

Полезная модель относится к области информационных технологий и предназначена для управления и мониторинга устройств интернета вещей с использованием цифровых двойников.

Техническим результатом является повышение надёжности и эффективности системы за счёт интеграции шлюза связи с вычислительным модулем FPGA, обеспечивающим локальную фильтрацию и агрегацию данных, а также сервера обработки с модулем предиктивной аналитики, выполняющим прогнозирование отказов и оптимизацию работы устройств. Данные сохраняются в специализированном модуле хранения временных рядов, а пользовательский терминал визуализации предоставляет двух- и трёхмерное представление состояния цифровых двойников. Архитектура поддерживает беспроводные протоколы Wi-Fi, Bluetooth, Ethernet и обеспечивает масштабируемое и отказоустойчивое функционирование системы интернета вещей.

Полезная модель иллюстрируется чертежом на Фиг.1, где представлена архитектура цифрового двойника для среды интернета вещей которая включает устройства интернета вещей 1, шлюз связи с FPGA-модулем 2, интерфейсы подключения Wi-Fi, Bluetooth и Ethernet 3, коммуникационные протоколы HTTP, WebSocket и EMQX 4, сервер обработки данных 5, модуль предиктивной аналитики 6, модуль хранения временных рядов 7, распределённую систему обмена сообщениями NATS 8, интерфейсы визуализации Grafana и Babylon.js 9, 10, а также GIS-модуль 11, взаимодействующий с пользователем и внешними системами управления.

Задачей полезной модели является создание архитектуры управления и мониторинга устройств интернета вещей, обеспечивающей локальную фильтрацию данных на FPGA-шлюзе, предиктивный анализ для прогнозирования отказов, масштабируемое хранение временных рядов и удобную 2D/3D-визуализацию цифровых двойников.

Работа предлагаемой архитектуры осуществляется следующим образом.

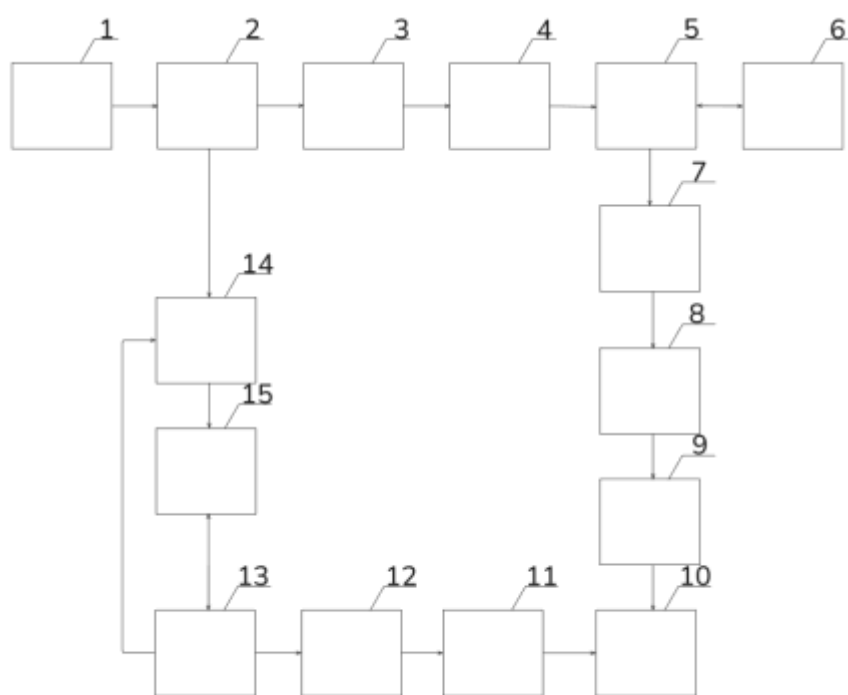
Архитектура цифрового двойника для среды интернета вещей 1 обеспечивает многоуровневую обработку данных, начиная с граничных вычислений 2 на устройствах и завершая аналитикой и визуализацией 14, 15. Подключение осуществляется через Wi-Fi, Bluetooth, Ethernet 3 и протоколы HTTP, WebSocket, EMQX 4. Предобработанные данные поступают на сервер обработки 5, который содержит модуль предиктивной аналитики 7. Этот модуль выполняет

прогнозирование отказов и оптимизацию работы системы на основе накопленных данных. Цифровые двойники OpenRemote 6 моделируют работу устройств, обновляют их состояние и передают управляющие команды. Управление типами и экземплярами цифровыми двойниками 11 и интерфейс управления цифровыми двойниками 13 позволяют гибко конфигурировать цифровые двойники и управлять ими. Данные сохраняются в специализированной реляционной базе данных, для хранения и обработки временных рядов используется TimescaleDB 8. Надёжный обмен сообщениями обеспечивает распределённая система NATS 9. Географическая привязка устройств осуществляется GIS-модулями 10 и 12, которые анализируют пространственное расположение сети. Визуализация выполняется интерфейсами на базе Grafana 14 и Babylon.js 15, что обеспечивает удобный контроль и анализ инфраструктуры в двух- и трёхмерном виде.

Преимуществом предлагаемой полезной модели является комплексная интеграция FPGA-шлюза, модуля предиктивной аналитики, хранилища временных рядов и средств 2D/3D визуализации, что обеспечивает высокую надёжность, отказоустойчивость и удобство управления системой интернета вещей.

ФОРМУЛА ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ

Архитектура цифрового двойника для среды интернета вещей, *отличающаяся* тем, что она включает устройства, подключённые через беспроводные протоколы Wi-Fi и Bluetooth, а также проводной интерфейс Ethernet, шлюз связи с вычислительным модулем на базе FPGA, выполненным с возможностью локальной фильтрации и агрегации данных в реальном времени, сервер обработки данных с модулем предиктивной аналитики для прогнозирования отказов и оптимизации работы устройств, модуль хранения данных, выполненный на основе специализированной базы временных рядов TimescaleDB, распределённую систему обмена сообщениями NATS для надёжной маршрутизации информации между компонентами, интерфейсы визуализации, построенные на основе Grafana и Babylon.js, обеспечивающие двухмерное и трёхмерное отображение состояния цифровых двойников, а также геоинформационный модуль для пространственного анализа и географической привязки устройств.



Фиг.1.