

Кіберфізичний комплекс збору даних з можливістю обходу перешкод

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Розглянуто розробку кіберфізичного комплексу збору даних, що базується на роботі-танку Mini Caterpillar V3.0 для Arduino та здатний автономно пересуватися у складних умовах, обходячи перешкоди. Проведено аналіз сучасних рішень у сфері кіберфізичних систем та навігаційних технологій, що дозволило визначити ключові вимоги до апаратного забезпечення. Запропоновано архітектуру комплексу, яка включає мікроконтролери, сенсорну систему, модулі зв'язку та живлення. Описано принципи роботи сенсорів та алгоритми ухилення від перешкод, що використовуються для підвищення ефективності збору даних у реальному часі.

Ключові слова: кіберфізична система, робот-танк, збір даних, автономна навігація, сенсори, обхід перешкод.

Abstract

The development of a cyber-physical data collection system based on the Mini Caterpillar V3.0 tank robot for Arduino, capable of autonomously navigating complex environments and avoiding obstacles, has been considered. An analysis of modern data collection technologies and navigation systems has been conducted, allowing for the identification of the advantages and disadvantages of existing solutions. The proposed hardware architecture of the system includes microcontrollers, sensors, communication, and navigation systems. The interaction between components and their role in ensuring the autonomous operation of the system are examined. Additionally, the main obstacle avoidance algorithms are presented, which enhance the system's efficiency.

Keywords: cyber-physical system, data collection, hardware, autonomous navigation, sensors, obstacle avoidance.

Вступ

Сучасні кіберфізичні системи активно впроваджуються у сферу автоматизації, наукових досліджень та промислового моніторингу. Одним із головних завдань таких систем є ефективний збір даних у реальному середовищі з урахуванням різних обмежень, зокрема наявності статичних та динамічних перешкод. Автономні мобільні платформи відіграють ключову роль у вирішенні цього завдання, адже вони дозволяють виконувати вимірювання, моніторинг і передачу інформації без безпосередньої участі людини.

Основною метою цієї роботи є розробка та дослідження апаратної частини кіберфізичного комплексу на базі робота-танка Mini Caterpillar V3.0 для Arduino, який забезпечує автономний рух, збір даних та ухилення від перешкод. Використання цього робота дає змогу ефективно поєднати сенсорні системи, алгоритми аналізу середовища та навігаційні технології для досягнення стабільної та безперервної роботи пристрою в різних умовах [3].

Основна частина

Апаратне забезпечення кіберфізичного комплексу складається з кількох основних модулів, що забезпечують його автономність та ефективність виконання завдань. В основі системи знаходиться мікроконтролер Arduino, який відповідає за обробку сигналів від сенсорів, керування приводами та реалізацію алгоритмів навігації [1]. Сенсорна система включає LiDAR для побудови карти навколишнього середовища, ультразвукові датчики для визначення близьких перешкод, камери для візуального аналізу маршруту та інерціальний модуль для стабілізації руху. Взаємодія цих елементів дозволяє роботу-танку ефективно аналізувати своє оточення та приймати рішення щодо напрямку руху [2].

Для навігації використовуються методи глобального позиціонування, а також алгоритми локальної орієнтації на основі даних від одометрії та SLAM (Simultaneous Localization and Mapping). Робот будує карту навколишнього середовища в режимі реального часу, що дозволяє йому швидко адаптуватися до змінних умов та обирати оптимальні маршрути. Особлива увага приділяється реалізації алгоритмів ухилення від перешкод, зокрема використовується алгоритм A*, метод потенціальних полів та

машинне навчання для прогнозування можливих траєкторій руху [2]. Це дозволяє роботу уникати зіткнень навіть у складних середовищах із великою кількістю перешкод.

Комунікаційна система базується на бездротових технологіях Wi-Fi та LoRa, що дає змогу передавати дані у режимі реального часу та дистанційно контролювати роботу пристрою [3]. Це особливо важливо для застосування кіберфізичного комплексу у ситуаціях, коли необхідний постійний моніторинг або керування з боку оператора. Окремо розглянуто питання енергозабезпечення – використання літій-полімерних акумуляторів у поєднанні з оптимізованими алгоритмами енергоспоживання дозволяє збільшити час автономної роботи без необхідності частого перезарядження [1].

Запропонований підхід до побудови апаратної архітектури забезпечує високу надійність та продуктивність системи. Робот-танк Mini Caterpillar V3.0 для Arduino є оптимальною платформою для реалізації такого комплексу, оскільки поєднує компактні розміри, високу маневреність і достатню вантажопідйомність для розміщення додаткових модулів [2]. Це робить його універсальним рішенням для задач автономного збору даних, моніторингу середовища та виконання автоматизованих досліджень.

Висновок

Розробка кіберфізичного комплексу на базі робота-танка Mini Caterpillar V3.0 для Arduino є перспективним рішенням для реалізації автономних систем збору даних. Використання сучасних сенсорних технологій, алгоритмів навігації та бездротових комунікацій дозволяє створити надійний і ефективний пристрій, здатний працювати в різноманітних умовах. Подальші дослідження будуть зосереджені на оптимізації програмного забезпечення, розширенні функціональних можливостей та тестуванні комплексу в реальних середовищах.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ / REFERENCES

1. Cyber-Physical Systems: Architectures and Applications [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://www.researchgate.net/publication/269709304_A_Cyber-Physical_Systems_architecture_for_Industry_40-based_manufacturing_systems
2. Navigation and Obstacle Avoidance[Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9341256>
3. Smart Sensor Systems for Robotics [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://www.researchgate.net/publication/258734399_Smart_Sensor_Systems

Богомолів Сергій Віталійович – к.т.н., доцент каф. ОТ, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: bogomolovsergiy@vntu.edu.ua

Заїченко Іван Григорович – студент групи ІСП-216, факультет інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: ivza2014@gmail.com

Данилюк Ілля Васильович – студент групи ІСП-216, факультет інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: daniliuk.illia.1sp@gmail.com

Bohomolov Serhii Vitaliyovych – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Computer Technology, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: bogomolovsergiy@vntu.edu.ua.

Zaichenko Ivan Hryhorovych – student of group 1SP-21b, Faculty of Information Technologies and Computer Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: ivza2014@gmail.com.

Danyliuk Illia Vasylovych – student of group 1SP-21b, Faculty of Information Technologies and Computer Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: daniliuk.illia.1sp@gmail.com