

Министерство образования Республики Беларусь  
Учреждение образования  
«Белорусский государственный университет  
информатики и радиоэлектроники»

УДК 004.75:004:774

КОРДАШ  
Валерий Геннадьевич

**ПОСТРОЕНИЕ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ ВЕБ-  
СЕРВИСОВ**

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание степени  
магистра информатики и вычислительной техники

по специальности 1-40 81 04 – Обработка больших объемов информации

Минск 2020

Работа выполнена на кафедре информатики учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»

Научный руководитель: **Скобцов Вадим Юрьевич**,  
кандидат технических наук, доцент кафедры программного обеспечения информационных технологий учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»

Рецензент: **АКИМОВ Валерий Алексеевич**,  
кандидат физико-математических наук, доцент, кафедры математических методов в строительстве учреждения образования «Белорусский Национальный Технический университет»

Защита диссертации состоится «23» июня 2020 г. года в 10<sup>00</sup> часов на заседании Государственной экзаменационной комиссии по защите магистерских диссертаций в учреждении образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» по адресу: 220013, Минск, ул. Гикало, 9, копр. 4, ауд. 112, тел. 293-85-91, e-mail: [inform@bsuir.by](mailto:inform@bsuir.by)

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники».

## **ВВЕДЕНИЕ**

На сегодняшний день, в эпоху цифровых технологий, существуют различные пути достижения доверия между людьми, и во многих из них используются информационные системы. Люди привыкли использовать личные и служебные устройства с целью коммуникации: доведения, получения и согласования информации, а также создания договоренностей. Если подходить к проблеме с точки зрения предпринимательства, стоит вопрос о способах организации доверия между лицами, подразделениями и компаниями. Существует множество категорий способов: централизованные сервисы, собственные служебные системы. В последнем случае появляется проблема дублирования неконсистентной информации – когда у каждого из пользователей свой источник знаний, организующий данные собственным образом, из-за чего и способ хранения отличается. В случае использования общего источника эта проблема решается, но возвращается вопрос доверия. Один из способов решения может быть представлен распределенной системой [1] и, в частности, технологией блокчейн. Данная технология посредством использования достижений криптографии предоставляет возможность хранить историю взаимодействия людей. Особенностью этой истории является невозможность удаления фрагментов или изменения зарегистрированных фактов.

На сегодня уже создано множество решений, удовлетворяющих потребности людей в той или иной сфере деятельности, но большинство из них привязано к какой-либо авторитарной организации или институту, которому оказывается доверие.

Цель данной работы состоит в исследовании существующих архитектур распределенных систем и представлении решения на основе технологии блокчейн с соответствующими, при необходимости, элементами централизации. В качестве реализуемых деловых отношений будут рассматриваться отношения поставок между Производителем и Покупателем с использованием Перевозчика в качестве посредника. Предполагается, что программное средство будет автоматизировать процесс заказа технических средств и его доставку потребителю.

## **ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ**

### **Цель и задачи исследования**

Основная цель данной диссертационной работы состоит в исследовании существующих архитектур распределенных систем и создании решения на основе технологии блокчейн с соответствующими, при необходимости, элемен-

тами централизации для повышения производительности программного средства, которое сможет использоваться в корпоративных проектах с организованным удаленным доступом посредством веб-сервиса.

Следующие задачи необходимо решить для достижения поставленной цели:

1. Анализ существующих решений распределенных систем.
2. Анализ блокчейн технологии как решения поставленной задачи и анализ основных платформ для разработки блокчейн проектов.
3. Построение модели блокчейна с поддержкой смарт-контрактов. Построение модели веб-сервиса для доступа к разработанной сети.

Приватные блокчейн сети являются объектом исследования.

Распределение ограничений при доступе к блокчейн-системе различными сервисами является предметом исследования.

Основной гипотезой, положенной в основу диссертационной работы, является возможность использования компьютеров общего назначения для решения задач ввода и частичной обработки пользовательских данных в единой распределенной сети. Особенность ввода состоит в использовании внешних сервисов, размещенных в веб-сети, а также в возможном использовании специальных приложений.

#### **Апробация диссертации и информация об использовании ее результатов**

Результаты исследований, вошедшие в диссертацию, докладывались и обсуждались на 56-ой научно-технической конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР (г. Минск, Беларусь, 2020 г). Отдельные положения диссертации могут быть использованы при преподавании дисциплин «Теория Блокчейна» и «Технологическая платформа по управлению большими данными».

#### **Публикации**

По теме диссертации опубликована 1 работа в сборниках трудов и материалов международных конференций.

#### **Структура и объем работы**

Диссертация состоит из введения, общей характеристики работы, трех глав, заключения, списка использованных источников, списка публикаций автора и приложений.

**В первой главе** представлен анализ предметной области, выявлены основные существующие решения проблемы централизации систем, показаны направления их решения.

**Вторая глава** посвящена характеристике и обзору существующих видов блокчейн систем, проблемам типов узлов, а также программным средствам, используемым для решения поставленных задач.

**В третьей главе** предложена практическая модель реализации ПО для задачи, представлены основные решения, выполняемые по ходу проектирования и реализации подобных систем.

**Приложение** содержит исходный код.

Общий объем работы составляет 68 страниц, из которых основного текста – 40 страниц, 9 рисунков на 7 страницах, 4 таблицы на 6 страницах, список использованных источников из 32 наименований на 3 страницах и 1 приложение на 5 страницах.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** определена исследуемая область, рассмотрены современные проблемы информационных систем, указано приоритетное направление исследований в области распределенных хранилищ.

**В первой главе** приведена общая характеристика распределенных систем: рассмотрены их свойства, описаны общие процессы, выделены основные достоинства и недостатки.

Рассмотрено определение распределенной системы Э. Таненбаума: «Распределенная система – набор компьютеров, представляющий их пользователям единой объединенной системой». Далее рассмотрены характеристики системы, исходящие из определения: скрытый от конечного пользователя способ связи элементов, который достаточно точно удовлетворяется микросервисной архитектурой, и способ единообразной работы пользователей и приложений системы.

Рассмотрены примеры: сеть станций в отделе и система обработки заказов. Предложены аргументы к отказу от рассмотрения первой системы как распределенной. Исходя из свойств второй системы, а также анализа литературных источников, аккумулированы и разобраны шесть достоинств распределенной системы:

- совместное использование системных ресурсов;
- открытость;
- параллельность;
- масштабируемость;
- отказоустойчивость;
- прозрачность.

Также рассмотрены недостатки распределенных систем:

- сложность;
- безопасность;
- управляемость;
- непредсказуемость.

Определена суть распределенной системы.

Предложена история становления блокчейна как системы для решения поставленной задачи.

**Во второй главе** произведен анализ видов блокчейнов и их свойств. Рассмотрены характеристики публичного и приватного блокчейна, который выбран как целевой для создаваемой системы.

Найдены основные способы поддержания консенсуса. Исследована возможность централизации некоторых элементов для повышения характеристик системы. Рассматриваемая централизация разделяет ответственность между узлами и делит полномочия, что позволяет делать легкие клиенты.

Проанализированы компоненты инфраструктуры платформы Hyperledger. Подобран набор подходящих библиотек и выбран язык программирования для контрактов блокчейна.

**В третьей главе** был обоснован и окончательно сформулирован алгоритм нахождения консенсуса.

Осуществлено проектирование программного средства, включающее формирование требований, исходя из поставленных задач, поиск ролей пользователей в системе и наделение их полномочиями, а также общее проектирование архитектуры. В частности, было выделено пять сущностей: Покупатель, Перевозчик, Производитель, Регулятор и Администратор канала.

Было выяснено, что использование микросервисной архитектуры дает возможность наиболее быстро реагировать на возрастающий спрос пользователей к системе путем горизонтального масштабирования существующих сервисов. Также данная архитектура позволяет использовать различные технологии в том числе и в серверной части приложения, что определяет возможность выбирать наиболее подходящие технологии для каждой задачи.

На основании сформулированных требований и архитектуры было создано программное средство, разворачиваемое в блокчейн-среде – смарт-контракт. Разработана схема данных, основные методы и общая схема развертывания приложения в сети.

Для клиентской – легкой части сети – были выбраны соответствующие технологии передачи данных и создания приложения. Был спроектирован и создан веб-сервис. Для ускорения развертывания было решено разработать и использовать утилиту, ускоряющую запуск множества узлов сети.

Далее отображена успешность прохождения тестов, показывающая корректность работы программы с реальными данными и соответствие функциональным требованиям. Таким образом, выполненные тесты показали, что разработанное ПС корректно работает при различном наборе входных данных, сообщает об ошибке при некорректном наборе данных, имеет производительность, удовлетворяющую пользователя данной программы.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

### Основные научные результаты диссертации

В ходе исследования проанализированы существующие подходы к построению распределенных систем, выделены их ключевые особенности, а также выбран класс технологий, который позволяет решить поставленные задачи.

Произведен анализ различных подходов к построению блокчейн-систем. Рассмотрены различные платформы, а также способы нахождения консенсуса. Применен один из рассмотренных алгоритмов, являющийся подходящим для решения поставленных задач, а также выбран наиболее перспективный метод усовершенствования упорядочивания разрозненных данных.

Предложена архитектура программной системы для решения задач построения систем автоматизации регулирования отношений, обеспечивающая распределенное хранение информации, заключение сделочных форм ведения договора, функционирующая на узлах, представляющих собой персональные компьютеры или серверные системы.

Также на основании разработанной архитектуры и топологии предложен и разработан программный комплекс, соответствующий исходным задачам и выполняющий заложенные требования. Таким образом, этот программный комплекс экспериментально доказывает возможность построения распределенной системы на основе веб-сервиса.

Разработанный программный комплекс показывает возможность частичного переноса документооборота между компаниями в цифровую сферу регулирования.

Преимущества разработанной системы по сравнению с другими подходами достижения договоренностей выражены следующими тезисами:

- высокая вовлеченность конечных пользователей (веб-сервисы широко используются в коммерции);
- децентрализация конечных документов (нет необходимости доверия одному контрагенту, а также гарантия нахождения документа у всех заинтересованных лиц в одном состоянии);
- высокий уровень защиты (доступ ограничен и документы защищены криптографически, зашифрованы каналы передачи)
- резервирование данных (все транзакции дублируются на все узлы, отвечающие за хранение).

Выявлены следующие недостатки:

- медленное внедрение изменений (модель следует обновлять как на уровне блокчейна, так и на уровне веб-сервиса);

- в случае недостаточного количества контрагентов следует искусственно добавлять узлы, что может изменить баланс сети.

### **Рекомендации по практическому использованию результатов**

Полученные результаты формируют теоретическую и практическую базу для разработки ПО компьютерных систем для решения задач систем взаимодействия контрагентов. Результаты могут быть использованы для модернизации и дальнейшего развития существующих систем.

Разработанные методы и алгоритмы могут применяться в автоматизированных системах учета договоров, контрактов и сделок. Помимо этого, они могут найти применение в автоматизации развертывания блокчейн-систем.

Результаты работы могут использоваться в комплексе с уже существующими системами учета контрактных данных для расширения их функциональности и учета.

## **СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ**

### *Тезисы конференций*

1. Кордаш, В.Г. Транзакции блокчейн систем. Содержание и жизненный цикл / В.Г. Кордаш, С.С. Бирич // Компьютерные системы и сети: материалы 56-ой научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов. – Минск: БГУИР, 2020. – с. 24-26.