

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИЙ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ И ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ

Гительман В.С.^{1,2}, Курганов В.В.³

¹ Томский политехнический университет, Инженерная школа информационных технологий и робототехники, 8ТМ22, e-mail: vsg16@tpu.ru

² АО «ТомскНИПИнефть», отдел АСУ ТП, инженер II категории, e-mail: GitelmanVS@tomsknpi.ru

³ Томский политехнический университет, Инженерная школа информационных технологий и робототехники, доцент, e-mail: kurganov@tpu.ru

Аннотация

В работе описывается подход к управлению процессами посредством интеграции технологий Индустрии 4.0: Интернета вещей (беспроводной связи) и дополненной реальности. Разрабатывается архитектура системы автоматического управления с использованием беспроводного протокола MQTT. Осуществляется практическая реализация архитектуры на примере системы автоматического регулирования (САР). В результате разработано AR-приложение для мониторинга параметров и управления процессами.

Ключевые слова: беспроводная связь, дополненная реальность, автоматизированное рабочее место (АРМ), автоматизированная система управления технологическими процессами (АСУ ТП), AR-приложение.

Введение

В настоящее время на предприятиях происходит активное внедрение решений на базе современных технологий Индустрии 4.0. На производствах появляются интеллектуальные датчики, программируемые контроллеры, способные обмениваться информацией по беспроводным протоколам. Принято считать, что проводные технологии, являющиеся основой классической АСУ ТП, реализуемой с использованием традиционных промышленных протоколов передачи данных, считаются более надежными и безопасными [1]. Но прокладывание проводной связи на большие расстояния или в труднодоступные места может быть экономически нецелесообразно. В этом случае лучше использовать беспроводные технологии или интеграцию проводной и беспроводной связи.

Беспроводные протоколы дают дополнительные возможности как в мониторинге параметров, так и управлении процессами. Более того, такие протоколы позволяют легко масштабировать систему управления. Таким образом, актуальной является задача интеграции беспроводных протоколов Интернета вещей с классическими промышленными протоколами. Синергетический эффект интеграции данных протоколов позволит осуществлять мониторинг и контроль технологических параметров не только посредством классического стационарного АРМ оператора (персонального компьютера), но и с использованием мобильных АРМ (смартфонов/планшетов).

Целью работы является разработка и практическая реализация архитектуры АСУ ТП с использованием беспроводного протокола MQTT и технологий дополненной реальности на примере существующей САР температуры.

Разработка и практическая реализация АСУ ТП на основе беспроводных технологий

Классическая АСУ ТП строится на иерархической структуре, приведенной на рисунке 1.



Рис. 1. Структурная схема традиционной АСУ ТП

Структурная схема АСУ ТП, приведенная на рисунке 1, может включать в себя аппаратное серверное и коммуникационное оборудование или же функции сервера могут быть реализованы программными средствами на базе SCADA-системы.

Несмотря на то, что данная структура АСУ ТП является традиционной и используется на многих предприятиях, она обладает рядом недостатков:

- не предусматриваются мобильные АРМ, которые способствуют большей гибкости и мобильности персонала в принятии решений, мониторинге и контроле технологических параметров;
- возможна несвоевременная реакция операторов ввиду ограничения мобильности персонала;
- высокая стоимость проводной связи, прокладывать которую в ряде случаев не является целесообразным решением, в отличие от интеграции в систему беспроводных протоколов передачи данных, позволяющих сократить стоимость системы [1];
- отсутствует возможность внедрения технологий дополненной реальности.

В традиционных автоматизированных системах управления технологическими процессами (АСУ ТП) применяются различные проводные протоколы передачи данных, такие как OPC UA/DA, Modbus и другие. Для устранения недостатков, характерных для таких систем и упомянутых ранее, возможно применение беспроводных технологий связи, методов математического моделирования и программных шлюзов. Интеграция проводных и беспроводных протоколов передачи данных, а также использование средств математического моделирования позволяют создать более эффективную систему управления. В такую систему могут быть дополнительно включены мобильный АРМ, приложение дополненной реальности (AR) для контроля и управления параметрами.

На примере существующей САР температуры, рассмотренной в ранних работах [3], и посредством имеющихся программно-аппаратных средств, была реализована архитектура АСУ ТП (рисунок 2), которая включает возможности технологий дополненной реальности и беспроводной передачи данных. В данном случае применен протокол беспроводной передачи данных MQTT. Протокол, в сравнении с такими беспроводными протоколами интернета вещей, как AMQP, CoAP и HTTP, обладает наименьшим среди рассматриваемых протоколов размером заголовка сообщения (2 байта) [4]. Благодаря малому размеру сообщения, применение MQTT в АСУ ТП позволяет быстро передавать небольшие порции информации с датчиков [4]. В пользу того, что данный протокол является наиболее приемлемым вариантом беспроводной передачи данных в АСУ ТП, говорит тот факт, что в отличие от других протоколов интернета вещей, протокол MQTT поддерживается производителями российских SCADA-систем: TeslaSCADA2, MasterSCADA 4D, TRACE MODE 7, SmartICS [5, 7, 8, 8]. Эксперименты над протоколами интернета вещей показывают, что протокол MQTT обладает наиболее высоким показателем доставленных пакетов в случаях нестабильного канала связи [10].

На рисунке 2 представлена структурная схема АСУ ТП с использованием беспроводных технологий, сохраняющая базовые принципы традиционной системы, изображенной на рисунке 1. В то же время, среда математического моделирования, коммуникационная платформа, AR-приложение и мобильный АРМ представляют собой дополнительные компоненты, расширяющие возможности в мониторинге, контроле параметров и управлении технологическими процессами.

Структурная схема, представленная на рисунке 2, включает ПЛК150 от компании ОВЕН, среду математического моделирования SimInTech, классическую SCADA-систему MasterSCADA, коммуникационную платформу KEPServerEX V6, а также мобильные АРМ, реализованные на основе приложения IoT MQTT Panel, SCADA-системы TeslaSCADA, AR-приложения, разработанного в среде Unity.

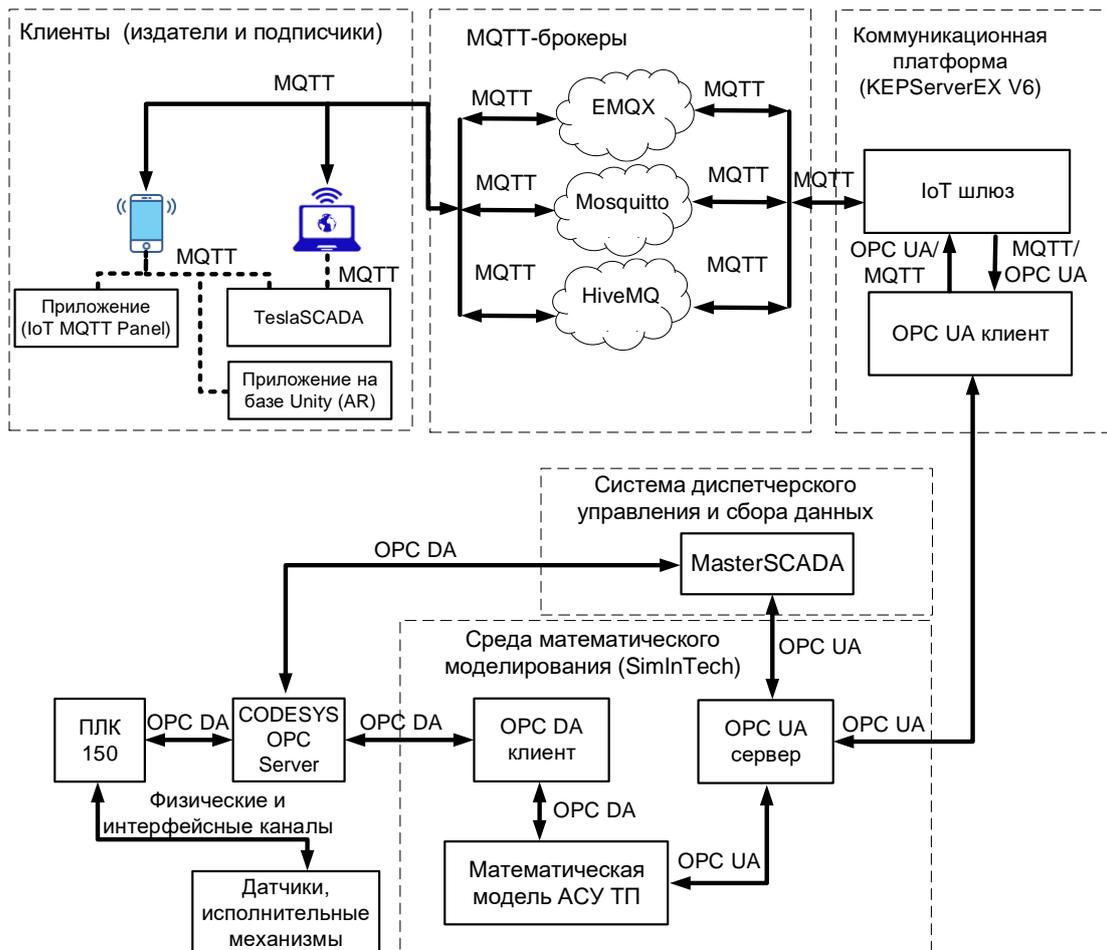


Рис. 2. Структурная схема M2M-взаимодействия на основе беспроводной связи

Представленная структура обеспечивает возможность увеличения гибкости и подвижности операторского персонала за счет внедрения мобильных автоматизированных рабочих мест (МАРМ) и приложений дополненной реальности, основанных на беспроводных технологиях. Кроме того, применение средств математического моделирования позволяет более эффективно реализовывать сложные регуляторы (нечеткие, нейросетевые и др.) по сравнению со средствами разработки программного обеспечения для программируемых логических контроллеров (ПЛК). При этом в соответствии со структурой математическая модель непосредственно участвует в обработке данных и выдаче управляющих воздействий на исполнительные механизмы через взаимодействие с CODESYS OPC Server.

Разработка AR-приложения осуществлена с использованием плагина Vuforia в среде Unity с привязкой виртуальных меток к физическим QR-кодам. Внешний вид стенда для регулирования температуры с виртуальными метками представлен на рисунке 3.

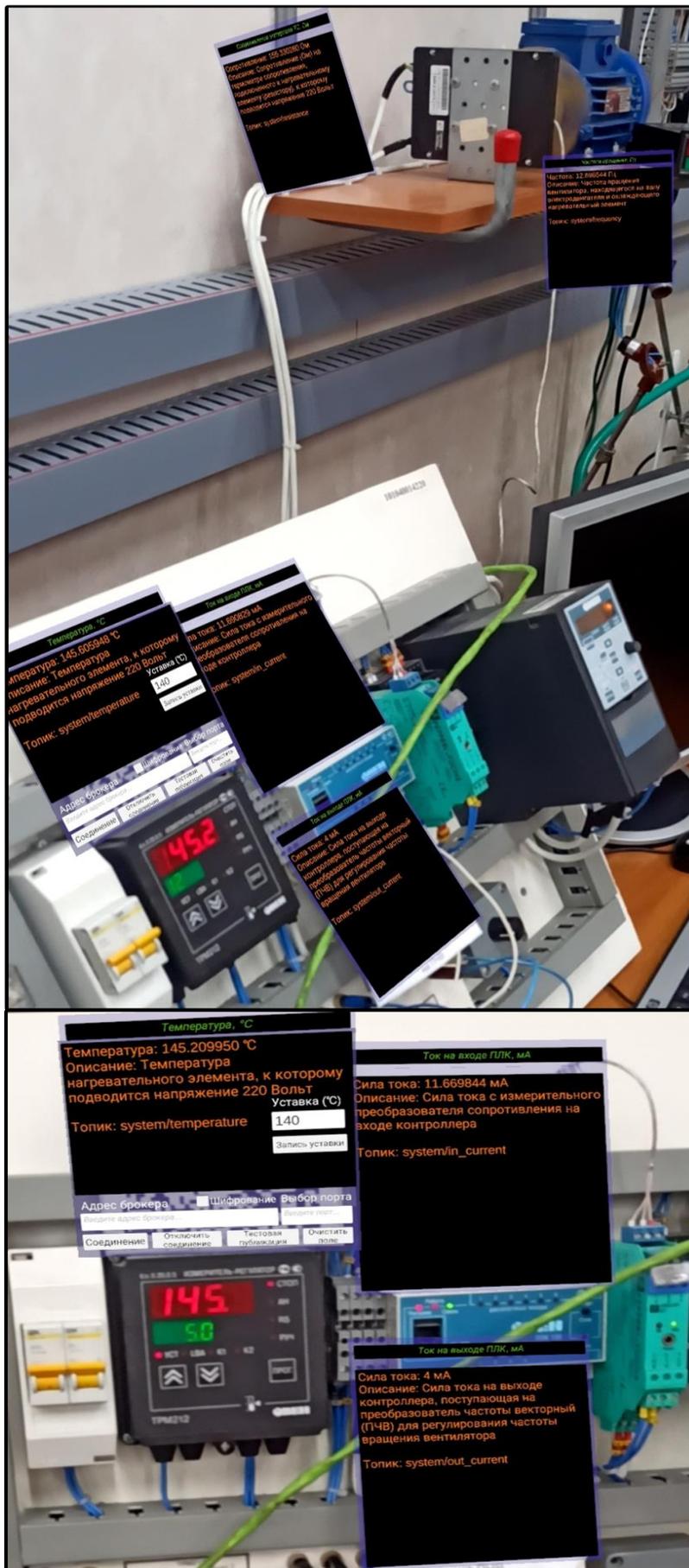


Рис. 3. Результат работы AR-приложения на базе MQTT-протокола

В рамках работы выполнена проверка функционирования AR-приложения на смартфоне. Передача данных на виртуальные метки осуществляется успешно. Информация по каждому технологическому параметру обновляется с периодичностью менее 1 секунды.

Результаты

Итогом работы является практическая реализация архитектуры АСУ ТП с использованием беспроводного протокола связи MQTT. Разработано AR-приложение в среде Unity, а также мобильный АРМ, созданный посредством SCADA-системы TeslaSCADA. Реализованная на практике архитектура позволяет осуществлять контроль и управление процессами через смартфон/планшет.

Заключение

В процессе выполнения работы реализована архитектура АСУ ТП на основе беспроводного протокола MQTT. Практические результаты работы могут быть использованы для внедрения дополненной реальности и мобильных АРМ в любой системе АСУ ТП, построенной на протоколах стандартов OPC и Modbus, а также на любых программных и аппаратных средствах, являющихся аналогичными по возможностям рассмотренным ранее элементам архитектуры АСУ ТП на базе беспроводного протокола MQTT.

Благодаря интеграции беспроводного протокола MQTT с промышленными протоколами стандартов OPC и Modbus, произведено расширение возможностей классической АСУ ТП. В результате продемонстрирован подход контроля технологических параметров и управления процессами посредством мобильных АРМ и AR-приложения.

Перспективы развития проекта включают доработку AR-приложения в части внешнего вида виртуальных AR-меток, разработка собственного локального MQTT-брокера и практическая реализация мер информационной безопасности для защиты АСУ ТП, включающей беспроводные технологии и мобильные АРМ.

Список использованных источников

1. Все, что вы хотели знать о проводных компьютерных сетях: определение, преимущества и основные свойства // Научные Статьи.Ру: сайт. – 2023. – URL: <https://nauchniestati.ru/spravka/provodnye-kompyuternye-seti/>.
2. Беспроводные локальные сети // RealLab: сайт. – 2024. – URL: <https://www.reallab.ru/bookasutp/2-promishlennie-seti-i-interfeisi/2-11-besprovodnie-lokalnie-seti/>.
3. Гительман, В.С. Модельно-ориентированное проектирование как инструмент повышения качества разработки программного обеспечения для программируемых логических контроллеров / В.С. Гительман, В.В. Курганов // Проблемы разведки, разработки и обустройства месторождений нефти и газа : Сборник тезисов XVI региональной научно-технической конференции молодых специалистов АО "ТомскНИПИнефть", Томск, 03 марта 2023 года / Отв. редактор А.Г. Чернов. – Томск: Акционерное общество "Томский научно-исследовательский и проектный институт нефти и газа", 2023. – С. 37-41. – EDN OWPTAK.
4. Naik N. Choice of effective messaging protocols for IoT systems: MQTT, CoAP, AMQP and HTTP // 2017 IEEE international systems engineering symposium (ISSE). – IEEE. – 2017. – С. 1-7.
5. IoT protocols | Best 8 in the list // High Voltages: сайт. – 2022. – URL: <https://highvoltages.co/iot-internet-of-things/iot-protocol/>
6. Что такое TeslaSCADA2 // TeslaSCADA: сайт. – 2024. – URL: <https://teslascada.com/ru/products/teslascada2>.
7. MasterSCADA 4D MQTT // SYSSOFT: сайт. – 2024. – URL: <https://www.syssoft.ru/insat/masterscada-4d-mqtt/>.
8. Коротко о TRACE MODE 7 (обзор) // TRACE MODE: сайт. – 2024. – URL: https://www.tracemode.ru/products/articles/obzor_TM7.
9. Протокол MQTT, онлайн-карты и уведомления: Релиз SmartICS 2.4 от Elcomplus // elcomplus: сайт. – 2024. – URL: <https://elcomplus.ru/ru/releases/smartics-2-4>.
10. Костеннов, Т.В. Сравнение протоколов связи для организации M2M-взаимодействий в SCADA-системах и системах промышленного интернета вещей / Т.В. Костеннов // Математические структуры и моделирование. – 2023. – № 2(66). – С. 91-102. – DOI 10.24147/2222-8772.2023.2.91-102. – EDN TFAFDU.