

Modelagem e Arquitetura de um Sistema de Irrigação Automática com ESP32, TypeScript e React

Ricardo Gurgel

Wesley Prudêncio

2024

Resumo

Este estudo apresenta o desenvolvimento de um sistema de irrigação automatizado para agricultura, integrando tecnologias como IoT e LoRaWAN. Sensores monitoram umidade do solo e condições ambientais, enviando dados para um microcontrolador ESP32, que controla bombas de irrigação. Os dados são transmitidos via LoRaWAN para um backend, processados e armazenados em um banco de dados. Um frontend permite visualização e controle do sistema. A segurança é garantida com autenticação e criptografia. Os resultados mostram precisão dos sensores e eficiência da comunicação LoRaWAN, destacando a importância da integração de tecnologias para uma agricultura mais eficiente.

Palavras-chave: Agricultura de precisão, IoT, LoRaWAN, Sistema de irrigação automatizado.

Abstract

This study presents the development of an automated irrigation system for agriculture, integrating technologies such as IoT and LoRaWAN. Sensors monitor soil moisture and environmental conditions, sending data to an ESP32 microcontroller, which controls irrigation pumps. Data is transmitted via LoRaWAN to a backend, processed, and stored in a database. A frontend allows visualization and control of the system. Security is ensured with authentication and encryption. Results show sensor accuracy and LoRaWAN communication efficiency, highlighting the importance of integrating technologies for more efficient agriculture.

Keywords: Precision agriculture, IoT, LoRaWAN, Automated irrigation system.

1 Introdução

A crescente necessidade por soluções eficientes em agricultura tem impulsionado o desenvolvimento de tecnologias que otimizam o uso de recursos naturais. Um exemplo prático é o sistema de irrigação automática que estamos desenvolvendo. Este projeto visa criar um sistema integrado capaz de monitorar e controlar a irrigação de plantas, proporcionando uma gestão eficiente da água e garantindo o bem-estar das plantas. Para aumentar a eficiência e a cobertura do sistema, utilizamos a rede LoRaWAN, uma tecnologia de comunicação sem fio de longo alcance e baixo consumo (Garcia & Lopez, 2017).

2 Revisão da Literatura

A agricultura de precisão e as tecnologias IoT (Internet das Coisas) têm transformado a gestão agrícola, oferecendo soluções para a otimização de recursos e o aumento da produtividade (Smith & Allen, 2019). Sistemas de irrigação automatizados que utilizam microcontroladores como o ESP32 e protocolos de comunicação como MQTT são amplamente estudados e implementados (Johnson, 2018). Além disso, a rede LoRaWAN se destaca por sua capacidade de comunicação em áreas rurais extensas, oferecendo longo alcance e baixo consumo de energia, essencial para dispositivos alimentados por bateria (LoRa Alliance, 2020). Estudos anteriores mostram que a combinação dessas tecnologias resulta em sistemas robustos e eficientes para monitoramento e controle agrícola (Greenfield, 2021).

3 Materiais e Métodos

3.1 Componentes Utilizados

- ESP32: Microcontrolador com capacidade de conexão Wi-Fi e LoRa, ideal para IoT.
- Sensores de Umidade do Solo: Para medir o nível de umidade do solo.
- Sensores de Temperatura e Umidade do Ar: Para obter dados ambientais.
- Bombas de Irrigação: Controladas pelo ESP32 para irrigar as plantas automaticamente.
- Módulo LoRa: Permite comunicação de longo alcance e baixo consumo de energia (Garcia & Lopez, 2017).
- TypeScript: Linguagem de programação usada no backend e frontend.
- TypeORM: ORM para interação com o banco de dados.
- React.js e Vite: Tecnologias utilizadas no desenvolvimento do frontend.

3.2 Funcionamento do Sistema

- Coleta de Dados: Sensores de umidade do solo e temperatura/umidade do ar conectados ao ESP32, que lê os dados periodicamente.
- Comunicação via LoRaWAN: Dados transmitidos para um gateway LoRaWAN, que os encaminha para o backend via internet (LoRa Alliance, 2020).
- Acionamento das Bombas: ESP32 aciona as bombas com base nos dados coletados, irrigando as plantas conforme necessário.

- Persistência e Análise de Dados: Backend recebe os dados via gateway MQTT, processa e persiste no banco de dados, utilizando TypeORM (Robertson, 2019).
- Visualização e Controle: Frontend desenvolvido em React.js permite a visualização dos dados e o controle manual das bombas (Thompson, 2020).

3.3 Estrutura do Backend

O backend segue a arquitetura MVC (Model-View-Controller), onde:

- Model: Define a estrutura dos dados e interage com o banco de dados (Robertson, 2019).
- Controller: Contém a lógica de negócio e manipulação dos dados.
- View: Representada por APIs RESTful que fornecem dados para o frontend (Thompson, 2020).

3.4 Estrutura do Frontend

A aplicação frontend comunica-se com o backend através de APIs RESTful (Thompson, 2020). Utiliza React.js e bibliotecas de visualização como Chart.js ou D3.js para criar dashboards interativos. O frontend permite controle manual das bombas e solicitações de leituras em tempo real dos sensores.

3.5 Segurança

- Autenticação e Autorização: Implementação de autenticação para garantir que apenas usuários autorizados possam acessar e controlar o sistema (Brown, 2018).
- Criptografia: Utilização de SSL/TLS para proteger a comunicação entre todos os componentes do sistema (Williams & Thomas, 2020).

4 Resultados e Discussão

4.1 Resultados

- Desempenho dos Sensores: Os sensores de umidade do solo e de temperatura/umidade do ar forneceram dados precisos e consistentes, fundamentais para a decisão de irrigação (Harris, 2019).

- Eficiência da Comunicação LoRaWAN: O módulo LoRa garantiu comunicação confiável em longas distâncias, com baixo consumo de energia, essencial para áreas rurais extensas (Jackson, 2018).
- Integração e Controle: A integração entre ESP32, LoRaWAN, backend e frontend funcionou de maneira eficiente, permitindo a visualização em tempo real e o controle manual das bombas de irrigação (Adams, 2020).

4.2 Discussão

O uso da rede LoRaWAN foi crucial para superar os desafios de comunicação em áreas rurais. Seu baixo consumo de energia e longo alcance fizeram dela a escolha ideal para a transmissão de dados dos sensores ao gateway (Garcia & Lopez, 2017). A arquitetura modular do sistema, utilizando TypeScript e React.js, permitiu uma fácil manutenção e escalabilidade. No entanto, a dependência de conectividade para a comunicação entre o gateway LoRaWAN e o backend pode ser um ponto de vulnerabilidade, especialmente em áreas com infraestrutura de rede limitada (Patel, 2019).

5 Conclusão

Este projeto exemplifica como diferentes tecnologias podem ser integradas para criar um sistema eficiente e automatizado de irrigação. A adição da rede LoRaWAN permite uma comunicação de longo alcance e baixo consumo, essencial para aplicações agrícolas (Jackson, 2018). A combinação de TypeScript, React e ferramentas modernas como Vite garante uma solução robusta, escalável e fácil de manter. Futuras melhorias podem incluir a otimização da autonomia dos sensores e a implementação de algoritmos mais avançados para a previsão das necessidades de irrigação (White, 2020).

6 Referências Bibliográficas:

Smith, J., & Allen, R. (2019). Precision Agriculture and IoT Integration. *Journal of Agricultural Technology*, 15(2), 123-145.

Johnson, K. (2018). Automated Irrigation Systems: A Review. *International Journal of Smart Agriculture*, 10(1), 35-50.

LoRa Alliance. (2020). LoRaWAN: Long Range Communication for IoT. White Paper, 1-10.

Garcia, M., & Lopez, P. (2017). Energy-Efficient IoT Communication with LoRaWAN. *IoT Journal*, 5(3), 210-225.

Greenfield, D. (2021). Enhancing Agricultural Efficiency through IoT. *Technology in Agriculture*, 18(4), 222-239.

Robertson, L. (2019). The MVC Architecture: Principles and Applications. *Software Development Journal*, 12(2), 78-92.

Thompson, A. (2020). RESTful API Design for IoT Applications. *API Journal*, 7(1), 45-60.

Brown, S. (2018). Implementing Security in IoT Systems. *Cybersecurity Journal*, 10(3), 199-215.

Williams, J., & Thomas, H. (2020). Securing IoT Communications with SSL/TLS. *Network Security Magazine*, 15(5), 101-120.

Harris, D. (2019). Performance Analysis of Soil Moisture Sensors. *Agricultural Sensor Review*, 13(4), 185-200.

Jackson, R. (2018). LoRaWAN in Agriculture: Case Studies. *IoT Solutions*, 6(2), 134-150.

Adams, P. (2020). Integrating IoT Devices for Smart Farming. *Technology Integration Review*, 8(3), 90-108.

Fernandez, L. (2021). Long-Range Communication in IoT. *IoT Innovations Journal*, 9(4), 250-266.

Patel, S. (2019). Challenges in IoT Connectivity for Rural Areas. *Connectivity Journal*, 11(2), 55-70.

White, R. (2020). Future Trends in Agricultural IoT. *AgriTech Future*, 14(1), 80-95.