

МРНТИ 50.47.29
УДК 65.011.56

<https://doi.org/10.51889/5277.2022.55.81.027>

Ж.Е. Сейтбатталов^{1*}, С.К. Атанов¹, А.Е. Қызырқанов¹

¹ Евразийский Национальный университет им. Л.Н. Гумилева, г. Нур-Султан, Казахстан
*e-mail: sbtl.jeks@gmail.com

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА МОНИТОРИНГА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДАТЧИКОВ НА ОСНОВЕ ГРАНИЧНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ

Аннотация

Интеллектуальный промышленный сектор вырос в популярности благодаря широкому применению технологий, основанных на Интернете вещей. Революционный прогресс в технологиях сделали промышленное производство более безопасным, эффективным и надежным. Необходимость прогресса в умной промышленности обусловлена растущими требованиями к качеству продукции, спросом и уровню безопасности, надежности и снижению энергопотребления в процессе производства продукции, уменьшением сетевой нагрузки, трудоемкости вычислений и издержек. Наше исследование направлено на решение этих проблем путем развертывания web-приложения для мониторинга данных датчиков на Raspberry Pi. Raspberry Pi применяется в качестве центрального управляющего устройства, которое функционирует как экономически выгодная платформа для интеграции различных устройств и датчиков на промышленном предприятии с помощью Интернета. Мы предлагаем web-приложение для мониторинга промышленного производства на основе парадигмы граничных вычислений и Интернета вещей. Предлагаемое web-приложение обеспечивает дистанционный и автоматический мониторинг показателей температуры и влажности, обеспечивая безопасность и надежность производства.

Ключевые слова: интернет вещей, граничные вычисления, Raspberry Pi, датчики, температура, влажность.

Аңдатпа

Ж.Е. Сейтбатталов¹, С.К. Атанов¹, А.Е. Қызырқанов¹

¹ Л.Н. Гумилёв атындағы Еуразия ұлттық университеті, Нұр-Сұлтан қ., Қазақстан

ШЕКТЕРДІҢ ЕСЕПТІЛЕРІНЕ НЕГІЗГІНДЕГІ ДАТЧИКТЕРДІҢ НӘТИЖЕСІН БАҚЫЛАУДЫҢ АВТОМАТТАНДЫРЫЛҒАН ЖҮЙЕСІ

Интеллектуалды өнеркәсіп секторы заттардың интернетіне негізделген технологияларды кеңінен қолданудың арқасында танымал болды. Технологиядағы революциялық жетістіктер өнеркәсіптік өндірісті қауіпсіз, тиімдірек және сенімдірек етті. Smart индустриядағы ілгерілеу қажеттілігі сұраныстың өсуіне, өнім сапасына және қауіпсіздік деңгейіне қойылатын талаптарға, сенімділікке және өндіріс процесінде энергияны тұтынудың төмендеуіне, желі жүктемесін, есептеу күрделілігі мен шығындарды азайтуға байланысты. Біздің зерттеу Raspberry Pi құрылғысында сенсор деректерін бақылауға арналған веб-қосымшаны қолдану арқылы осы мәселелерді шешуге бағытталған. Raspberry Pi интернетті пайдаланатын өнеркәсіптік кәсіпорында әртүрлі құрылғылар мен сенсорларды біріктіру үшін үнемді платформа ретінде жұмыс істейтін орталық басқару құрылғысы ретінде пайдаланылады. Біз Internet of Things (IoT) және шеткі есептеу парадигмаларына негізделген өнеркәсіптік өндірісті бақылауға арналған үнемді веб-қосымшаны ұсынамыз. Ұсынылған веб-қосымшасы өндірістің қауіпсіздігі мен сенімділігін қамтамасыз ететін температура мен ылғалдылық көрсеткіштерін қашықтан және автоматты бақылауды қамтамасыз етеді.

Түйін сөздер: заттардың интернеті, жиек есептеулері, Raspberry Pi, сенсорлар, температура, ылғалдылық.

Abstract

AUTOMATED SYSTEM FOR MONITORING SENSOR VALUES BASED ON EDGE COMPUTING

Seitbatalov Z.E.¹, Atanov S.K.¹, Kyzyrkanov A.E.¹

¹ L.N. Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, Kazakhstan

The intelligent industrial sector has grown in popularity due to the widespread use of technologies based on the Internet of things. Revolutionary advances in technology have made industrial production safer, more efficient and more reliable. The need for progress in smart industry is due to growing demand, requirements for product quality and the level of security, reliability and reduced energy consumption in the production process, reducing network load, computational complexity and costs. Our research aims to address these issues by deploying a web application for monitoring sensor data on the Raspberry Pi. Raspberry Pi is used as a central control device that functions as a cost-effective platform for

integrating various devices and sensors in an industrial enterprise using the Internet. We offer a cost-effective web application for monitoring industrial production based on the Internet of Things (IoT) and edge computing paradigms. The proposed web application provides remote and automatic monitoring of temperature and humidity indicators, ensuring the safety and reliability of production.

Keywords: Internet of Things, Edge computing, Raspberry Pi, sensors, temperature, humidity.

Введение

В течение последнего десятилетия большинство исследований датчиков и приводов были сосредоточены на подключении их к Интернету для последующего анализа и мониторинга данных. Эта концепция передачи данных через Интернет получила название Интернета вещей (IoT). Датчики часто находят свое применение в промышленном производстве, сельском хозяйстве и медицине, контролируя критически важные параметры, такие как температура, влажность, сердцебиение, плотность, давление, сила, габариты и т. д. [1-3].

Довольно часто для работы IoT-устройств применяют облачные технологии, что предоставляет им безграничные возможности хранения больших данных и мощные вычислительные ресурсы. Однако есть некоторые проблемы, касающиеся применения облачных технологий. Облачные технологии отличаются низкой пропускной способностью, высокими энергопотреблением и задержкой. При этом стоит отметить, что количество IoT-устройств продолжает расти из года в год и к 2030 году их численность достигнет более 25,4 миллиарда [4]. Другими словами, в следующем десятилетии облачные технологии столкнутся с огромным объемом данных, поступающих с IoT-устройств. Более того, современные системы требуют быстрого отзыва для принятия решения в условиях неопределенности, чего не могут обеспечить облачные технологии.

Контроль температуры и влажности является основой любого технического процесса, и эти значения должны находиться в пределах допустимых значений для любого производственного процесса. Любое отклонение от допустимых значений снижает качество продукции и требует быстрого принятия решения в процессе производства, чтобы избежать неблагоприятных ситуаций.

Целью данной статьи является разработка алгоритма предварительной обработки данных для мониторинга значений датчиков температуры и влажности в промышленной сфере на стороне клиента и снижения нагрузки на серверную часть. Эта особенность, основанная на граничных вычислениях, позволит оператору принимать решение в короткие сроки благодаря малой задержке. Результаты мониторинга будут отображаться через удобный графический интерфейс.

Последние исследования показали, что граничные вычисления смогли преодолеть недостатки облачных технологий. Граничные вычисления – это парадигма, которая позволяет реализовать вычисления на платформе, близкой к конечному пользователю, в отличие от облачных технологий. Современный шкаф с овощами, умная ферма и интеллектуальная теплица на базе граничных вычислений дали пользователю возможность контролировать показания температуры, влажности, освещенности, влажности почвы, концентрации углекислого газа и делать фотосъемку, видеосъемку в дистанционном режиме реального времени. Шлюз способствовал распределению частей вычислительной задачи между сервером и платформой, а также уменьшил энергопотребление [5-8]. Предлагаемые граничные вычисления также нашли применение в системе сбора данных об окружающей среде для клинических сред и умного дома. Клинические исследования были сосредоточены на оценке занятости и активности человека, его геолокации, замерами показаний температуры и влажности окружающей среды. Умный дом, в свою очередь, обеспечил дистанционное и автоматическое управление бытовой техникой, обеспечив надежность и безопасность владельцу дому. В результате исследований ученые улучшили степень захвата движений на 5 процентов и обеспечили конфиденциальность данных пациентов [9, 10]. Имеются также некоторые исследования об использовании граничных вычислений в промышленной сфере, поэтому мы также приняли их во внимание. Система предупреждения на сборочной линии и автоматическая система удаленного мониторинга для 3D-принтера помогли улучшить процесс принятия решений за счет сокращения и предотвращения непредвиденных потерь из-за нештатных ситуаций [11, 12].

Для достижения низкой стоимости аппаратного проектирования и более удобного визуального представления результатов исследования мы предлагаем разработать web-приложение для мониторинга показателей датчиков на основе граничных вычислений с использованием одноплатного компьютера Raspberry Pi [13]. Этот одноплатный компьютер нашел свое применение в

кроссплатформенной компиляции и в поддержке сети, что позволило провести сбор и анализ данных с IoT-устройств [14].

Материалы и методы исследования

В исследовании мы использовали Raspberry Pi 4 Model B (4 Гигабайт) с датчиком температуры и влажности DHT11, которые представлены ниже на рисунке 1 как граничное устройство.

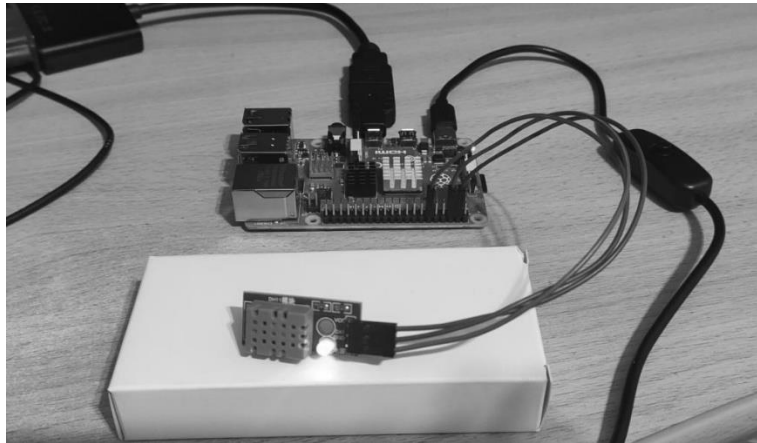


Рисунок 1. Граничное устройство (Raspberry Pi и датчик DHT11)

В качестве операционной системы для Raspberry Pi была выбрана Raspberry Pi OS (Raspbian). Протокол Message Queue Telemetry Transport (MQTT) использовался для обмена сообщениями между издателем и подписчиками. MQTTBox нашел применение на стороне конечного пользователя, а Aedes Broker от Node Red применялся на граничных устройствах. Концептуальное представление уровня брокера показано на рисунке 2, где брокер MQTT использовался для передачи показателей датчиков на устройства конечных пользователей (смартфоны, ноутбуки и персональные компьютеры).

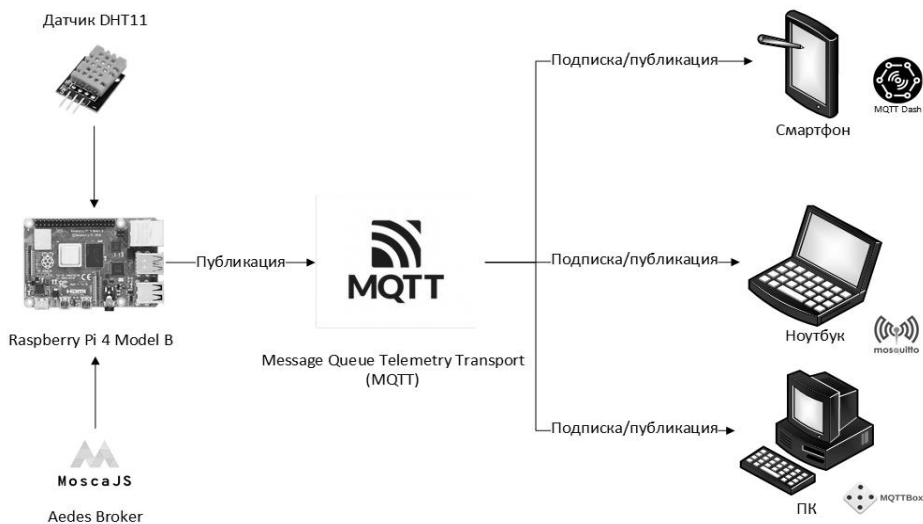


Рисунок 2. Концептуальное представление уровня брокера

Сервисный уровень отвечал за получение данных от брокерского уровня, в котором Raspberry Pi использовался в качестве платформы или сервиса. Мы провели конфигурацию Node Red для реализации алгоритма предварительной обработки данных, поступающих от датчика DHT11, а также создали возможность подписчикам получать сообщения от издателя. В качестве конечного устройства для подписчика мы решили использовать персональный компьютер на базе операционной системы Windows. Схема сервисного слоя представлена на рисунке 3.

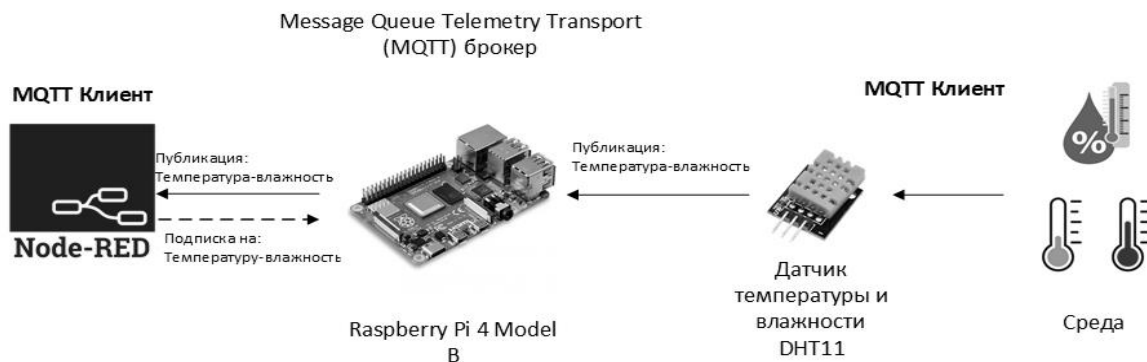


Рисунок 3. Сервисный уровень

Прикладной уровень использовался для back-end и front-end разработки web-приложения с целью комфортного и удобного управления устройством IoT через графический интерфейс. Помимо этого, слой предоставляет оператору панель виджетов для мониторинга значений различных датчиков. Для разработки также использовались библиотеки `bcm2835` и `node-red-contrib-dht-sensor`. На рисунке 4 представлена блок-схема алгоритма для мониторинга показателей температуры и влажности.



Рисунок 4. Блок-схема алгоритма для мониторинга показаний температуры и влажности

На первом этапе инициализуем датчик температуры и влажности DHT11. Датчик начинает считывать значения температуры и влажности окружающей среды. Получив измеренные значения, Raspberry Pi отправляет их в функцию вывода. Затем результат функции поступает в графическую функцию для отображения полученных данных на панели виджетов. И на финальном этапе полученные значения передаются подписчикам.

Узлы `gpi-dht`, `function`, `Gauge`, `Aedes Broker`, `Inject`, `Debug`, `MQTT Out` и `MQTT In` были использованы из меню Node Red для создания потока. На рисунке 5 показана блок-схема потока.

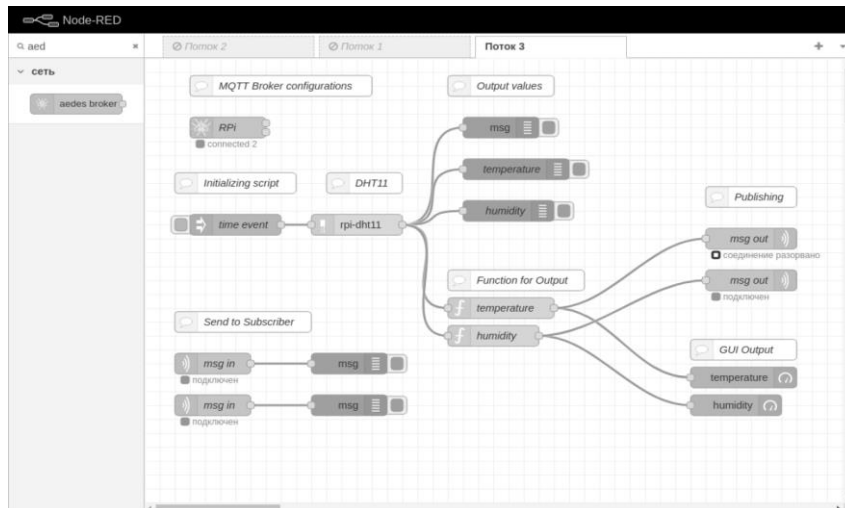


Рисунок 5. Поток в Node Red

На рисунке 6 показан пример отображения полученных значений на диаграмме индикатора прибора в панели виджетов.

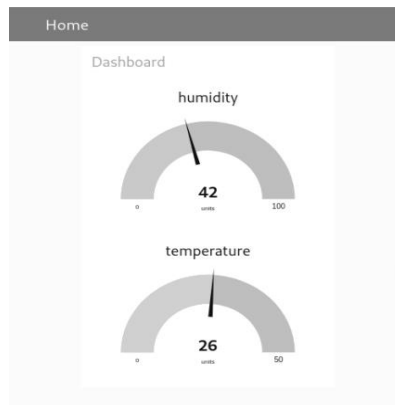


Рисунок 6. Показания датчика на панели виджетов

Результаты исследования

На рисунке 7 во вкладке отладки (Debug) окна Node Red показан результат данных, полученный от датчика DHT11, а также в окне MQTTBox показан результат передачи данных издателем.

Рисунок 7. Результат обработки данных в Node Red и их передача подписчикам

Для замера нагрузки на сетевой трафик для передачи данных брокеру сообщений, мы использовали NetWorx, показанный на рисунке 8.



Рисунок 8. Графическая диаграмма сетевого трафика для передачи данных брокеру сообщений

Пиковое значение сетевого трафика составило примерно 9,2 килобит/секунду. Таким образом, можно отметить, что процесс передачи данных с использованием парадигмы граничных вычислений способствует оптимизации сетевого трафика, так как в рамках облачной парадигмы объем передаваемых данных датчиков измеряется в Мегабит/секунду и Гигабит/секунду.

Заключение

В этом исследовании мы представили автоматизированную платформу на основе IoT для интеллектуального промышленного сектора. Она использует преимущества граничных вычислительных устройств для обработки данных. Предлагаемое web-приложение является экономически выгодным решением для вычисления на границе сети IoT и может быть расширена за счет добавления новых датчиков в систему. Это решение не только снизило затраты на вычислительные ресурсы, но и снизило нагрузку на сеть по сравнению с дорогостоящим облачным решением. Помимо этого, мы добавили возможность дистанционного мониторинга за счет MQTT брокера.

Предлагаемая система использует данные, полученные от датчиков температуры и влажности, которые в дальнейшем можно использовать для создания различных типов математических моделей и прогнозов для расширения существующих функций.

В будущем мы планируем добавить новые датчики, систему видеонаблюдения и алгоритм глубокого обучения для моделирования различных сценариев. Предлагаемое решение не только обеспечивает автоматизацию мониторинга показателей различных датчиков, но и обеспечивает конфиденциальность данных клиента.

References:

- 1 Al-Hardanee, O. F., Çankaya, İ., Muhsen, A. A., and Canbolat H. "Design a Control System for Observing Vibration and Temperature of Turbines." *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science* 24, no. 3 (2021): 1437-44. <https://doi.org/10.11591/ijeecs.v24.i3.pp1437-1444>.
- 2 Moldabayeva, Z. S., Schmidt, P., and Seitbattalov, Z. Y., Amankeldinov, T. A. "Simulation of an Intelligent Detection System Virus Sars-Cov-2 in Enclosed Spaces." *Proceedings - 2021 16th International Conference on Electronics Computer and Computation (ICECCO)* (2021).
- 3 Ren, Y., C. Wu, T. Yoshinaga, and Wgdl Bao. "A Fuzzy Logic Controller for Greenhouse Temperature Regulation System Based on Edge Computing." *Proceedings Paper. Mobile Networks and Management, Monami 2021* 418 (2022): 316-32. https://doi.org/10.1007/978-3-030-94763-7_24.

- 4 Atanov, S. K., Seitbattalov, Z. Y., and Moldabayeva, Z. S. "Development an Intelligent Task Offloading System for Edge-Cloud Computing Paradigm." *Proceedings - 2021 16th International Conference on Electronics Computer and Computation (ICECCO)* (2021).
- 5 Bu, N., Li G., and Liu X. "Intelligent Greenhouse Sensing System Based on Edge Computings." *Proceedings - 2020 International Conference on Robots and Intelligent Systems, (ICRIS)* (2020).
- 6 Chen, X., Wang X., and Shen H. "Design of Greenhouse Environment Monitoring System Based on Nb-Iot and Edge Computing." *IEEE Advanced Information Technology, Electronic and Automation Control Conference (IAEAC)*, 2021.
- 7 Namee K., Kamjumpol C., and Pimsiri W. "Development of Smart Vegetable Growing Cabinet with Iot, Edge Computing and Cloud Computing." *ACM International Conference Proceeding Series*, 2020.
- 8 Namee K., Polpinij J., and Albadrani G. M. "Applying Image Processing and Edge Computing for Plant Growth Monitoring in Smart Farm." *Multidisciplinary Technologies for Industrial Applications*, 2020.
- 9 Suresha P. B., C. Hegde, Z. F. Jiang, and G. D. Clifford. "An Edge Computing and Ambient Data Capture System for Clinical and Home Environments." *Article. Sensors* 22, no. 7 (Apr 2022): 25 2511. <https://doi.org/10.3390/s22072511>.
- 10 Yar, H., A. S. Imran, Z. A. Khan, M. Sajjad, and Z. Kastrati. "Towards Smart Home Automation Using Iot-Enabled Edge-Computing Paradigm." *Article. Sensors* 21, no. 14 (Jul 2021): 23 4932. <https://doi.org/10.3390/s21144932>.
- 11 Kwon, S., S. Lee, Y. Kim, Y. Oh, J. Kim, and J. Kwon. "A Filament Supply System Capable of Remote Monitoring and Automatic Humidity Control for 3d Printer." *Article. Journal of Sensors* 2020 (Jun 2020): 10 8846466. <https://doi.org/10.1155/2020/8846466>.
- 12 Syafrudin, M., N. L. Fitriyani, G. Alfian, and J. Rhee. "An Affordable Fast Early Warning System for Edge Computing in Assembly Line." *Article. Applied Sciences-Basel* 9, no. 1 (Jan 2019): 18 84. <https://doi.org/10.3390/app9010084>.
- 13 Kasapbaşı, A. and Canbolat H. "Design of a Smart Control System for the Management of Sustainable Energy Supplies in Remote Areas: A Case Study." *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization and Environmental Effects* 44, no. 1 (2022): 321-39. <https://doi.org/10.1080/15567036.2022.2044939>.
- 14 Brimzhanova, S. S. and Atanov S. K. and Khuralay M. and Kobelekov K. S. and Gagarina L. G. "Cross-Platform Compilation of Programming Language Golang for Raspberry Pi." *ACM International Conference Proceeding Series*, 2019.