УДК 004.9

А.О. Стиренко

О.Д. Азаров

Програмний комплекс керування рухомим засобом з використанням технології ROS2

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Ця робота розглядає тему автономної навігації диференційного мобільного робота з використанням сучасних технологій картографування та планування руху. Було розроблено систему, що поєднує ROS2, NAV2 та SLAM Toolbox для побудови карти оточення та навігації у невідомому середовищі. Основна увага приділяється інтеграції лідара для забезпечення точної локалізації та уникнення перешкод. Запропонована система дозволяє автономному роботу ефективно переміщуватися у складних умовах, що може бути корисним для застосування в логістиці, дослідженні територій та автоматизованих роботизованих системах.

Ключові слова: *диференційний мобільний робот, ROS2, NAV2, SLAM Toolbox, лідар, автономна навігація.*

Abstract

This work explores the topic of autonomous navigation for a differential mobile robot using modern mapping and motion planning technologies. A system integrating ROS2, NAV2, and SLAM Toolbox has been developed to enable environment mapping and navigation in unknown spaces. The primary focus is on integrating a LiDAR sensor to ensure accurate localization and obstacle avoidance. The proposed system allows the autonomous robot to navigate efficiently in complex environments, making it useful for applications in logistics, terrain exploration, and automated robotic systems.

Keywords: *differential mobile robot, ROS2, NAV2, SLAM Toolbox, LiDAR, autonomous navigation.*

Вступ

Розвиток робототехнічних систем та штучного інтелекту відкриває нові можливості для автоматизації процесів навігації та картографування. Однією з ключових задач у цій сфері є створення мобільних роботів, здатних орієнтуватися в просторі та виконувати автономні завдання без стороннього втручання.

Диференційні мобільні роботи, оснащені системами локалізації та навігації, знаходять широке застосування в логістиці, дослідженні територій, рятувальних операціях та інших сферах. Важливим інструментом для досягнення автономності є використання пакету NAV2 у ROS2 для планування руху та SLAM Toolbox для побудови карти місцевості в режимі реального часу. Поєднання цих технологій дозволяє роботу визначати власне місцезнаходження, прокладати оптимальні маршрути та уникати перешкод у невідомому середовищі.

Ця робота присвячена дослідженню та розробці диференційного мобільного робота з лідаром, що використовує сучасні методи навігації та картографування. У ній розглядається процес інтеграції апаратного та програмного забезпечення, а також аналізується ефективність запропонованої системи в різних умовах експлуатації.

Основна частина

У ході виконання бакалаврської роботи було досліджено методи та технології автономної навігації мобільних роботів із використанням сучасних алгоритмів локалізації, картографування та ухилення від перешкод. Автономна навігація є важливим напрямом у робототехніці, оскільки дозволяє мобільним роботам виконувати завдання без втручання оператора, що особливо актуально для таких сфер, як складська логістика, рятувальні операції, дослідження важкодоступних територій та автоматизовані транспортні системи.

В результаті роботи було розроблено диференційний мобільний робот із лідаром, який використовує пакет NAV2 для навігації та SLAM Toolbox для побудови карти оточення в режимі реального часу. Це забезпечує можливість орієнтації у невідомому просторі, планування оптимального маршруту та безпечного пересування в динамічному середовищі.

Аналіз існуючих рішень

Перед початком реалізації системи було проведено аналіз існуючих рішень у сфері автономної навігації мобільних роботів. Було розглянуто такі основні підходи до навігації:

- Класичні методи навігації, що базуються на апріорних картах та сенсорних вимірюваннях (наприклад, використання оптичних або ультразвукових датчиків).
- SLAM (Simultaneous Localization and Mapping) – технологія, яка дозволяє одночасно будувати карту середовища та визначати положення робота в ньому.
- Методи штучного інтелекту та навчання з підкріпленням, які можуть використовуватися для адаптивної навігації та ухилення від перешкод.

Було проаналізовано переваги та недоліки кожного з методів, і для реалізації навігаційної системи було обрано SLAM Toolbox як оптимальний інструмент для картографування, а NAV2 для планування маршруту та управління рухом робота.

Розробка технічного рішення

На основі аналізу було визначено такі ключові технічні вимоги до системи:

1. Забезпечення стабільної локалізації за допомогою лідара.
2. Побудова карти середовища в реальному часі із використанням SLAM Toolbox.
3. Оптимальне планування маршруту на основі глобальних і локальних алгоритмів навігації.
4. Можливість роботи у складних умовах (перешкоди, змінне освітлення, нерівності поверхні).
5. Автономне ухилення від перешкод та адаптація маршруту в режимі реального часу.

Для реалізації системи було обрано такі основні апаратні компоненти:

- Лідар (LiDAR) – використовується для отримання тривимірної карти оточення та визначення відстаней до об’єктів.
- Одноплатний комп’ютер Raspberry Pi 4 – забезпечує обчислювальну потужність для обробки даних.
- Контролер двигуні BLDC Motor– керує рухом робота на основі навігаційних команд.

Було розроблено структурну схему системи, що включає зв’язок між модулями та їх функціональне призначення. Вона охоплює компоненти збору даних з лідару, обчислювальний модуль Raspberry Pi 4, модуль управління рухом (контролер двигунів) та систему комунікації між модулями через ROS2.

Розробка програмного забезпечення

Реалізація навігаційної системи передбачає написання програмного коду для наступних компонентів:

- Обробка даних з лідара для корекції місцеположення робота.
- Побудова карти середовища у SLAM Toolbox.
- Алгоритм ухилення від перешкод за допомогою сенсорних даних.
- Інтеграція NAV2 для розрахунку оптимального маршруту та передачі команд на контролер двигунів.

Для розробки було використано мови програмування Python і C++ у середовищі ROS2, що забезпечує модульність та гнучкість у налаштуванні алгоритмів.

Алгоритм роботи системи

1. Отримання даних з лідара, IMU та інших сенсорів.
2. Обробка отриманих даних та формування карти середовища (SLAM).
3. Визначення місцеположення робота в просторі та корекція координат.
4. Формування оптимального маршруту до цільової точки (NAV2).
5. Передача команд руху на контролер двигунів для виконання маршруту.
6. Моніторинг оточення та корекція траєкторії у випадку появи перешкод.
7. Зупинка робота при досягненні цілі або у разі виникнення критичних умов (зіткнення, втрата зв'язку).

Запропонована система дозволяє реалізувати повністю автономну навігацію мобільного робота, що може застосовуватися для різних завдань, включаючи рятувальні місії дослідження територій, логістичні операції, та інші автоматизовані системи.

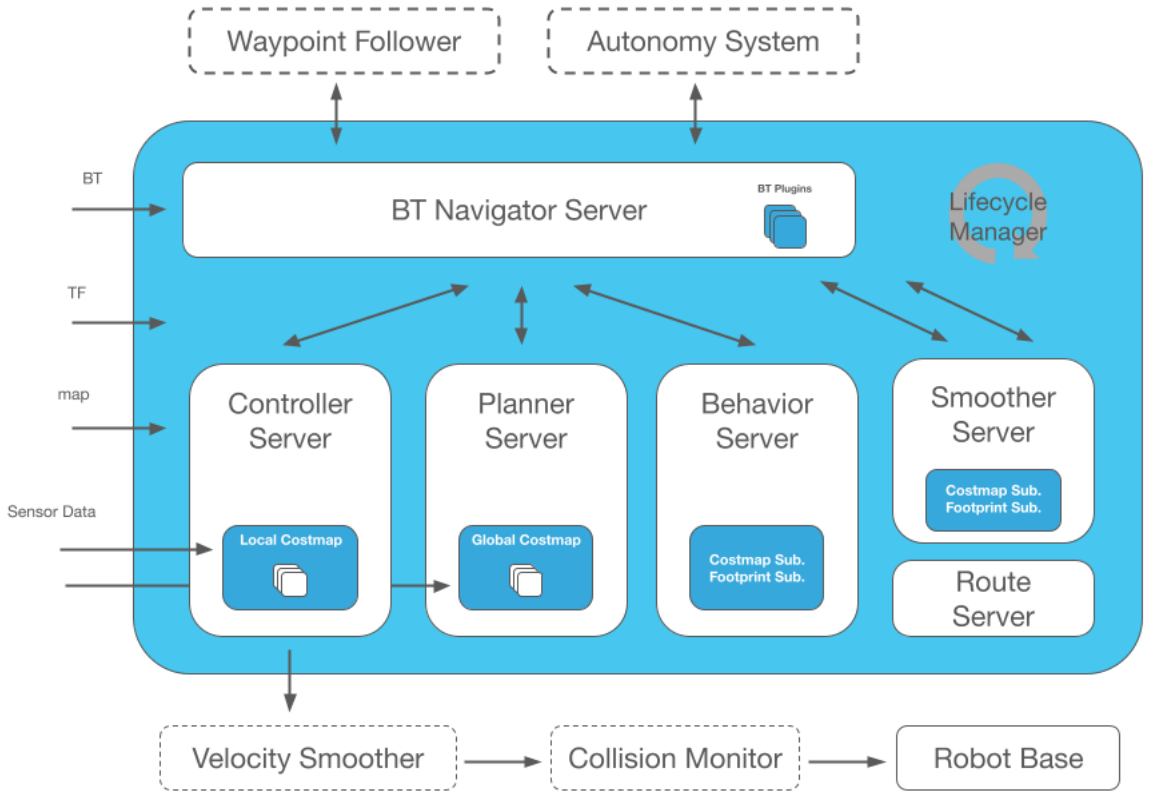


Рисунок 1 – Архітектура роботи nav2 з офіційної документації

Висновки

Розроблена система автономної навігації диференційного мобільного робота з лідаром задовольняє поставлені вимоги та демонструє ефективність у виконанні завдань картографування і планування маршруту. Використання ROS2, NAV2 та SLAM Toolbox дозволило забезпечити точне визначення місцеположення робота, побудову карти середовища та прокладання оптимальних маршрутів.

Порівняно з аналогічними рішеннями, дана система має такі переваги:

- **Гнучкість та адаптивність** – підтримка різних сценаріїв автономного пересування у складних середовищах.
- **Модульність** – можливість розширення функціоналу та заміни окремих компонентів без значних змін у системі.
- **Доступність** – використання відкритих програмних рішень та відносно недорогих апаратних компонентів.

Подальші удосконалення можуть включати оптимізацію алгоритмів навігації для підвищення точності руху робота, а також використання більш енергоефективних компонентів для збільшення часу автономної роботи.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Quigley M., Gerkey B., Smart W. *Programming Robots with ROS: A Practical Introduction to the Robot Operating System*. O'Reilly Media, 2015. 448 с.
2. Macenski S., Foote T., Gerkey B., Lalancette C., Woodall W. *ROS 2 Navigation: A Guide to Developing Navigation Systems with ROS 2 and Nav2*. Leanpub, 2022. 324 с.
3. Kohlbrecher S., von Stryk O., Meyer J., Klingauf U. *A Flexible and Scalable SLAM System with Full 3D Motion Estimation*. IEEE International Symposium on Safety, Security, and Rescue Robotics, 2011.
4. Open Source Robotics Foundation. *ROS 2 Documentation*.
5. SLAM Toolbox. *SLAM Toolbox Documentation*.
6. Navigation2. *ROS2 Navigation Stack Documentation*.
7. Siciliano B., Khatib O. *Springer Handbook of Robotics*. Springer, 2016. 2227 с.

Стиренко Артур Олександрович — студент групи 1СП-21Б, факультет інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: sartol2004@gmail.com

Styrenko Artur Oleksandrovich — student of group 1SP-21B, faculty of information technologies and computer engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: sartol2004@gmail.com