

Коммерческие блокчейны и вовсе могут проводить валидацию централизованно по своему алгоритму.

Для консорциума логистических компаний наиболее предпочтительным видится алгоритм PoE.

Кратко алгоритм PoE можно представить так:

1. Узел создает транзакцию.
2. Сеть выбирает узел-генератор.
3. Узел-генератор формирует транзакцию.
4. Сеть выбирает узел-валидатор.
5. Узел-валидатор проверяет правильность транзакции.
6. Сеть выбирает узлы-генераторы для блока.
7. Сеть выбирает узлы-валидаторы для блока.
8. Узел-валидатор проверяет правильность созданного блока.
9. Узел-валидатор отправляет проверенный блок другим узлам сети.

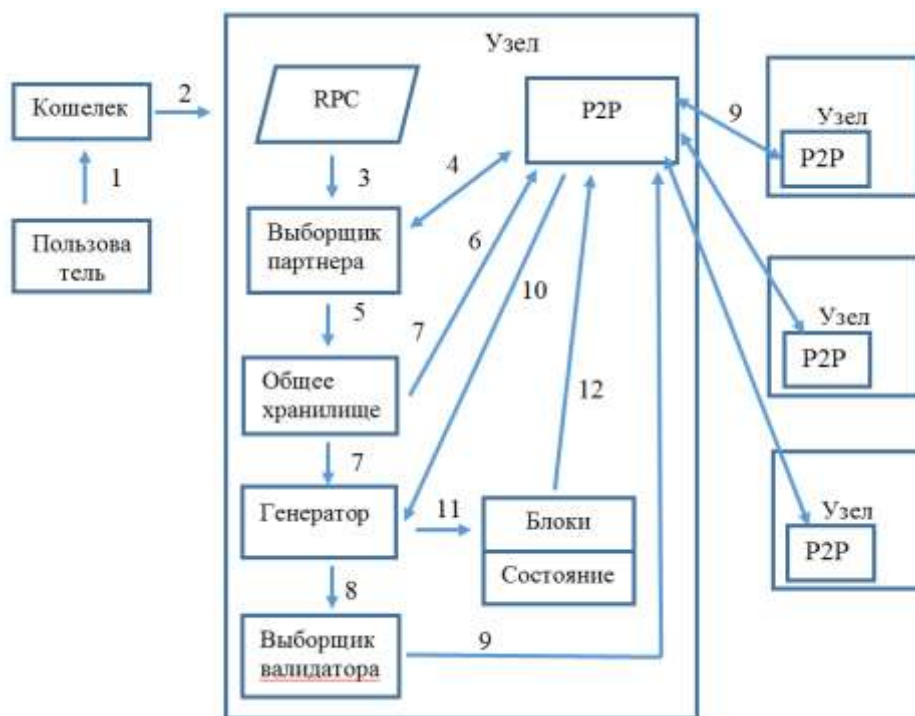


Рис. 6. Архитектура системы блокчейн

Алгоритм PoE обладает следующими достоинствами:

- Надежность обеспечивается случайным выбором валидаторов.
- Масштабируемость обеспечивается высокой скоростью обработки транзакций, без дублирования работы на перебор хэшей.
- Децентрализация обеспечивает более высокую сохранность и непредвзятость данных.
- Безопасность обеспечивается за счет установки рейтинга надежности узлам.

- Все участники сети получают за работу компенсацию как часть логистической услуги (фрахта)

Выбранный для логистической цепи консенсус определяет бизнес-процессы в сети блокчейн. Рассмотрим подробнее его основные этапы:

- 1 - Пользователь (участник логистической цепи) через кошелек подключается к узлу сети.
- 2 - Используя интерфейс кошелька, пользователь через вызов удаленной процедуры Remote Procedure Call (RPC) на узле дает распоряжения на осуществление транзакции.
- 3 - RPC создает и передает транзакцию программному компоненту на этом или другом узле сети для выбора узла-партнера.
- 4 - Программный компонент выбирает узел- партнер и через сервер P2P отправляет выбранному узлу транзакцию на подпись. Партнер возвращает подпись для включения в транзакцию.
- 5 - Транзакция сохраняется в памяти узла.
- 6 - Транзакция рассылается по сети для сохранения на узлах.
- 7 - Узел копит в хранилище транзакции до объема, необходимого для генерации блока. Если узел выбран в качестве генератора, то транзакции из хранилища отправляются в программный компонент-генератор.
- 8 - Генератор создает блок и пересылает его в программный модуль для выбора валидатора.
- 9 - Программный модуль выбирает узлы-валидаторы и рассылает им сгенерированный блок по сети.
- 10 - Валидаторы на узлах проверяют блок, создают подписи и отправляют их в генератор на выбранном узле-генераторе.
- 11 - Подписи включаются в блок. Генератор пересылает созданный блок в хранилище. Номер блока будет использован для генерации следующего блока.
- 12 - Блок рассылается по сети (рис.6) [5].

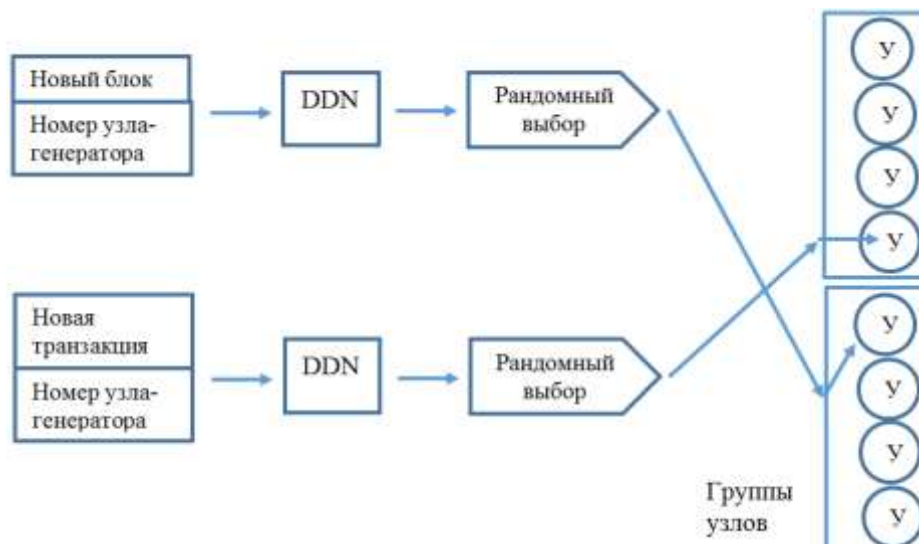


Рис. 7. Выбор узлов-генераторов

Узлы для партнерства и валидации выбираются на основе случайного числа, так называемого Data Dependable Number (DDN). Это число зависит от хэша блока и идентификатора узла (рис.7).

Узел в сети распознают на основе публичного ключа, который есть у каждого узла блокчейн-сети.

Анализ алгоритма консенсуса позволяет сделать вывод, что для логистических компаний он должен определять прозрачность и степень доминирования отдельных владельцев узлов и узлов-валидаторов.

Таблица 2

Свойства основных алгоритмов консенсуса блокчейн

Исследуемые признаки	Характеристика признака для алгоритмов	
	Доказательство работы (PoW)	Доказательство на основе этических правил (PoE)
Хранение данных	распределённое	распределённое
Уровень надёжности	очень высокий, сговор невозможен	Средний, возможен сговор и объединение в группы внутри логистического альянса
Уровень затрат на один блок	очень высокий	низкий
Степень прозрачности логистических бизнес-процессов	согласно отраслевым стандартам логистического альянса и смарт-контракту	согласно отраслевым стандартам логистического альянса и смарт-контракту
Ликвидность финансовых средств в системе блокчейн	Очень высокая	Невысокая, согласно стандартам логистического альянса

С учетом проведенного анализа можно выделить следующие свойства основных алгоритмов консенсуса (табл.2)

Проблемы проектирования и функционирования бизнес-процессов блокчейн

Ограничение производительности сети. Превышение порогового объема транзакций приведет к перегрузке оборудования, медленному работе сети, задержкам проведения транзакций, валидации транзакций и блоков. Отсутствие общих стандартов может приводить к несовместимости совместной работы разных блокчейн-систем.



Рис. 8. Хардфорк

Создание так называемых «мостов» между блокчейн-системами для отправки данных приводит к снижению безопасности сети ввиду уязвимости «узлов-переходников».

Также следует выделить проблему так называемых форков, то есть разделения сети на две отдельные ветви (две отдельных сети).

Можно выделить следующие разновидности форков.

Хардфорк — изменение протокола блокчейна, которое приводит к недействительности ранее выпущенных (к моменту форка) старых блоков и транзакций.

Все узлы сети должны обновить свои программные компоненты для продолжения работы в обновленной сети. Хардфорк бывает как запланированным (для улучшения функций и безопасности сети), так и вызван разногласиями владельцев узлов. Если разногласия не решаются, то продолжают работу уже сразу две системы блокчейн за счет разделения цепи блоков (рис.8).

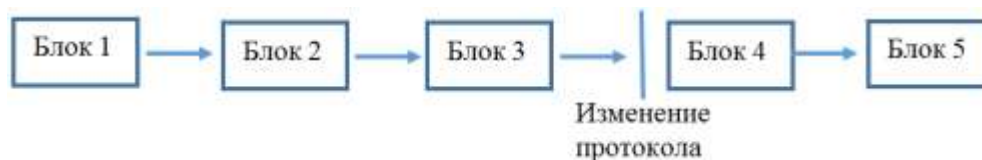


Рис. 9. Выбор узлов-генераторов

Софтфорк — это мягкая форма обновления сети блокчейн. Предполагает обновление протокола на совместимый с более ранними его версиями. Узлы продолжают работать в одной цепи блоков без разделения на отдельные сети (рис.9).

Форк (раздвоение сети) может получаться вследствие ошибок. Например, при получении одновременного доступа к блоку двумя узлами. Когда каждый узел распространяет свой блок в сеть узлам, с которыми взаимодействует. Узлы выбирают один из двух блоков и начинают производить следующий блок отталкиваясь от выбранного.

Решением этой проблемы является ожидание, какой блок будет произведен следующим, а также к какой цепочке он присоединится. Победителем будет цепь, которая длиннее. На величину ожидания как правило, откладывают совершение платежей по транзакции.

Для уменьшения влияния и количества форков можно проводить многократные проверки валидности транзакций, увеличения количество узлов-валидаторов.

Данные мероприятия не будут критичны по времени обработки в логистическом блокчейне.

Если рассматривать внедрение блокчейн именно в логистической цепочке, с целью и обеспечения транзакций без генерации новых «монет», вполне можно пойти на снижение производительности, а также на отсутствие конкуренции в создании блока среди ограниченного круга узлов-генераторов.

Методика внедрения блокчейн в логистике

Следует особое внимание уделять не только разработке, но и внедрению блокчейн-системы.



Рис. 10. Методика внедрения блокчейн в логистике

1. Определение цели и показателей эффективности.

Кроме грамотной формулировки цели необходимо настроить метрики эффективности, чтобы измерить, насколько хорошо работает интеграция блокчейна.

2. Модернизация тары и упаковки под цели блокчейн – как концептуально, так и на уровнях конструкции тары и технологии работы специальных датчиков и меток. Внедрение дополнительной функция видеofиксации и хранения для перевозок на платформе блок-чейн.

3. Модернизация маршрутов доставки. Применение комбинированной тары под погрузку-разгрузку мелких грузов по пути следования. Применение беспилотников для непосредственной доставки вдоль береговой линии. Также необходимо осуществлять мероприятия по модернизации портовой инфраструктуры [7].

3. Разработка минимально жизнеспособного продукта блокчейн

Создание минимально жизнеспособного продукта (Minimal Viable Product MVP) — это разумный шаг для проверки идеи блокчейна без того, чтобы инвестировать все деньги сразу. Это позволяет собирать реальные отзывы и вносить улучшения на основе реального пользовательского опыта.

В договоре оказания транспортных услуг необходимо максимально подробно описать программную реализацию смарт-контракта.

Все это поможет проверить концепцию внедрения, прежде чем вкладывать больше времени и ресурсов в интеграцию блокчейна.

4. Тестирование смарт-контрактов

Стремясь к функциональности, безопасности и надежности, необходимо проводить тщательное тестирование для проверки того, что смарт-контракты работают без сбоев и остаются безопасными, интеграция с блокчейном работает должным образом. Необходимо включить модульные тесты для изучения каждого компонента, интеграционные тесты, чтобы увидеть, как все детали соединяются вместе, и стресс-тесты, чтобы выяснить, как система справляется с большими объемами.

5. Планирование системной интеграции (рис.10)

Чтобы сделать процесс более плавным, создайте подробный план того, как блокчейн будет работать с вашими текущими системами и рабочими процессами. Это может означать обновление старых систем, создание новых

интерфейсов данных или настройку процессов, чтобы освободить место для блокчейна.

6. Вовлечение команды

Когда команда вовлечена и хорошо информирована, она с большей вероятностью примет новую технологию и поможет сделать интеграцию блокчейна успешной.

7. Постоянное совершенствование системы блокчейн

Необходимо регулярно проводить регулярный аудит безопасности, следить за тем, соответствует ли ваша система поставленным целям, искать возможности для ее улучшения и корректировки.

Заключение

Большое количество бюрократических процедур приводит к увеличению стоимости доставки. Количество споров между контрагентами в логистической цепи также огромно. Именно с целью решить эти проблемы стала применяться распределенная технология блокчейн.

С использованием блокчейна модели общих данных и бизнес-процессов перемещаются в общие корпоративные сети. Следующим этапом интеграции является вовлечение в блокчейн агентов на основе искусственного интеллекта, способных самостоятельно выстраивать цепочки и заключать договора поставки.

Методика внедрения блокчейн в логистике предполагает модернизацию тары и упаковки под цели блокчейн – как концептуально, так и на уровнях конструкции тары и технологии работы специальных датчиков и меток, модернизацию маршрутов доставки, применение комбинированной тары под погрузку-разгрузку мелких грузов по пути следования.

Для балансирования затрат, прозрачности и надежности доставки данных в блокчейн в первую очередь следует определить или разработать ключевой элемент реализации бизнес-процессов блокчейн - алгоритм консенсуса. Алгоритм консенсуса должен определять степень доминирования и прозрачность владельцев узлов.

Список литературы

1. How blockchain is revolutionizing the world of transportation and logistics (infographic) - <https://www.winnesota.com/blockchain/> (дата обращения 22.01.2025).
2. The next integration evolution - blockchain. - <https://techcrunch.com/2019/02/05/blockchain-as-integration-evolution/> (дата обращения 22.01.2025).
3. Фирсов М.В. Роль 3D-маркетинга в конструировании бизнес-процессов. / М.В. Фирсов // Маркетинговые коммуникации. - 2016.- №3.- С.164–172.
4. Фирсов М.В. Концепция разработки компонентов безопасности на основе развития бизнес-процессов логистики компании. / М.В. Фирсов // Научные проблемы водного транспорта. – 2024. - №79(2). - С.164–176.
5. Виталий Ткаченко. История одного блокчейна. - 18 окт 2024. - <https://habr.com/ru/articles/851628/> (дата обращения 22.01.2025).
6. Алгоритмы Консенсуса в Блокчейне: POW, POS и другие. Какие бывают? Отличия <https://bytwork.com/articles/consensus> (дата обращения 22.01.2025).
7. Сухарев Д.Н., Костров В.Н., Ничипорук А.О., Почакаева О.В. Концептуальный методический подход к формированию инновационной портовой транспортно-логистической инфраструктуры в рамках территорий опережающего развития // Научные проблемы водного транспорта. – 2024. - №81(4). - С.164–176.

References

1. How blockchain is revolutionizing the world of transportation and logistics (infographic). Available at: < <https://www.winnesota.com/blockchain> > (accessed 22.01.2025).

2. The next integration evolution - blockchain. Available at: < <https://techcrunch.com/2019/02/05/blockchain-as-integration-evolution/>> (accessed 22.01.2025).
3. Firsov M.V. Rolj 3D-marketinga v konstruirovanii biznes-processov [The role of 3D marketing in business process design]. Journal of Marketing communications. 2016, no 3, pp. 164–172. (In Russ).
4. Firsov M.V. Kontseptsija razrabotki komponentov bezopasnosti na osnove razvitija biznes-protsessov kompanii [The concept of developing security components based on the development of business processes in the company's logistics] // Scientific problems of water transport. 2024, no 79, pp. 164–176. (In Russ).
5. Vitalii Tkachenko. Istorija odnogo blokchajna [The history of one blockchain]. - October 18, 2024. - <https://habr.com/ru/articles/851628/> (accessed 22.01.2025).
6. Algoritmi konsensusa v blockchain: POW, POS I drugii. Kakii bivajut? Otlicija. [Consensus algorithms in the Blockchain: POW, POS and others. Which ones are there? Differences.] Available at: < <https://bytwork.com/articles/consensus>> (accessed 22.01.2025).
7. Suharev D.N., Kostrov V.N., Nichiporuk A.O., Pochekaeva O.V. Kontseptualnii metodicheskii podhod k formirovaniju innovatsionnoi portovoi transportno-logisticheskoi infrastrukturi v ramkah teritorii operezhajushego razvitija [A conceptual methodological approach to the formation of an innovative port transport and logistics infrastructure within the territories of advanced development] // Scientific problems of water transport. 2024. no 81, pp. 166–174. (In Russ).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Фирсов Михаил Владимирович, профессор, д.э.н., профессор кафедры Систем информационной безопасности, управления и телекоммуникаций, Волжский государственный университет водного транспорта (ФГБОУ ВО ВГУВТ) 603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, e-mail: fimv@inbox.

Michail V. Firsov, Ph.D. in Economic Science, Associate Professor of the Department of Information Security, Management and Telecommunications Systems, Volga State University of Water Transport, 5, Nesterov st, Nizhny Novgorod, 603951

Степанова Алла Сергеевна, доцент кафедры иностранных языков и конвенционной подготовки, Волжский государственный университет водного транспорта (ФГБОУ ВО ВГУВТ), 603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, e-mail: allastepanova@mail.

Alla S. Stepanova, Candidate of Philological Sciences, Associate Professor of the Department of Foreign Languages and Convention Training, Volga State University of Water Transport, 5, Nesterov st, Nizhny Novgorod, 603951

Крит Андрей Александрович, аспирант кафедры Систем информационной безопасности, управления и телекоммуникаций, Волжский государственный университет водного транспорта (ФГБОУ ВО ВГУВТ) 603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, e-mail: qgc89092850880@gmail.com

Andrey A. Krit, PhD student of the Department of Information Security, Management and Telecommunications Systems, Volga State University of Water Transport, 5, Nesterov st, Nizhny Novgorod, 603951

Статья поступила в редакцию 27.01.2025; опубликована онлайн 20.06.2025.
Received 27.01.2025; published online 20.06.2025.