

ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ МАРКЕРІВ У СИСТЕМАХ АВТОНОМНОЇ НАВІГАЦІЇ

Вінницький Національний Технічний Університет

Анотація

У роботі розглянуто використання маркерів для автономної навігації та їх особливості. Описано застосування в робототехніці, логістиці та автотранспорті, а також майбутні тенденції розвитку.

Ключові слова: Автономна навігація, маркери, QR-коди, дорожня розмітка.

Abstract

The paper discusses the use of markers for autonomous navigation and their features. It describes applications in robotics, logistics, and motor transport, as well as future development trends.

Keywords: Autonomous navigation, markers, QR codes, road markings.

Вступ

У сучасному світі автономна навігація набуває дедалі більшого значення в різноманітних галузях, починаючи від інтелектуальних складських робіт і закінчуючи безпілотними транспортними засобами. Одним із перспективних підходів до забезпечення самостійної орієнтації машин є використання спеціальних орієнтирів, відомих як маркери [1]. Ці маркери, що слугують своєрідними підказками в навколишньому середовищі, допомагають автономним системам визначати своє місцезнаходження та прокласти оптимальні маршрути.

Огляд та аналіз

Що ж являють собою маркери в системах автономної навігації? Їх можна уявити як різноманітні орієнтири, починаючи від простих елементів, таких як нанесені на підлогу лінії або магнітні смуги, і закінчуючи складнішими рішеннями, як-от QR-коди або спеціалізовані візуальні мітки, зокрема ARUco-маркери. Навіть звичайна дорожня розмітка, з якою ми щодня стикаємося на вулицях, є одним із видів маркерів, що полегшує орієнтацію для самокерованих автомобілів. Крім того, нещодавно було запропоновано використовувати вдосконалені дорожні катафоти з інтегрованими мікрочіпами (CERPMs), здатні безпосередньо обмінюватися інформацією з транспортними засобами, передаючи їм важливі дані [2].

Застосування маркерів у навігації має низку значних переваг. Однією з ключових є забезпечення високої точності визначення місцеположення, особливо в контрольованих умовах, де маркери розміщуються з високою прецизійністю. Крім того, прості маркери, такі як QR-коди, відрізняються відносно низькою вартістю впровадження, що робить їх економічно привабливими для багатьох завдань, особливо для роботів, що працюють у закритих приміщеннях [3]. Ще однією важливою перевагою є простота їх встановлення, особливо для базових навігаційних систем. Варто зазначити, що сучасні розробки, такі як CERPMs, демонструють надійну роботу навіть у складних метеорологічних умовах, сприяють зниженню обчислювального навантаження на бортові комп'ютери транспортних засобів і можуть слугувати резервною системою навігації, підвищуючи загальний рівень безпеки.

Однак, використання маркерів також пов'язане з певними обмеженнями. Одним із основних недоліків є залежність від прямої видимості. У випадках, коли QR-код заблоковано або дорожню розмітку покрито снігом, система може втратити орієнтацію. Крім того, для застосування маркерів часто потрібне попереднє розмічення території, що може бути досить ресурсоємним процесом, особливо при необхідності частого зміни маршрутів. Маркери також можуть бути вразливими до впливу погодних умов та механічних пошкоджень. Наприклад, фарбована розмітка з часом стирається, а

магнітні смуги можуть бути пошкоджені. Навіть сторонні предмети можуть випадково закрити маркери, ускладнюючи навігацію, а точність визначення положення може знижуватися на значних відстанях.

Попри наявні обмеження, маркери знаходять широке застосування в різноманітних галузях. У сфері робототехніки складські роботи використовують QR-коди для навігації, а роботи-маніпулятори в будівельній індустрії можуть керуватися за допомогою ArUco-маркерів. У складській логістиці роботи, що сканують QR-коди, сприяють оптимізації процесів переміщення товарів [4]. Безпілотні літальні апарати можуть використовувати ArUco-маркери для здійснення точної посадки, а QR-коди – для навігації та виконання завдань доставки. І, безумовно, в автономних транспортних засобах дорожня розмітка є ключовим елементом інфраструктури, а розробка CERPMs обіцяє підвищити надійність їхньої навігації.

Системи автономної навігації, що використовують маркери, характеризуються певними особливостями. Існує велика кількість різних типів маркерів, кожен з яких має свій спосіб виявлення та обробки. Наприклад, дорожня розмітка розпізнається за допомогою камер, магнітні смуги – магнітними датчиками, а QR-коди та ArUco-маркери – засобами комп'ютерного зору. Отримана від маркерів інформація обробляється для визначення поточного положення, слідування заданим маршрутом або отримання додаткових даних. Нерідко дані з маркерів інтегруються з інформацією від інших сенсорів для підвищення загальної точності та надійності навігації [5].

Порівнюючи навігацію на основі маркерів з іншими методами, такими як GPS, лідар або візуальна одометрія, можна відзначити, що кожен з них має свої переваги та недоліки. Наприклад, маркери можуть забезпечити вищу точність у приміщеннях порівняно з GPS, проте GPS має глобальне покриття. Лідар надає детальну тривимірну модель оточення, але його вартість може бути вищою. Візуальна одометрія здатна функціонувати без попередньої розмітки, але може накопичувати похибки на великих відстанях.

У майбутньому розвитку даної технології можна виділити кілька перспективних тенденцій. Очікується поява інтелектуальної дорожньої розмітки, здатної взаємодіяти з транспортними засобами, наприклад, змінюючи свій колір для попередження про потенційні небезпеки. Також прогнозується зростання використання інфраструктури з підтримкою чипів, такої як CERPMs, для підвищення надійності автономного водіння. Можлива інтеграція з системами V2X-комунікації, що забезпечить безпосередню взаємодію дорожньої розмітки з транспортними засобами. Активно розроблятимуться вдосконалені конструкції маркерів та більш ефективні алгоритми їх виявлення, а також гібридні навігаційні системи, що поєднуюватимуть різні технології. Важливими аспектами залишаться стандартизація та належне обслуговування дорожньої розмітки для гарантування безпеки автономних транспортних засобів.

Висновки

Отже, використання маркерів у системах автономної навігації має значні переваги, особливо там, де потрібна висока точність у певній зоні, а вартість та простота впровадження роблять їх доступними. Незважаючи на деякі наявні обмеження, маркери нині широко застосовуються в різних автономних системах. У майбутньому ми можемо побачити більше інноваційних рішень, особливо у поєднанні з іншими передовими технологіями навігації. Маркери, можливо, не будуть абсолютно універсальним рішенням для всіх завдань автономної навігації, але, безсумнівно, й надалі відіграватимуть важливу роль у цій галузі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Методи навігації мобільних наземних роботів [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://openarchive.nure.ua/server/api/core/bitstreams/d2f3e590-3d30-46f8-819e-180814eca589/content>
2. Chip-Enabled Raised Pavement Markers (CERPMs) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.revisionautonomy.com/products-services/cerpm>
3. QR Code & SLAM Navigation Technology [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.primerobotics.com/qr-code-slam-navigation-technology>
4. How Amazon deploys collaborative robots in its operations to benefit employees and customers [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.aboutamazon.com/news/operations/how-amazon-deploys-robots-in-its-operations-facilities>

5. Aruco Marker Detection [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://medium.com/@calle_4729/197410223f62

Богомолів Сергій Віталійович – кандидат технічних наук, доцент кафедри обчислювальної техніки Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: bogomolovsergiy@vntu.edu.ua

Черневський Назар Олександрович — студент групи 2СП-21б, факультет інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії, Вінницький Національний Технічний Університет, Вінниця, e-mail: chernevskijnazar@gmail.com

Шатайло В'ячеслав Андрійович — студент групи 2СП-21б, факультет інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії, Вінницький Національний Технічний Університет, Вінниця, e-mail: viacheslavshatailo@gmail.com

Bohomolov Serhiy Vitaliyovych – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Computer Technology, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: bogomolovsergiy@vntu.edu.ua

Chernevskiy Nazar Oleksandrovich — student of group 2SP-21b, faculty of information technologies and computer engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: chernevskijnazar@gmail.com

Shatailo Viacheslav Andriyovych — student of group 2SP-21b, faculty of information technologies and computer engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: viacheslavshatailo@gmail.com