



РЕСПУБЛИКА КАЗАХСТАН

(19) KZ (13) B (11) 37825
(51) G06F 17/00 (2019.01)

МИНИСТЕРСТВО ЮСТИЦИИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21) 2024/0858.1

(22) 17.10.2024

(45) 20.02.2026, бюл. №7

(72) Амирханов Бауыржан Сайдашевич;
Тюлепбердинова Гульнур Алпысовна; Кунелбаев
Мурат Меркебекович; Амирханова Гульшат
Аманжоловна; Амирханов Алихан Бауыржанұлы;
Тохтасын Мирас Мұратұлы

(73) Амирханова Гульшат Аманжоловна

(56) US20170286572 A1, 05.10.2017

CN116383289 A, 04. 07.2023

WO2023246347 A1, 28.12.2023

(54) **СПОСОБ АВТОМАТИЗАЦИИ
ПОСРЕДСТВОМ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ**

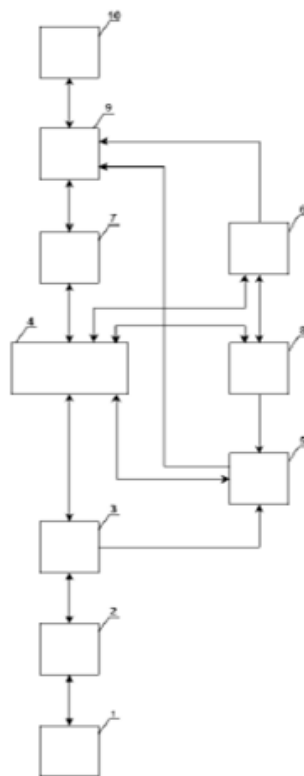
(57) Изобретение относится к системам автоматизации для управления технологическим процессом построенной на основе цифровых двойников.

Задачей изобретения является создание способа разработки системы автоматизации посредством цифровых двойников, их доступность и наилучшее качество обслуживания, что позволяет повысить производительность, эффективность и точность работы способа.

Технический результат, достигаемый при реализации заявленного способа автоматизации посредством цифровых двойников, заключается в снижении нагрузки на центральный сервер системы управления за счёт вынесения части обработки данных на модуль граничных вычислений и распределения потоков телеметрических данных между специализированными модулями, уменьшении задержек при передаче и обработке телеметрических данных от датчиков технологического объекта к цифровому двойнику и обратно за счёт использования промышленного модуля подключения с поддержкой нескольких протоколов и системы обмена сообщениями, а также в повышении гибкости масштабирования системы и интеграции новых устройств и модулей, а также гибкости обновления моделей цифрового двойника за счёт маршрутизации данных в базу данных временных рядов и модуль управления цифровыми двойниками с поддержкой различных протоколов и интерфейсов визуализации.

Способ автоматизации технологического объекта посредством цифрового двойника, отличающийся тем, что включает этапы, получают данные с датчиков температуры, давления, влажности, вибрации, уровня жидкости и/или движения, установленных на технологическом объекте и соединённых с промышленными устройствами интернета вещей (IIoT); передают данные с указанных датчиков по проводным и/или беспроводным каналам связи по протоколам WebSocket и/или XMPP в модуль граничных вычислений, размещённый вблизи контролируемого технологического объекта; выполняют в модуле граничных вычислений предварительную обработку телеметрических данных и передают обработанные данные по протоколам WebSocket и/или ZeroMQ в модуль подключения; осуществляют в модуле подключения маршрутизацию потоков данных по меньшей мере в модуль управления цифровыми двойниками и в базу данных временных рядов, предназначенную для долговременного хранения и анализа данных технологических параметров; формируют и актуализируют модулем управления цифровыми двойниками цифровой двойник технологического объекта на основании данных, поступающих из базы данных временных рядов и от модуля подключения; моделируют состояние и/или поведение технологического объекта посредством цифрового двойника и формируют на этой основе управляющие команды; передают указанные управляющие команды посредством протоколов XMPP и/или WebSocket на IIoT-устройства для изменения режима работы технологического объекта; осуществляют дополнительную передачу данных о состоянии цифрового двойника и технологического объекта в систему обмена сообщениями и в модуль визуализации, в котором формируют графические представления временных рядов и трёхмерную сцену, отображающую цифровой двойник, при этом пользовательский интерфейс модуля визуализации обеспечивает интерактивное управление цифровым двойником в реальном времени.

(19) KZ (13) B (11) 37825



Фиг.1

Изобретение относится к системам автоматизации для управления технологическим процессом построенной на основе цифровых двойников.

Известны так называемые „цифровые двойники“ из технологии производства. При этом речь идет о компьютерных образах или представителях объекта из реального мира. Согласно Gabler Wirtschaftslexikon

(<https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/digitaler-zwilling-54371>), цифровой двойник определяется как виртуальная модель, например, процесса, продукта или услуги, которая соединяет реальный и виртуальный мир. Цифровые двойники строятся из данных и алгоритмов и применяют реальные данные установленных датчиков, которые представляют, например, рабочие условия или положения машин. Цифровые двойники воспроизводят установки по всему жизненному циклу (проектирование, изготовление, эксплуатация и переработка).

Недостаток устройства состоит в низкой достоверности передачи функциональных данных, невысокая надежность передачи и несогласованности или ошибки параметризации.

Известна архитектура для онлайн-овых коллективных и объединенных взаимодействий, которая может предоставлять инфраструктуру для кроссплатформенной передачи и совместного использования данных (см., например, RU 2472212 C2, опубликован 10.01.2013). Система для обеспечения возможности кроссплатформенного взаимодействия между множеством вычислительных устройств содержит: первое вычислительное устройство, имеющее первую платформу; второе вычислительное устройство, имеющее вторую платформу, не имеющую механизма кроссплатформенного взаимодействия с первой платформой первого вычислительного устройства; управляемую среду выполнения; собственное приложение, которое взаимодействует с управляемой средой выполнения для обеспечения множества функций, причем структурированное кроссплатформенное взаимодействие содержит совместное использование упомянутого первого контента, встроенного в рабочую оболочку контента, которая является, по меньшей мере, одним из программы голосового чата или программы текстового чата. При этом собственное приложение сконфигурировано, чтобы обеспечивать возможность передачи и совместного использования данных между первым вычислительным устройством и вторым вычислительным устройством, по меньшей мере, в одном из текстового, голосового и видео формата в реальном времени, и одно из первого вычислительного устройства и второго вычислительного устройства является мобильным устройством.

Недостаток данной системы не обеспечивает формирование рекомендаций пользователю с учетом выявленного перечня предпочтений, включая формирование предложений контактов участников для взаимодействия, формирование аудитории мероприятий, товарных предложений, и не позволит сформировать для пользователя

наиболее релевантные рекомендации при оценке других пользователей, корректно оценить пользователя и включить его в свой круг общения.

Известен способ взаимодействия через социальную сеть в режиме онлайн и относящиеся к нему устройство и система (см., например, RU 2619708 C2, опубликован 17.05.2017). Способ заключается в том, что принимают от служебного устройства сообщение, сообщаемое о месте события. Обнаруживают, присутствует ли целевой терминал в месте события. Отправляют в служебное устройство уведомление о присутствии целевого терминала в месте события при присутствии целевого терминала в месте события. Обнаруживают, не присутствует ли больше целевой терминал в месте события после отправления в служебное устройство уведомления о присутствии целевого терминала в месте события. Предлагают пользователю выполнить одно или большее количество осуществляемых в социальной сети действий, если целевой терминал больше не присутствует в месте события.

Недостатком данного способа является не обеспечение и формирование рекомендаций пользователю с учетом выявленного перечня предпочтений, включая формирование предложений контактов участников для взаимодействия, формирование аудитории мероприятий, товарных предложений, и не позволит сформировать для пользователя наиболее релевантные рекомендации при оценке других пользователей, корректно оценить пользователя и включить его в свой круг общения.

Прототипом данного изобретения является научная статья авторы Julia Robles, Christian Martin, Manuel Diaz. OpenTwins: An open source framework for developing next-generation composite digital twins. Computers in Industry 152 (2023) 104007. Способ разработки системы автоматизации посредством цифровых двойников, передает данные через Eclipse Hono, который служит платформой для подключения IoT-устройств. Eclipse Hono поддерживает различные протоколы, включая MQTT, HTTP, AMQP, и CoAP, что делает возможным объединение информации от множества устройств в одном месте. Eclipse Ditto предоставляет возможность виртуальной абстракции активов и тонкой настройки управления доступом. Это ядро системы, позволяющее объединять данные и управлять цифровыми двойниками. База данных MongoDB используется для хранения данных цифровых двойников. Ditto отправляет данные, которые требуется сохранить, в базу MongoDB, обеспечивая долговременное хранение и возможность анализа данных. Система обмена сообщениями Apache Kafka является основным средством коммуникации между различными модулями архитектуры. Ditto передает события в Apache Kafka, которые затем используются другими модулями, такими как Telegraf, для сбора данных. Telegraf принимает данные из Kafka и направляет их в базу InfluxDB — базу данных временных рядов. База InfluxDB хранит

данные в формате временных рядов, что идеально подходит для анализа показателей сенсоров и других данных, меняющихся со временем. Grafana используется для визуализации данных. Grafana подключается к базе InfluxDB, чтобы предоставлять визуальные дашборды для мониторинга и управления цифровыми двойниками. Также разработан плагин панели для Unity, который позволяет выводить 3D-модель цифрового двойника, созданную в Unity, в панели Grafana.

Задачей изобретения является создание способа разработки системы автоматизации посредством цифровых двойников, их доступность и наилучшее качество обслуживания, что позволяет повысить производительность, эффективность и точность работы способа.

Технический результат, достигаемый при реализации заявленного способа автоматизации посредством цифровых двойников, заключается в снижении нагрузки на центральный сервер системы управления за счёт вынесения части обработки данных на модуль граничных вычислений и распределения потоков телеметрических данных между специализированными модулями, уменьшении задержек при передаче и обработке телеметрических данных от датчиков технологического объекта к цифровому двойнику и обратно за счёт использования промышленного модуля подключения с поддержкой нескольких протоколов и системы обмена сообщениями, а также в повышении гибкости масштабирования системы и интеграции новых устройств и модулей, а также гибкости обновления моделей цифрового двойника за счёт маршрутизации данных в базу данных временных рядов и модуль управления цифровыми двойниками с поддержкой различных протоколов и интерфейсов визуализации.

Способ автоматизации технологического объекта посредством цифрового двойника, отличающийся тем, что включает получение данных с датчиков температуры, давления, влажности, вибрации, уровня жидкости и/или движения, установленных на объекте и соединённых с промышленными устройствами интернета вещей (IIoT), передачу данных с указанных датчиков по проводным и/или беспроводным каналам связи по протоколам WebSocket и/или XMPP в модуль граничных вычислений, размещённый вблизи контролируемого объекта, выполнение в модуле граничных вычислений предварительной обработки телеметрических данных и передачу обработанных данных по протоколам WebSocket и/или ZeroMQ в модуль подключения, осуществление в модуле подключения маршрутизации потоков данных по меньшей мере в модуль управления цифровыми двойниками и в базу данных временных рядов, предназначенную для долговременного хранения и анализа данных технологических параметров, формирование и актуализацию модулем управления цифровыми двойниками цифрового двойника технологического объекта на основании поступающих из базы данных временных рядов и от модуля подключения данных, моделирование

состояния и/или поведения технологического объекта и формирование на этой основе управляющих команд, передачу указанных управляющих команд посредством протоколов XMPP и/или WebSocket на IIoT-устройства для изменения режима работы технологического объекта, дополнительную передачу данных о состоянии цифрового двойника и технологического объекта в систему обмена сообщениями и модуль визуализации, в котором формируются графические представления временных рядов и трёхмерная сцена, отображающая цифровой двойник, причём пользовательский интерфейс обеспечивает интерактивное управление цифровым двойником в реальном времени.

Изобретение иллюстрируется чертежом на Фиг.1. Способ выполнен в соответствии с изобретением. Имеются датчики (датчики температуры, давления, влажности, вибрации, уровня жидкости, движения) 1 с IIoT (Промышленный интернет вещей) устройств на производстве, которые передают информацию по беспроводному пути и через кабель, используя протоколы WebSocket и XMPP на модуль граничного вычисления 2. Модуль граничных вычислений 2, отправляет данные на модуль подключения на базе Mainflux 3, модуль управления цифровыми двойниками OpenRemote 4 и на модуль хранения/базы данных TimescaleDB 5. В архитектуре представлен пользовательский интерфейс 6, система обмена сообщениями NATS 7, модуль управления типами и экземплярами 8, модуль визуализации данных Kibana 9, модуль 3D симуляции на основе Babylon.js 10, где система обеспечивает сбор, обработку, хранение и визуализацию данных с IIoT устройств, а также их интеграцию с машинным обучением для постоянного совершенствования моделей.

Работа предлагаемого способа осуществляется следующим образом. Способ разработки автоматизации посредством цифровых двойников включает в себе процесс симуляции цифрового двойника, который начинается с получения данных с датчиков 1 (датчики температуры, давления, влажности, вибрации, уровня жидкости, движения) с IIoT (Промышленный интернет вещей) устройств на производстве. Информация с датчиков передается по беспроводному подключению и через кабель, используя протоколы WebSocket и XMPP на модуль граничного вычисления 2. После обработки, модуль граничных вычислений 2 отправляет данные беспроводным способом через WebSocket и ZeroMQ на модуль подключения на основе Mainflux 3. Модуль подключения Mainflux 3 отвечает за маршрутизацию данных между различными модулями. Он пересылает данные по двум основным направлениям: в модуль управления цифровыми двойниками на основе платформы OpenRemote 4, и в базу данных TimescaleDB 5. Для обеспечения надёжности и гибкости передачи данных между этими модулями используются протоколы gRPC и WebSocket. Благодаря поддержке различных протоколов Mainflux 3 позволяет легко масштабировать систему и интегрировать новые

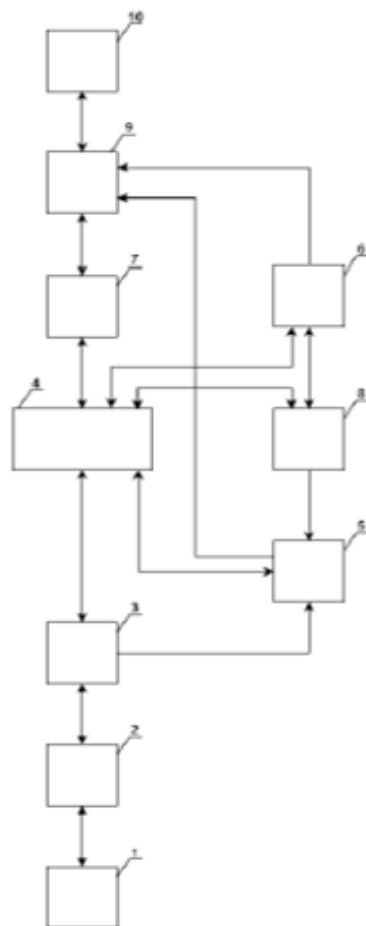
устройства и модули. Этот подход снижает нагрузку на сервер, уменьшает задержки при обработке данных и обеспечивает гибкость в обновлении моделей. Модуль управления цифровыми двойниками 4 перенаправляет данные между различными модулями. Этот модуль получает данные из базы данных TimescaleDB 5, перенаправляет их в интерфейс 6 и передает команды обратно на IoT устройства по обратной связи через протокол XMPP и WebSocket. Данные так же переходят в систему обмена сообщениями на основе NATS 7, где данная система обеспечивает надёжную передачу данных между модулями цифрового двойника. Она используется для пересылки данных между модулями, которые не могут напрямую взаимодействовать. База данных TimescaleDB 5 хранит долгосрочные данные, а также данные типа временных рядов. Модуль управления типами и экземплярами 8 управляет объектами, а затем эти объекты предоставляются конечным пользователям в виде веб-страниц через интерфейс управления цифровыми двойниками 6. Интерфейс 6 также получает данные с модуля визуализации данных Kibana 9, который в свою очередь обращается к модулю базы данных 5 для получения данных в виде временных рядов, передаваемых через gRPC. 3D симуляция на основе Babylon.js 10 передаются в модуль визуализации Kibana 9 по протоколу WebGL. Модуль визуализации Kibana 9 передает визуализацию на пользовательский интерфейс 6 где происходит интерактивное управление цифровыми двойниками.

Таким образом, система обеспечивает сбор, обработку, хранение и визуализацию данных с IoT устройств, а также их интеграцию с машинным обучением для постоянного совершенствования моделей.

Преимущество данного способа обеспечивает предварительную обработку данных на уровне граничных вычислений, инкрементальное машинное обучение для дообучения моделей и унификацию баз данных, что позволяет повысить производительность, эффективность и точность работы системы.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

Способ автоматизации технологического объекта посредством цифрового двойника, *отличающийся* тем, что включает этапы, получают данные с датчиков температуры, давления, влажности, вибрации, уровня жидкости и/или движения, установленных на технологическом объекте и соединённых с промышленными устройствами интернета вещей (IIoT); передают данные с указанных датчиков по проводным и/или беспроводным каналам связи по протоколам WebSocket и/или XMPP в модуль граничных вычислений, размещённый вблизи контролируемого технологического объекта; выполняют в модуле граничных вычислений предварительную обработку телеметрических данных и передают обработанные данные по протоколам WebSocket и/или ZeroMQ в модуль подключения; осуществляют в модуле подключения маршрутизацию потоков данных по меньшей мере в модуль управления цифровыми двойниками и в базу данных временных рядов, предназначенную для долговременного хранения и анализа данных технологических параметров; формируют и актуализируют модулем управления цифровыми двойниками цифровой двойник технологического объекта на основании данных, поступающих из базы данных временных рядов и от модуля подключения; моделируют состояние и/или поведение технологического объекта посредством цифрового двойника и формируют на этой основе управляющие команды; передают указанные управляющие команды посредством протоколов XMPP и/или WebSocket на IoT-устройства для изменения режима работы технологического объекта; осуществляют дополнительную передачу данных о состоянии цифрового двойника и технологического объекта в систему обмена сообщениями и в модуль визуализации, в котором формируют графические представления временных рядов и трёхмерную сцену, отображающую цифровой двойник, при этом пользовательский интерфейс модуля визуализации обеспечивает интерактивное управление цифровым двойником в реальном времени.



Фиг.1