

РАСПРЕДЕЛЕННЫЙ РЕЕСТР ИСТОРИИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА НА ОСНОВЕ БЛОКЧЕЙН- ПЛАТФОРМЫ HYPERLEDGER FABRIC

Беззатеев Сергей Валентинович,
Санкт-Петербургский государственный университет
аэрокосмического приборостроения, г. Санкт-Петербург,
Россия, bsv@aanet.ru

Елина Татьяна Николаевна,
Санкт-Петербургский государственный университет
аэрокосмического приборостроения, г. Санкт-Петербург,
Россия, elinatn@yandex.ru

Ходырев Егор Сергеевич,
Центральный Банк Российской Федерации, г. Санкт-
Петербург, Россия, khodyrev.es@gmail.com

DOI: 10.36724/2072-8735-2023-17-8-38-44

Manuscript received 10 June 2023;

Accepted 14 July 2023

Ключевые слова: технология блокчейн, смарт
контракты, эксплуатация транспортных средств,
распределенный реестр данных, телекоммуникационные
технологии

В связи с быстрым развитием различных транспортных платформ, в том числе использующих беспилотные технологии, системы, обеспечивающие хранение истории эксплуатации транспортного средства на протяжении всего его жизненного цикла приобретают все большую актуальность. Определены назначение и функционал разрабатываемой системы хранения такой информации. Основная задача системы заключается в поддержании единого источника достоверных и неизменяемых сведений об истории эксплуатации транспортного средства. Такая система способна повысить уровень прозрачности бизнес-процессов, которые возникают между участниками автомобильной индустрии: производителями и владельцами транспортных средств, автосервисами, страховыми компаниями и другими участниками индустрии. Использованы технология блокчейна, смарт-контрактов, различные способы обработки транзакций. Результаты: система спроектирована на базе распределенной платформы, в качестве которой, на основании определенных в работе критериев, была выбрана Hyperledger Fabric. Коммуникационная сеть и архитектура информационной системы были спроектированы и разработаны на базе технологии распределенного реестра. В работе описан процесс создания сети Hyperledger Fabric, которая поддерживается организациями-участниками автомобильной индустрии. Представлено описание базовых элементов системы, а также механизмов, осуществляющих поддержание и согласованность распределенного реестра, обработку транзакций, исполнение смарт-контрактов и взаимодействие подключенных участников системы. Спроектировано аппаратное обеспечение в виде подключаемого блока, который реализует функции сбора и предварительной подготовки данных, собранных с узлов, агрегатов, датчиков ТС, а также дополнительных датчиков, встроенных в аппаратный блок. Собранные данные передаются из блока в хранилища, поддержание которых осуществляется заинтересованными в таких данных участниками системы. Факт передачи данных и идентификатор источника данных фиксируется в распределенном реестре в виде транзакции, помещенной в блок. На основе технологии смарт-контракта рассмотрены вопросы формирования отчетов по истории эксплуатации транспортного средства. Система является масштабируемой и позволяет разворачивать новые смарт-контракты, что предоставляет возможность создавать новые сценарии её использования. Рассмотрены возможные варианты дальнейшего развития и использования системы: предложено решение масштабирования системы по локальным зонам и представлен краткий обзор подхода динамического определения каналов Hyperledger Fabric при использовании выделенной связи передачи данных ближнего действия.

Информация об авторах:

Беззатеев Сергей Валентинович, д.т.н., доцент, заведующий кафедрой информационной безопасности Санкт-Петербургского государственного университета аэрокосмического приборостроения, г. Санкт-Петербург, Россия

Елина Татьяна Николаевна, к.э.н., доцент, доцент Санкт-Петербургского государственного университета аэрокосмического приборостроения, г. Санкт-Петербург, Россия

Ходырев Егор Сергеевич, специалист по защите информации, ведущий инженер Центрального Банка Российской Федерации, Россия

Для цитирования:

Беззатеев С.В., Елина Т.Н., Ходырев Е.С. Распределенный реестр истории эксплуатации транспортного средства на основе блокчейн-платформы Hyperledger Fabric // Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт. 2023. Том 17. №8. С. 38-44.

For citation:

Bezzateev S.V., Yelina T.N., Khodyrev E.S. Distributed registry of vehicle operating history based on the blockchain platform Hyperledger Fabric. T-Comm, vol. 17, no.8, pp. 38-44. (in Russian)

В автомобильной индустрии широко развита проблема отсутствия доверия между её участниками. Причинами такой проблемы являются: во-первых, асимметричность информации [1], вызванная тем, что продавец (владелец или автодилер) транспортного средства (далее – ТС) обладает заведомо большей информацией о ТС, чем покупатель; во-вторых, мошенничество с ТС (продажа автомобилей-двойников, ТС признанных неподлежащими восстановлению, находящихся в угоне или в залоге, скручивание пробега и т.д.). Указанная проблема влияет не только на взаимоотношения продавца и покупателя, она также негативно действует на экономику [2] и на безопасность дорожного движения [3].

Развитие автомобильной индустрии привело к тому, что ТС становятся генераторами больших объемов информации. Аналитики в данной сфере прогнозируют, что в скором будущем автомобиль станет формировать более четырех гигабайтов данных каждый день [4]. Учитывая тот факт, что программное обеспечение ТС уже сегодня осуществляет управление важными узлами, вплоть до управления тормозной системой, необходимо обеспечить надежное, неизменное и безопасное хранение наиболее важной для автомобильной сферы информации.

В настоящее время не существует единой базы данных, в которой бы хранились сведения об использовании ТС на протяжении всего жизненного цикла ТС. Достаточно популярны коммерческие сервисы предоставляющие отчеты, но информация в эти сервисы поступает несистематично и не всегда источник информации можно однозначно идентифицировать. Сведения о конкретном ТС, полученные из разных сервисов, очень часто не совпадают.

Предлагаемое в данной работе решение основано на технологии распределенного реестра (далее – РР), копии которого хранятся у каждого участника, подключенного к сети. РР основан на технологии блокчейн и представляет собой базу данных, структура которой состоит из цепочки связанных блоков, содержащих информацию в виде транзакций (операций сохранения данных в блокчейне) [5]. РР синхронизируется с помощью протокола консенсуса, благодаря которому участники приходят к общему соглашению в отношении добавляемой информации.

Выбор блокчейн-платформы

Существует большое множество блокчейн-платформ, каждая из которых обладает своей спецификой [6]: используемый протокол консенсуса, доступ к сети, скорость обработки транзакций, масштабируемость и др. Чтобы определиться с выбором платформы, наиболее подходящей под задачи создания РР истории эксплуатации ТС (далее – РРИЭТС), был сформирован набор наиболее значимых критериев платформы и проведена оценка основных претендентов (табл. 1). Среди платформ рассматривались только те, доступ к сети которых является приватным, так как сведения, которые предполагается хранить в РР, могут относиться к различным категориям информации ограниченного доступа. Решающим фактором при выборе блокчейн-платформы выступила возможность использования платформы для учета сведений о материальных активах и их изменениях.

Результаты анализа корпоративных блокчейн-платформ

Критерий	Corda	Quorum	Hyperledger Fabric
Вендор, осуществлявший поддержку	R3 Company	Ethereum developers	Linux Foundation
Использование	Управление юридическими контрактами между организациями	Финансовая сфера	На предприятиях для организации бизнес-процессов
Контроль доступа	Управление доступом к транзакциям с использованием возможностей СУБД	Управление пользовательским доступом на основе атрибутов и ролей с помощью смарт-контрактов	Управление доступом на уровне подключения организаций к каналу сети, а также пользовательским доступом на основе атрибутов и ролей с помощью смарт-контрактов
Протокол консенсуса	Подключаемый: Solo Raft	Подключаемый: PBFT Raft	Подключаемый: Solo Raft Kafka
Конфиденциальные сделки	Все транзакции строго конфиденциальны, однако нотариальный сервис уполномочен просматривать транзакции	Через публичную транзакцию с хэш значением от конфиденциальных данных	Через публичную транзакцию с хэш значением от конфиденциальных данных
Язык программирования для смарт-контрактов	Java, Kotlin	Solidity	Golang, Java, NodeJS
Механизм выполнения смарт-контракта	Виртуальная машина Java	Виртуальная машина Ethereum	Docker контейнер
Жизненный цикл смарт-контракта	Для развертывания выполняются административные операции на узле. Хранится вне реестра	Легко развернуть. Невозможно изменить. Хранится в реестре	Довольно сложный процесс разворачивания и изменения. Хранится вне реестра, в реестре находится только его определение.
Активы обрабатываемые в реестре	Цифровые активы	Токены и цифровые активы	Материальные и цифровые активы
Политика одобрения транзакций участниками сети	Есть	Нет	Нет

Как итог, было принято решение использовать платформу Hyperledger Fabric, так как она лучше всего подходит для решения задачи, определенной в данной работе. Hyperledger fabric позволяет создавать свои собственные активы (в том числе и материальные) и изменять их текущее состояние с помощью смарт-контракта. Платформа Hyperledger fabric учитывает особенности экономической сферы и обладает механизмами, которые поддерживают конкуренцию, предоставляя возможность проведения конфиденциальных операций

между организациями-участниками сети посредством выделения отдельных каналов и использования скрытого обмена данными. По завершении такого обмена в транзакцию помещается только хэш от передаваемых данных, а сами данные передаются между сторонами по выделенным, зашифрованным каналам.

Назначение и функции системы

Предполагается реализация следующих функций системы РРИЭТС:

1. Объединение участников автомобильной индустрии, заинтересованных в хранении и обмене данными о ТС.
2. Систематичная запись данных с различных верифицированных источников.
3. Хранение данных о транспортном средстве в доступной для пользователей форме.
4. Согласование и синхронизация данных в РР с помощью протокола децентрализованного консенсуса Raft.
5. Контроль доступа: предоставление доступа к данным только разрешенным и идентифицированным, с помощью децентрализованного механизма, пользователям.
6. Предоставление достоверной информации о ТС конечному пользователю в любой момент времени.
7. Поддержка расширения функционала системы за счет предоставления возможности размещения в ней смарт-контрактов.
8. Взаимодействие конечного пользователя с системой РРИЭТС через пользовательский интерфейс.

Конфигурация системы РРИЭТС

Сетевая архитектура РРИЭТС включает в себя консорциум из пяти типовых организаций, каждая из которых может рассматриваться как объединение участников, которые имеют отношение к конкретному типу организации и являются субъектами, использующими систему. Типовыми организациями являются: производитель ТС, автодилер, автосервис, страховая компания и орган Госавтоинспекции.

Каждая организация имеет свой собственный одноранговый узел (рис. 1), который должен быть подключен к каналу, в рамках которого осуществляется взаимодействие между участниками. Сеть обслуживается пятью узлами заказа (далее - УЗ), которые формируют службу заказа и осуществляют обработку транзакций и создание новых блоков, а также распространение блоков по сети. УЗ согласуют свою деятельность с помощью протокола Raft [7]. Raft – это протокол, который используется в Hyperledger Fabric для достижения консенсуса в службе заказов. Raft использует модель «лидер и ведомый», в которой лидер динамически избирается среди узлов заказа в канале, а затем реплицирует полученные сообщения на узлы-последователи [8].

В создании сети на основе Hyperledger Fabric можно выделить три этапа. На первом этапе определяется консорциум участников, которые поддерживают сеть. Участникам выдается корневой сертификат, на основе которого они генерируют сертификаты для своих узлов. Генерируются блок, содержащий базовые настройки сети, и конфигурационная транзакция, содержащая настройки выделяемого канала.

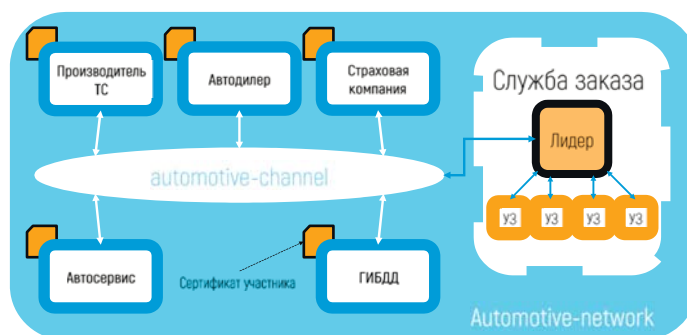


Рис. 1. Топология информационной системы

На втором этапе производится настройка конфигурации и запуск docker-контейнеров, которые имитируют работу реальных одноранговых узлов и моделируют распределенную структуру реальной сети. На третьем этапе создается канал, к которому участники присоединяют свои узлы и определяют якорные узлы. Якорные узлы позволяют одноранговым узлам разных участников иметь представление друг о друге.

Процесс обработки транзакций в информационной системе представлен на рисунке 2. Существует два вида запросов, поступающих от конечных пользователей: запросы на чтение и запросы на обновление данных в РР. Запросы пользователей формируются в приложениях, определенных в сети.

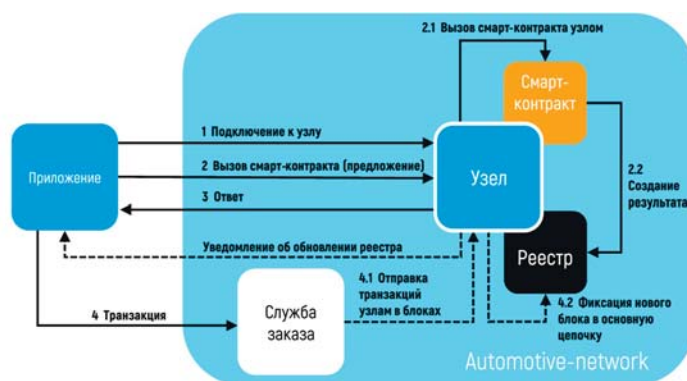


Рис. 2. Механизм обработки транзакций

Приложения представляют собой инструмент для создания безопасных, прозрачных и эффективных решений для бизнес-среды. Приложение подключается к одноранговому узлу и отправляет ему предложение транзакции для вызова смарт-контракта. После этого приложение получает результат выполнения предложения транзакции и на этом процесс для запросов чтения информации из распределенного реестра завершается.

При запросе на обновление реестра приложение собирает в транзакцию ответы от одноранговых узлов, определенных в политике одобрения смарт-контракта, и отправляет сформированную транзакцию в службу заказа, где она заключается в блок, который отправляется на одноранговые узлы сети и фиксируется в основную цепочку. После этого генерируется уведомление для приложения о завершении обновления реестра [9].

Аппаратное обеспечение распределенного реестра

Сбор информации и телеметрии для РРИЭТС должны выполнять технические средства. Требования к проектируемому для этих целей аппаратного блока приведены ниже:

1. Аппаратный блок (далее – АБ) должен представлять собой легко встраиваемое решение, он должен иметь минимальное количество точек взаимодействия с ТС.

2. В состав АБ должны входить датчики угловой скорости, линейного ускорения, курса ТС, а также индивидуальные датчики оценки состояния различных узлов ТС.

3. Точность датчиков должна обеспечивать возможность оценки дорожного покрытия, по которому передвигается ТС.

4. Система должна отслеживать местонахождение ТС и, при осуществлении некоторых сценариев использования системы, передавать такие сведения в РРИЭТС, например, в случае ограниченной зоны перемещения ТС.

5. АБ должен обеспечивать захват и автономный анализ поведения водителя: по какому маршруту и в какое время водитель осуществлял управление ТС, расстояние и время движения ТС, средняя скорость движения на маршруте и на определенных участках маршрута, с какими ускорениями.

6. Возможность реагирования на заданные сценарии инцидентов и отправка соответствующего сигнала в РРИЭТС. В РР должна выгружаться определенная временная выборка данных о транспортном средстве только в случае наступления инцидента.

7. Передача данных о техническом состоянии узлов ТС в РРИЭТС с определенной периодичностью.

8. Обеспечение связи АБ, с РРИЭТС при помощи модуля связи и, в случае временного отсутствия связи, обеспечение временного хранения данных в встроенной памяти АБ.

9. АБ должен иметь центральный процессор, с достаточной частотой дискретизации, обеспечивающей считывание данных датчиков на большой частоте, их интегрирование, оперативное переключение диапазонов измерения, и сравнения с пороговыми значениями инцидентов.

10. Для обеспечения гарантии достоверности источника в прошивке АБ необходимо предусмотреть контроль серийных номеров встроенных датчиков, а также идентификаторов бортовой системы ТС.

11. В АБ должны быть реализованы инструменты самодиагностики, а сам АБ помещается в герметичный и ударопрочный корпус и печатывается.

12. Питание АБ осуществляется от бортовой системы ТС.

В качестве платформы реализации АБ использовался 32 битный микроконтроллер на архитектуре ARM, производства STM. Экосистема STM32 включает в себя большой выбор библиотек и средств разработки, наиболее подходящими из них оказались библиотека HAL, среда вывода инициализирующего кода CubeMX и среда разработки Keil uVision.

Составными компонентами АБ являются следующие узлы:

- датчик угловой скорости ВГ 1703
- датчик ускорений MPU-6050
- датчик измерения углового положения относительно вектора гравитации CXHTA02-T
- GPS модуль ZED-F9P, с отладочной платой SparkFun
- датчик измерения температуры HRTS-5760-B-U-1-12
- плата сотового модема BG96

Для организации информационного обмена был выбран протокол I2C. Самодиагностика блока проводится каждый час, в случае если проверка узла не пройдена три раза, информация об этом передается в РРИЭТС. Модель аппаратного блока приведена на рисунке 3.

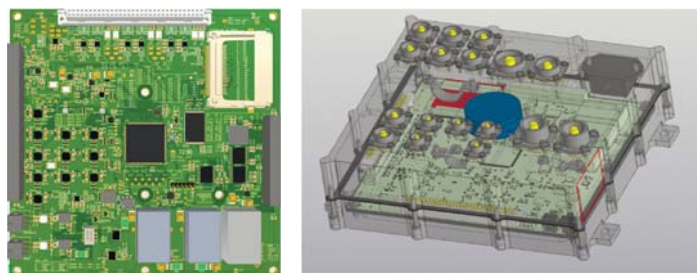


Рис. 3. Модель аппаратного блока

Собранные данные о вибрациях ТС используются для оценки дорожного покрытия, и обозначения «нежелательных» участков маршрута. Задача решается с помощью оценки качества дорожного покрытия при помощи датчиков измерения вибраций во время езды, с привязкой данных к конкретной точке на карте. Для решения данной задачи, происходит работа с двумя потоками данных. Первый – набор измерений в реальном времени с акселерометра в трех направлениях. Второй – местонахождение ТС на карте. Работа узла определения качества дорожного покрытия разбита на следующие этапы:

1. Опрос датчиков.

а. Запрос и получение данных с трех осевого датчика ускорений.

б. Запрос и получения данных с модуля GPS

2. Обработка полученных данных.

а. Применение пороговых фильтров, для первичной оценки полученных данных.

б. Сравнение данных с записанными пороговыми значениями.

с. В случае превышения порога, оценка и сохранение данных об участке маршрута для дальнейшего анализа и внесения корректировок в будущие маршруты.

3. Игнорирование и получение новых данных, в случае несовпадения с заданными пороговыми значениями. Сохранение собранных данных об участке маршрута, в случае превышения пороговых значений. Для этого в блоке предусмотрены скоростной фильтр, фильтр высоких частот и классификатор, использующий алгоритм Z-THRESH.

Формирование отчёта о ТС с применением технологии смарт-контрактов

Взаимодействие между различными видами субъектов РРИЭТС реализуется благодаря технологии смарт-контрактов, которые в Hyperledger Fabric представляют собой код, написанный на языке программирования и исполняются при достижении определенных в коде контракта условий.

Использование смарт-контрактов в РРИЭТС позволяет автоматизировать процессы и управление соглашениями между участниками сети, а также упрощает и повышает прозрачность и защищенность бизнес-процессов, таких как: продажа

и покупка ТС, выполнение технического осмотра и ремонт ТС, страхование ТС и др.

Функционал смарт-контракта реализован в рамках решения Hyperledger Fabric с использованием языка программирования Golang и СУБД CouchDB. Концепция реализации смарт-контракта в РРИЭТС приведена на рисунке 4.

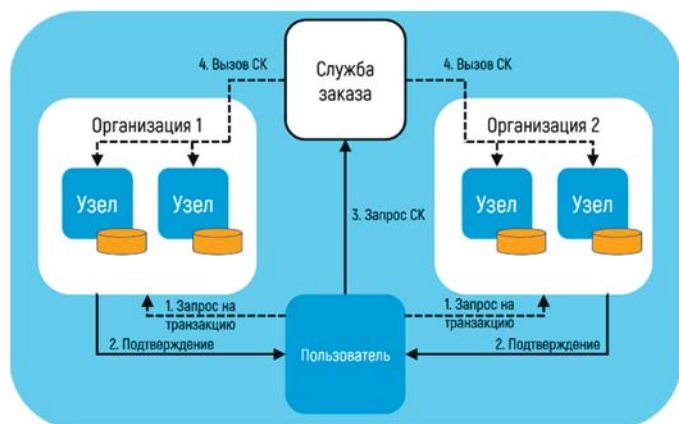


Рис. 4. Реализация смарт-контракта

На рисунке 5 приведен результат вызова смарт-контракта и структура данных таблицы сведений о транспортной среде.

```
chaincodeInvokeInit() {
  setGlobalsForPeerOrg1
  peer chaincode invoke -o localhost:7050 \
    --ordererTLSHostnameOverride orderer.example.com \
    --tls SCORE_PEER_TLS_ENABLED --cafile $ORDERER_CA \
    -C $CHANNEL_NAME -n ${CC_NAME} \
    --peerAddresses localhost:7051 --tlsRootCertFiles $PEER0_ORG1_CA \
    --peerAddresses localhost:9051 --tlsRootCertFiles $PEER0_ORG2_CA \
    --isInit -c '{"Args":[]}'
}

func (s *SmartContract) InitLedger(APIStub shim.ChaincodeStubInterface) sc.Response {
  cars := []Car{
    Car{
      VIN: "1HG84H1J0M109186",
      Model: "Prius",
      Reg.Num: "121a",
      Typ: "light",
      Year: "1993",
      Eng.Mod: "4124 S312",
      Col: "black",
      Man: "BMW AG",
      Own: "L.F. JERO",
      TPAS: "77 HE 033241-0",
    }
  }

  i := 0
  for i < len(cars) {
    carAsBytes, _ := json.Marshal(cars[i])
    APIStub.PutState("CAR"+strconv.Itoa(i), carAsBytes)
    i = i + 1
  }

  return shim.Success(nil)
}
```

Рис. 5. Вызов смарт-контракта

Развитие системы

Имеется множество нерешенных задач, в числе которых проблема передачи, агрегации и хранения данных, балансировка нагрузки сервисов, осуществляющих обработку данных и многие другие. В топологии сети РРИЭТС должна быть заложена возможность масштабирования, т.к. она должна оставаться работоспособной и доступной, учитывая большой рост объема данных, числа производителей и потребителей таких данных. В качестве основы модели сети РРИЭТС предлагается рассмотреть топологию, предложенную в работе [10]. Такая топология сети позволит РРИЭТС обрабатывать

данные в определенных локальных зонах: на уровне районов, областей, регионов, а также стран, в целях разгрузки каналов передачи данных по распределенной сети, между узлами различных уровней. Архитектура Hyperledger Fabric позволяет это сделать путем создания каналов для взаимодействия участников на различных уровнях локальных зон (район, область и т.д.).

РРИЭТС может стать единым источником достоверной информации о ТС для всех участников автомобильной индустрии. Именно достоверность сведений о ТС становится наиболее важным фактором, в особенности, когда речь заходит о безопасности дорожного движения. Развитие технологий, таких как: беспилотные автомобили, Vehicle-to-infrastructure (V2I), Vehicle-to-everything (V2X), электронный ассистент водителя и др., порождает множество различных сценариев эксплуатации ТС.

Возникает множество вопросов, например, насколько безопасна будет вычисленная траектория движения ТС, если при её расчете были использованы сведения, сильно отличающиеся от действительных показателей? Сможет ли ТС успешно совершить самостоятельно или с привлечением водителя экстренный маневр для избежания аварийной ситуации, если сведения об узлах были несанкционированно изменены в ТС недобросовестным авто владельцем с целью сэкономить на замене расходных материалов или бывшим владельцем ТС для сокрытия реальных сведений об износе ТС при продаже (скручивание пробега [11]). Поэтому создание источника достоверной информации о ТС – это весьма актуальная задача на сегодняшний день.

В автомобильной индустрии прорабатывается большое количество инициатив в направлении обмена данными ТС друг с другом и с окружающей инфраструктурой, в том числе предлагается переход от использования мобильной сети к специально выделенной связи ближнего действия Dedicated Short-Range Communications (DSRC) [12]. Но здесь возникает задача динамического определения канала, в рамках которого должны обрабатываться транзакции, так как количество узлов, подключенных к каналу, должно быть достаточным для поддержания РР.

Задача осложняется тем, что повышается требование к мобильности системы: транзакция должна быть выполнена и помещена в блок до того, как ТС покинет сеть. Для определения канала в динамическом режиме в работе [13] предлагается использовать подход, в основе которого лежит машинное обучение с подкреплением. Предложенный в работе алгоритм, по результатам работы, показал устойчивость и пропускную способность близкие к оптимальным. Можно сделать вывод о том, что дальнейшее развитие системы, построенной на платформе Hyperledger Fabric, позволит обеспечить управление взаимодействием ТС с другими ТС и инфраструктурой даже во время движения.

Заключение

В работе представлено описание архитектуры спроектированной системы РРИЭТС на базе блокчейн-платформы Hyperledger Fabric.

С помощью средств контейнеризации были созданы узлы, моделирующие распределенную сеть, поддерживаемую консорциумом из пяти организаций. Развернут смарт-контракт,

регулирующий запись данных о ТС и обеспечивающий контроль доступа к этим данным. Разработано аппаратное обеспечение для реализации функций сбора информации и телеметрии для РРИЭТС.

Предложенные решения помогут сделать более удобными, надежными и прозрачными отношения в сфере эксплуатации транспортных средств, решают задачи обеспечения информационной безопасности процессов сопровождения сделок с ними, а также повышают достоверность и полноту отчетов.

Литература

1. *Akerlof George*. The Market for Lemons: Quality Uncertainty and the Market Mechanism // The Quarterly Journal of Economics, v. 84, 1970.
2. *Комбаров М.А.* Проявления рынка «лимонов» в современной России и способы борьбы с ним // Human Progress. 2020. Том 6, Вып. 3. С. 5. URL: http://progresshuman.com/images/2020/Tom6_3/Kombarov.pdf, свободный. DOI 10.34709/IM.163.5
3. *Бараковский В.В.* О проблеме аварийности по причине эксплуатации транспортных средств с техническими неисправностями и некоторых путях ее решения // Современная наука, 2021, №3. С. 25-30.
4. *Singh Madhusudan, Kim Shiho*. Blockchain Based Intelligent Vehicle Data Sharing Framework. 2017.
5. *Ходырев Е.С., Елина Т.Н.* Распределенный реестр истории эксплуатации транспортного средства // Завалишенские чтения: молодежная секция: сб. докл. СПб, ГУАП 2020.
6. *Tasca Paolo, Tessone Claudio*. A Taxonomy of Blockchain Technologies: Principles of Identification and Classification. Ledger. 4. 10.5195/ledger.2019.140.
7. Hands-on blockchain with Hyperledger: Building decentralized applications with Hyperledger Fabric and Composer / Nitin Gaur Luc Desrosiers Venkatraman Ramakrishna Petr Novotny Dr. Salman A. Baset Anthony O'Dowd. 2018.
8. *Ongaro D., And Ousterhout J.* In search of an understandable consensus algorithm (extended version). Stanford University.
9. Веб-сайт проекта Hyperledger Fabric [Электронный ресурс]. Проект Hyperledger. URL: <https://hyperledger-fabric.readthedocs.io/en/release-2.5/>, 2023
10. *Ходырев Е.С., Елина Т.Н.* Концептуальная модель распределенной платформы данных для автомобильной индустрии // Завалишенские чтения: молодежная секция: сб. докл. СПб, ГУАП 2020.
11. *Chanson Mathieu, Bogner Andreas, Wortmann Felix, Fleisch Elgar*. Blockchain as a privacy enabler: an odometer fraud prevention system. 13-16. 10.1145/3123024.3123078. 2017.
12. *Khattak Asad, Harris Austin, Sartipi Mina, Mahdina Iman, Moradloo Nastaran, SafariTaherkhani Mohammad*. Connected and Automated Vehicles Investment and Smart Infrastructure in Tennessee Part 3: Infrastructure and Vehicular communications: From Dedicated Short-Range Communications to Cellular Vehicle-to-Everything. 2023.
13. *Kim Seungmo, Ibrahim Ahmed*. Byzantine-Fault-Tolerant Consensus via Reinforcement Learning for Permissioned Blockchain Implemented in a V2X Network. 2020.

DISTRIBUTED REGISTRY OF VEHICLE OPERATING HISTORY BASED ON THE BLOCKCHAIN PLATFORM HYPERLEDGER FABRIC

Sergey V. Bezzateev, Petersburg University of Aerospace Instrumentations, Saint Petersburg, Russia, bsv@aanet.ru

Tatyana N. Yelina, Petersburg University of Aerospace Instrumentations, Saint-Petersburg, Russia, elinatn@yandex.ru

Egor S. Khodyrev, Saint-Petersburg, Russia, khodyrev.es@gmail.com

Abstract

Due to the rapid development of various transport platforms, including those using unmanned technologies, systems that provide storage of vehicle operating history throughout its lifecycle are becoming increasingly relevant. Purpose: the purpose and functionality of the developed system for storing such information are defined. The main purpose of the system is to maintain a single source of reliable and unchangeable information about the operating history of the vehicle. Such a system can increase the transparency of business processes that arise between participants in the automotive industry: manufacturers and owners of vehicles, service stations, insurance companies and other industry participants. Methods: Blockchain technology, smart contracts and various methods of transaction processing were used. Results: the system was designed based on a distributed platform, based on the criteria defined in the work, Hyperledger Fabric was chosen as the platform. Communication network and information system architecture were designed and developed based on the distributed registry technology. The paper describes the process of creating the Hyperledger Fabric network, which is supported by the member organizations of the automotive industry. A description of the basic elements of the system is presented, as well as the mechanisms that maintain and harmonize the distributed registry, transaction processing, execution of smart contracts and interaction of the connected system participants. The hardware was designed in the form of a plug-in unit, which implements the functions of collection and pre-preparation of data collected from the nodes, units, sensors of the vehicle, as well as additional sensors built into the hardware unit. The collected data are transmitted from the block to the storages, the maintenance of which is carried

out by the system participants interested in such data. The fact of data transfer and data source identifier is recorded in a distributed registry in the form of a transaction, placed in the block. Practical relevance: On the basis of smart contract technology the issues of forming reports on the history of vehicle operation are considered. The system is scalable and allows the deployment of new smart contracts, which provides the ability to create new scenarios for its use. Discussion Possible variants of further development and use of the system are considered: the solution of scaling the system by local zones is proposed, and a brief overview of the approach of dynamic channel definition Hyperledger Fabric using dedicated near-field data communication is presented.

Keywords: blockchain technology, smart contracts, vehicle operation, distributed data registry, telecommunications technology.

References

1. George Akerlof (1970). The Market For Lemons: Quality Uncertainty and the Market Mechanism. *The Quarterly Journal of Economics*, vol. 84.
2. M.A. Kombarov (2020). Manifestations of the Market for Lemons in Modern Russia and Ways to Combat It. *Human Progress*. Vol. 6, Issue. 3. C. 5. URL: http://progresshuman.com/images/2020/Tom6_3/Kombarov.pdf, free. DOI 10.34709/IM.163.5
3. V.V. Barakovsky (2021). On the problem of accident rate due to the operation of vehicles with technical defects and some ways to solve it. *Modern science*. no. 3, pp. 25-30.
4. MadhusudanSingh, Shiho Kim (2017). Blockchain Based Intelligent Vehicle Data Sharing Framework.
5. E.S. Khodyrev, T.N. Yelina (2020). Distributed registry of vehicle operation history. Zavalishenskie readings: youth section: collection of papers SPB, GUAP 2020.
6. Tasca Paolo, Tessone Claudio (2019). A Taxonomy of Blockchain Technologies: Principles of Identification and Classification. *Ledger*. 4. 10.5195/ledger.2019.140.
7. Hands-on blockchain with Hyperledger: Building decentralized applications with Hyperledger Fabric and Composer / Nitin Gaur Luc Desrosiers Venkatraman Ramakrishna Petr Novotny Dr. Salman A. Baset Anthony O'Dowd - 2018.
8. D. Ongaro, J. Ousterhout. In search of an understandable consensus algorithm (extended version). Stanford University.
9. Hyperledger Fabric website [Electronic resource], Hyperledger Project. URL: <https://hyperledger-fabric.readthedocs.io/en/release-2.5/>, 2023
10. E. Khodyrev, T. Yelina (2020). Conceptual model of distributed data platform for automotive industry. Zavalishenskie readings: youth section: collected papers SPB, GUAP 2020.
11. Mathieu Chanson, Andreas Bogner, Felix Wortmann, Elgar Fleisch (2017). Blockchain as a privacy enabler: an odometer fraud prevention system, pp. 13-16. 10.1145/3123024.3123078.
12. Asad Khattak, Austin Harris, Mina Sartipi, Iman Mahdinia, Nastaran Moradloo, Safari Taherkhani Mohammad (2023). Connected and Automated Vehicles Investment and Smart Infrastructure in Tennessee Part 3: Infrastructure and Vehicular Communications: From Dedicated Short-Range Communications to Cellular Vehicle-to-Everything.
13. Kim Seungmo, Ibrahim Ahmed (2020). Byzantine-Fault-Tolerant Consensus via Reinforcement Learning for Permissioned Blockchain Implemented in a V2X Network.