

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ДОРОЖНЫМ ДВИЖЕНИЕМ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИИ БЛОКЧЕЙН И ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ

DOI: 10.36724/2072-8735-2022-16-10-28-35

Manuscript received 07 August 2022;
Accepted 10 September 2022

Го Аохуа,
Донской Государственный Технический Университет
г. Ростов-на-Дону, Россия,
runa666.6@mail.ru

Ключевые слова: дорожное движение, блокчейн; интеллектуальные транспортные системы, Интернет вещей, смарт-контракт, сквозные технологии, цифровизация

Быстрорастущие технологии, включая Интернет вещей (IoT) и облачные вычисления, позволяют обрабатывать большую часть данных, проводить анализ и принимать решения централизованными системами. Блокчейн переживает бурное развитие и обладает революционным потенциалом его применения в Интеллектуальных Транспортных Системах (ИТС). Блокчейн может быть использован для создания защищенной, надежной и децентрализованной системы, создавая оптимальное использование всей дорожной инфраструктуры и ресурсов. Одним из важнейших вопросов применения технологии блокчейн являются вопросы безопасности, вызванные эволюцией ИТС в сторону централизации. С непрерывным развитием Интернета вещей быстро развиваются все виды интеллектуальных систем, которые делают жизнь более безопасной. Как и многие другие отрасли, транспорт вступил в период быстрых перемен. Интеллектуальная Транспортная Система – одна из самых быстрорастущих областей интеллектуальных систем, которая, как ожидается, повысит безопасность дорожного движения, снизит дорожные заторы и повысит эффективность использования топлива. Основные функции интеллектуальной транспортной системы следующие: мониторинг дорожных условий в реальном времени в определенных районах, определение местоположения дорожно-транспортных происшествий (ДТП) в конкретных районах, динамический мониторинг и управление непрерывным использованием услуг общественного транспорта, а так же все, что может привести к изменениям в движении автомобильного транспорта. В данной статье вышеупомянутые функциональные возможности интеллектуальной транспортной системы будут использованы в качестве базовых сценариев моделирования для разработки и реализации интеллектуальной транспортной системы на основе Интернета вещей и технологии блокчейн – обе эти технологии обладают присущими им характеристиками распределенной технологии, – объединяющей сенсорные узлы Интернета вещей и технологию распределенного реестра, для регистрации изменений в интеллектуальных транспортных системах и создания механизма кредитных токенов для оплаты использования услугами автомобильного транспорта в соответствии с требованиями. Интеллектуальная транспортная система, описанная в этой статье, предназначена для использования только в качестве экспериментального проекта, с учетом условий, как показано в смоделированном сценарии. В реальных сценариях движения она может произвести более сложные проблемы безопасности системы и данных, которые будут подробно описаны и проанализированы в статье. Интеллектуальная система дорожного движения – это комплексная интеллектуальная система; она может существенно изменить и улучшить условия дорожного движения. Исходя из развития системы, рассмотренного в данной статье, существует еще много требований и проблем, которые необходимо решить в будущем. Такие темы будут подробно рассмотрены в наших последующих исследованиях.

Для цитирования:

Го Аохуа. Система управления дорожным движением на основе технологии блокчейн и интернета вещей // T-Comm: Телекоммуникации и транспорт. 2022. Том 16. №10. С. 28-35.

For citation:

Guo Aohua (2022). Traffic management system based on blockchain technology and internet of things. T-Comm, vol. 16, no.10, pp. 28-35. (in Russian)

С развитием современных методов и устройств телеметрии, связи, анализа и вычислений, мы стали свидетелями быстрого развития интеллектуальных транспортных систем (ИТС). Одним из важнейших вопросов общества являются вопросы безопасности, вызванные эволюцией ИТС в сторону централизации [1]. Быстрорастущие технологии, включая Интернет вещей (IoT) и облачные вычисления, позволяют обрабатывать большую часть данных, проводить анализ и принимать решения централизованными системами или облачными платформами, которые можно рассматривать как слабое место в рамках ИТС, и которые могут быть временно недоступны из-за вредоносных компьютерных атак, ограничений производительности систем или просто неправильных операций под воздействием человеческого фактора [2]. Вторым вопросом – отсутствие необходимого взаимного доверия между участниками процесса. В результате финансовые потоки не могут “перетекать” из одного субъекта в другой напрямую без посредников [3], что приводит к финансовым потерям участников процесса.

На практике специалисты, как правило, стремятся разрабатывать новые ресурсы и более интеллектуальные устройства [4,5]. Чтобы помочь интеллектуальной транспортной системе поддерживать устойчивость, рентабельность и эффективность, существует острая необходимость в разработке надежной и децентрализованной архитектуры [5]. Таким образом, мы приходим к созданию более совершенной системы через более эффективное использование существующей производственно-сбытовой инфраструктуры и ресурсов, вместо добавления новых. Наши исследования направлены на восполнение этого важного пробела.

Очевидно, что с развитием технологий Интернета вещей (IoT) количество подключаемых устройств во всем мире растет исключительно быстро [6,7,8,9]. Поэтому, оптимальное использование больших массивов данных является основным направлением исследований в различных областях. Огромные усилия были приложены не только с академической, но и с промышленной стороны; Интернет транспортных средств (IoV) является одной из наиболее целенаправленных отраслей интеграции существующих технологий IoT с растущими транспортными потребностями в рамках решения проблемы интеллектуального дорожного движения.

Аварийная ситуация на дорогах может быть самой разнообразной и сложной, как например, серьезное дорожно-транспортное происшествие (ДТП) или большой затор на дороге, вызванный ДТП. Однако, превентивные действия в виде соблюдения строгих правил гораздо более эффективны, чем быстрое реагирование «задним числом». Следовательно, практическое использование интеллектуальной транспортной системы, которая косвенно может повысить безопасность движения и снизить количество ДТП, более чем оправдано. Большое количество различных ресурсов было потрачено на расширение возможностей таких интеллектуальных транспортных систем, что принесло бесчисленные выгоды обществу [10,11,12]. В то же время, преимущества таких интеллектуальных систем всегда сопровождаются потенциально проблемными вопросами безопасности. Именно здесь имеет смысл внедрять технологию блокчейн, т.е. ожидается, что блокчейн решит проблемы, которые могут возникнуть в традиционной централизованной системе дорожной безопасности [14,15].

По своей сути, блокчейн – это технология распределенного реестра, которая использует ресурсы большой одноранговой сети для проверки и утверждения транзакций. Нет единой копии блокчейн; скорее, копии распространяются глобально среди участников сети и обновляются одновременно. Это гарантирует, что реестр не может быть использован какой-либо стороной без согласия большинства участников сети.

Выделяют пять основных принципов, лежащих в основе технологии блокчейн.

1) Распределенная база данных. Информация, содержащаяся в блокчейне, не контролируется какой-либо одной стороной. Каждый участник сети может получить доступ ко всей базе данных и ее полной истории. Поскольку вся информация доступна, участники также могут проверять записи транзакций напрямую, без необходимости в посреднике.

2) Одноранговая передача информации. Связь внутри сети происходит напрямую между участниками, а не через центральный узел или посредника. Каждый участник составляет узел, и каждый узел хранит и отправляет информацию всем другим узлам.

3) Прозрачность с псевдонимностью. Все транзакции и связанные с ними значения видны участникам, имеющим доступ к сети блокчейн. Каждому участнику присваивается закрытый ключ и открытый ключ. Закрытый ключ используется для создания цифровых подписей и никогда не должен разглашаться, в то время как открытый ключ представляет собой буквенно-цифровой адрес, который используется для транзакций. Это позволяет отслеживать транзакции по общедоступным адресам участников, но они могут выбирать, какую часть своей идентификационной информации передавать.

4) Необратимость записей. После того, как транзакция будет проверена и одобрена сетью, она будет записана в базу данных и обновлена на всех узлах. На этом этапе записи нельзя изменить, поскольку они связаны с каждой предыдущей записью транзакции, образуя «цепочку». Процесс добавления транзакций в блокчейн выполняется подмножеством, которые соревнуются в решении сложных математических задач. Вычислительные алгоритмы используются для обеспечения того, чтобы записи были постоянными, в хронологическом порядке и были доступны для всех участников сети.

5) Вычислительная логика. Цифровая природа реестра позволяет программировать транзакции в цепочке блоков с использованием вычислительной логики. Следовательно, пользователи могут создавать алгоритмы и правила для автоматического запуска транзакций между различными узлами при соблюдении определенных критериев. Это обеспечивает основу для использования смарт-контрактов в блокчейн.

Как правило, существуют два важных аспекта защиты данных: доверие и конфиденциальность. Децентрализованная характеристика системы с поддержкой блокчейн позволяет сформировать концепцию, которая доказывает уровень безопасности [16,17]. В этом случае более надежным является обмен личными данными только с пользователями, и дальше будет собираться еще больше данных, что приведет к интеллектуальной системе мониторинга. Доверие и анонимность технологии блокчейн также способствуют утверждению концепции, согласно которой личный рейтинг человека

может быть тесно связан с его поведением на дороге. Следовательно, более безопасный водитель всегда пользуется репутацией надежного водителя. Данная система уже широко применяется в Китае – Система социального кредита, о которой впервые было объявлено в 2014. Создана с целью укрепления идеи о том, что «сохранять доверие прекрасно, а разрушать его – отвратительно», как написано в правительственном пояснении к проекту.

Для того чтобы сделать мониторинг и управление дорожным движением в реальном времени более эффективно скоординированным, возможно связать индивидуальный рейтинг с поведением на дороге (например, смены полосы движения), чтобы каждому человеку стало выгодно осуществлять безопасное вождение [18,19]. Ни одно из правил дорожного движения не может строго заставить создать более благоприятную дорожную среду, но усилия, несомненно, должны быть приложены общественностью и социальной средой. Следовательно, с помощью такого мониторинга и управления интеллектуальным дорожным движением можно было бы принять точные меры в отношении лиц, привыкших к опасному вождению. Таким образом, это могло бы улучшить дорожную ситуацию во время пиковых нагрузок на дорогах.

Кроме того, с помощью кредитного токена, представляющего собой блокчейн, возможно фиксировать нарушение правил дорожного движения конкретным водителем [20,21]. Также появляется возможность межведомственного обмена «большими данными», что позволит избежать изолированности ИТС.

Нами рассмотрена схема интеллектуальной системы мониторинга и управления транспортными средствами, которая предлагается на основе используемой в настоящее время транспортной сети Vehicular Ad hoc Network (VANET) [17,22]. Основные компоненты в предлагаемой конструкции не делают различий между системой VANET, развернутой на дороге в качестве инфраструктуры, и модулями связи. Предлагаемая система создает и интегрирует "кредитно-токеновую" транзакцию на основе блокчейн. Очевидно, что кредитный токен означает личную репутацию, поэтому в данном случае кредитная схема является действующей только в рамках автодорожной платформы. В целях содействия снижению аварийности и созданию более благоприятной транспортной среды процесс оплаты токенов, связывается как с правильной сменой полосы движения, так и с текущим выбором скоростного режима.

Блокчейн, в данном случае, выступает как децентрализованная сетевая архитектура и система вознаграждения, основанную на цепочке блоков, чтобы обеспечить безопасную и надежную "облачную" передачу информации, в виде реестра оценки надежности поведения автомобиля [23,24]

Предлагаемый механизм основывается на следующих предположениях:

- Предполагается, что все автомобили имеют фундаментальный регистратор LBS (Location-based service – программный сервис, использующий данные о локации для управления какими-либо функциями).

- Все автомобили оснащены стандартным регистратором скорости.

– Предполагается, что важной частью этой интеллектуальной транспортной системы станут автомобили, то есть в каждом узле системы блокчейн будет задействован интеллектуальный, бортовой процессор.

Благодаря современной передовой аппаратной поддержке, устройства IoT теперь достаточно мощны, чтобы расширить возможности относительно сложной ИТС [25]. В предлагаемой нами экспериментальной ИТС основополагающими компонентами являются перечисленные ниже (рис. 1).

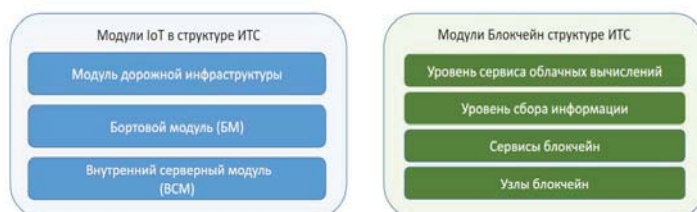


Рис. 1. Структура модулей блокчейн и Интернета вещей в структуре ИТС

Придорожная инфраструктура. Придорожный блок, состоящий из центрального контроллера датчика, Wi-Fi модуля, который поддерживает функции режима точки доступа, необходимых датчиков, а также других важных периферийных устройств.

Бортовой модуль (БМ). Бортовой модуль – это прикладное устройство, которое может быть подключено к существующей бортовой электронной системе с поддержкой GPS-Глонасс и усиленным сетевым подключением.

Внутренний серверный модуль (ВСМ) – это промежуточный компонент, который обеспечивает коммуникации между устройствами на нижнем уровне, такими как Придорожная инфраструктура или Бортовой модуль, и центральной платформой. В предлагаемой интеллектуальной транспортной системе он также является сервером консенсуса, который содержит мощный специализированный чип, позволяющий ВСМ выступать в качестве валидатора. Кроме того, ВСМ в качестве валидатора имеет счет, который является публичным счетом, и этот счет должен выступать в качестве кредитного посредника, который обычно получает платежи от физического лица или определенного обеспеченного получателя.

Для построения более эффективной системы, наделенной полномочиями в рамках блокчейн, внутренний сервисный модуль целесообразно включить в общий токен-пул блокчейн ИТС. Благодаря введению устройств ВСМ в качестве надежных валидаторов осязаемое число участников для проверки каждой операции значительно сократится.

Ключевыми компонентами системы управления движением являются: придорожная инфраструктура, самоинтеллектуальная транспортная (автомобильная) система автомобиль-автомобиль (vehicle-to-vehicle, V2V), централизованная облачная платформа блокчейн и так далее. В частности, придорожная инфраструктура всегда является важной частью любого VANET [17], который в основном отвечает за такие задачи, как мониторинг дорожного движения, наблюдение потока по полосам дорожного движения, передатчик узла данных между облачными платформами и транспортными средствами.

Кроме того, она является возможным мощным маршрутизатором для каждого узла источника данных V2V (автомобиль/автомобиль), для того чтобы обеспечить стабильное сетевое соединение.

Когда действия выполняются каждым бортовым модулем (БМ) транспортного средства, транзакции между транспортными средствами в направлении центральной платформы торговли токенами будут храниться в виде реальных данных блокчейн (рис. 2). По мере установления связи между транспортными средствами, действительный журнал транзакций будет немедленно вставляться в систему в децентрализованной платформе на основе технологии блокчейн.



Рис. 2. Схема оплаты токена в ИТС

Существует две основные цепочки транзакций:

- Журнал событий: это распределенная система записи, которая мгновенно проверяется с информацией о первоначальном платежном требовании для целей готовности в режиме реального времени.

- Платежная цепочка: это цепочка, используется в качестве последовательности транзакций, и именно там происходит платеж. В идеале, статус транзакции будет периодически обновляться и синхронизироваться для каждого БМ, с различными условиями качества сети.

Структура интеллектуальных транспортных систем на основе технологии блокчейн представлена несколькими элементами [26].

1. Уровень рвиса облачных вычислений

- Текущая система анализа состояния дорожного движения: это основная система, которая используется для анализа состояния дорожного движения после сбора данных в режиме реального времени.

- Факторная вычислительная и аналитическая система: ядро вычислительной системы, которая рассчитывает соответствующую стратегию для анализа источников данных из вычислительной системы.

- Система оценки коэффициента токена транзакции: это система, которая управляет потоком транзакций в рамках механизма синергии и консенсуса в целях обеспечения целостности и надежности процесса транзакций.

2. Уровень бора информации

- Сбор информации в режиме реального времени от БМ и Придорожной инфраструктуры: как правило, обычные данные мониторинга, такие как скорость автомобиля, собираются из бортового компьютера. ВСМ, будучи частью всей системы блокчейн, играет жизненно важную роль в качестве доверенного валидатора, что подразумевает, что действия должны осуществляться в обоих направлениях. С другой стороны, ВСМ – это распределенные вычислительные мощности для мониторинга и сбора полезной информации с помощью

определенных механизмов, основанных на анализе предыдущих данных, а также поддерживающих алгоритм консенсуса, который выступает в качестве аппаратного уровня доверенных узлов.

- Хранение данных мониторинга трафика: данные, передаваемые из всех наземных модулей, загружаются в пул данных.

3. Обслуживание платформы блокчейн.

Система общих реестров. Это основная система блокчейн, предоставляющая услугу общего реестра, которая группирует все узлы в рамках ИТС в единую консолидированную распределенную систему.

Консенсусная система. Определенный алгоритм, который является важным консенсус-механизмом, гарантирующим, что блокчейн может работать и синхронизироваться в системе распределенного дорожного движения в режиме реального времени.

Система валидации токеновых платежей. Распределенный механизм ввода транзакций блокчейн – указывает на то, что процесс оплаты токена напрямую не подтверждается до тех пор, пока не будет достигнут консенсус по нему и не будет проведена валидация данных транзакции.

4. Узлы блокчейн

- Придорожная инфраструктура, поставщик данных о дорожном движении в режиме реального времени и распределительный узел для поддержки проверки платежей: является относительно дешевым и маломощным узлом по сравнению с БМ.

- Авторизованный ВСМ валидатор для цепочки платежей.

- Бортовой модуль – лицевой счет. Бортовой компьютер может быть представлен с приложением Android.

Для того, чтобы сделать ВСМ и элементы дорожной инфраструктуры более интеллектуальными в качестве помощников, а также более квалифицированными в качестве валидаторов алгоритма консенсуса, провайдером услуг и платформой облачных вычислений введем дополнительный сервисный уровень. Данные, собранные от ВСМ и дорожной инфраструктуры, такие как отчеты о состоянии дорожного движения или дорожно-транспортных происшествиях, вместе со всеми выполненными действиями каждого узла БМ, будут храниться в центральной базе данных через приложение.

Таким образом, больше информации и данных можно было бы использовать в качестве информационных ресурсов для машинного обучения по распределенным фиксированным пунктам. Всякий раз, когда должен быть запрос на действие с первоначальными платежными данными от бортового модуля, информационный узел сможет предложить более надежные данные для завершения вычислительного алгоритма, который в конечном итоге сформирует оптимальный токен.

Каждый бортовой модуль на самом деле представлен персональным счетом отдельного лица, что означает, что вместо оплаты за поведение транспортного средства, она принимает обязательство сделать перевод. И как распределенная система, все отправляемые запросы должны быть дискретными узлами, а не централизованным приложением. Основной целью внедрения технологии блокчейн в ИТС является достижение децентрализованного структурного решения.

Как правило, весь поток данных включает в себя сбор данных от модулей IoT на сервисный уровень данных и ответ, в режиме, близком к реальному времени, на узел дискретного блока данных для пост-операций (рис. 3).

Для обеспечения целостности потока данных на уровне облачных сервисов всегда важно, чтобы никакие дополнительные вредоносные данные не занимали ограниченный канал сети Интернет. Иными словами, исходный канал фильтрации данных делает систему еще более эффективной при одновременной базовой защите облачных приложений. На каждом узле цепочки блоков включен конвертор журналов в реальном времени, который преобразует необработанные данные в пакет облачной информации.



Рис. 3. Схема потока данных в ИТС

Сервис центра обработки данных (ЦОД), важный контроллер бизнес-процессов, управляет потоком данных либо в направлении потоков данных реального времени для одновременного расчета, либо в направлении потоковой передачи данных в хранилище данных. Функции фильтра блокировки данных:

- Проверяет целостность данных в соответствии с пакетом данных по умолчанию, обработанные конвертером журналов.
- Проводит предварительный распределение данных.

С точки зрения водителя, нет явного ощущения, что был отправлен запрос на транзакцию. Единственное уведомление, которое он должен получить — это окончательный результат платежа, причитающегося в результате действий. Следовательно, поведение человека в системе автомобильного транспорта должно, в конечном счете, оказывать определенное влияние на его персональный счет.

Одобрение платежей проводится на основе блокчейн, так как именно с этой системой связан персональный счет. В зависимости от фактического воздействия как на состояние трафика, так и на другие бортовые модули, стратегия разумно принимает решение о том, как модифицировать запрос на открытие транзакции.

С точки зрения сценариев платежей, существуют два выделенных способа осуществления операций. Один из них со счета физического лица на счет другого физического лица, соответствующий сценарию перехода на другой, аналогичный сценарию перехода. Другая токеновая платежная операция заключается в том, что кредиты зачисляются со счета одного человека в относительно централизованный пул вознаграждений [27]. Кредитный пул оборудован в качестве публичного счета валидатора по каждому ВМС.

Основной сценарий операций между двумя одноранговыми учетными записями можно описать следующим образом: в случае, если одной учетной записи БМ требовалось переклечение полосы движения, в то время как другая учетная запись БМ должна была быть затронута в ходе маневра, при этом, никакие другие участники движения не подвергались постоянному влиянию. Таким образом, сделки происходят только тогда, когда действия предпринимаются без предсказуемой цепной реакции.

С другой стороны, в таких условиях интенсивного движения, как только транспортное средство меняет свою полосу движения в середине дороги, это сказывается и на других транспортных средствах. В результате, при таком сценарии платежи по маркеру должны быть переведены в "пул кредитов", который содержит определенное количество маркеров, ожидающих распределения. В нынешней структуре нет механизма для оптимизации перераспределения собранных кредитов, но поскольку ВМС становится все более интеллектуальным, это должно быть включено в будущую работу.



Рис. 4. Схема ИТС на базе платформы блокчейн

ИТС на основе платформы блокчейн (рис. 4), представляет комплексное решение, которое содержит:

- устройства IoT;
- интегрированные узлы элементов дорожной инфраструктуры;
- распределенные процессорные узлы и средства коммуникации;
- систему на основе блокчейн, развернутую для обслуживания данных, и платежных операций;
- сама интеллектуальная транспортная система, как программное обеспечение для поддержки всего решения.

Инфраструктурные проблемы, с которыми мы можем столкнуться, представлены ниже.

1. Поломка или выход из строя оборудования. Дорожная инфраструктура и ВМС размещаются на дороге, что означает, риск их разрушения или взлома. Механизм предотвращения такого аппаратного разрушения заключается в многократном развертывании таких узлов, как распределенная сеть, так что данные через систему могут быть синхронизированы консенсусом, что снижает вероятность возникновения проблемы.

2. Сетевые атаки.

Существует два типичных случая сетевых атак:

- Внешняя сетевая атака.

Распределенные атаки типа DDoS, которые пытаются отправить нежелательные запросы из различных конечных точек для нарушения нормальной работы сети обслуживания, являются одной из типичных атак, которые обычно происходят в традиционной централизованной системе.

– Внутренний поток данных.

При большом потоке данных вероятно, что система будет испытывать давление на транзакции между узлами через внутреннюю структуру, что рассматривается как внутренняя проблема переполнения.

3. Защита конфиденциальных данных.

При интегрированном блокчейне затрагиваются аспекта безопасности:

1. Конфиденциальность. Данные, подлежащие передаче, могут быть прочитаны только определенными пользователями, назначенными по "умному контракту".

2. Честность. Любая операция с данными будет занесена в распределенный реестр, который получает и раскрывает данные, занесенные в него.

В будущем, с быстрым развитием искусственного интеллекта и развитием беспроводной связи 5G, интеллектуальное дорожное движение формируется в комплексное решение, с большим количеством устройств IoT, подключаемых и взаимодействующих друг с другом, чтобы можно было предсказать состояние дорожного движения и заранее найти оптимальное решение проблем.

Ожидается, что интегрированная в блокчейн интеллектуальных транспортных систем может стать более мощной и эффективной. Это позволило бы снизить влияние человеческого фактора и внешних вредоносных атак в целом, что дало бы возможность транспортным средствам общаться и самоорганизовываться в соответствии с условиями дорожного движения с помощью интеллектуального контракта в цепочке блоков. Используя децентрализованную базу данных для обеспечения общей реальности для недоверчивых субъектов, блокчейн может улучшить прозрачность и отслеживаемость в интеллектуальной транспортной системе.

Применение систем машинного обучения в интегрированном процессе извлечения, загрузки и преобразования данных, заключается не только в возможности создания более эффективной системы, но и в возможности создания самосовершенствующейся и самоуправляемой службы на основе способности непрерывного обучения. Анализируемые результаты собранных данных и обширные данные о содержании дорожных модулей будут обработаны и включены в базу знаний, поэтому очевидно, что каждый последующий количественный анализ будет точнее предыдущего. Это указывает на то, что дорожные модули, особенно ВСМ, которые в основном отвечают за концентрацию большого потока данных, могут скорректировать стратегию сбора данных с учетом результатов статистического анализа.

Использование новых цифровых технологий имеет большое количество разнообразных преимуществ. Они могут быть более разнообразными, чем те, что рассмотрены нами в статье, и поэтому могут дать гораздо более точную картину условий дорожного движения, чем это было возможно в прошлом. Возможность использования этих данных для оценки изменчивости времени в пути может возникнуть как побочный продукт многочисленных улучшений в моделировании движения, которые эти данные делают возможными.

Применение цифровых технологий в интеллектуальных транспортных системах должно соответствовать современным тенденциям развития общества, интегрировать процессы управления данными и защищать данные, полученные из спроса на услуги. Все это будут способствовать гармоничному развитию и прогрессу российских и китайских интеллектуальных транспортных систем.

Литература

1. J.-P. Zhang, F.-Y. Wang, K.-F. Wang, W.-H. Lin, X. Xu, C. Chen, Datadriven intelligent transportation systems: a survey, IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, no. 12. 2011, pp. 1624-1639.
2. L. Li, X. Li, Z. Li, D. Zeng, W.T. Scherer, A bibliographic analysis of the IEEE transactions on intelligent transportation systems literature, IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, no. 11. 2010, pp. 251-255.
3. Y. Yuan, F.-Y. Wang. Blockchain: the state of the art and future trends. Acta Automatica Sinica, no. 42(4). 2016, pp. 481-494.
4. Q.-J. Kong, L.-F. Li, B. Yan, S. Lin, F.-H. Zhu, G. Xiong, Developing parallel control and management for urban traffic systems, IEEE Intelligent Systems, no. 28. 2013, pp. 66-69.
5. F.-Y. Wang, Parallel system methods for management and control of complex systems, Control and Decision, no. 19(5), 2004, pp. 485-489.
6. Blockchain technology and Internet of things, online available: <http://www.newsbtcc.com/2015/06/06/blockchain-technology-andinternet-of-things/>, 2015.
7. Larimer D. Transactions as proof-of-stake, online available: <http://7fvhfe.com1.z0.glb.clouddn.com/@/wpcontent/uploads/2014/01/TransactionsAsProofOfStake10.pdf>, 2013.
8. F. Kitahara, K. Kera, K. Bekki, Autonomous decentralized traffic management system, In: Proceedings of International Workshop on Autonomous Decentralized Systems, 2000, pp. 87-91.
9. K. Mori, Autonomous decentralized systems technologies and their application to a train transport operation system, High Integrity Software, no. 577. 2001, pp. 89-111.
10. F.-Y. Wang, Artificial societies, computational experiments, and parallel systems: an investigation on computational theory of complex social economic systems, Complex Systems and Complexity Science, no. 1(4). 2004, pp. 25-35.
11. Y.-S Lv, Y. OU, S.-M Tang, F.-H Zhu, H.-X Zhao, Computational experiments of evaluating road network traffic conditions based on artificial transportation systems, Journal of Jilin University (Engineering and Technology Edition), no. 39. 2009, pp. 87-90.
12. Van der Meulen R. Gartner says 6.4 billion connected "things" will be in use in 2016, up 30 percent from 2015. Gartner Press Release, 2015, www.gartner.com/news-room/id/3165317.
13. Kang J., Xiong Z., Niyato D., et al. Towards secure blockchain-enabled Internet of vehicles: optimizing consensus management using reputation and contract theory. IEEE T Veh Technol. 2019, no. 68, pp. 2906-2920.
14. Yuan Y. and Wang FY. Towards blockchain-based intelligent transportation systems. In: Proceedings of the 2016 IEEE 19th international conference on intelligent transportation systems (ITSC), Rio de Janeiro, Brazil, 1-4 November 2016. New York: IEEE.
15. Zhang X., Li R. and Cui B. A security architecture of VANET based on blockchain and mobile edge computing. In: Proceedings of the 2018 1st IEEE international conference on hot information-centric networking (HotICN), Shenzhen, China, 15-17 August 2018. New York: IEEE.
16. Ali M., Nelson J., Shea R., et al. Blockstack: a global naming and storage system secured by blockchains. In: USE-NIX annual technical conference, Denver, CO, 22-24 June 2016. Berkeley, CA: USENIX Association.

17. Kshetri N. Can blockchain strengthen the Internet of things? IT Prof 2017, no. 19(4), pp. 68-72.
18. De Angelis S., Aniello L., Baldoni R., et al. PBFT vs proof-of-authority: applying the CAP theorem to permissioned blockchain, 2018, https://eprints.soton.ac.uk/415083/2/itasec18_main.pdf.
19. Yang YT, Chou LD, Tseng CW, et al. Blockchain-based traffic event validation and trust verification for VANETs. IEEE Access 2019, no. 7, pp. 30868-30877.
20. Singh M. and Kim S. Trust Bit: reward-based intelligent vehicle commination using blockchain paper. In: Proceedings of the 2018 IEEE 4th world forum on Internet of things (WF-IOT), Singapore, 5-8 February 2018. New York: IEEE.
21. Sagirlar G., Carminati B. and Ferrari E. AutoBotCatcher: blockchain-based P2P botnet detection for the Internet of things. In: Proceedings of the 2018 IEEE 4th international conference on collaboration and internet computing (CIC), Philadelphia, PA, 18-20 October 2018. New York: IEEE.
22. Ren Q., Man KL., Li M., et al. Using blockchain to enhance and optimize IoT-based intelligent traffic system. In: Proceedings of the 2019 international conference on platform technology and service (Platcon), Jeju, South Korea, 28-30 January 2019. New York: IEEE.
23. Lasla N., Younis M., Znaidi W., et al. Efficient distributed admission and revocation using blockchain for cooperative ITS. In: Proceedings of the 2018 9th IFIP international conference on new technologies, mobility and security (NTMS), Paris, 26-28 February 2018. New York: IEEE.
24. Malik N., Nanda P., Arora A., et al. Blockchain based secured identity authentication and expeditious revocation framework for vehicular networks. In: Proceedings of the 2018 17th IEEE international conference on trust, security and privacy in computing and communications/12th IEEE international conference on big data science and engineering (TrustCom/BigDataSE), New York, 1-3 August 2018. New York: IEEE.
25. Ding D., Chong G., Chuen DL., et al. From ant financial to Alibaba's rural Taobao strategy – how Fintech is transforming social inclusion. In: Lee Kuo Chuen D and Deng R Ren et al. 11 (eds) Handbook of blockchain, digital finance, and inclusion, vol. 1. London: Academic Press, 2018, pp.19-35.
26. Yao Y., Chang X., Misic J., et al. BLA: blockchain-assisted lightweight anonymous authentication for distributed vehicular fog services. IEEE Internet Things J. 2019, no. 6, pp. 3775-3784.
27. Zhao JL, Fan S. and Yan J. Overview of business innovations and research opportunities in blockchain and introduction to the special issue. *Financ. Innov.* 2016, no. 2, p. 28.

TRAFFIC MANAGEMENT SYSTEM BASED ON BLOCKCHAIN TECHNOLOGY AND INTERNET OF THINGS

Guo Aohua, Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russia, runa666.6@mail.ru

Abstract

Blockchain is undergoing rapid development and has revolutionary potential applications in Intelligent Transportation Systems (ITS). Blockchain can be used to create a secure, reliable and decentralised autonomous system, creating the best use of legacy infrastructure and resources. One of the most important issues is the security issues caused by the evolution of ITS towards centralisation. Fast-growing technologies, including the Internet of Things (IoT) and cloud computing, enable most data processing, analysis and decision-making by centralised systems. With the continuous development of the Internet of Things, all kinds of smart systems are rapidly evolving to make life safer. Like many other industries, transport has entered a period of rapid change. The Intelligent Transport System is one of the fastest growing areas of smart systems, which is expected to improve road safety, alleviate traffic congestion and increase fuel efficiency. The main functions of an intelligent transport system are as follows: real-time monitoring of road conditions in specific areas, locating traffic accidents (crashes) in specific areas, dynamic monitoring and managing the continuous use of public transport services, which can lead to changes in vehicle traffic. In this paper, the above-mentioned functionality of an intelligent transport system will be used as basic modelling scenarios for the design and implementation of an intelligent transport system based on the Internet of Things and blockchain – both of which have the inherent characteristics of distributed technology – combining sensor nodes of the Internet of Things and distributed registry technology, to record changes in intelligent transport systems and create a credit token mechanism for op The intelligent transport system described in this paper is intended to be used only as a pilot project, subject to the conditions as shown in the simulated scenario. In real-world traffic scenarios, it may produce more complex system and data security issues, which will be described and analysed in detail in the article. An intelligent traffic system is a complex intelligent system; it can significantly change and reinvent the wheel for traffic conditions. Based on the system development discussed in this article, there are many more requirements and issues that need to be addressed in the future. Such topics will be covered in detail in our subsequent studies.

Keywords: *traffic, blockchain, intelligent transportation systems, Internet of Things, smart contract, end-to-end technologies; digitalization.*

References

1. J.-P. Zhang, F.-Y. Wang, K.-F. Wang, W.-H. Lin, X. Xu, C. Chen (2011). Datadriven intelligent transportation systems: a survey, *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, no. 12, pp. 1624-1639.
2. L. Li, X. Li, Z. Li, D. Zeng, W.T. Scherer (2010). A bibliographic analysis of the IEEE transactions on intelligent transportation systems literature, *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, no. 11, pp. 251-255.
3. Y. Yuan, F.-Y. Wang (2016). Blockchain: the state of the art and future trends. *Acta Automatica Sinica*, no. 42(4), pp. 481-494.
4. Q.-J. Kong, L.-F. Li, B. Yan, S. Lin, F.-H. Zhu, G. Xiong (2013). Developing parallel control and management for urban traffic systems, *IEEE Intelligent Systems*, no. 28, pp. 66-69.
5. F.-Y. Wang, (2004). Parallel system methods for management and control of complex systems, *Control and Decision*, no. 19(5), pp. 485-489.
6. Blockchain technology and Internet of things, online available: <http://www.newsbtc.com/2015/06/06/blockchain-technology-andinternet-of-things/>, 2015.
7. Larimer D. Transactions as proof-of-stake, online available: <http://7fvhfe.com1.z0.glb.clouddn.com/@/wpcontent/uploads/2014/01/TransactionsAsProofOfStake10.pdf>, 2013.
8. F. Kitahara, K. Kera, K. Bekki (2000). Autonomous decentralized traffic management system, *Proceedings of International Workshop on Autonomous Decentralized Systems*, pp. 87-91.
9. K. Mori (2001). Autonomous decentralized systems technologies and their application to a train transport operation system, *High Integrity Software*, no. 577, pp. 89-111.
10. F.-Y. Wang (2004). Artificial societies, computational experiments, and parallel systems: an investigation on computational theory of complex social economic systems, *Complex Systems and Complexity Science*, no. 1(4), pp. 25-35.
11. Y.-S Lv, Y. OU, S.-M Tang, F.-H Zhu, H.-X Zhao (2009). Computational experiments of evaluating road network traffic conditions based on artificial transportation systems, *Journal of Jilin University (Engineering and Technology Edition)*, no. 39, pp. 87-90.
12. Van der Meulen R. Gartner says 6.4 billion connected "things" will be in use in 2016, up 30 percent from 2015. Gartner Press Release, 2015, www.gartner.com/news-room/id/3165317.
13. Kang J, Xiong Z, Niyato D, et al. (2019). Towards secure blockchain-enabled Internet of vehicles: optimizing consensus management using reputation and contract theory. *IEEE T Veh Technol*, no. 68, pp. 2906-2920.
14. Y. Yuan and F.Y. Wang (2016). Towards blockchain-based intelligent transportation systems. *Proceedings of the 2016 IEEE 19th international conference on intelligent transportation systems (ITSC)*, Rio de Janeiro, Brazil, 1-4 November 2016. New York: IEEE.
15. X. Zhang, R. Li and B. Cui (2018). A security architecture of VANET based on blockchain and mobile edge computing. *Proceedings of the 2018 1st IEEE international conference on hot information-centric networking (HotICN)*, Shenzhen, China, 15-17 August 2018. New York: IEEE.
16. M. Ali, J. Nelson, R. Shea, et al. (2016). Blockstack: a global naming and storage system secured by blockchains. In: USE-NIX annual technical conference, Denver, CO, 22-24 June 2016. Berkeley, CA: USENIX Association.
17. N. Kshetri (2017). Can blockchain strengthen the Internet of things? *IT Prof* 2017, no. 19(4), pp.: 68-72.
18. De Angelis S, Aniello L, Baldoni R, et al. PBFT vs proof-of-authority: applying the CAP theorem to permissioned blockchain, 2018, https://eprints.soton.ac.uk/415083/2/itasec18_main.pdf.
19. Y.T. Yang, L.D.Chou, C.W. Tseng, et al. (2019). Blockchain-based traffic event validation and trust verification for VANETs. *IEEE Access*, no. 7, pp. 30868-30877.
20. M. Singh and S. Kim (2018). Trust Bit: reward-based intelligent vehicle commination using blockchain paper. *Proceedings of the 2018 IEEE 4th world forum on Internet of things (WF-IOT)*, Singapore, 5-8 February 2018. New York: IEEE.
21. G. Sagirlar, B. Carminati and E. Ferrari (2018). AutoBotCatcher: blockchain-based P2P botnet detection for the Internet of things. *Proceedings of the 2018 IEEE 4th international conference on collaboration and internet computing (CIC)*, Philadelphia, PA, 18-20 October 2018. New York: IEEE.
22. Q. Ren, K.L. Man, M. Li, et al. (2019). Using blockchain to enhance and optimize IoT-based intelligent traffic system. *Proceedings of the 2019 international conference on platform technology and service (Platcon)*, Jeju, South Korea, 28-30 January 2019. New York: IEEE.
23. N. Lasla, M. Younis, W. Znaidi, et al. (2018). Efficient distributed admission and revocation using blockchain for cooperative ITS. *Proceedings of the 2018 9th IFIP international conference on new technologies, mobility and security (NTMS)*, Paris, 26-28 February 2018. New York: IEEE.
24. N. Malik, P. Nanda, A. Arora, et al. (2018). Blockchain based secured identity authentication and expeditious revocation framework for vehicular networks. *Proceedings of the 2018 17th IEEE international conference on trust, security and privacy in computing and communications/12th IEEE international conference on big data science and engineering (TrustCom/BigDataSE)*, New York, 1-3 August 2018. New York: IEEE.
25. D. Ding, G. Chong, D.L. Chuen, et al. (2018). From ant financial to Alibaba's rural Taobao strategy-how Fintech is transforming social inclusion. In: Lee Kuo Chuen D and Deng R Ren et al. 11 (eds) *Handbook of blockchain, digital finance, and inclusion*, vol. 1. London: Academic Press, 2018, pp.19-35.
26. Y. Yao, X. Chang, J. Mistic, et al. (2019). BLA: blockchain-assisted lightweight anonymous authentication for distributed vehicular fog services. *IEEE Internet Things J*, no. 6, pp. 3775-3784.
27. J.L. Zhao, S. Fan and J. Yan (2016). Overview of business innovations and research opportunities in blockchain and introduction to the special issue. *Financ Innov.*, no. 2, p. 28.