

## **АНАЛІЗ ІНСТРУМЕНТІВ РОЗРОБКИ НАВІГАЦІЙНИХ СИСТЕМ АВТОНОМНИХ МОБІЛЬНИХ РОБОТІВ**

Манченко А.В., Хрустальов К.Л.

e-mail: [anton.manchenko@nure.ua](mailto:anton.manchenko@nure.ua), [kirill.khrustalev@nure.ua](mailto:kirill.khrustalev@nure.ua)

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. КІТАРБІ  
м. Харків, Україна

The work is devoted to the analysis of tools for developing navigation systems for autonomous mobile robots. An analysis of current systems for developing modern navigation systems is carried out, taking into account the integration of various sensors and equipment components. A comparative analysis of the main characteristics of the ROS and ROS 2 frameworks is carried out. An example of a distributed real-time system is also given.

Стрімкий розвиток робототехнічних систем та штучного інтелекту відкриває нові можливості для автоматизації процесів, розробки навігаційних систем та методів картографування. Головною задачею є створення автономні мобільні платформи, які здатні орієнтуватися в просторі та виконувати завдання без стороннього втручання.

Особливе місце в наукових дослідженнях займають автономні мобільні роботи (AMP), які здатні виконувати завдання навігації у різних середовищах. Досягнення ефективної, точної та безпечної навігації AMP є одним з ключових завдань робототехніки.

Актуальність створення сучасних навігаційних систем, враховуючи інтеграцію різноманітних сенсорів та компонентів обладнання, включаючи модулі LIDAR, обумовлена потребою в автоматизації процесів у середовищах та зростанням складності задач навігації. У контексті зростаючого попиту розробку автономних систем керування та навігаційних систем AMP на основі Robot Operating System (ROS) є важливим завданням до створення ефективних робототехнічних рішень.

ROS є ключовим фреймворком для розробки, тестування та впровадження робототехнічних систем. Завдяки модульній архітектурі, покращеній продуктивності та можливостям роботи в реальному часі, ROS є стандартом для створення складних автономних систем. Інструменти ROS дозволяють створювати та тестувати алгоритми навігації, забезпечуючи інтеграцію із сенсорами.

Хоча ROS сама по собі не є операційною системою, але надає сервіси розроблені для неоднорідних комп'ютерних кластерів, таких як апаратне абстрагування, керування низькорівневими пристроями, планування шляху до взаємодії зі зовнішніми сервісами аналізу даних чи обробки відеоінформації.

Таким чином, ROS створює потужним інструментом для розробки та впровадження автономних мобільних роботів, забезпечуючи різноманіття можливостей навігації та взаємодії з навколишнім середовищем.

Враховуючи те, що система ROS дозволяє реалізовувати складні завдання робототехніки, є ряд недоліків, таких як вимоги до виконання в реальному часі, підтримка мультиагентних систем, вбудовані механізми безпеки. У 2018 році з'явилась оновлена версія ROS – версія ROS 2. Одним з найбільш важливих змін у ROS 2 є перехід від мережевого протоколу TCP/UDP до стандарту проміжного програмного забезпечення для зв'язку між вузлами (DDS), який визначає проміжне програмне забезпечення для надійного розподілу даних у реальному часі. Використання DDS надає можливість ROS 2 відповідати вимогам безпеки розподілених систем [2].

На відміну від централізованого підходу ROS, ROS 2 вирішує потребу в головному вузлі, тим самим вирішуючи проблему єдиної точки відмови та масштабованості. Вузли ROS 2 взаємодіють безпосередньо один з одним за допомогою DDS. Така децентралізована структура дозволяє успішно використовувати методи для розробки мультиагентних систем і забезпечувати більш ефективний і надійний зв'язок у масштабних розподілених роботизованих системах [3].

Порівняння основних характеристик ROS і ROS 2 наведено в табл. 1.

Таблиця 1– Порівняння основних характеристик ROS і ROS 2

|                    | ROS                                                                                                                                                             | ROS 2                                                                                                                                                                     |
|--------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Операційна система | Linux                                                                                                                                                           | Linux, Windows, MacOS, RTOS                                                                                                                                               |
| 1                  | 2                                                                                                                                                               | 3                                                                                                                                                                         |
| Архітектура        | централізована, вузли взаємодіють через ROS Master                                                                                                              | децентралізована, кожен вузол може взаємодіяти напямуч через DDS, що зменшує затримки та підвищує надійність системи                                                      |
| Комунікація        | використовує протоколи ROSTCP/ROSUDP для передачі даних між вузлами; Nodelet API забезпечує запуск кількох алгоритмів в одному процесі без витрат на копіювання | використовує стандарт DDS для комунікації між вузлами; Intra-process API дозволяє вузлам напямуч взаємодіяти між собою без використання зовнішнього мережевого інтерфейсу |

ROS 2 має розподілену архітектуру системи реального часу. Дана розподіленої архітектура може включати в себе датчики, контролери руху,

алгоритми виявлення, алгоритми штучного інтелекту, алгоритми навігації та інші компоненти (так звані вузли). Проміжне програмне забезпечення DDS, вибране разом з ROS 2 для обміну даними, дозволяє цим компонентам взаємодіяти один з одним у розподіленому середовищі.

Приклад розподіленої архітектури наведено на рисунку 1.

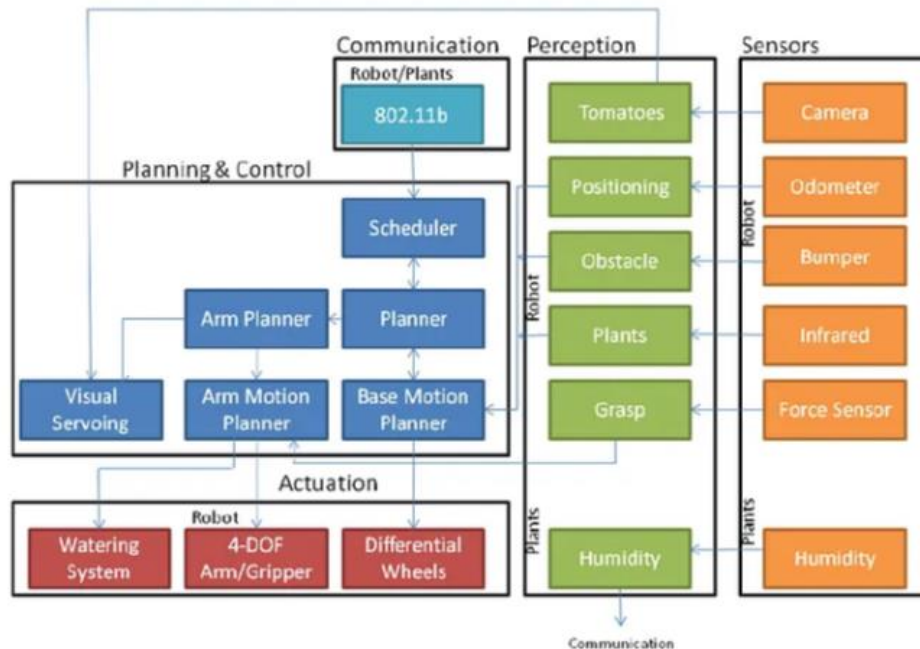


Рисунок 1 – Розподілена архітектура ROS 2

У висновку можна сказати, що ROS 2 є ефективним фреймворком, який містить інструменти для розробки навігаційних систем автономних мобільних роботів. Навігаційна система робота на основі ROS 2 забезпечує комплексну взаємодію сенсорів, алгоритмів планування маршруту, локалізації, управління рухом та уникнення перешкод. Всі ці компоненти працюють разом для забезпечення автономного переміщення робота в різних середовищах.

Список використаних джерел:

1. Невлюдов І. Ш., Андрусевич А. О., Євсєєв В. В., Новоселов С. П., Демська Н. П. Проєктування мобільних маніпуляційних роботів: Монографія. Х. :, 2022. 427 с.
2. Bonci, A., Gaudeni, F., Giannini, M. C., & Longhi, S. (2023). Robot Operating System 2 (ROS2)-Based Frameworks for Increasing Robot Autonomy: A Survey. *Applied Sciences*, 13(23), 12796. <https://doi.org/10.3390/app132312796>
3. Portugal, D., Rocha, R. P., & Castilho, J. P. (2024). Inquiring the robot operating system community on the state of adoption of the ROS 2 robotics middleware. *International Journal of Intelligent Robotics and Applications*. <https://doi.org/10.1007/s41315-024-00393-4>