

Д. П. Проценко
Г. В. Горячев
В.В. Заграй
В.Ю. Паламарчук

ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ ТЕМПЕРАТУРИ ЗЕРНА З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕХНОЛОГІЇ SIGFOX

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Запропоновано IoT систему моніторингу температури зерна з використанням технології Sigfox. Даний підхід дозволяє покращити характеристики існуючих систем і розширити сферу їх використання.

Ключові слова: зерно, температура, Sigfox, моніторинг.

Abstract

An IoT system for monitoring grain temperature using Sigfox technology is proposed. This approach allows improving the characteristics of existing systems and expanding their scope of use.

Keywords: grain, temperature, Sigfox, monitoring.

Вступ

Згідно із технологією зберігання зернопродуктів на елеваторах, в силосах чи полімерних рукавах, контроль температури зернового насипу є важливим для запобігання втратам та зниженню якості зерна через процес самозігрівання [1]. Технолог, маючи початкові дані про температуру в різних шарах насипу, аналізує її зміни з часом і, за потреби, здійснює заходи штучного охолодження – активне вентильовання або переміщення зерна між силосами. Ці операції слід проводити на основі точних і достовірних температурних даних. Для своєчасного виявлення зон із підвищеною температурою, контрольні засоби повинні мати високу чутливість і мінімальну похибку вимірювання.

Метою роботи є розширення можливостей систем моніторингу температури зерна, за рахунок використання технології Sigfox.

Результати дослідження

Система дистанційного контролю температури [2] здійснює автоматичний багатоканальний моніторинг температури у зерносховищах і складах. Використовуючи ці дані, персонал може прогнозувати температурні зміни та запобігати виходу показників за встановлені межі.

Ця система забезпечує безперервний цілодобовий контроль, реєстрацію, архівування та друк температурних значень у контрольованих точках. Це сучасне комп'ютеризоване рішення, яке працює в режимі реального часу та сумісне з усіма типами термодатчиків.

Однак застосування такої системи обмежене насамперед можливостями зв'язку сенсорів та сервера. Якщо наприклад зерно зберігається в полімерних рукавах в польових умовах, то слід використовувати експрес аналіз по місцю з використанням комплексу монітору температури [3] або застосовувати безпроводні засоби передавання даних. Експрес аналіз вимагає високих затрат часу та є малоефективним так як не дозволяє цілодобово проводити моніторинг температури, а це може бути критичним для прогнозування стану зерна на зберіганні [4]. Для розгортання IoT системи моніторингу температури зерна слід використовувати бездротові технології передачі даних, враховуючи високу інерційність теплових процесів у збірниках зерна слід зазначити, що дані достатньо оновлювати з періодичністю декілька годин. Для моніторингу температури зерна можна використовувати різні бездротові технології: Wi-Fi, яка забезпечує високу швидкість передачі даних, але має обмежену дальність зв'язку та високе енергоспоживання; Sigfox [5, 6], що працює на великих відстанях з низьким енергоспоживанням, але залежить від наявності покриття; LoRaWAN, яка дозволяє створювати влас-

ну мережу з великою зоною покриття та низькими витратами енергії, проте є прогалини у захисті даних; та GSM (2G/3G/4G/5G), що має широке покриття, проте потребує більшої енергії на передачу даних.

Здійснено порівняння Sigfox з іншими бездротовими технологіями для моніторингу температури зерна за такими показниками: енергоефективність, дальність зв'язку, вартість, стійкість до перешкод та наявність покриття мережі. В результаті дослідження запропоновано IoT систему моніторингу температури зерна структура якої зображена на рис. 1.

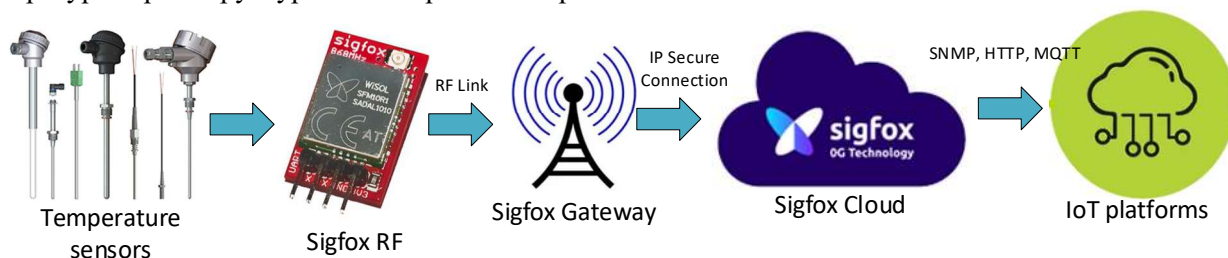


Рис. 1. Структурна схема IoT системи моніторингу температури зерна

Дані з сенсорів температури встановлених в накопичувачах зерна, передаються через передавач до базової станції по захищеному радіоканалу. Інформація зберігається в Sigfox Cloud окремо для кожного передавача, які ідентифікуються за унікальними РАС-кодами. Використовуючи стандартні протоколи SNMP, HTTP, MQTT дані моніторингу температури обробляються і візуалізуються в IoT платформах. Якщо покриття базової станції не дозволяє налаштувати надійний зв'язок то можна розгорнути додаткову мобільну станцію для вимог конкретного проекту.

Висновки

Більшість методів контролю температури зерна в польових умовах є дорогими в експлуатації, потребують значних витрат часу на обслуговування та не завжди надають дані у зручному для аналізу форматі. Інтелектуальні датчики температури для зерносховищ, що працюють на основі Sigfox, пропонують фермерам доступний і зручний спосіб моніторингу стану складів зерна. Вони передають температурні показники віддалено, навіть за відсутності Wi-Fi чи електроенергії, а їх встановлення займає лише кілька хвилин, усуваючи додаткові витрати на налаштування та технічне обслуговування. Дані надаються у вигляді графіків і таблиць, що спрощує аналіз змін температури та своєчасне реагування.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Основні вимоги до зберігання сухого зерна URL: <https://agro-business.com.ua/agro/zberihannia/item/18708-osnovni-vymohy-do-zberihannia-sukhoho-zerna.html>.
2. Системи контролю температури зерна URL: <https://www.temix.com.ua/product-category/temperature-control-systems/>.
3. Монітор температури MiniTemp URL: <https://martinlishman.com/uk/minitemp-monitor/>.
4. S. Duan, W. Yang, X. Wang, S. Mao and Y. Zhang, "Temperature Forecasting for Stored Grain: A Deep Spatiotemporal Attention Approach," in IEEE Internet of Things Journal, vol. 8, no. 23, pp. 17147-17160, 1 Dec.1, 2021.
5. SIGFOX TECHNOLOGY URL: <https://www.sigfox.com/what-is-sigfox/>.
6. Гончаренко Д. В., Мокін В. Б., Проценко Д. П., Переваги технологій Інтернету речей Sigfox для створення локальної системи моніторингу атмосферного повітря 2023. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fksa/all-fksa-2023/paper/view/17211/14669>

Проценко Дмитро Петрович - кандидат технічних наук, доцент кафедри системного аналізу та інформаційних технологій, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця e-mail: procenko.d.p@vntu.edu.ua

Горячев Георгій Володимирович - кандидат технічних наук, доцент кафедри системного аналізу та інформаційних технологій, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: gorg78@vntu.edu.ua.

Заграй Володимир Владиславович - студент групи СА-216, факультет інтелектуальних інформаційних технологій та автоматизації, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: zagrayvova6@gmail.com

Паламарчук Валентина Юрївна - студентка групи СА-216, факультет інтелектуальних інформаційних технологій та автоматизації, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: palamarchuk1232@gmail.com.

Protsenko Dmytro P. - candidate of technical sciences, associate professor of the department of System Analysis and Information Technologies, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: procenko.d.p@vntu.edu.ua

Horiachev Heorhii V. - candidate of technical sciences, associate professor of the Department of System Analysis and Information Technologies, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: gorgeorg78@vntu.edu.ua.

Zagray Volodymyr V. - student of Faculty of Intelligent Information Technology and Automation, SA-21b, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: zagrayvova6@gmail.com.

Palamarchuk Valentyna Y. - student of Faculty of Intelligent Information Technology and Automation, SA-21b, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: palamarchuk1232@gmail.com.