

ПРИНЦИПИ РОБОТИ АВТОНОМНИХ РОБОТІВ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ СЕНСОРНИХ СИСТЕМ ТА АЛГОРИТМІВ НАВІГАЦІЇ

Вінницький національний технічний університет

Анотація:

У тексті розглядається функціонування автономного мобільного робота, який здійснює самостійну взаємодію з навколишнім середовищем на основі даних, отриманих від сенсорів, а також алгоритмів і програмного забезпечення, реалізованого мовою C++. Робот виконує сприйняття середовища за допомогою лідара, камери та інерціального вимірювального модуля (IMU), формує карту простору й визначає власне положення з використанням методу SLAM. Система забезпечує планування траєкторії руху, уникнення перешкод і керування виконавчими механізмами в режимі реального часу. Внутрішня архітектура включає системи керування, модулі ROS2 та механізми прийняття рішень, що забезпечують виконання поставлених завдань без безпосередньої участі оператора.

Ключові слова: Автономний робот; сенсорні системи; лідар; камера; IMU; навігація; SLAM; планування маршруту; уникнення перешкод; алгоритми керування; C++; ROS2; робототехнічна система; прийняття рішень; мобільна робототехніка

Annotation:

The text examines the operation of an autonomous mobile robot that independently interacts with its environment based on data obtained from sensors, as well as algorithms and software implemented in the C++ programming language. The robot perceives its surroundings using a LiDAR, a camera, and an inertial measurement unit (IMU), constructs a map of the environment, and determines its own position using the SLAM method. The system provides motion trajectory planning, obstacle avoidance, and real-time control of actuators. Its internal architecture includes control systems, ROS2 modules, and decision-making mechanisms that enable the execution of assigned tasks without direct operator involvement.

Keywords: Autonomous robot; sensor systems; lidar; camera; IMU; navigation; SLAM; route planning; obstacle avoidance; control algorithms; C++; ROS2; robotic system; decision making; mobile robotics.

Вступ

Сучасний розвиток робототехніки характеризується швидким зростанням кількості систем, здатних працювати без прямого людського керування. Автономні роботи посідають важливе місце серед таких технологій, оскільки поєднують сенсорні модулі, алгоритми сприйняття середовища, системи навігації та інтелектуальні методи прийняття рішень [4,5]. Завдяки використанню високопродуктивних мов програмування, зокрема C++, робототехнічні платформи отримують можливість обробляти великі обсяги даних у реальному часі, реагувати на зміни навколишнього оточення та адаптувати свою поведінку до непередбачуваних умов [1,3]. Функціонування автономного мобільного робота базується на інтеграції таких компонентів, як лідар, камери, інерційні вимірювальні блоки, а також алгоритмів SLAM, планування маршруту й контролю руху [2,5]. Узгоджена робота цих елементів забезпечує здатність робота орієнтуватися у просторі, формувати власну карту, уникати перешкод та виконувати поставлені завдання з високим рівнем точності.

Результат розробки

У результаті проведеної розробки було створено модель автономного мобільного робота, здатного самостійно орієнтуватися в невідомому середовищі та виконувати базові навігаційні завдання без участі оператора. Робот успішно інтегрує сенсорні модулі — лідар, камеру та інерційний вимірювальний блок — що забезпечують формування актуального уявлення про простір [5]. На основі

отриманих даних реалізовано алгоритм SLAM, який дозволяє одночасно будувати карту місцевості та визначати власне положення [2,7]. Додатково впроваджено механізми планування маршруту та уникнення перешкод, що забезпечують безпечний рух робота в динамічному середовищі [2,5]. Система керування рухом, реалізована мовою C++, забезпечує плавне регулювання швидкості та корекцію траєкторії в режимі реального часу [1]. Програмна архітектура на базі ROS2 дала можливість організувати взаємодію між окремими функціональними модулями та забезпечити стабільність роботи всієї платформи [1,3,6]. Отримані результати свідчать про те, що розроблена робототехнічна система здатна виконувати автономне пересування, адаптуватися до змін у навколишньому середовищі та демонструє достатню ефективність для подальших удосконалень і практичного застосування.

Виклики та впровадження

Під час розробки автономного робота основними викликами стали обробка великого обсягу сенсорних даних у реальному часі, забезпечення точної навігації в умовах невідомого середовища та узгодження роботи окремих модулів системи. Додаткові труднощі виникли під час налаштування алгоритмів SLAM і планування траєкторій, які вимагали оптимізації для стабільного функціонування на обмежених обчислювальних ресурсах. Впровадження системи здійснювалося шляхом інтеграції сенсорів, налаштування програмних компонентів на базі ROS2 та реалізації модулів керування рухом мовою C++. Результатом стало формування злагодженої робототехнічної платформи, здатної до автономної навігації та адаптації до змін у навколишньому середовищі.

Висновок

У ході дослідження було розроблено функціональну модель автономного мобільного робота, здатного орієнтуватися в невідомому середовищі, будувати карту місцевості та здійснювати навігацію без участі оператора. Завдяки інтеграції сенсорних модулів, використанню алгоритмів SLAM, впровадженню системи планування траєкторій та реалізації керування рухом мовою C++, вдалося забезпечити злагоджену роботу всіх компонентів робототехнічної платформи. Оптимізація обчислювальних процесів, застосування ROS2 та проведення комплексного тестування дозволили досягти стабільності та ефективності системи. Отримані результати демонструють потенціал подальшого вдосконалення розробленого робота та його практичного застосування у різних сферах діяльності.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Quigley M., Gerkey B., Smart W. Programming Robots with ROS. O'Reilly Media, 2018.
2. Thrun S., Burgard W., Fox D. Probabilistic Robotics. MIT Press, 2005.
3. Koubaa A. (Ed.). Robot Operating System (ROS) — The Complete Reference (Volume 1–4). Springer, 2017–2022.
4. Choset H., Lynch K., Hutchinson S. Principles of Robot Motion: Theory, Algorithms, and Implementations. MIT Press, 2005.
5. Siegwart R., Nourbakhsh I., Scaramuzza D. Introduction to Autonomous Mobile Robots. MIT Press, 2011.
6. ROS2 Documentation. Robot Operating System 2 — Design, Architecture and API Guides.
7. C. Stachniss. SLAM – Simultaneous Localization and Mapping. Lecture Notes, University of Bonn, 2019.

Кисюк Дмитро Васильович — старший викладач кафедри обчислювальної техніки, Вінницький національний технічний університет, вул. Хмельницьке шосе 95, м. Вінниця, Україна, kneimad@gmail.com

Гуцал Анна Миколаївна — студентка групи ІСП-25б, факультету інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії, кафедри обчислювальної техніки, Вінницький національний технічний університет, вул. Хмельницьке шосе 95, м. Вінниця, Україна, gucalanna2@gmail.com

Kysiuk Dmytro V. - Senior Lecturer at the Department of Computer Engineering, Vinnytsia National Technical University, 95 Khmelnytske Shose St., Vinnytsia, Ukraine, kneimad@gmail.com

Hutsal Anna M. - Student of the Department of Computer Engineering, ISP-25b group, Vinnytsia National Technical University, 95 Khmelnytske Shose St., Vinnytsia, Ukraine, gucalanna2@gmail.com