МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования

**«Южно-Уральский государственный университет**

**(национальный исследовательский университет)»**

**Высшая школа электроники и компьютерных наук**

**Кафедра системного программирования**

|  |  |
| --- | --- |
| РАБОТА ПРОВЕРЕНА  Рецензент  Генеральный директор  ООО «Системные сети»  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ С.С. Зайцев  “\_\_\_”\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 2019 г. | ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ  Заведующий кафедрой,  д.ф.-м.н., профессор  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Л.Б. Соколинский  “\_\_\_”\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 2019 г. |

**Реализация прототипа приложения для обработки данных IoT на базе платформ Microsoft Azure и Amazon Web Services**

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

ЮУрГУ – 02.03.02.2019.115-007.ВКР

|  |  |
| --- | --- |
|  | Научный руководитель,  к.ф.-м.н., доцент  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_Г.И. Радченко    Автор работы, студент группы КЭ-401  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_Р.А. Бобин  Ученый секретарь  (нормоконтролер)  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ О.Н. Иванова  “\_\_\_”\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 2019 г. |

Челябинск-2019

**ОГЛАВЛЕНИЕ**

[ВВЕДЕНИЕ 5](#_Toc1727867)

[1. АНАЛИЗ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ И СУЩЕСТВУЮЩИХ РАБОТ ПО ТЕМАТИКЕ ДИПЛОМА 8](#_Toc1727868)

[1.1. Концепция интернета вещей и цифровых двойников 8](#_Toc1727869)

[1.2. Концепция облачных технологий 9](#_Toc1727870)

[1.3. Анализ технологий для обработки данных, генерируемых устройствами интернета вещей (сократить) 11](#_Toc1727871)

[2. ТРЕБОВАНИЯ К СИСТЕМЕ 16](#_Toc1727872)

[2.1. Функциональные требования к системе 16](#_Toc1727873)

[2.2. Нефункциональные требования к системе 16](#_Toc1727874)

[2.3. Варианты использования системы 16](#_Toc1727875)

[АРХИТЕКТУРА СИСТЕМЫ 17](#_Toc1727876)

[2.4. Компоненты системы 17](#_Toc1727877)

[2.5. Проектирование реализации прецедентов 17](#_Toc1727878)

[3. РЕАЛИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ 18](#_Toc1727879)

[4. ТЕСТИРОВАНИЕ 19](#_Toc1727880)

[4.1. Выбор способов тестирования 19](#_Toc1727881)

[4.2. Описание тестов 19](#_Toc1727882)

[ЗАКЛЮЧЕНИЕ 19](#_Toc1727883)

[СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ 20](#_Toc1727884)

[ПРИЛОЖЕНИЕ 22](#_Toc1727885)

# 

# ВВЕДЕНИЕ

* 1. **Актуальность темы**

Концепция Интернета вещей (IoT) не нова, однако особенную популярность она приобрела именно в последние годы. Данная концепция представляет собой вычислительную сеть физических предметов, оснащенных встроенными технологиями для взаимодействия друг с другом или с внешней средой [1]. Общий мировой объем капиталовложений в IoT в 2018 году составил 646 миллиардов долларов США. Прогноз на 2019 год — 745 миллиардов долларов США, на 2022 — более 1 триллиона долларов. [2]

Развитие распределенной сетевой инфраструктуры в автоматизированных системах управления технологическим процессом привело к появлению Промышленного интернета вещей (IIoT) — концепции взаимосвязи датчиков, приборов и других устройств, объединенных в сеть с промышленными приложениями компьютеров, включая, помимо прочего, управление производством и энергопотреблением. Такая связь позволяет собирать данные и анализировать их, что потенциально способствует повышению производительности и эффективности, а также другим экономическим преимуществам [3]. Одним из преимуществ внедрения этого подхода является возможность создания цифрового двойника разрабатываемой системы (Digital Twin). Цифровой двойник — это иерархическая система математических моделей, вычислительных методов и программного обеспечения, которая обеспечивает синхронизацию между состоянием реально существующего процесса или системы и сопутствующей виртуальной копией. Эта концепция рассмотрена в статьях [4, 7].

Благодаря развитию облачных технологий появилась возможность создать инфраструктуру хранения данных, способную поддерживать Интернет вещей. Публичные облачные платформы предоставляют множество решений для цифрового преобразования бизнеса. Гибкость и автоматизированность полученной среды достигается за счет использования прикладных программных интерфейсов (API). Это позволяет различным устройствам и системам взаимодействовать между собой, даже если они работают на основе разных стандартов и протоколов [5].

Применение облачных технологий может упростить обработку сверхбольших баз данных, генерируемых устройствами Интернета вещей. Это показывает необходимость изучения инструментов облачных платформ для разработки приложений, обрабатывающих данные с устройств IoT. Одними из возможных решений являются облачные платформы Microsoft Azure и Amazon Web Services. Ключевым преимуществом данных платформ является широкий набор инструментов, в частности, для создания решений Интернета вещей и цифровых двойников. Azure Digital Twins от Microsoft представляет собой службу Интернета вещей, с помощью которой можно создать комплексные модели физического окружения в виде пространственных интеллектуальных графов для моделирования связей и взаимодействий между людьми, пространствами и устройствами. Azure Digital Twins позволяет запрашивать данные из физического пространства, а не из многих разрозненных датчиков [6]. AWS IoT Things Graph — cхожий продукт от Amazon. Этот сервис позволяет создавать автоматизированные системы Интернета вещей, позволяющие осуществлять связь между web-сервисами и физическими устройствами, использующими различные протоколы, форматы данных и синтаксис сообщений. Данное решение предоставляет мощное средство визуализации построенного графа с возможностью редактирования связей между устройствами и приложениями прямо в редакторе потоков данных.

Целью данной работы является разработка технологии создания цифровых двойников на основе ресурсов облачной вычислительной платформы Microsoft Azure. Для разработки технологии выделен следующий перечень задач:

1. Провести обзор научной литературы и существующих решений интернета вещей и цифровых двойников

2. Проанализировать технологии, предоставляемые облачными вычислительными платформами, для создания цифровых двойников

3. Реализовать приложение для обработки данных, генерируемых устройствами Интернета вещей и провести его тестирование

Данная работа направлена на изучение и анализ инструментов, предоставляемых облачными платформами Microsoft Azure и Amazon Web Services для обработки данных IoT.

1. **ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ РАБОТЫ**

Целью данной работы является реализация прототипа приложения для обработки данных IoT на базе платформ Microsoft Azure и Amazon Web Services. Для достижения цели работы, необходимо решить следующие задачи:

* изучение инструментов, предоставляемых используемыми платформами;
* анализ литературы и смежных проектов, связанных с мобильной кулинарией;
* определение требований к приложению;
* разработка архитектуры приложения;
* разработка схемы взаимодействия пользователя с интерфейсом приложения;

**Объем и структура работы**

Работа состоит из введения, пяти глав и заключения. Объем работ составляет XX страниц, объем библиографии — XX источников, объем приложения — XX страницы.

**Краткое содержание работы**

В главе «Анализ предметной области и существующих работ по тематике диплома» приведен обзор крупнейших облачных платформ для создания цифровых двойников и литературных источников по тематике работы. В главе «Требования к системе» описаны требования к системе, актеры и варианты использования системы. В главе «Архитектура системы» представлена архитектура системы и ее описание. В главе «Реализация системы» представлены результаты реализации системы и описаны используемые технологии. В главе «Тестирование» представлен отчет о тестировании системы. В заключении представлены результаты работы. В приложении приведено описание диаграмм деятельности системы.

## АНАЛИЗ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ И СУЩЕСТВУЮЩИХ РАБОТ ПО ТЕМАТИКЕ ДИПЛОМА

## Концепция интернета вещей и цифровых двойников

Появление интернета вещей (IoT) представляет новую эру в области вычислительной техники и технологий. Эта концепция безграничные возможности и большие выгоды для науки и общества. Согласно отчетам iot-analytics.com[] уже сейчас в мире насчитывается около 7 миллиардов IoT-устройств, постоянно генерирующих огромное количество данных. И по прогнозам ресурса рынок таких устройств будет стремительно расти. Однако появляется проблема выбора технологий и развертывание фрэймоворков для подобных ресурсоёмких вычислений.

https://www.osp.ru/lan/2017/05/13052169/

Определение IoT: https://www.osp.ru/lan/2016/09/13050308/

Можно взять на английском языке и перевести https://www.webcitation.org/6DuYHMJbq?url=http://www.gartner.com/it-glossary/internet-of-things/

Самым перспективным направлением развития IoT является промышленный интернет вещей (IIoT). Принцип работы технологии заключается в следующем: первоначально устанавливаются датчики, исполнительные механизмы, контроллеры и человеко-машинные интерфейсы на ключевые части оборудования, после чего осуществляется сбор информации, которая впоследствии позволяет компании приобрести объективные и точные данные о состоянии предприятия. Обработанные данные доставляются во все отделы предприятия, что помогает наладить взаимодействие между сотрудниками разных подразделений и принимать обоснованные решения. Эффективным способом является создание цифровых двойников [про цифр дв]. В статье [ucc] представлены основные концепции системы цифровых двойников:

* (отклик) в реальном времени;
* наличие системной иерархии;
* самосовершенствование;
* гибкость.

Можно написать еще что-нибудь.

## Облачные вычисления для поддержки IoT

Революционное распространение IoT-устройств создает большие про-блемы, такие как выбор и развертывание фрэймоворков для подобных ресурсоёмких вычислений. Для получения и обработки данных целесообразно использовать облачные платформы, которые, в свою очередь, стремительно развиваются и увеличивают набор инструментов, доступный для использования в самых различных областях.

Облачные платформа основаны на технологии облачных вычислений — модели обеспечения удобного сетевого доступа по требованию к некоторому общему фонду конфигурируемых вычислительных ресурсов (например, сетям передачи данных, серверам, устройствам хранения данных, приложениям и сервисам — как вместе, так и по отдельности), которые могут быть оперативно предоставлены и освобождены с минимальными эксплуатационными затратами или обращениями к провайдеру. [NIST] Гибридные облака, граничные вычисления, туманные вычисления ориентированные в первую очередь на решение задач IoT.

*Можно написать что-нибудь про индустрию 4.0. [deloitte]*

## Анализ технологий для обработки данных, генерируемых устройствами интернета вещей (сократить)

Вышеописанные платформы предоставляют самые разные службы и решения, которые помогают создавать приложения IoT. Рассмотрим

Azure Digital Twins от Microsoft. Azure Digital Twins представляет собой службу Интернета вещей, с помощью которой можно создать комплексные модели физического окружения. С ее помощью можно создавать пространственные интеллектуальные графы для моделирования связей и взаимодействий между людьми, пространствами и устройствами. Azure Digital Twins позволяет запрашивать данные из физического пространства, а не из многих разрозненных датчиков. С помощью этой службы можно создавать многоразовые, высокомасштабируемые, пространственно-ориентированные возможности, которые связывают потоковые данные в цифровом и реальном мире.

Azure Digital Twins имеет следующие ключевые возможности.

Пространственный интеллектуальный граф

Пространственный интеллектуальный граф (или пространственный граф) является виртуальным представлением физического окружения. С его помощью можно моделировать связи между пользователями, расположениями и устройствами.

Цифровые модели объектов двойников

Цифровые модели объектов двойников — это предопределенные протоколы устройств и схема данных. Они представляют потребности определенной предметной области решения, чтобы ускорить и упростить разработку.

Множественные и вложенные клиенты

Решения безопасно масштабируются и поддерживается их повторное использование для нескольких клиентов. Также можно создать несколько вложенных клиентов, к которым можно получить доступ и которые можно использовать изолированным и безопасным образом.

Расширенные вычислительные возможности

С помощью определяемых пользователем функций можно определять и запускать пользовательские функции в отношении входящих данных устройства для отправки сигналов в заранее определенные конечные точки. Эта расширенная возможность улучшает процессы настройки и автоматизацию задач устройства.

Встроенное управление доступом

Используя функции управления доступом и идентификацией, такие как управление доступом на основе ролей и Azure Active Directory, можно безопасно контролировать доступ отдельных лиц и устройств.

[azure-doc] + [схема]

1. AWS IoT Core. AWS IoT Core – это управляемый облачный сервис, который позволяет подключенным устройствам просто и безопасно взаимодействовать с облачными приложениями и другими устройствами, а также без труда создавать приложения для сбора, обработки и анализа данных, генерируемых подключенными устройствами, а также для выполнения действий на основе этих данных без необходимости управлять какой‑либо инфраструктурой. AWS IoT Core поддерживает протоколы HTTP, WebSockets и упрощенный протокол связи MQTT, специально спроектированный для поддержки нестабильных подключений, сокращения объема кода, передаваемого устройству, и для работы в сетях с низкой пропускной способностью.

Основные возможности.

SDK AWS IoT для устройств.

Пакет SDK AWS IoT для устройств позволяет просто и быстро подключить аппаратное устройство или мобильное приложение к AWS IoT Core. SDK AWS IoT для устройств обеспечивает подключение и аутентификацию устройств, а также обмен сообщениями с платформой AWS IoT Core по протоколам MQTT, HTTP или WebSockets. Пакет SDK AWS IoT для устройств поддерживает языки C, JavaScript и Arduino и включает в себя клиентские библиотеки, руководство для разработчиков и руководство по переносу для производителей.

Шлюз устройств.

Шлюз устройств служит точкой входа для устройств IoT, подключающихся к AWS. Шлюз устройств управляет всеми активными подключениями устройства и реализует семантику различных протоколов, чтобы обеспечить надежную и эффективную связь устройств с AWS IoT Core.

Message Broker.

Message Broker – это высокопроизводительный брокер сообщений, работающий по стандарту «издатель-подписчик», который надежно и с низкой задержкой передает сообщения всех ваших устройств IoT и приложений в нужном направлении. Гибкий характер структуры тем Message Broker позволяет получать сообщения с любого необходимого количества устройств или отправлять любое количество сообщений на устройства.

Аутентификация и авторизация.

Платформа AWS IoT Core обеспечивает взаимную аутентификацию и шифрование во всех точках подключения. Таким образом, любой обмен данными между устройствами и AWS IoT Core происходит только после подтверждения идентификации. AWS IoT Core поддерживает метод аутентификации AWS (называемый SigV4), аутентификацию на основе сертификата X.509 и специальную аутентификацию на основе токенов (через настраиваемые модули авторизации).

Реестр.

Реестр устанавливает идентификацию для устройств и позволяет отслеживать метаданные, такие как атрибуты или возможности устройства. Реестр позволяет уникальным образом идентифицировать каждое устройство в соответствии с единым форматом, не зависящим от типа устройства или его подключения. Он также поддерживает использование метаданных, описывающих возможности устройства.

Тени устройств.

С помощью AWS IoT Core можно создать постоянную виртуальную версию каждого устройства, так называемую тень устройства, содержащую его последнее состояние и позволяющую приложениям или другим устройствам считывать сообщения и взаимодействовать с данным устройством. Тени устройств хранят последнее зарегистрированное состояние и желаемое будущее состояние каждого устройства, даже если оно находится в автономном режиме. Получить последнее зарегистрированное состояние устройства или задать для него требуемое будущее состояние можно с помощью API или сервиса правил. Доступ приложений к теням осуществляется с помощью доступных REST API.

Сервис правил.

Сервис правил позволяет создавать приложения IoT для сбора, обработки и анализа данных, генерируемых подключенными устройствами, и выполнения действий с ними в глобальных масштабах без необходимости управления какой-либо инфраструктурой. Сервис правил оценивает входящие сообщения, публикуемые в AWS IoT Core, а затем преобразует и доставляет их другому устройству или облачному сервису с учетом заданных бизнес-правил. Правило можно применять к данным от одного или от многих устройств и выполнять на его основе одно действие или же множество параллельных действий.

[aws-doc] + [схема]

*Вывод по сравнению платформ.*

Обе платформы определяют только модель данных. Без действий и событий. Форматы сериализации обеих систем невзаимозаменяемы. Сервисы также не определяют привязку (binding) протоколов. Производителям устройств нужно подстраиваться под каждую среду. Это может превышать возможности очень маленьких устройств.

[w3]. Отсюда можно взять краткую сводку и некоторые схемы. А также модель oracle.

**Вывод**

Анализ существующих инструментов для создания приложений по обработке данных показывает, что на базе облачных платформ возможно создание качественных IoT-приложений. Это говорит о том, что решение данной задачи является возможным и актуальным.

## ТРЕБОВАНИЯ К СИСТЕМЕ

## Функциональные требования к системе

## Нефункциональные требования к системе

## Варианты использования системы

## АРХИТЕКТУРА СИСТЕМЫ

## Компоненты системы

## Проектирование реализации прецедентов

## РЕАЛИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ

## ТЕСТИРОВАНИЕ

## Выбор способов тестирования

## Описание тестов

# ЗАКЛЮЧЕНИЕ

# СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Internet Of Things. Gartner IT glossary. Gartner (5 May 2012). [Электронный ресурс] URL: https://www.gartner.com/it-glossary/internet-of-things/ (дата обращения: 04.02.2019).
2. IDC Forecasts Worldwide Spending on the Internet of Things in 2019. [Электронный ресурс] URL: https://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prUS44596319/ (дата обращения: 04.02.2019).
3. Boyes, Hugh; Hallaq, Bil; Cunningham, Joe; Watson, Tim. The industrial internet of things (IIoT): An analysis framework. Computers in Industry, October, 2018. Vol. 101. – P. 1–12.
4. K. Borodulin, G. Radchenko, A. Shestakov, L. Sokolinsky, A. Tchernykh, R. Prodan, "Towards Digital Twins Cloud Platform: Microservices and Computational Workflows to Rule a Smart Factory", Proc. the10th Int. Conf. Util. Cloud Comput. - UCC '17, pp. 209–210, December 2017.
5. Интернет вещей: Будущее уже здесь. С. Грингард. М.: Альпина Паблишер, 2016. – 188 с.
6. Документация по Microsoft Azure. Micrisift Docs. [Электронный ресурс] URL: https://docs.microsoft.com/ru-ru/azure/ (дата обращения: 04.02.2019).
7. G. Radchenko, A. Alaasam, A. Tchernykh, “Micro-Workflows: Kafka and Kepler fusion to support Digital Twins of Industrial Processes”, IEEE/ACM Int. Conf. Util. Cloud Comput. – UCC '18, pp. 83-88, December 2018.