

# Блокчейн на цифровой железной дороге Германии

О.Н.Покусаев, В.П.Куприяновский, Д.Е. Намиот, В.С. Лазуткина, А.В. Зажигалкин, П.В.Куприяновский

**Аннотация**— В статье рассматриваются вопросы, связанные с использованием технологии блокчейн в проектах цифровой железной дороги в Германии. Цифровая железная дорога – это не только цифровая сигнализация, но это также и множество других технологических, цифровых и организационных инноваций на этом виде транспорта. Не последнее место среди этих инноваций занимает технология блокчейн. В статье речь идет о проекте D\_BLOCKCHAIN немецких железных дорог. Скученность и перегруженность транспорта всех видов становится серьезной проблемой на дорогах, в воздухе и на железной дороге - потери времени, увеличивающиеся загрязнение окружающей среды, являются дорогостоящими для общества. Упомянутый выше проект как раз и предназначен для борьбы со скученностью и заторами на железнодорожных станциях.

**Ключевые слова**—блокчейн, умные контракты, цифровая железная дорога.

## I. ВВЕДЕНИЕ

Многие цифровые технологии сегодня стали возможными к применению по причинам новшеств и инноваций и благодаря росту возможностей вычислительных систем и связи, а так же падению стоимости такого рода ресурсов. Такова и история блокчейна и распределенной главной книги (DLT). Исторически любой банк и казначейство имеют главную книгу, в которой они, собственно, и записывали ежедневный денежный приход и расход своего учреждения. Со временем, эта главная книга преобразовалась в цифровую книгу. А цифровая книга и стала основой операционного дня банков в их отчетности перед центральными банками.

Зародившись в банках и в финансовых операциях, где уже был опыт и понимание применения главных книг, блокчейн стал многими рассматриваться [1] как то, что “Интернет вступает во вторую эру, основанную на blockchain. Последние несколько десятилетий привели

Статья получена 15 января 2018.

О.Н.Покусаев - Центр цифровых высокоскоростных транспортных систем РУТ (МИИТ) (email: o.pokusaev@rut.digital)

В.П.Куприяновский - Национальный центр цифровой экономики МГУ (email: vpkupriyanovsky@gmail.com)

Д.Е. Намиот - МГУ имени М.В. Ломоносова (e-mail: dnamiot@gmail.com)

В.С. Лазуткина - Центр цифровых высокоскоростных транспортных систем РУТ (МИИТ) (email: v.lazutkina@vsmexpert.ru)

А.В. Зажигалкин - ОАО РЖД (email: zashigalkin@mail.ru)

П.В.Куприяновский - ЗАО "Сфера" (email: kuprpavel@yandex.ru)

нас к Интернету Информации. Сейчас мы наблюдаем рост Интернета Стоимости. Если первая эра была вызвана конвергенцией Вычислительных и коммуникационных технологий, эта Вторая эра будет оснащена умным сочетанием криптографии, математики, разработка программного обеспечения и поведенческой экономикой. Это технология blockchain, также называется распределенной регистрационной технологией. Как интернет до этого, блокчейн обещает оживить бизнес, моделирует и разрушает отрасли.... Blockchain дает нам беспрецедентные способности создавать и торговать ценностью в обществе. Как основополагающая платформа Четвертой Промышленной революции он позволяет использовать такие инновации, как искусственный интеллект (ИИ), машинное обучение, интернет вещей (IoT), робототехнику и даже технологии в наших телах, чтобы больше людей могли участвовать в экономике, создания богатства и улучшения состояния мира”.

Поскольку приложения блокчейнов эволюционировали от потенциала к фактическим вариантам использования, мы можем анализировать конкретные варианты использования, чтобы поднять конкретные вопросы управления, на которых видно уровень каждого варианта использования (например, платежи, интеллектуальные контракты, оформление ценных бумаг, страхование и т. д.). Одним из таких вариантов для анализа нам представляются решения чрезвычайно известной железнодорожной компании Deutsche Bahn, которые построены на выбранной ими платформе (рисунок 1) и, как нам представляются, чрезвычайно интересны, как прообраз новых цифровых систем массового обслуживания на транспорте на базе блокчейна. О последних можно посмотреть в работах [3,4].



Рис. 1. Блокчейн: три уровня управления [1]

Как было справедливо указано в [7], цифровая железная дорога это, конечно, в первую очередь введение цифровой сигнализации для управления поездами. Но это также и множество иных технологических, цифровых и организационных инноваций на этом виде транспорта. Не последнее место среди этих инноваций занимает блокчейн.

## II. ПЕРЕПОЛНЕННОСТЬ ВОКЗАЛОВ И СТАНЦИЙ ПРИ УВЕЛИЧЕНИИ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ

Скученность и перегруженность транспорта всех видов становится серьезной проблемой на дорогах, в воздухе и на железной дороге - потери времени, увеличивающиеся загрязнение окружающей среды, являются дорогостоящими для общества. В сообществах в Брюсселе и в Лондоне тратят более 50 часов в год в пробках на человека; по всей Европе в целом, затраты на инфраструктуру заторов стоят 1 процент ВВП ЕС [12].

Так в Великобритании [9] «всего за 19 лет между 1994 и 2013 годами общие пассажиропотоки увеличились на 106%, достигнув всего лишь 11% от общего объема национального пассажирского парка. Прогнозируемое увеличение объема железнодорожных перевозок в течение следующих 30 лет с 12,775 миллионов поездок до верхнего предела чуть более 25 000, что представляет собой очевидную и значительную проблему для нынешней инфраструктуры для выполнения основных и регулярных задач по текущему обслуживанию, указанных выше. На этом высоком уровне роста и, несмотря на улучшение эффективности использования парка, текущее ручное обслуживание не будет продолжать обеспечивать требуемые уровни обслуживания без значительных инвестиций в новые склады, что будет дорого и трудно найти поблизости от потребности в перегруженных пригородных районах».

Великое экономическое благо – увеличение емкости железных дорог не расширяет автоматически емкости вокзалов и станций. Существует множество исследований о том, как бороться с переполненностью вокзалов и станций железных дорог, и мы приведем лишь некоторые [9,12-16]. Нам представляется, что многое можно решить через быстрые и относительно дешевые современные решения. Так, понимание где и какой вагон поезда находится с помощью систем идентификации, например, на RFID, что стандартизовано в ряде стран [17] и приносит выгоды [10].

Автоматическое обслуживание является коммерчески привлекательным и жизнеспособным альтернативным вариантом. В ход уже идут исследования по системам роботов и искусственного интеллекта для обслуживания поездов, как в депо, так и на станциях. Проводятся исследования по узкой, но край важной тематике, например, работе с дизельным топливом [9], и приходят к выводам [9], что «несмотря на то, что зависимость от дизельных локомотивов, согласно прогнозам, сократится с 31% от общего парка в 2015 году до 8% к

2044 году, что будет означать ожидаемый рост общего парка, что может по-прежнему соответствовать 1200 дизельным поездам. Однако этот проект был сосредоточен на автономном обслуживании всего парка, поскольку некоторые из задач, которые должны быть автоматизированы, применимы как к электрическим локомотивам, так и к дизельным. Разработанная система выполняет автономные задачи по текущему обслуживанию, чтобы максимизировать коммерческие выгоды и минимизировать риск травмирования и ошибки человека».

Для облегчения переполненности на вокзалах и станциях иногда не нужно привлекать больших капиталовложений, но это требует энергии, инноваций и лидерства. Именно таким путем возможных быстрых решений идет сегодня один из лидеров мировой железнодорожной отрасли Deutsche Bahn (далее – DB) в разработке применений блокчейна на цифровой железной дороге Германии для облегчения переполненности на вокзалах и станциях, используя быстрые решения (рисунок 2).

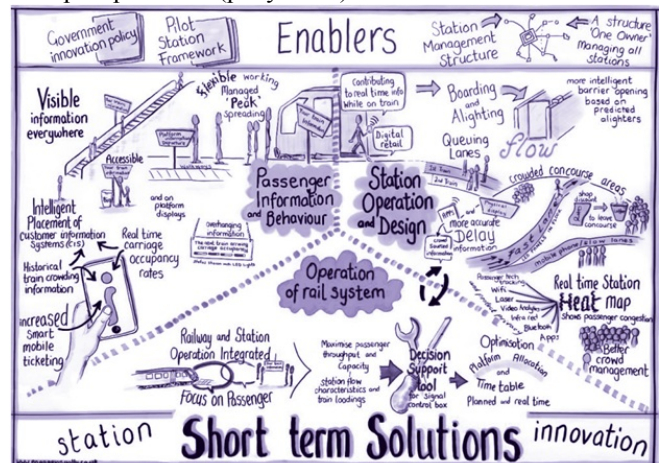


Рис. 2. Быстрые решения для борьбы с переполненностью на вокзалах и станциях [12].

## III. ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В DEUTSCHE BAHN

DB активно представлена во всех сегментах транспортного рынка своими дочерними компаниями. В части пассажирского транспорта они осуществляют внутренние и европейские услуги по мобильности, а в транспорте и логистике они предоставляют интеллектуальные логистические услуги через сухопутные, воздушные и морские перевозки. Практически во всех сегментах рынка DB находится на очень хороших позициях, но растущая конкуренция побудила DB объявить большую программу цифрового DB (рисунок 3)

ИТ-команда находится в составе DB Systel. DB Systel это поставщик ИТ-услуг для Deutsche Bahn (более 3,400 сотрудников, 2 центра обработки данных с более чем 3 300 серверами, сеть передачи данных с примерно 340 000 IP-портов, около 500 производственных ИТ-систем в эксплуатации).



Рис. 3. Цифровой DB (источник - DB Systel)

Объявлена амбициозная программа цифрового DB, но далеко не все цифровые технологии реализуются DB Systel, и не все программы цифровых трансформаций входят в цифровой DB. Так программа DB BIM ведется другой дочкой «Deutsche Bahn Netz AG» и строящейся ею туннель Rastatt является сегодня крупнейшим проектом BIM-пилотов Германии. BIM как государственный подход был начат в 2015 году Федеральным министерством транспорта и цифровых технологий и инфраструктур. Сегодня в сотрудничестве с «Deutsche Bahn» и DEGE он реализуется в основном на объектах железнодорожного и автодорожного строительства. Реализация ERTMS также осуществляется отдельно от DB Systel.

Компания DB Systel сосредоточена на работе с пассажирами и грузами в кооперации с Deutsche Bahn Digital Ventures GmbH, и она систематически поддерживает новые бизнес-модели с миноритарными владениями, как в рамках внешних, так и внутренних стартапов. До 2019 года должно быть реализовано около 100 млн. евро венчурного капитала от DB. Наряду с технологическим фокусом на большие данные, искусственный интеллект и IoT, основной упор делается на преобразующую энергию, которую предприниматели привносят в рынок и их способность устанавливать перспективных клиентов для DB. Именно к таким, очень важным для развития, относится проект блокчейна, который рассматривается как системообразующий и ведется DB Systel.

Работы по цифровым инновациям хватает: необходимо не только потратить 1 млрд. евро на цифровые инновации за 3 года (рисунок 3), но и показать их прибыльность и конкурентоспособность. Вот последние новости – «Недавним примером является функция «Комфортная регистрация», которую DB тестирует на нескольких поездах ICE. Путешественники используют приложение DB Navigator, чтобы самостоятельно зарегистрировать свой билет. Это означает, что больше не нужно проверять этот билет экипажем поезда, и они могут наслаждаться путешествием в спокойствии, погрузиться в книгу, закончить некоторые работы или вздремнуть. В мире

логистики цель тоже состоит в том, чтобы сделать транспорт легким и настраиваемым, насколько это возможно. Именно поэтому DB инвестировала около 25 млн. долл. США в uShip - онлайн-платформу для экспедиторских и транспортных услуг. Это сотрудничество позволяет DB Schenker быстрее и эффективнее получать товары клиентам. Транспортная служба Drive4Schenker, разработанная uShip позволяет управлять транспортным ордером в режиме реального времени полностью через интернет» ([https://www.deutschebahn.com/file/en/13402714/KuexMh2B5oeLe7YDT3lsINzPgal/13474444/data/news\\_service.pdf](https://www.deutschebahn.com/file/en/13402714/KuexMh2B5oeLe7YDT3lsINzPgal/13474444/data/news_service.pdf)).

#### IV ПЛАТФОРМЫ БЛОКЧЕЙНА И DLT

Более широкое внедрение технологий распределенной книги может иметь широкое воздействие. Для предприятий это может означать значительные операционные упрощения, сокращение мошенничества и большую прозрачность, с меньшей необходимостью дублировать и проверять отчеты вне и внутри организаций. И эти преимущества могут иметь и регулирующие органы, которые могут иметь более прозрачный доступ к данным, более обоснованное принятие решений. Но эти преимущества будут реализованы только когда затраты, связанные с поддержанием и обновлением распределенного регистра может содержать обеспечение правильного управления, что будет важно для успеха каждого распределенного регистра. На этих ранних стадиях развития и адаптации, некоторые технологии блокчейн напоминали эпоху зарождения интернета. Точность этого сравнения остается очевидной; однако в качестве другие варианты использования технологии блокчейна, которые появляются со временем, выявляют полный потенциал блокчейна. В [5, 20] есть примеры такого развития для мировой энергетики, в [11] - отличное исследование о применении блокчейна для морских портов, в [8] транспортного агентства Финляндии. Есть даже исследования для оптимизации работы станций зарядки электромобилей [6]. Для наглядности сказанного мы приводим рисунок 4, на котором показаны основные организации, исследующие применение блокчейна в Австралии и Новой Зеландии.

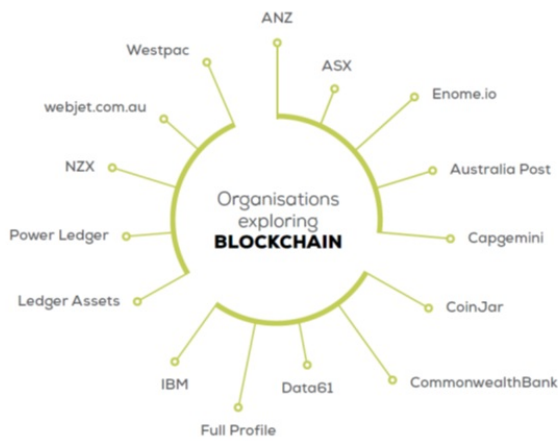


Рис. 4. Основные организации, исследующие применение блокчейна в Австралии и Новой Зеландии [19]

В отсутствии принятых стандартов на технологии, практика исследования применений не останавливается и развивается созданием платформ, которые соединяют предыдущие стандарты ИТ с блокчейном и DLT [18]. На рисунках 5 -7 показаны основные компоненты таких платформ блокчейна и DLT. Рисунок 8 показывает, что почти половина всех стартапов DLT базируется в Северной Америке, где и развивается большинство таких платформ.

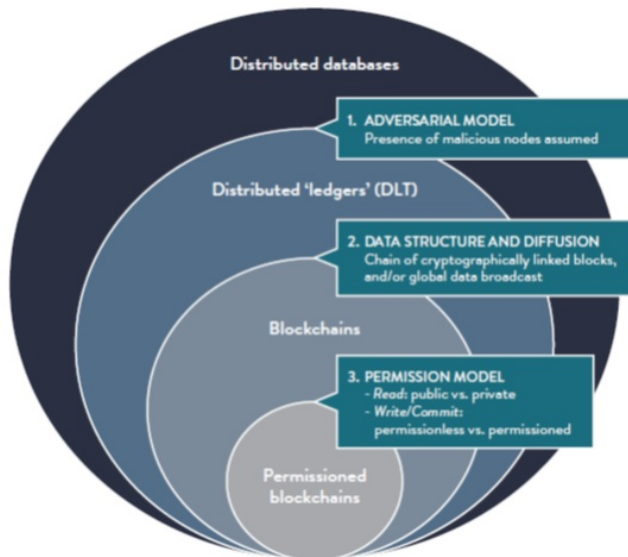


Рис. 5. Блокчейн и распределенные регистры являются типами распределенных баз данных [18].

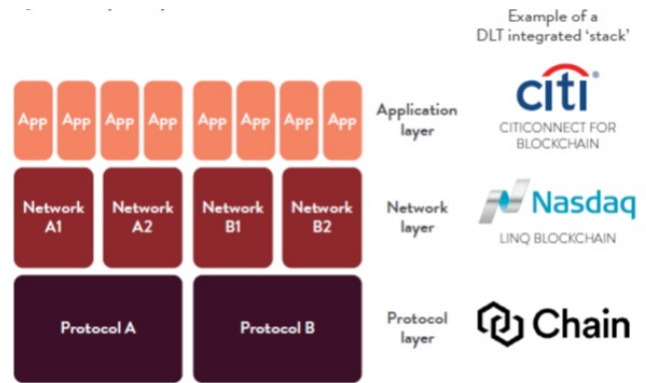


Рис. 6. Уровни систем DLT и примеры их применения [18]

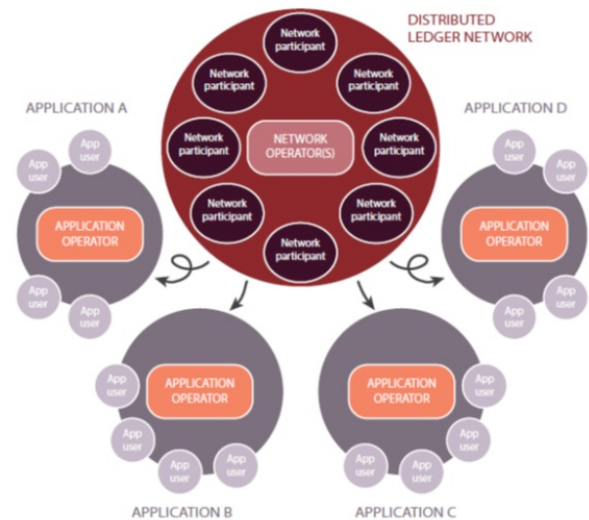


Рис. 7. Отображение пользователей и операторов распределенной основной книги [18]

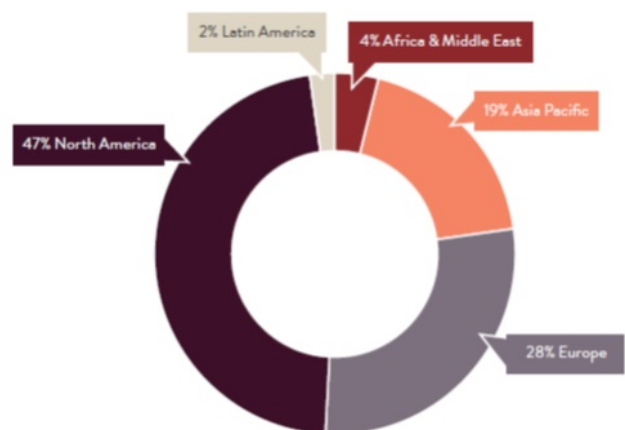


Рис. 8. Почти половина всех стартапов DLT базируется в Северной Америке [18].

#### V Блокчейн и цифровая идентичность в DB SYSTEM

Как было сказано выше, не все решения DB заказывает на стороне. Часть, наиболее значимых решений разрабатывается в лабораториях DB Systel.

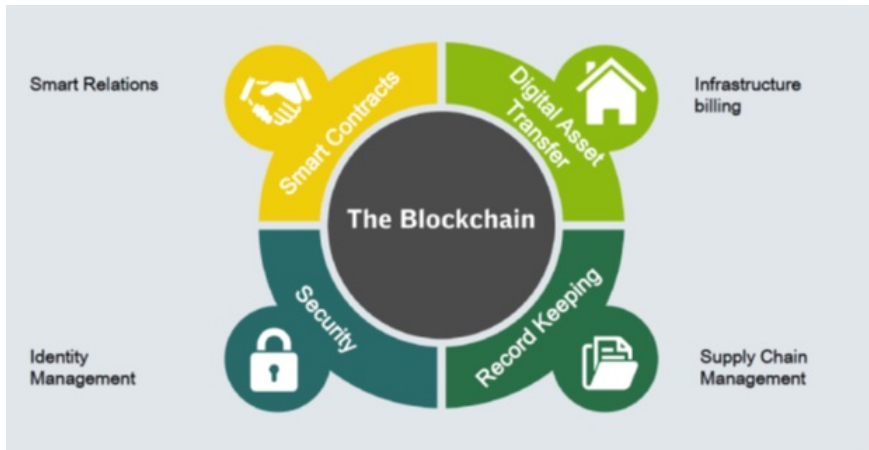


Рис. 9. Как видит DB Systel архитектуру блокчейна (источник - DB Systel)

На рисунке 9 показано, как видит DB Systel архитектуру блокчейна. Цифровая идентичность - это онлайн-персонаж субъекта, и определение этот широко обсуждается на международном уровне, так как является ключевым для применения блокчейна. Для этих руководящих принципов цифровая идентичность является уникальным представлением субъекта,

участвующего в онлайн-транзакции. Цифровая идентификация всегда уникальна в контексте цифровой службы, но не обязательно должна однозначно идентифицировать субъекта во всех контекстах. Миллионы участников ежедневных транзакций при пассажирском и грузовом обслуживании нуждаются в такой идентичности. Исследования по возможностям выпуска мировых стандартов проводит NIST [21,22], что позволяет надеяться на их скорое появление.

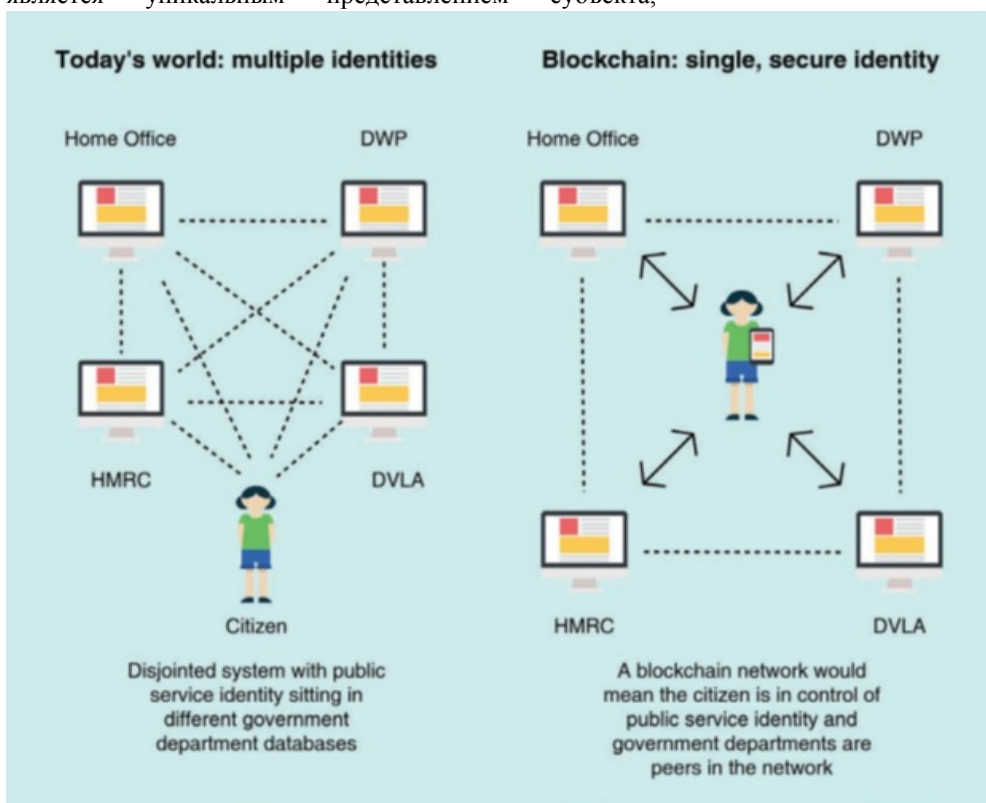


Рис. 10. Новая модель идентификации цифровой идентичности публичных сервисов [23]

Усилия по оптимизации работы по цифровой идентичности публичных сервисов предпринимаются и на уровне электронных правительств. Так, в Великобритании, где введен принцип отношений граждан и юридических лиц, что цифровое отношение это первое, а бумажное второе, такие изменения в архитектуре систем цифровой идентичности публичных сервисов интенсивно рассматриваются. Сегодня GOV.UK Verify - это система удостоверения

личности, разработанная Британской правительственной цифровой службой (GDS). Система предназначена для обеспечения единого доверенного входа во все цифровые службы правительства Великобритании, проверяя идентификацию пользователя в течение 15 минут [23]. Это позволяет пользователям выбирать одну из нескольких компаний, чтобы проверить свою личность на стандартный уровень уверенности, прежде чем обращаться к 12 онлайн-службам центрального правительства.

Технология Blockchain может быть использована для улучшения усилий правительства UK по

предоставлению гражданам большего контроля над тем, как их информация делится с государственными службами, утверждает аналитический центр «Реформа» [24]. Новая модель идентификации цифровой личности публичных сервисов с использованием блокчейна показана на рисунке 10. Напомним читателю, к каким выдающимся экономическим результатам привело введение цифровой личности в Индии [25] и следует полагать, что такими же они могут быть как в DB, так и в Великобритании.

#### VI АРХИТЕКТУРА БЛОКЧЕЙНА И DLT В DB – ПРОЕКТ D\_BLOCKCHAIN

Можно сказать, что проект D\_BLOCKCHAIN имеет, по понятным причинам, очень важное значение. Найдено крайне удачное название, обыгрывающее сокращение DB и тщательно выстраивается надежная и современная архитектура. Так IBM Blockchain является частью Hyperledger, проекта Linux Foundation, целью которого создание открытого стандарта для blockchain.

Hyperledger в архитектуре (рисунок 11) находится в центральной позиции.

Рис. 11. Технологический набор архитектуры проекта D\_BLOCKCHAIN (источник - DB Systel)

Для более детального представления того как выглядят возможности Hyperledger мы приводим рисунок 11. Детальная ИТ-архитектура проекта D\_BLOCKCHAIN приведена на рисунке 12, и она похожа на рисунок 7. Последнее позволяет организовать гибкую схему работы оператора сети (DB Systel) и операторов приложений, которых может быть в этой схеме практически бесконечно много.

Такая архитектура, по мнению DB Systel, позволяет кардинально изменить схему взаимодействия с пассажирами и грузовладельцами. На рисунках 13 и 14 показана организация работы с пассажирами и грузовладельцами в проекте D\_BLOCKCHAIN.

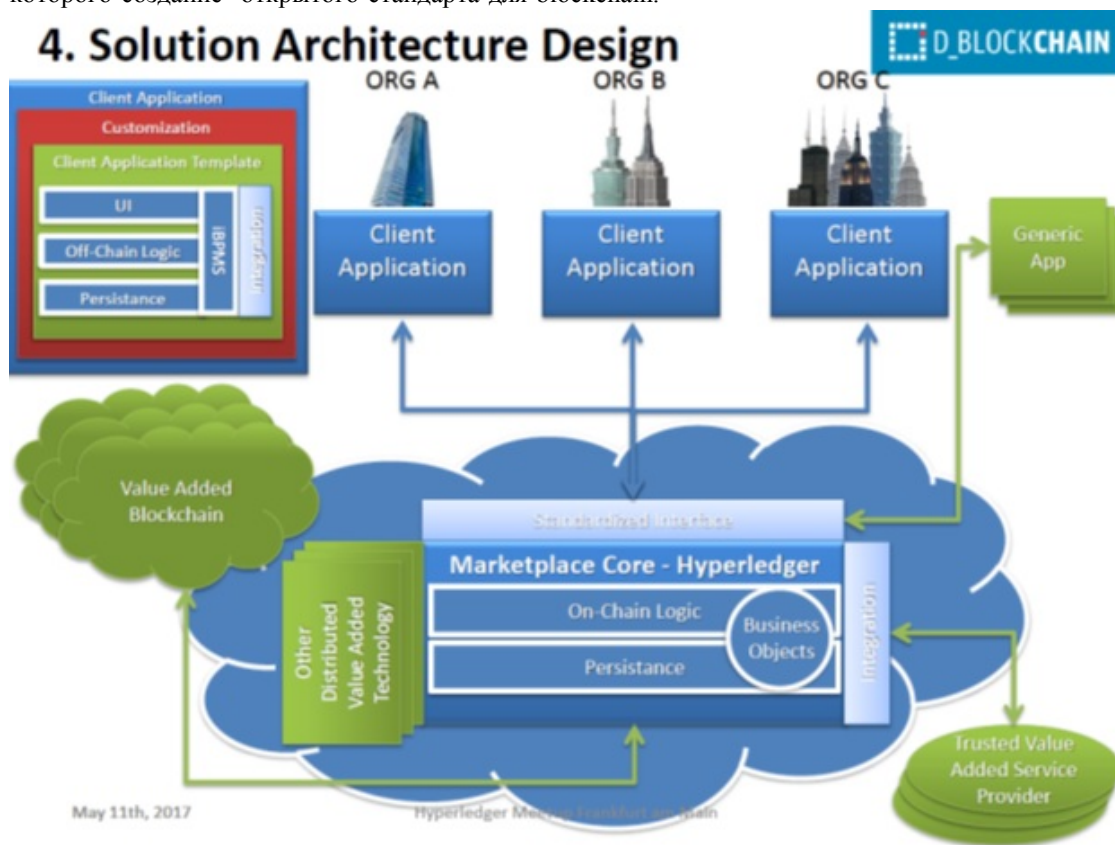


Рис. 11. Производственные возможности Hyperledger для проекта D\_BLOCKCHAIN (источник - DB Systel)

## 6. Hyperledger Fabric Challenges



Рис. 12. Детальная ИТ-архитектура проекта D\_BLOCKCHAIN (источник - DB System)

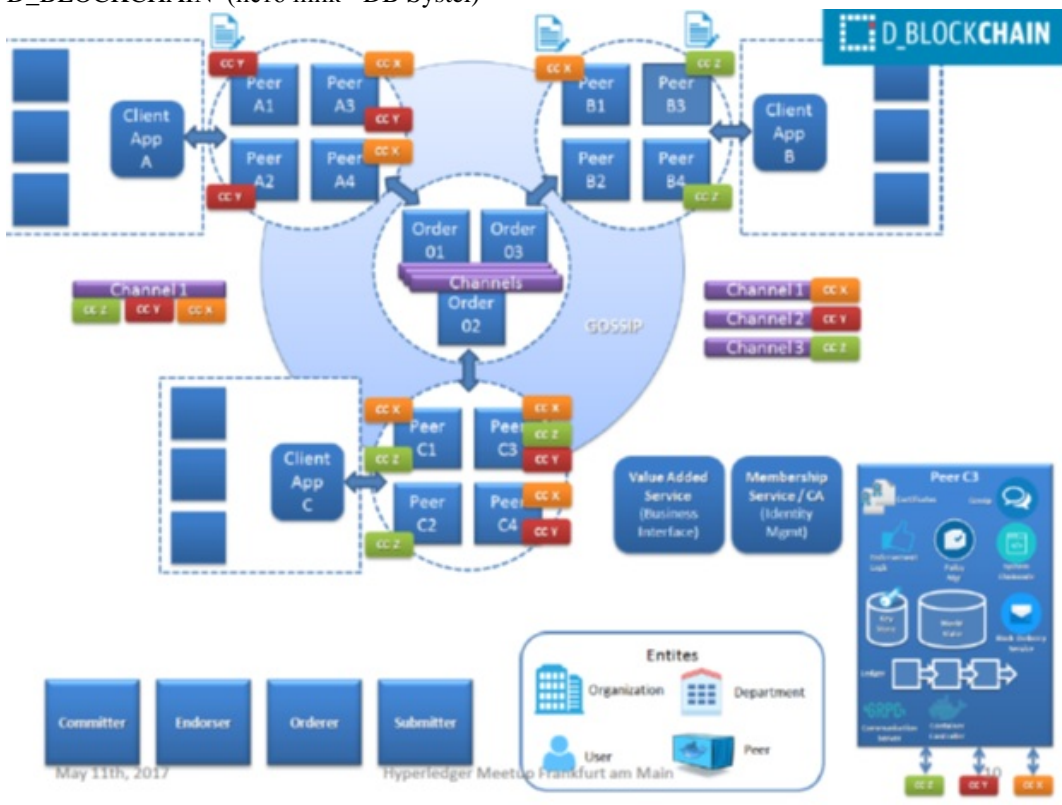


Рис. 13. Организация работы с пассажирами в проекте D\_BLOCKCHAIN (источник - DB System)



Рис. 14. Организация работы с грузами проекта D\_BLOCKCHAIN (источник - DB Systel)

#### VII РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОЕКТА D\_BLOCKCHAIN В DB SYSTEL

Использование того, что у человека есть одна собственная суверенная цифровая личность, позволяет ее использовать для различных услуг бронирования и подготовки к мобильности поездки, на вокзале и в

поездке на поезде. Для этого клиенты просто нуждаются в одном цифровом удостоверении личности. На рисунке 15 показано текущее состояние систем обслуживания пассажиров в DB и упрощения, которые позволяют сделать блокчейн в системах регистрации и совместных поездках, расчётах и биллинге, а так же в расчётах с поставщиками электроэнергии.

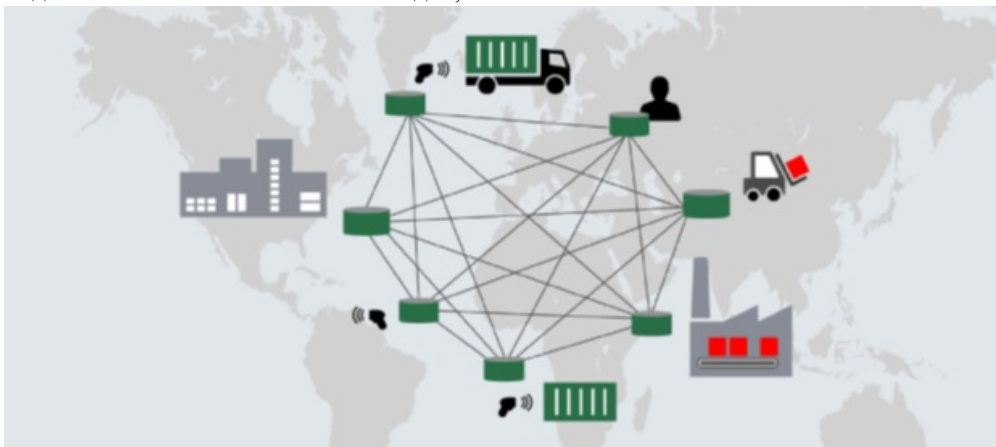


Рис. 15. Текущее состояние систем обслуживания пассажиров в DB и упрощения, которые позволяют сделать блокчейн в системах регистрации и совместных поездках, расчётах и биллинге, а также в расчётах с поставщиками электроэнергии (источник - DB Systel)

На самом деле изменяется и принцип платежа за приобретенную услугу проезда от точки А до точки В. В этой схеме нет кассира и автомата по продаже билетов. Услуга фиксируется на выходе с платформы. Пример использования уже есть в пилотном режиме на поездах ICE, когда пассажир оплачивает другие услуги через собственный кошелек без посредников. Видение решения в D\_BLOCKCHAIN в том, что человек покупает билет через мобильный телефон у ICE, которое оплачивает использование инфраструктуры. Эта схема показана на рисунке 16.

В основе расчетов находится автономный блок Train-to-Infrastructure Payment на основе архитектуры, о которой было сказано выше. Целевое состояние этой системы быстрая и эффективная оплата проезда с помощью расчета train-to-infrastructure. Это в корне меняет текущую ситуацию, когда через оператора поезда оплачивается проезд до каждой остановки по общедоступному прейскуранту, используется центральный биллинг с «посмертными» данными, предоставленные оператором дороги и т.п. Текущее решение требует больше накладных расходов для расчетов, обработки контрактов и т. д., затруднено повторное использование данных на основе SOA, и вряд ли оно возможно в реальном времени или в децентрализованном взаимодействии.



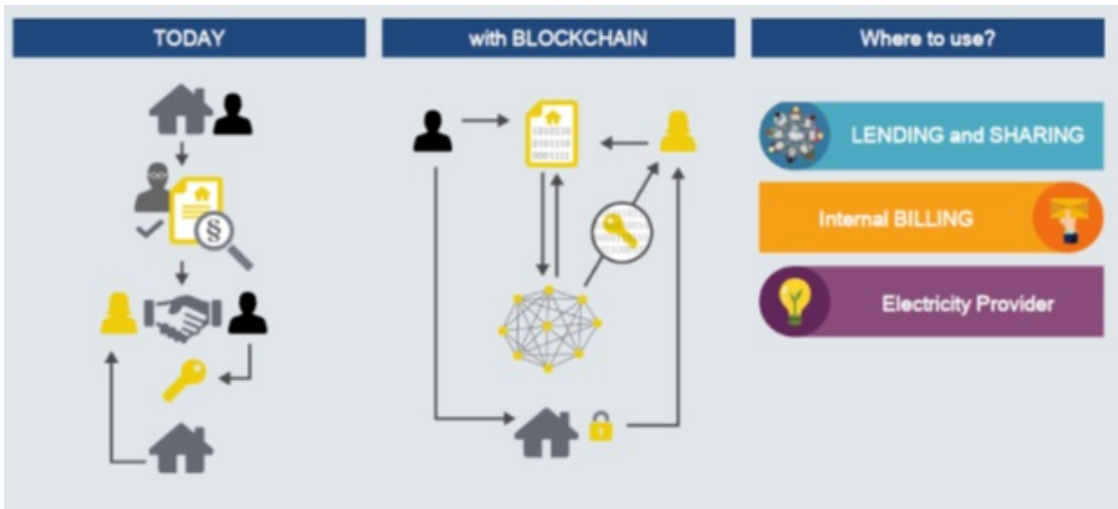


Рис. 16. Схема оплаты использования пассажиром инфраструктуры в D\_BLOCKCHAIN (источник - DB Systel)

Возможные расширения этого решения в его использовании дорогами, для расчетов за энергию / бензин / дизель, обслуживание (уборку) и т.п. Вся исходная информация это публичные и открытые (доступные) данные. Например, расписания, цены на станциях публикуются и одинаковы для всех участников и не являются секретными.

Надежность и безотказность - это основное деловое требование, заложенное в это решение при подходе к данным «только для добавления» (write-once-read-many) и для этого идеально подходит Blockchain, который становится синхронизированным распределенным регистром, то есть платформой с полезными возможностями Multi-Node-Setup, и при этом нет

необходимости, чтобы поезд и / или станция были полными узлами.

Пилотирование показывает, что метод оплаты после доступа (postpaid - pay-after-access) к выставлению счетов фактически означает Smart Contract, так как выставление счетов инициируется, если найдено два совпадающих события:

1. Станция обнаруживает остановленный поезд (в пилоте применялось Raspberry Pi с карточкой считывателя NFC)
2. Поезд понимает остановку на станции (в пилоте применялось NFC-тэг -> конструкция шкалы BRIO)

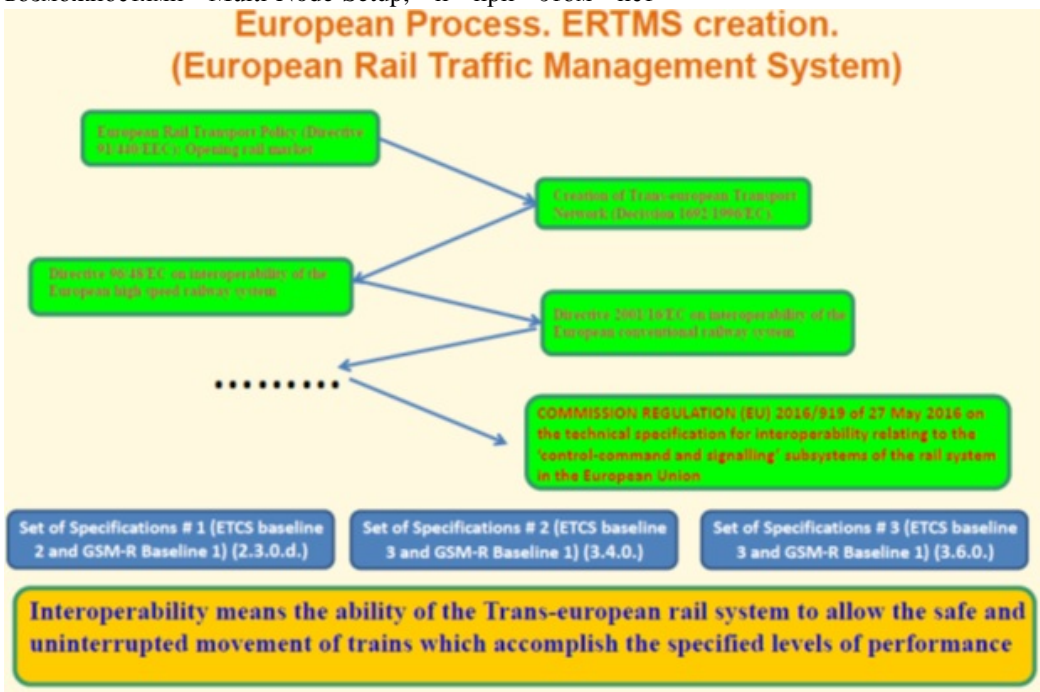


Рис. 17. Умный контракт в решении D\_BLOCKCHAIN (источник - DB Systel)

Закупка услуг в рамках существующих коммерческих отношений для услуг с оплатой по мере необходимости

и фиксированных услуг позволяет провести доказательное упорядочение процесса и решить что оно разрушительное, если оно выгодно (рисунок 17). Это позволяет:

- осуществить стандартизацию и устранение

устаревших зависимостей и интерфейсов;

- создать надежный жизненный цикл контракта и реплицированное хранилище с надлежащей автоматизацией;
- обеспечить прозрачность, аудитоспособность, повышение эффективности бизнеса;
- создать с помощью технологий блокчейн доверие, готовую безопасность: безотказность, защиту от несанкционированного доступа и т. д.;
- создать подход к рынку и «платформе» с высоким потенциалом повторного использования.

Первоначальный пилот состоял из двух внутренних бизнес-подразделений (около 15 пользователей), имел простой встроенный интерфейс. Подробности - на специальном сайте <https://www.dbsystel.de/dbsystel/digitalisierung/transformati-on-419702>.

### VIII ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Решение D\_BLOCKCHAIN, как нам представляется, крайне интересно как конкретное экономически оправданное решение на базе блокчейн для различных применений и не только в ОАО РЖД. На российских железных дорогах то же развиваются подходы к созданию систем связи, как на станциях, так и в поездах, и этот процесс носит мировой характер [27]. Но такую среду связи можно использовать и для построения систем аналогичных решению D\_BLOCKCHAIN и в России. Она могла бы существенно упростить и удешевить построение систем интеллектуальной мобильности и MaaS [26], обеспечив конкурентоспособность отечественных компаний на глобальном транспортном рынке и быть вкладом в борьбу с переполненностью станций.

### БИБЛИОГРАФИЯ

- [1] Realizing the Potential of Blockchain. A Multistakeholder Approach to the Stewardship of Blockchain and Cryptocurrencies WEF. June 2017
- [2] Пряников М. М., Чугунов А. В. Блокчейн как коммуникационная основа формирования цифровой экономики: преимущества и проблемы //International Journal of Open Information Technologies. – 2017. – Т. 5. – №. 6.
- [3] Куприяновский В. П. и др. Цифровые цепи поставок и технологии на базе блокчейн в совместной экономике //International Journal of Open Information Technologies. – 2017. – Т. 5. – №. 8.
- [4] Намиот Д. Е. и др. Приложения блокчейн на транспорте //International Journal of Open Information Technologies. – 2017. – Т. 5. – №. 12.-С.130-134.
- [5] Blockchain – an opportunity for energy producers and consumers? PwC 2016.
- [6] Freedom of Charging: Opportunities and Challenges of Blockchain Technology for seamless Electro-mobility .EURELECTRIC Blockchain platform interim report Union of the Electricity Industry - EURELECTRIC November 2017
- [7] Kupriyanovsky V. P. et al. Economics of innovations for digital railways. Experience in the UK //International Journal of Open Information Technologies. – 2017. – Т. 5. – №. 3. – С. 79-99.
- [8] Trafi & Blockchain. An Exploration of Blockchain Data Management for the Finnish Transport Safety Agency Margaret Kapitany, Toni Kokkonen, Kai-Ling Yim & Joonas Leimola Finnish Transport Safety Agency, 23 May 2017
- [9] RRUKA Feasibility Study. Competition: Robotics and Autonomous Systems for Rolling Stock Maintenance Robust Automated Servicing of Passenger Trains - Fluids (RASPT-F) Stuart Hill, Brunel University London Dr. Mark Atherton, Professor David Harrison, Dr. Marco Ajovalasit Submission date: 03/03/2017
- [10] Automatic Vehicle Identification System Benefits. Rail Safety and Standards Board Limited, 2017
- [11] An explorative study on blockchain technology in application to port logistics By Mattia Francisoni in partial fulfilment of the requirements for the degree of Master of Science in Management of Technology at the Delft University of Technology, to be defended publicly on Monday August 21, 2017
- [12] STATION INNOVATION OVERCROWDING AND INCREASING PASSENGER THROUGHPUT AT STATIONS April 2016
- [13] Station Innovation 2 .Work Package 7: Connected and Automated Vehicle (CAV) Impact March 2017
- [14] Smart Station in Smart Cities. Intelligent & Resilient. UIC October 2017
- [15] Zamolodchikov D. et al. Comfortable environment and resources for passenger stations in the lifecycle of digital railways assets //International Journal of Open Information Technologies. – 2017. – Т. 5. – №. 3. – С. 100-116.
- [16] Китаев А. Е. и др. Железнодорожная станция 2.0: новая концепция развития цифровой железной дороги //International Journal of Open Information Technologies. – 2017. – Т. 5. – №. 2.
- [17] Rail Industry Standard RIS-2795-RST Issue: Two Date: December 2017. Track to Train RFID Compatibility. Published by RSSB
- [18] GLOBAL BLOCKCHAIN BENCHMARKING STUDY Dr Garrick Hileman & Michel Rauchs. Cambridge Centre for Alternative Finance 2017
- [19] The Future of Blockchain: APPLICATIONS AND IMPLICATIONS OF DISTRIBUTED LEDGER TECHNOLOGY. Copyright © January 2017. Chartered Accountants Australia and New Zealand.
- [20] The Developing Role of Blockchain. WHITE PAPER.VERSION 1.0 IN COLLABORATION WITH PRICEWATERHOUSECOOPERS WORLD ENERGY COUNCIL. 2017
- [21] NIST Special Publication 800-63-3 Digital Identity Guidelines Paul A. Grassi Michael E. Garcia Applied Cybersecurity Division Information Technology Laboratory James L. Fenton Altmode Networks Los Altos, Calif. <https://doi.org/10.6028/NIST.SP.800-63-3> June 2017
- [22] NIST Special Publication 800-63B Digital Identity Guidelines Authentication and Lifecycle Management. <https://doi.org/10.6028/NIST.SP.800-63b> June 2017
- [23] The future of public service identity: blockchain. Maisie Borrows, Eleonora Harwich, Luke Heselwood, Reform. November 2017
- [24] FUTURE OF GOVERNMENT DIGITAL SERVICES. A NATIONAL STUDY OF UK CONSUMER AND BUSINESS REQUIREMENTS OF THE DIGITAL TRANSFORMATION OF PUBLIC SERVICES IN THE 21ST CENTURY. Emsc 2. November 2017
- [25] Куприяновский В. П. и др. ААДНАА-ИДЕНТИФИКАЦИЯ ЧЕЛОВЕКА В ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКЕ //International Journal of Open Information Technologies. – 2017. – Т. 5. – №. 2.
- [26] Куприяновский В. П. и др. Интеллектуальная мобильность и мобильность как услуга в Умных Городах //International Journal of Open Information Technologies. – 2017. – Т. 5. – №. 12.
- [27] Ларин О. Н., Куприяновский В. П. МЕХАНИЗМЫ ИНВЕСТИЦИОННОЙ ПОДДЕРЖКИ ИНФРАСТРУКТУРНЫХ ПРОЕКТОВ КИТАЙСКОЙ ИНИЦИАТИВЫ «ОДИН ПОЯС, ОДИН ПУТЬ» И ТЕХНОЛОГИИ ЦИФРОВОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ //Современные информационные технологии и ИТ-образование. – 2017. – Т. 13. – №. 3. – С. 167-175.

# Blockchain on the digital railway in Germany

Oleg Pokusaev, Vasily Kupriyanovsky, Dmitry Namiot, Varvara Lazutkina, Aleksandr Zazhigalkin,  
Pavel Kupriyanovsky

*Abstract*— The article deals with issues related to the use of blockchain technology in digital railway projects in Germany. The digital railway is not only digital signaling, but it is also a lot of other technological, digital and organizational innovations in this mode of transport. Not the last place among these innovations is occupied by blockchain technology. The article deals with the D\_BLOCKCHAIN project of German railways. The overcrowding and congestion of all types of transport are converting into a serious problem on the roads, in the air, and on the railway - the loss of time, the increasing pollution of the environment, are costly for society. The above-mentioned project is precisely designed to combat overcrowding and congestion at railway stations.

*Keywords*— blockchain, smart contract, digital railways.