

SOFTWARE FOR CONTROLLING THE WORKING BODIES OF COMMUNAL MACHINES

Vinnitsia National Technical University

Анотація

У статті розглянуто проблему розробки програмного забезпечення для управління робочими органами комунальних машин, зокрема сміттєвозів, снігоприбиральної та поливальної техніки. Проаналізовано багаторівневу архітектуру таких систем, що охоплює мікроконтролерний рівень збору даних із датчиків та керування виконавчими механізмами, комунікаційний рівень на основі протоколу CAN для надійного обміну даними між електронними блоками, а також верхній рівень диспетчерського управління на базі SCADA-систем. Досліджено роль GPS-моніторингу та технологій Інтернету речей у підвищенні ефективності експлуатації комунальної техніки, оптимізації маршрутів та забезпеченні предиктивного обслуговування обладнання.

Ключові слова: комунальні машини, робочі органи, програмне забезпечення, мікроконтролер, CAN, SCADA, GPS-моніторинг, Інтернет речей, виконавчі механізми, автоматизація.

Abstract

The article addresses the problem of software development for controlling the working bodies of municipal machines, including garbage trucks, snow removal and watering equipment. The multi-level architecture of such systems is analyzed, covering the microcontroller level for sensor data acquisition and actuator control, the communication level based on the CAN protocol for reliable data exchange between electronic control units, and the upper level of supervisory control based on SCADA systems. The role of GPS monitoring and Internet of Things technologies in improving the operational efficiency of municipal equipment, route optimization, and predictive maintenance is investigated.

Keywords: municipal machines, working bodies, software, microcontroller, CAN, SCADA, GPS monitoring, Internet of Things, actuators, automation.

Introduction

Modern municipal services are characterized by the widespread use of specialized equipment, which includes garbage trucks, snow removal and irrigation machines, vacuum sweepers, and combined cleaning vehicles that combine several functions at once [1]. The effective functioning of these machines directly depends on the quality of the software that controls their working bodies – hydraulic manipulators, brushes, buckets, loading and unloading mechanisms [2]. The relevance of developing specialized software for controlling the working bodies of municipal vehicles is due to the growing requirements for the productivity and environmental friendliness of municipal services, as well as the need to reduce the cost of time and resources when performing technological operations. In modern automatic control systems, the main information processing operations are performed by a microcontroller or microprocessor, which converts digital signals into physical effects on the actuators [3]. The purpose of this study is to analyze architectural approaches and technological means used in building software for controlling the working bodies of municipal vehicles.

Research results

Software for controlling the working bodies of municipal vehicles is implemented as a multi-level system that includes the hardware, communication and application levels. Mathematical modeling of the dynamics of the hydraulic drive of the working bodies, in particular the mechanisms for loading solid household waste into garbage trucks, is an important component in the development of control algorithms [4]. At the lower level, microcontrollers are used, the programming of which is carried out mainly in the C and C++ languages, which

allows implementing algorithms for collecting data from sensors, controlling actuators and interacting with the operator [5].

The communication level provides data exchange between electronic control units. The CAN (Controller Area Network) standard plays a key role here, developed by Robert Bosch GmbH in the mid-1980s and designed to organize highly reliable and inexpensive communication channels in distributed control systems [6]. The CAN protocol, originally developed for the automotive industry, is now widely used in industrial automation, agricultural and municipal engineering, providing reliable coordination between sensors, actuators and a central controller.

The architecture of the CAN network is based on a common two-wire bus consisting of CAN H (High) and CAN L (Low) lines, which form a differential pair for data transmission (see Fig. 1). The use of a differential signal provides high noise immunity, since electromagnetic interference affects both conductors equally and is compensated for when calculating the potential difference. Individual nodes (Node 1, Node 2, ..., Node n) are connected to the bus, each of which is an equal participant in the network and can both transmit and receive messages.

Each node of the CAN network contains a microcontroller to which two key components are connected: a CAN controller and a CAN transceiver. The CAN controller is responsible for implementing the data exchange protocol – forming and parsing message frames, arbitrating access to the bus, detecting errors and retransmitting in case of failure. The CAN transceiver performs the function of a physical interface, converting the logic signals of the microcontroller into differential voltage levels on the bus and vice versa. The interaction between the CAN controller and the CAN transceiver provides bidirectional communication of the microcontroller with the CAN bus.

An important feature of the CAN protocol is the arbitration mechanism based on message priorities: when several nodes attempt to transmit simultaneously, the message with a smaller identifier receives priority, while other nodes automatically switch to listening mode without data loss. This architecture is especially effective for municipal equipment control systems, where it is necessary to ensure reliable real-time data exchange between numerous sensors and actuators in conditions of significant electromagnetic interference.

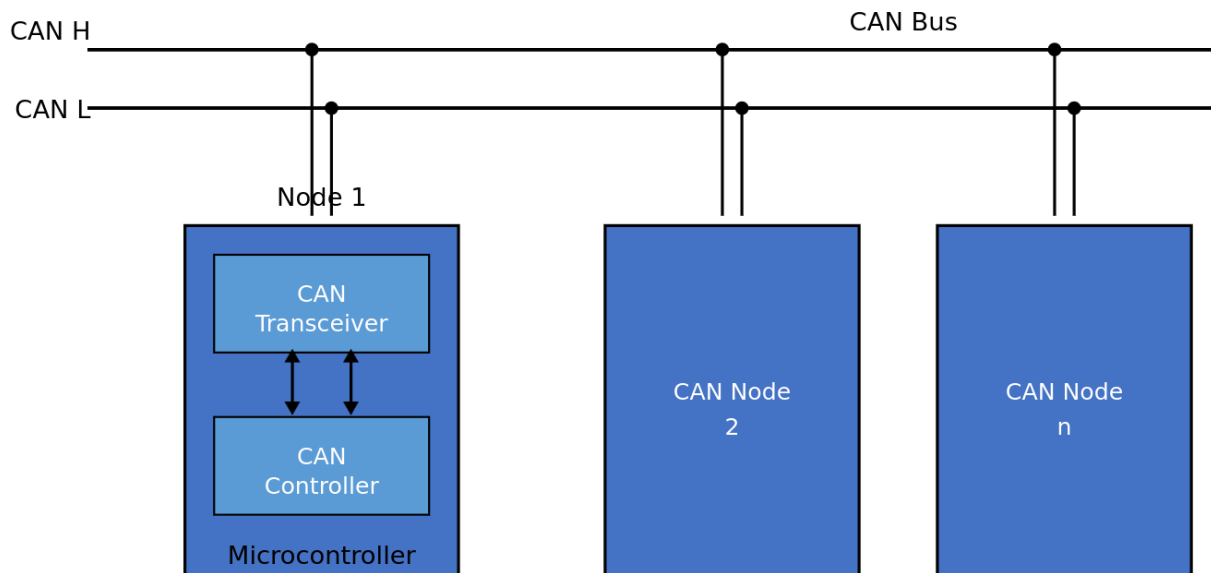


Fig. 1. CAN protocol

At the upper level of management, SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) systems are used, which perform data collection and dispatching control in real time [7]. SCADA software processes operator commands and transmits them to lower-level programmable logic controllers that directly control the executive

mechanisms of the municipal machine. In addition, SCADA provides event registration, report generation and visualization of technological processes through interactive mnemonics [8]. A promising direction of development is the integration of Internet of Things (IoT) technologies and improvement of drives of working bodies of municipal machines. As shown in studies of drive systems of working bodies of machines for collection and primary processing of solid household waste, software must take into account the dynamic characteristics of hydraulic and electromechanical drives to ensure optimal operating modes. The use of IoT technologies allows microcontrollers to collect data about the environment, process them and connect to cloud platforms via the Internet. This opens up opportunities for predictive maintenance of equipment, adaptive control of working bodies taking into account external conditions and centralized management of the municipal equipment fleet.

The modern concept of the Internet of Things (IoT) involves building a multi-level architecture that combines peripheral devices, network gateways, cloud platforms and analytical services. In the context of municipal vehicles – garbage trucks, road sweepers and snowplows – this architecture acquires specific features due to dynamic operating conditions in the urban environment [9].

At the level of peripheral devices, municipal vehicles are equipped with sensors of various functional purposes: GPS modules for determining location, accelerometers for monitoring traffic modes, strain gauges for measuring the mass of the load, pressure sensors in the hydraulic system, as well as ultrasonic sensors for determining the distance to containers [9, 10]. Basic technologies for data transmission from sensor nodes – LoRaWAN, NB-IoT, Wi-Fi – provide stable communication in conditions of high density of urban development [10].

The cloud layer of the architecture provides data storage, aggregation and visualization, as well as decision support for operational management of the municipal equipment fleet. The Industrial Internet of Things plays a key role in the digital transformation of operational processes, in particular in the implementation of predictive maintenance of mobile machines based on continuous monitoring of the parameters of their operating systems.

The working bodies of municipal machines – mechanisms for loading, compacting and unloading waste, brush units, plow blades – are driven by hydraulic, electric or pneumatic drives [11, 12].

The hydraulic drive [13-16] is the most common in garbage trucks due to its high specific power and the ability to smoothly adjust the speed of the working bodies. Drive systems for the working bodies of machines for the collection and primary processing of solid waste are classified by type, kinematic scheme and functional purpose. The regularities of dynamic processes in hydraulic cylinders during the working cycle have been established, which makes it possible to make a reasonable choice of design parameters. The technical support for the collection and transportation of solid waste has been comprehensively considered, including the justification of the parameters of hydraulic drives for the working bodies of garbage trucks of various design schemes. The calculation and design methodology for hydraulic drive systems with throttle, relay and volume control constitutes the methodological basis for mobile municipal vehicles. The electric drive is becoming increasingly important in municipal equipment, primarily in small-sized sweepers and electric garbage trucks [17]. The principles of constructing electric drives for working machines, including frequency control of asynchronous motors, ensure high energy efficiency and precision control of actuators.

Pneumatic drives and combined electro-pneumatic systems are used in auxiliary mechanisms of municipal vehicles – braking systems, container locking devices, reagent dosing systems [18]. Intelligent electro-pneumatic-automatic drives integrated with programmable logic controllers (PLCs) make it possible to implement adaptive control in accordance with Industry 4.0 standards [19].

In Ukraine, the integration of IoT technologies into the municipal sector is primarily associated with the implementation of GPS monitoring systems for the municipal fleet and the implementation of the “smart city” concept [20]. Telematics platforms allow monitoring the location of garbage trucks, actual routes, the mass of collected waste, the condition of the hydraulic system, and fuel consumption in real time [20]. Pilot projects in Vinnytsia, Kyiv, Lviv, and Dnipro have demonstrated a significant reduction in operating costs and reduced route maintenance time due to optimization of logistics based on IoT data [20]. At the same time, improving the drives of the working bodies of domestic municipal vehicles remains an urgent scientific and technical task. Mathematical modeling and optimization of hydraulic drives allows to increase the reliability and productivity of garbage trucks, and the integration of IoT pressure and temperature sensors into the hydraulic system creates the

prerequisites for the transition from planned to predictive maintenance. The combination of modern drive solutions with IoT infrastructure forms the technological basis for the creation of a new generation of intelligent municipal vehicles capable of adapting the operating modes of working bodies to real operating conditions.

Conclusions

Software for controlling the working bodies of municipal vehicles is a complex multi-level system that integrates low-level microcontrollers, industrial communication protocols and high-level dispatching systems. The use of the CAN standard ensures reliable data exchange between electronic control units, and SCADA systems provide the operator with a convenient interface for monitoring and controlling technological processes. The integration of GPS monitoring and IoT technologies expands the functionality of control systems, increasing the efficiency of municipal services and helping to reduce the negative impact on the environment. Further research should be directed at the development of adaptive control algorithms using machine learning methods to automatically adjust operating parameters to specific operating conditions.

References

1. Березюк О. В. Математичне моделювання динаміки гідроприводу робочих органів завантаження твердих побутових відходів у сміттєвози. Вісник Вінницького політехнічного інституту. 2009. № 4. С. 81-86.
2. Яцків Д. О. та ін. Огляд програмного забезпечення для безпечного управління виконавчими органами сміттєвозів. Актуальні питання безпеки праці у контексті сталого розвитку та європейської інтеграції України: матеріали V Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції, 12-13 листопада 2024 р. Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2024. С. 276-278.
3. Ельперін І. В., Пупена О. М., Сідлецький В. М., Швед С. М. Автоматизація виробничих процесів : підручник. 2-ге вид., виправл. Київ : Ліра-К, 2015. 378 с.
4. Березюк О. В. Планування багатофакторного експерименту для дослідження вібраційного гідроприводу ущільнення твердих побутових відходів. Вібрації в техніці та технологіях. 2009. № 3 (55). С. 92-97.
5. Цирульник С. М., Азаров О. Д., Крупельницький Л. В., Трояновська Т. І. Програмування мікроконтролерів AVR : навч. посібник. Вінниця : ВНТУ, 2018. 111 с.
6. Пупена О. М., Ельперін І. В., Луцька Н. М., Ладанюк А. П. Промислові мережі та інтеграційні технології в автоматизованих системах : навч. посібник. Київ : Ліра-К, 2011. 552 с.
7. Пупена О. М. Розроблення людино-машинних інтерфейсів та систем збирання даних з використанням програмних засобів SCADA/HMI : навч. посібник. Київ : Ліра-К, 2020. 594 с.
8. Ткачов В. В., Грулер Г., Нойбергер Н., Проценко С. М., Козарь М. В. Мікропроцесорна техніка : навч. посібник. Дніпро : Національний гірничий університет, 2012. 216 с.
9. Василяга П. О. Електропривод робочих машин : підручник. Суми : Сумський державний університет, 2022. 290 с.
10. Невлюдов І. Ш., Кривопляс-Володіна Л. О., Новоселов С. П., Сичова О. В. Електропневмоавтоматичні приводи в автоматизованих системах керування : навч. посіб. Харків : ХНУРЕ, 2022. ISBN 978-966-659-332-3. DOI: 10.30837/978-966-659-332-3.
11. Березюк О. В. Дослідження динаміки гідроприводу робочих органів завантаження твердих побутових відходів у сміттєвози. Вісник ОДАБА. 2009. № 33. С. 403-406.
12. Березюк О. В. Аналітичне дослідження математичної моделі гідроприводу повороту важеля маніпулятора на операції завантаження твердих побутових відходів у сміттєвоз. Вісник Вінницького політехнічного інституту. 2010. № 3. С. 93-98.
13. Піонткевич О. В. Підвищення ефективності багаторежимного гідроприводу фронтального навантажувача: дис. канд. техн. наук: 05.02.02. Київ, НТТУ «КПІ», 2019. 249 с.
14. Лозінський Д. О., Піонткевич О. В., Сиротін О. А. Інноваційні підходи до підвищення енергоефективності електрогідравлічних систем. Наукові праці Вінницького національного технічного університету. 2025. № 2. Режим доступу: <https://praci.vntu.edu.ua/index.php/praci/article/download/836/789>
15. Піонткевич О. В. та ін. Розрахунок гідродинамічної сили на золотнику врівноважувального клапана на основі імітаційного моделювання течії робочої рідини в його каналах. Вісник Вінницького політехнічного інституту. 2024. № 5. С. 77-83.
16. Поліщук Л. К., Піонткевич О. В., Коваль О. О. Аналіз впливу параметрів системи керування на динамічні процеси гідропривода стрічкового конвеєра. Промислова гідравліка і пневматика. 2016. № 2(52). С. 37-47.
17. Жураковський Б. Ю., Зенів І. О. Технології інтернету речей : навч. посіб. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. 271 с.
18. Крутіков Г. А., Стрижак М. Г. Системи гідроприводів : навч. посіб. / за ред. Г. А. Крутікова. Харків : НТУ «ХПІ», 2015. 218 с.
19. Пулеко І. В., Єфіменко А. А. Архітектура та технології Інтернету речей : навч. посіб. Житомир : Державний університет «Житомирська політехніка», 2022.
20. Андрієнко А. О. Упровадження концепції «Smart City» в управління великими містами України : монографія. Дніпро : UKRLOGOS Group, 2023. 196 с.

Дейбук Денис Валерійович – студент групи 2ПІ-226, факультет інформаційних технологій і комп'ютерної інженерії, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: deibukdenys@gmail.com

Березюк Олег Володимирович – доктор технічних наук, доцент, професор кафедри безпеки життєдіяльності та педагогіки безпеки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: berezyukoleg@i.ua

Deibuk Denys V. – Student of the Department of information technologies and computer engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: deibukdenys@gmail.com

Bereziuk Oleh V. – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of the Chair of Life Safety and Safety Pedagogics, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: berezyukoleg@i.ua