

КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ ПЛАНУВАННЯ РУХУ РОБОТОТЕХНІЧНОЇ ПЛАТФОРМИ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Відзначено актуальність розробки інтелектуального асистента для електричного інвалідного візка, зокрема при застосуванні користувачами в домашніх умовах. Розроблено системні вимоги, здійснено комп'ютерне моделювання системи планування руху робототехнічної платформи, зокрема, електричного інвалідного візка, для подальшої розробки алгоритмів розпізнавання навколишнього простору, виявлення та класифікації перешкод, моделювання процесу прогнозування руху візка та розробки ефективних алгоритмів інтелектуального керування електричним інвалідним візком.

Ключові слова: комп'ютерне моделювання, робототехнічна платформа, електричний інвалідний візок, інтелектуальні системи.

Abstract

The relevance of the development of an intelligent assistant for power wheelchair, in particular for home usage, is noted. System requirements were developed. Computer modeling of the motion planning system of a robotic platform, in particular, power wheelchair, was carried out for the further development of algorithms for recognizing the surrounding environment, detecting and classifying obstacles, modeling the process of predicting the movement of the wheelchair, and developing effective algorithms for intelligent control of power wheelchair.

Keywords: computer modeling, robotic platform, power wheelchair, intelligent systems.

Вступ

Низька народжуваність та довголіття швидко прогресують, особливо в економічно розвинених країнах [1,2]. В такому суспільстві попит на спеціалізовані засоби догляду та мобільності людей з обмеженими фізичними можливостями, що базуються на новітніх технологіях, однозначно зростає. Проте не лише для підтримки їх фізичних можливостей, але також і для зменшення складності догляду за ними. Електричні інвалідні візки, що відносяться до такого типу засобів, широко використовуються літніми людьми та інвалідами, адже вони потребують лише мінімальних фізичних зусиль для руху [1-5].

Метою роботи є комп'ютерне моделювання системи планування руху робототехнічної платформи, зокрема, електричного інвалідного візка, для подальшої розробки алгоритмів розпізнавання навколишнього простору, виявлення та класифікації перешкод (включаючи рухомих), моделювання процесу прогнозування руху візка та розробки ефективних алгоритмів інтелектуального керування електричним інвалідним візком.

Результати дослідження

Актуальним на сучасному етапі є дослідження та розробка інтелектуальної технології точного та надійного запобігання зіткненню електричного інвалідного візка із перешкодами на основі комп'ютерного зору та алгоритмів машинного навчання. Очікується, що такого роду інтелектуальний

асистент для електричного інвалідного візка допоможе ефективно об'їжджати перешкоди, оскільки система змінює траєкторію, щоб безпечно їхати по шляху, який не призводить до зіткнення або зупинки інвалідного візка. Така інтелектуальна система здійснює постійний моніторинг навколишнього простору і обирає доступний та ефективний шлях подальшого руху візка на основі результатів моніторингу. Для досягнення позитивного результату у вказаних задачах, необхідно також розроблення алгоритмів прогнозування руху інвалідного візка з точністю до сантиметрів, що потребує розробки нового класу алгоритмів і математичних моделей.

В ході проведених досліджень розроблено системні вимоги до інтелектуального асистента для електричного інвалідного візка, застосовано декілька середовищ комп'ютерного моделювання, які використовувались під час розробки та перевірки алгоритмів уникнення перешкод та визначення оптимальної траєкторії руху робототехнічної платформи [6-8].

Спочатку було застосовано спеціалізований симулятор платформи інвалідного візка на базі Gazebo ROS (Robot Operating System). ROS є вільно поширюваною операційною системою для програмування робототехнічних пристроїв. ROS забезпечує стандартні служби операційної системи, такі як: апаратну абстракцію, низькорівневий контроль пристроїв, реалізацію функцій, що часто використовуються, передачу повідомлень між процесами та управління пакетами. ROS заснований на архітектурі графів, де обробка даних відбувається у вузлах, які можуть отримувати та передавати повідомлення між собою. Також, до переваг ROS можна віднести, що ROS містить багато реалізацій алгоритмів та функцій робототехніки, які організовані в спеціалізовані пакети/стеки. Багато з них включено до складу дистрибутивів ROS, тоді як інші можуть бути розроблені сторонніми розробниками та розповсюджуватись наприклад на Github [9].

Результати комп'ютерного моделювання на базі Gazebo ROS наведено на рис. 1.

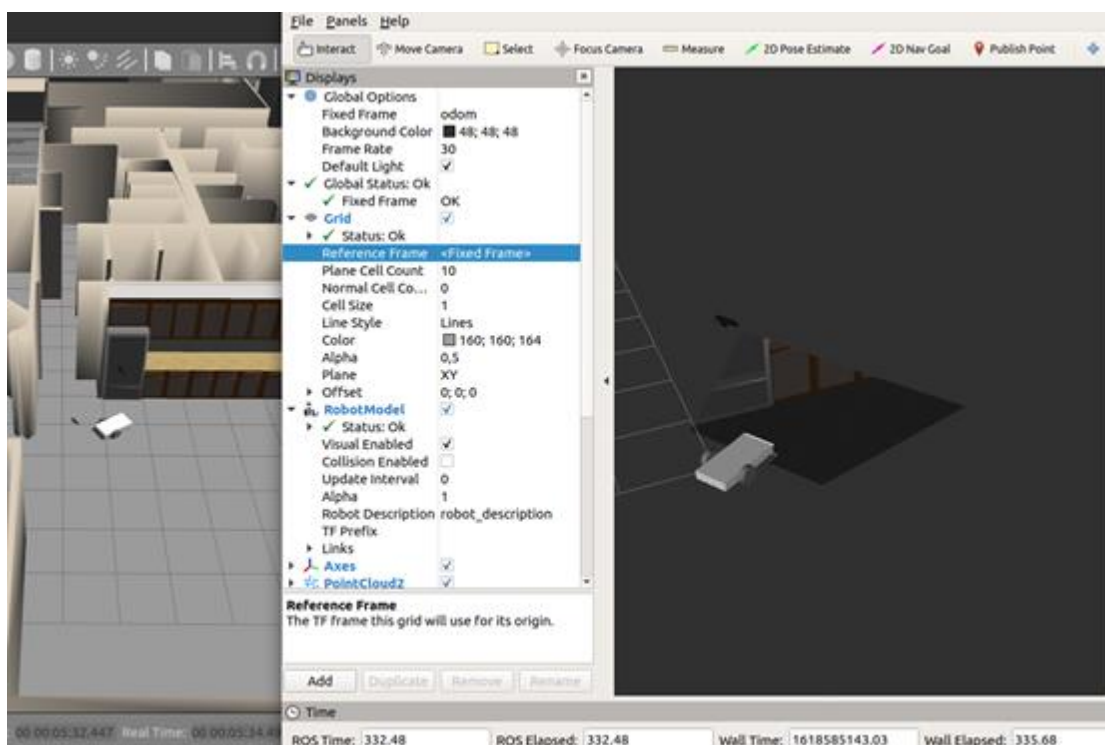


Рис. 1. Результати комп'ютерного моделювання у середовищі Robot Operating System

На наступному етапі досліджень було здійснено комп'ютерне моделювання у середовищі zWheelSim. Симулятор zWheelSim містить розширення функціональних можливостей комп'ютерного моделювання руху електричного інвалідного візка в домашніх умовах, що має свою важливу специфіку.

Результати комп'ютерного моделювання на базі zWheelSim наведено на рис. 2.

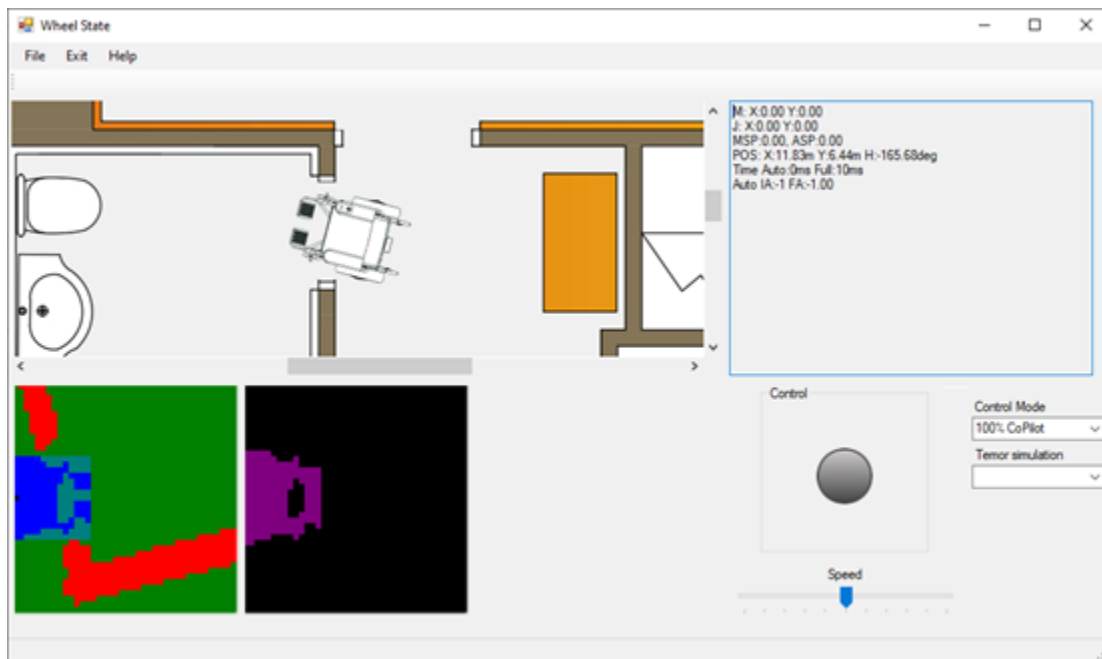


Рис. 2. Результати комп'ютерного моделювання у середовищі zWheelSim

В ході подальших дослідження створено лабораторний прототип системи (рис. 3) для подальшого проведення серії експериментальних досліджень. Прототип створений на базі інвалідного візка Invasage, з встановленим блоком додаткового обладнання. Щоб звільнити місце для обладнання та сенсорів, сидіння інвалідного візка тимчасово прибрано.

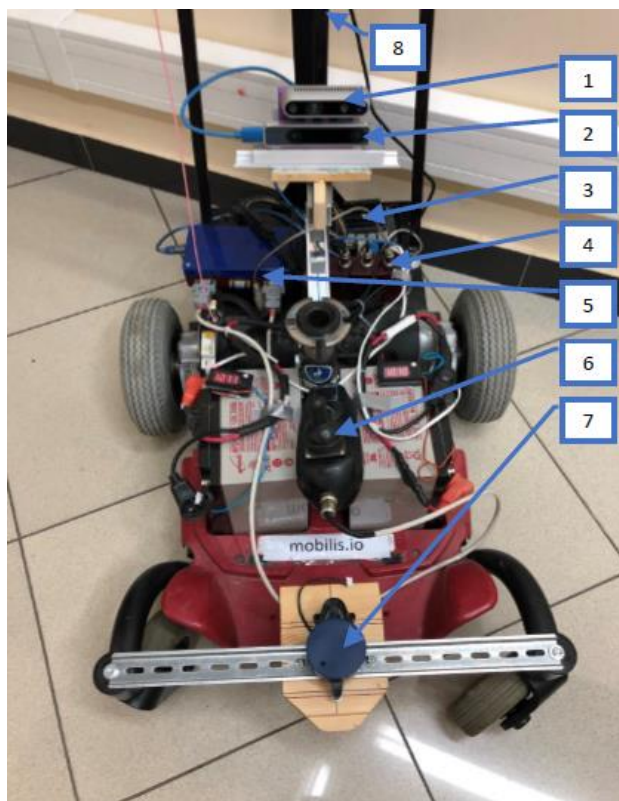


Рис. 3. Зовнішній вигляд лабораторного прототипу робототехнічної платформи, де 1 - основна Depth camera; 2 - основна Tracking camera; 3 - головний комп'ютер; 4 - блок живлення; 5 - роз'єм контролера; 6 - джойстик (з довгим кабелем); 7 - Aux LIDAR сенсор; 8 - Aux Kinect сенсор (розташований на щоглі)

Для виконання обчислювальних операцій у проведених експериментах використано наступне обладнання:

- мікроконтролер Atmel Mega 2560 та signal processing board для інтеграції з інвалідним візком, а також спеціально розроблене мікропрограмне забезпечення;
- Nvidia Jetson Nano Single board computer із ОС Linux для обробки основних даних і операцій;
- Intel® Neural Compute Stick 2 – для використання як прискорювач TPU.

В ході проведеного комп'ютерного моделювання виконано такі задачі дослідження:

- розроблено алгоритм розпізнавання навколишнього простору навколо робототехнічної рухомої платформи із сантиметровою роздільною здатністю;
- розроблено алгоритм виявлення та класифікації перешкод;
- розроблено алгоритм виявлення рухомих перешкод на основі нового класу 4D (простір + час) алгоритмів стеження;
- здійснено класифікацію основних механічних властивостей електричного інвалідного візка (як робототехнічної платформи);
- здійснено математичне моделювання механічних властивостей електричного інвалідного візка із самонавчанням;
- здійснено моделювання процесу прогнозування руху візка та розроблено відповідний алгоритм;
- розроблено алгоритми керування електричним інвалідним візком з можливістю керування уповільненням і гальмуванням;
- здійснено додаткові дослідження показників надійності, безпеки та ергономіки моделі електричного інвалідного візка.

В перспективі подальших досліджень, доцільно звернути увагу на потребу врахування в дослідженнях та розробці інтелектуального асистента для електричного інвалідного візка сучасних методів контролю, зокрема Brain-Computer Interface (BCI). Адже поєднання технологій інтелектуального асистента для електричного інвалідного візка та BCI відкриває кардинально нові перспективи та функціональні можливості. Точність та швидкість реакції систем BCI є відносно низькими. З іншого боку, інтелектуальний асистент для електричного інвалідного візка знижує вимоги до сприйняття, планування та управління рухом робототехнічної платформи. Таким чином з'являється можливість ефективної інтеграції – користувач просто вказує наміри через систему BCI, а фактичне управління рухом виконує система керування інтелектуального асистента для електричного інвалідного візка.

Висновки

В ході проведених досліджень здійснено комп'ютерне моделювання системи планування руху робототехнічної платформи, зокрема, електричного інвалідного візка, в контексті розробки інтелектуального асистента для електричного інвалідного візка. На основі проведених досліджень розроблено алгоритми розпізнавання навколишнього простору, виявлення та класифікації перешкод (включаючи рухомих), здійснено моделювання процесу прогнозування руху візка та розроблено ефективні алгоритми інтелектуального керування електричним інвалідним візком.

Відзначено, що для подальших досліджень перспективним є інтеграція сучасних методів контролю, зокрема Brain-Computer Interface (BCI), із системою керування інтелектуального асистента для електричного інвалідного візка.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Madokoro H., Shirai K., Sato K., Shimoi N., "Basic Design of Visual Saliency Based Autopilot System Used for Omnidirectional Mobile Electric Wheelchair," Computer Science and Information Technology, Vol. 3, No. 5, pp. 171 - 186, 2015. DOI: 10.13189/csit.2015.030503.
2. White Paper on Aging Society 2012, Cabinet Office, Government of Japan, 2013.
3. Sanders D. et al. (2021) Intelligent Control and HCI for a Powered Wheelchair Using a Simple Expert System and Ultrasonic Sensors. In: Arai K., Kapoor S., Bhatia R. (eds) Intelligent Systems and Applications. IntelliSys 2020. Advances in Intelligent Systems and Computing, vol 1252. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-55190-2_42

4. Joshi, M.K., Gupta, M.V., Gosavi, M.M., Wagh, M.S.: A multifunctional smart wheelchair. Int. J. Adv. Res. Electron. Commun. Eng. 4(5), 1281–1284 (2015).
5. Viswanathan P. et al., Smart Wheelchairs in Assessment and Training (SWAT): State of the Field – January 2018. – <https://agewell-nce.ca/publications/position-papers>
6. Інтелектуальний асистент для електричного інвалідного візка / С.Е. Агеєв, А.А. Яровий. - Тези L науково-технічної конференції ВНТУ з участю працівників підприємств м. Вінниці та Вінницької області (НТКП ВНТУ-2021). - [Електронний ресурс]. - Тип доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fitki/all-fitki-2021/paper/view/12943/10866>
7. Serge Ageyev, Andrii Yaroyvi Intelligent Assist Technology for Power Wheelchair: Problems and Challenges of Product Approach – Brain Controlling Technology for Assistive Devices. Tech Day Online Meeting. (27.04.2021), Abstract Book. – DEMACH Event- und Veranstaltungen GmbH, Berlin, Germany, 2021. – p. 16. – Mode of access: https://robochair.de/download/04.27.virtualabstractbook_BCI.pdf
8. Ageyev, S., & Yaroyvi, A. (2021). SMART POWER WHEELCHAIR: PROBLEMS AND CHALLENGES OF PRODUCT APPROACH. Informatyka, Automatyka, Pomiar y W Gospodarce I Ochronie Środowiska, 11(3), 9–13. <https://doi.org/10.35784/iapgos.2716>
9. The Robot Operating System (ROS) – [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.ros.org/>

Агеєв Сергій Ернестович — м.н.с. кафедри комп'ютерних наук, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця.

Яровий Андрій Анатолійович — д.т.н., професор, завідувач кафедри комп'ютерних наук, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: a.yarovyv@vntu.edu.ua.

Serhiy E. Ageyev — Researcher of the Computer Science Department, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.

Andrii A. Yaroyvi — Doctor of Science (Eng.), Professor, Head of the Computer Science Department, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: a.yarovyv@vntu.edu.ua