

УДК 681.5.015.3

*Є.А. Бобошко, студент гр. ПБ-41мп, д.т.н., проф. Тимчик Г.С.
КПІ ім. Ігоря Сікорського*

АНАЛІЗ ТА ВИБІР ЛАЗЕРНИХ СЕНСОРІВ ДЛЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ МОБІЛЬНИМИ РОБОТАМИ

Анотація. У статті розглянуто сучасні лазерні сенсорні технології, які використовуються для вимірювання відстані та виявлення перешкод у системах мобільної робототехніки. Наведено порівняння популярних моделей лазерних сенсорів провідних виробників та проаналізовано їх технічні характеристики. Визначено переваги використання певних моделей у конкретних умовах експлуатації. Також наведено рекомендації щодо вибору сенсора відповідно до задачі автоматичного керування. Результати дослідження можуть бути використані для розробки ефективних систем навігації та уникнення перешкод у мобільних роботах.

Ключові слова: лазерний сенсор, LIDAR, мобільний робот, уникнення перешкод, Nokuuo, SICK, алгоритм керування.

ВСТУП

Сучасні мобільні роботи активно використовують сенсорні технології для орієнтації у просторі, виявлення та уникнення перешкод. Одним із ключових елементів таких систем є сенсори, що дозволяють вимірювати відстань до об'єктів. Серед доступних варіантів найперспективнішими виявились лазерні сенсори (LIDAR), які забезпечують високу точність, швидкість та детальне картування навколишнього середовища [1].

ОГЛЯД ЛАЗЕРНИХ СЕНСОРІВ І ВИРОБНИКІВ

Серед найпоширеніших технологій, які застосовуються у лазерних сенсорах типу LIDAR, варто виділити два основні принципи роботи. Перший з них — це time-of-flight (або час-пролітний метод), що базується на вимірюванні часу, за який лазерний імпульс проходить до об'єкта та повертається назад. Цей метод забезпечує доволі точне визначення відстані навіть на великих дистанціях. Інший підхід — триангуляційний метод, у якому визначення положення об'єкта відбувається на основі кута відбитого променя. Цей варіант зазвичай використовується на менших відстанях, але забезпечує високу точність у деталізації.

На ринку сенсорів LIDAR представлено чимало виробників, проте найбільш відомими і поширеними є кілька компаній. Наприклад, японська компанія Нокіуо спеціалізується на компактних сенсорах, які добре підходять для роботи в закритих приміщеннях [2]. Німецький бренд SICK пропонує промислові рішення з великим кутом огляду, які особливо цінуються у складних умовах виробництва [3]. Американська компанія Velodyne є лідером у сфері тривимірних LIDAR-систем, які активно застосовуються в автономному транспорті [4]. А китайська Slamtec орієнтується на доступні моделі, які часто використовують у дослідницьких, студентських і навчальних проектах [5].

З метою наочного порівняння та аналізу ключових характеристик лазерних сенсорів, що є важливим для вибору оптимального рішення для конкретних завдань керування мобільними роботами, нижче наведено таблицю з їхніми ключовими моделями та відповідними параметрами.

Таблиця. Основні характеристики популярних лазерних сенсорів

<i>Модель</i>	<i>Виробник</i>	<i>Дальність (м)</i>	<i>Точність (мм)</i>	<i>Поле огляду (град. кут.)</i>	<i>Ціна (\$)</i>
URG-04LX	Hokuyo	4	±30	240	550
TiM781S	SICK	25	±60	270	1600
Puck VLP-16	Velodyne	100	±30	360×30	4000
RPLIDAR A2	Slamtec	12	±50	360	300

СХЕМА ІНТЕГРАЦІЇ ЛАЗЕРНОГО СЕНСОРА

На рисунку представлено загальну структурну схему підключення лазерного сенсора до системи керування мобільного робота. Сенсор формує хмари точок, які обробляються у блоці обробки сигналів. Далі дані надходять до контролера, який формує управляючі сигнали для виконавчих механізмів.

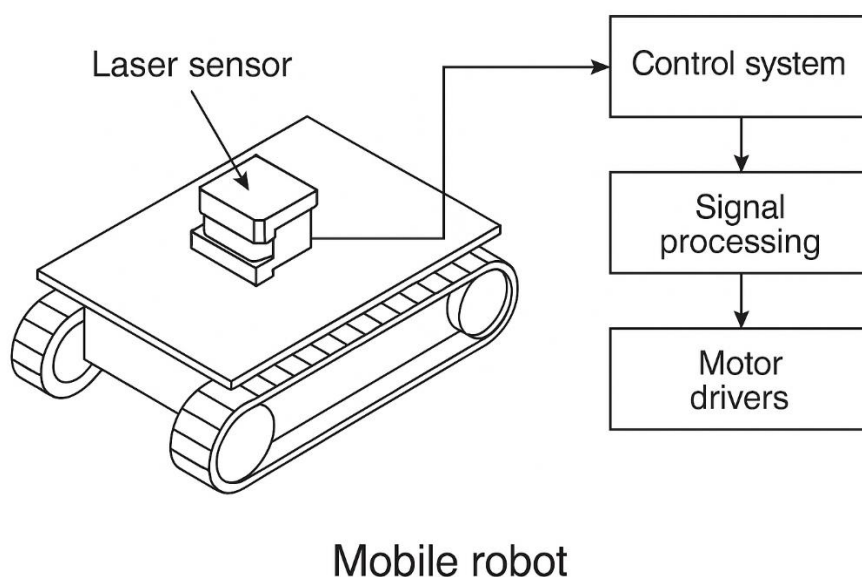


Рисунок 1. Схема інтеграції лазерного сенсора у мобільного робота

ВИБІР СЕНСОРА ДЛЯ МОБІЛЬНОГО РОБОТА

Під час проектування системи автоматичного керування для мобільного робота одним із важливих етапів є обґрунтований вибір сенсора. На рішення впливають декілька основних факторів. Насамперед, це дальність сканування, яка має відповідати розмірам середовища, в якому працює робот. Наприклад, для невеликих приміщень цілком достатньо сенсора з радіусом дії до 4–10 метрів, тоді як у розширених або відкритих просторах потрібні пристрої з більшою дальністю — до 100 метрів і більше [2-5].

Ще одним важливим параметром є кут огляду. Чим ширший цей кут, тим менше «мертвих зон» залишається в полі зору робота, що позитивно впливає на точність навігації. Наприклад, сенсори з оглядом 360 градусів формують повну панораму навколишнього простору, як у випадку з RPLIDAR A2 [5].

Частота сканування визначає, наскільки швидко сенсор оновлює інформацію про простір навколо. Це критично для систем, які мають реагувати

в режимі реального часу [6].

Не варто також забувати про розміри та енергоспоживання, особливо якщо йдеться про компактні платформи або роботи, що живляться від акумулятора. У таких випадках сенсори типу Hokuyo URG-04LX є зручними, оскільки поєднують невеликі габарити з достатньою функціональністю [2].

Щодо практичних рекомендацій, то для роботів, які працюють переважно у приміщеннях або на обмежених просторах, доцільним буде використання таких моделей, як Hokuyo URG-04LX або Slamtec RPLIDAR A2 — обидва мають помірну ціну, компактні та забезпечують точне сканування на короткі відстані [2-5]. Якщо ж робот працює у складніших умовах — наприклад, на відкритих ділянках, або в умовах частих змін навколишнього середовища — доцільно звернути увагу на SICK TiM781S або Velodyne Puck VLP-16, які забезпечують більшу дальність, ширший огляд і підтримують роботу в складніших умовах [3-4].

ВИСНОВКИ

Лазерні сенсори відіграють ключову роль у реалізації функцій просторової навігації. Вибір оптимального рішення залежить від конкретного практичного застосування робота. Згідно з аналізом, для мобільного робота, який працює в приміщенні, доцільно обирати сенсори Hokuyo або Slamtec. Водночас задачі автономної навігації на відкритому просторі вимагають потужніших 3D-LIDAR-ів. Схема інтеграції демонструє загальні підходи до архітектури системи [7].

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Коломієць І.В., Мелешко В.В. Системи навігації мобільних роботів. – К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 164 с.
- [2] Hokuyo. URG-04LX Datasheet. Hokuyo Automatic Co., Ltd., [Онлайн]. Доступ: <https://www.hokuyo-aut.jp>.
- [3] SICK Sensor Intelligence. TiM781S Product Manual. [Онлайн]. Доступ: <https://www.sick.com>.
- [4] Velodyne Lidar. Puck VLP-16 Datasheet. [Онлайн]. Доступ: <https://velodynelidar.com>.
- [5] Slamtec. RPLIDAR A2 Overview. [Онлайн]. Доступ: <https://www.slamtec.com>.
- [6] Zlot, R., Bosse, M. "Efficient Large-Scale 3D Mobile Mapping Using Semantic Segmentation", Journal of Field Robotics, 2019.
- [7] Реутов В.А., Яковлев С.М. "Лідарні системи та їх застосування у мобільних роботах", Вісник НТУУ «КПІ», серія Приладобудування, №60, 2022.