

ПЕРСПЕКТИВИ РОБОТОТЕХНІКИ В МОРСЬКІЙ ГАЛУЗІ

Рубльов І.С.

Одеський національний морський університет

Україна, Одеса

rublev@onmu.org.ua

Анотація В роботі розглянуто сучасні програмні засоби розробки та керування підводними та надводними апаратами, симулятори розробки морських роботів, існуючі моделі сенсорів, формати опису роботів та зовнішнього середовища.

Ключові слова: робот; морський дрон; підводні та надводні апарати; UUV; AUV; ROV; ASV; ROS; Gazebo; Open-RMF; NMEA; лідар; гіроскоп.

Вступна частина. Проектування та створення морських роботів є одною з актуальних задач в сучасному світі. Важливість проектування та створення нових роботів во всіх сферах сучасного суспільства пов'язана по-перше з скороченням працездатного населення, по-друге з потребою скорочення витрат на масове виробництво.

Сучасний стан результатів досліджень та існуючих проектів морських роботів та дронів представлено на ряді інтернет-ресурсів. В першу чергу це проекти ROS Maritime Robotics Working Group.

Метою дослідження є огляд основних напрямів в створенні морських роботів, програмних засобів розробки та керування моделями таких роботів, існуючих симуляторів та моделей водного простору, наявності моделей сенсорів та актуаторів. Матеріали роботи мають стати основою виборної дисципліни магістерського курсу.

Основна частина. Передусім визначимо класи роботів, що буде розглянуто. По-перше це моделі проекту Open Robotics Middleware Framework (Open-RMF) [1] — безкоштовної модульної системи з відкритим кодом, яка забезпечує спільний доступ і взаємодію між декількома групами роботів та фізичною інфраструктурою, такою, як двері, ліфти та системи керування будівлями. Платформу було визнано лауреатом премії RBR50 Robotics Innovation Award 2021. Open-RMF було розроблено для галузі охорони здоров'я, але вона актуальна і корисна для аеропортів, морських портів, торгових центрів, фабрик, дистрибуторських центрів тощо. Проект надає різні демонстраційні проекти, які можна спробувати. Open-RMF забезпечує взаємодію різнорідних груп роботів під час керування трафіком. Проект дозволяє розподіл завдань та вирішення конфліктів між учасниками (усунення конфліктів на смугах руху та інших ресурсів).

По-друге, це моделі безпілотних підводних апаратів (Unmanned Underwater Vehicle або UUV) та більш складних автономних підводних апаратів (Autonomous Underwater Vehicle або AUV), дистанційно керовані апарати (Remotely operated vehicles або ROV), автономних надводних апаратів (Autonomous surface vehicle або ASV), підводні роботи для обстежень, ремонту та будівництва.

Для здійснення комп'ютерного моделювання існують декілька симуляторів загального призначення різного ступеню довершеності. Найбільш відомими є CoppeliaSim, Gazebo та Unity. Порівняння та переваги цих симуляторів розглянуто в [2]. Але в більшості існуючих проектів морських роботів та дронів користуються симулятором Gazebo. Для нього розроблено водні середовища, моделі морського дна, роботів та дронів. Сюди ми можемо віднести також моделі водного середовища [3]. Це рівномірні та градуйовані сили плавучості

для моделювання поверхонь розділу густини рідини, моделювання гідродинамічних сил для підводних суден, включаючи додану масу, водні течії, лінійне та квадратичне демпфування та ефект Коріоліса. Підтримка цифрових карт висоти (DEM) для завантаження геометрії рельєфу морського дна, врахування поля поверхневих хвиль.

Реалізовано такі актуатори, як двигуни, механічний міхур як двигун плавучості підводного судна, підрулююча установка для кораблів і підводних суден.

В пакетах ROS реалізовано 66 датчиків, серед них загальний доплерівський реєстратор швидкості (DVL) з підтримкою відстеження дна та водної маси. Розташування його пучків можна конфігурувати; гідрофони; датчики орієнтації та руху; датчики пристроїв NMEA, що виводять дані супутникової навігації (GPS або ГЛОНАСС); камер машинного зору та PTZ (Pan-tilt-zoom) камер з віддаленим керуванням напрямом та зумом; драйвери для пристроїв Ouster lidar та Velodyne 3D lidar; драйвери OMRON OS32C laser scanner; навігаційні пристрої INS та SPAN, які використовують акселерометри, гіроскопи, можливо, магнітометри та комп'ютер для розрахунку положення, швидкості та швидкості в складних умовах. [4]

Системи комунікації: акустична система зв'язку, моделювання зіткнення пакетів і їх скидання.

	CoppeliaSim	Gazebo	Unity
Physics Engine	- Bullet - ODE - Vortex - Newton	- Bullet - ODE - Sim-body - Dart	- PhysX
Supported Languages	- remote API - ROS nodes - BlueZero nodes - Plugins - Add-ons - Embedded Scripts	- Plugins C++ - API C++	- C#
Utility and Usability	- High	- Medium	- Low
VR Compatibility	- VR devices (HTC Vive and Oculus Rift)	- VR/AR devices (HTC Vive, Oculus Rift, Microsoft HoloLens, Gear VR...)	- VR/AR devices (HTC Vive, Oculus Rift, Microsoft HoloLens, Gear VR...)

Рис.1 Порівняння CoppeliaSim, Gazebo та Unity [2]

Найбільш важливими матеріалами є ROS Discourse з матеріалами тематичних зборів та github-репозиторій ROS Maritime Robotics Working Group, який надає чотири репозиторії: community, awesome-maritime-robotics, maritime_interfaces та issue_tracking, які містять ряд проектів надводних та підводних дронів.

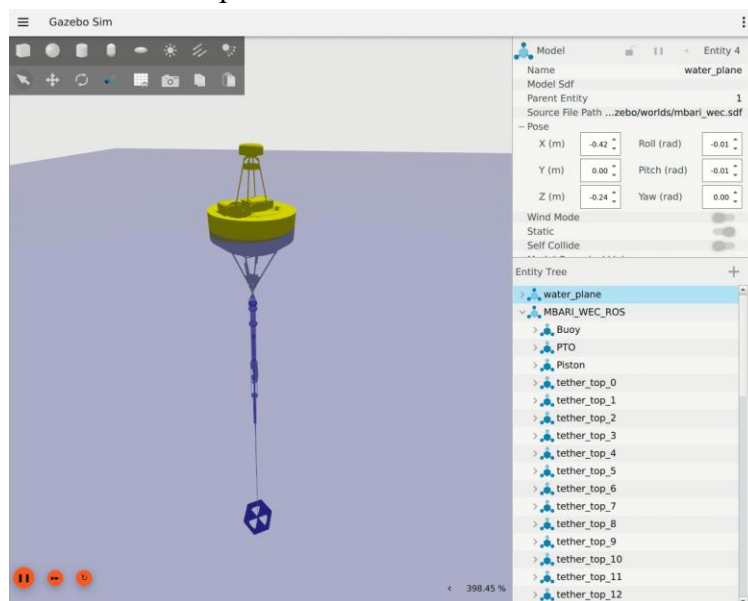


Рис.2 Проект буя для збирання хвильової енергії.

Поряд з симуляторами роботів та їх оточуючого світу важливою складовою є операційна система робота ROS2. Вона дає можливість розширеного керування роботом, проектувати взаємодію різних частин та рівней робота, узгодження дій роботів або дронів в рої.

Слід зазначити, що інженерам –проектувальникам недостатньо створити проект пристрою в САПР (наприклад в SolidWorks), але потрібно додати до суто геометричних параметрів роботу певну кількість «фізичних» параметрів, таких як маса кожної частини, центр та момент інерції, визначити властивості поверхні (наприклад, твердість).

Ці дані поєднуються в XML файл формату URDF (Unified Robot Description Format). Саме такі файли включають фізичний опис робота. Це опис тривимірної моделі робота з інформацією про зчленування, двигуни, масу і т. і.

Саме такі файли можуть сприйматися операційною системою робота (ROS) та симуляторами. Крім того існують файли формату SDFformat (Simulation Description Format, іноді скорочено SDF), що описують об'єкти та середовища для симуляторів роботів, візуалізації та управління. Як приклад наведемо дослідження в симуляторі HoloOcean [5]:

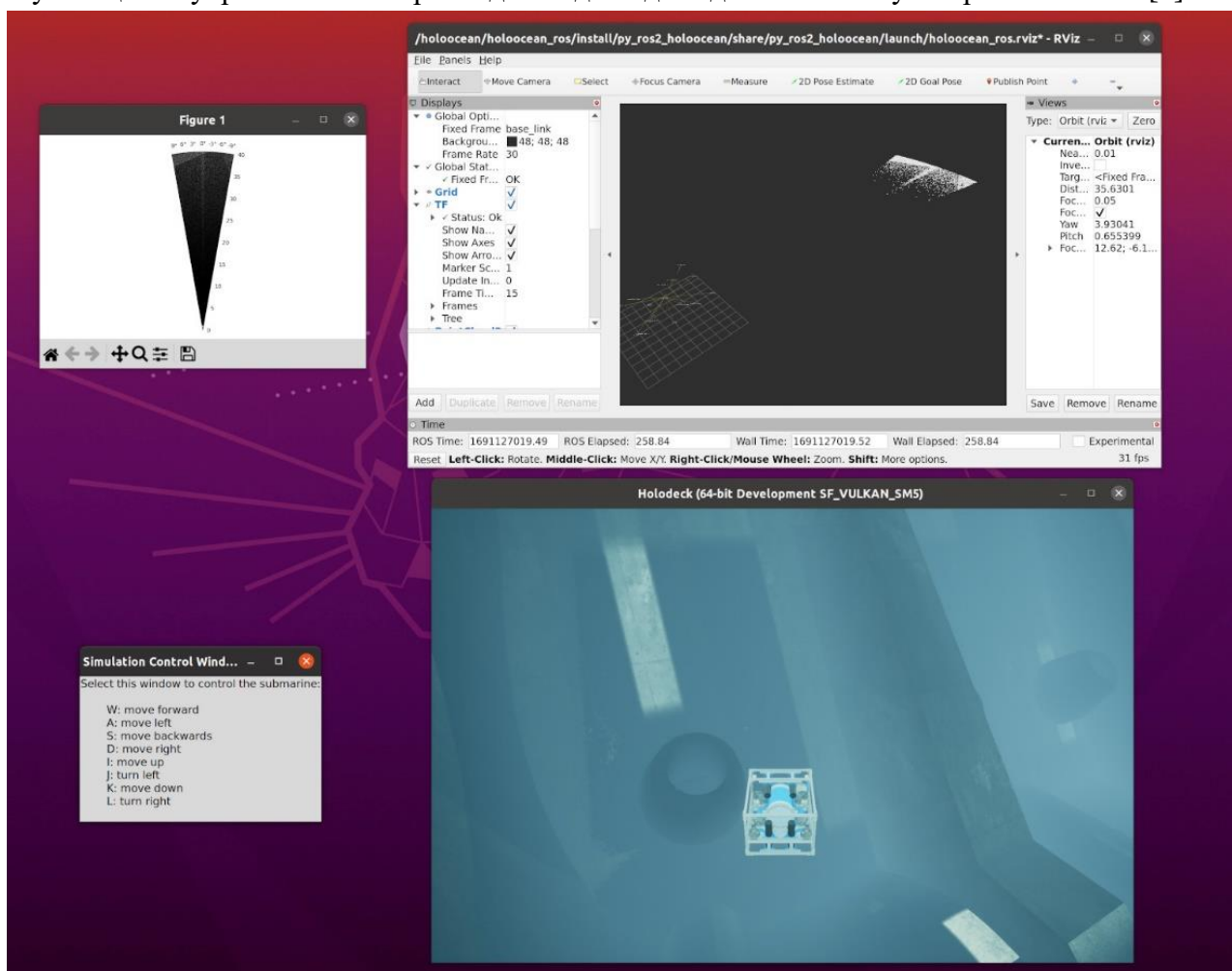


Рис.3. Демонстрація симулятора holocean [5]

Висновки: Саме надійно реалізований зв'язок між ROS2 та Gazebo дає можливість вивчення основ робототехніки магістрами 122 спеціальності морського вузу, звернувши їх увагу на дуже важливий сучасний напрям комп'ютерних наук. Це може бути основою для подальшої більш серйозної роботи аспірантів РНД та спільних проектів з інженерами інших спеціальностей: кораблебудівників, портового технологічного обладнання, морських і річкових портів та водних шляхів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] *Open-RMF. A Common Language for Robot Interoperability.* <https://www.open-rmf.org/>
- [2] Buonocore, S., Grazioso, S., Di Gironimo, G. (2022). Virtual Teleoperation Setup for a Bimanual Bartending Robot. In: De Paolis, L.T., Arpaia, P., Sacco, M. (eds) *Extended Reality. XR Salento 2022. Lecture Notes in Computer Science*, vol 13446. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-15553-6_22
- [3] *Gazebo Maritime simulation.* <https://staging.gazebosim.org/projects/maritime>
- [4] *ROS device drivers.* <https://github.com/ros-drivers>
- [5] Potokar, E.R., Ashford, S., Kaess, M., & Mangelson, J.G. (2022). HoloOcean: An Underwater Robotics Simulator. *2022 International Conference on Robotics and Automation (ICRA)*, 3040-3046. <https://doi.org/10.1109/ICRA46639.2022.9812353>

Rublov I.S.

Prospects of robotics in the marine industry

Abstract. *The work examines modern software tools for the development and management of underwater and surface vehicles, simulators for the development of marine robots, existing models of sensors, formats for describing robots and the external environment.*

Keywords: *robot; marine drone; underwater and surface vehicles; UUV; AUV; ROV; ASV; ROS; Gazebo; Open-RMF; NMEA; lidar; gyroscope.*