

Побудова локальної карти прохідності навчальним роботом з ультразвуковим сенсором HC-SR04

<https://doi.org/10.31713/MCIT.2023.081>

Олександр Гаврилюк

Група АКІТм-61

Національний університет водного господарства та природокористування

м. Рівне, Україна

havryliuk_ak18@nuwm.edu.ua

Дмитро Реут

Кафедра автоматизації, електротехнічних і комп'ютерно-інтегрованих технологій

Національний університет водного господарства та природокористування

м. Рівне, Україна

d.t.reut@nuwm.edu.ua

Ірина Аврука

Кафедра автоматизації, електротехнічних і комп'ютерно-інтегрованих технологій

Національний університет водного господарства та природокористування

м. Рівне, Україна

a.s.avruka@nuwm.edu.ua

Анотація—Розроблено систему вимірювань я відстаней й побудови локальної карти прохідності за допомогою ультразвукового датчика HC-SR04 навчального робота в середовищі Robot Operating System. Досліджено особливості сканування простору ультразвуковим датчиком, що спричиняють неточності локальної карти прохідності.

Ключові слова—робот; ультразвуковий давач відстані; Robot Operating System; Rviz; Rosserial.

I. ВСТУП

Одним з необхідних етапів при вирішенні задачі одночасної локалізації і картографування (SLAM) роботом [1] у приміщенні є побудова локальної карти прохідності. Вона містить дані з сенсорів робота на поточний момент і використовується при побудові глобальної карти прохідності всього приміщення, яка в свою чергу використовується для визначення роботом свого поточного положення в приміщенні (локалізації). Сенсорами робота можуть бути лідари, радари, ультразвукові датчики, моно- і стереокамери, камери глибини тощо.

Метою роботи є розробка системи, яка дозволить побудувати карту прохідності приміщення, доступного роботу, використовуючи недорогий і поширений ультразвуковий датчик HC-SR04.

II. БУДОВА СИСТЕМИ

В ролі сенсора розробленої системи (рис. 1) використовується ультразвуковий датчик HC-SR04, що приводиться в рух сервоприводом MG90, закріпленим на роботі Keystudio KS0526 [2]. Контролером робота є плата Arduino Uno, а зв'язок із іншими пристроями забезпечується Bluetooth-модулем HM-10. Верхній рівень системи

реалізовано на базі Robot Operating System (ROS). Використання в Arduino послідовного інтерфейсу для передачі даних через Bluetooth потребує наявності на верхньому рівні програми, що зчитує дані з послідовного інтерфейсу в середовище ROS. Такою є RosSerial, доступна в ROS Noetic Ninjemys (підтримує Ubuntu 20.04), тому використана саме дана версія ROS, а не найновіша ROS2.

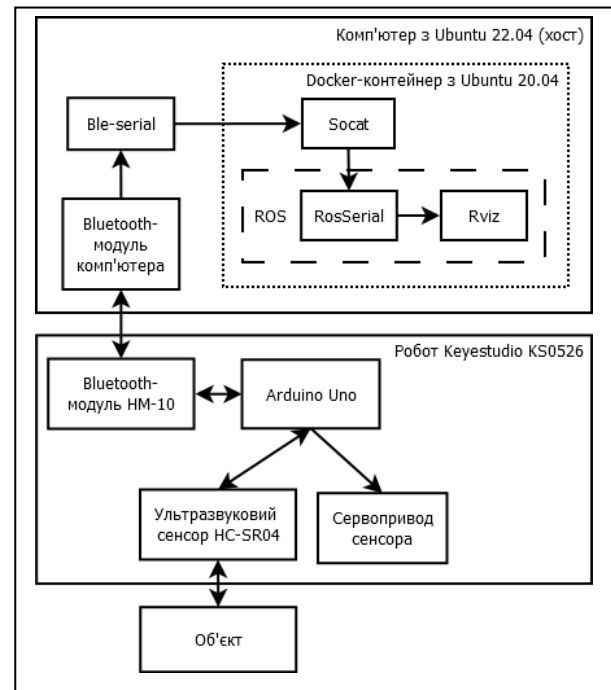


Рисунок 1. Структурна схема розробленої системи

Датчик HC-SR04 приводиться в рух сервоприводом, який під керуванням плати Arduino Uno змінює своє положення з кроком 10 градусів.

Плата Arduino Uno надсилає сигнал активації генератора ультразвуку, очікує від датчика сигнал про прихід відбитої від перешкоди ультразвукової хвилі, вимірює час і обчислює відстань. Повний хід сервопривода з одного крайнього положення в інше дозволяє отримати набір відстаней, які використовуються для формування повідомлення типу `sensor_msgs/LaserScan`, прийнятого в Robot Operating System. Повідомлення надсилається через послідовний інтерфейс у Bluetooth-модуль HM-10, який передає дані на Bluetooth-модуль ноутбука з операційною системою Ubuntu 22.04. Роботу з послідовним інтерфейсом в ROS забезпечує вузол Rosserial [3], що вимагає використання Ubuntu 20.04, тому остання запускається в Docker-контейнері.

Отримання даних від Bluetooth-модуля HM-10 забезпечує програма `ble-serial`, яка надає доступ до них іншим через TCP. В Docker-контейнері встановлено середовище операційної системи Robot Operating System на базі Ubuntu 20.04. Запущена в ньому програма `Socat` здійснює отримання даних через TCP й пересилає їх у віртуальний послідовний порт `/dev/ttyNET0`. Таким чином отримуємо прозорий канал послідовного інтерфейсу від Arduino Uno до програми в контейнері.

Після встановлення з'єднання та виконання першого циклу сканування дані з хоста передаються у запущений вузол Rosserial - програму, яка приймає дані з послідовного порта й публікує їх в середовище ROS. Фінальним кроком була передача даних із вузла Rosserial у програму Rviz [4], яка в режимі реального часу візуалізує отримані відстані до точок-перешкод, по суті відображаючи локальну карту прохідності. Застосування BLE для передачі даних між HM-10 та Bluetooth-модулем ноутбука дозволяє забезпечити бездротову комунікацію з низьким споживанням енергії.

Ультразвук, генерований датчиком, може по різному відбиватися від різних поверхонь. Гладкі, рівні поверхні зазвичай краще відбивають ультразвук, тоді як нерівні або пористі поверхні можуть поглинати або розсіювати сигнал. Це може вплинути на точність вимірювання відстані та здатність датчика виявляти перешкоди. Були побудовані локальні карти прохідності, що містять виміряні датчиком відстані з кроком 10° у секторі $[-80^\circ; 80^\circ]$ від перпендикуляра до об'єкта.

Вимірювались відстані до об'єктів прямокутної, циліндричної форм та довгої плоскої стінки. Виявлено, що при куті падіння більше 30° до поверхні датчик не отримує відбитого ультразвукового променя достатньої потужності. Це пояснюється відбиттям ультразвукового променя в іншому напрямку, відповідно він не повертається назад в приймач датчика. Це може призвести до зменшення точності вимірювання відстані та зниження здатності датчика виявляти перешкоди (рис. 2), особливо з поверхнями, які знаходяться під великими кутами до напрямку сканування.

Відповідно під час побудови карти прохідності робот повинен просканувати кожен квадрат простору з різних сторін, що мінімізує ймовірність пропуску об'єктів під час сканування.

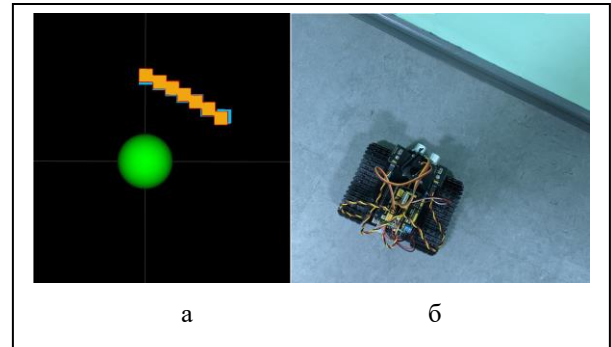


Рисунок 2. Сканування плоскої стінки: а) локальна карта прохідності; б) реальне положення перешкоди

Для зменшення впливу завад вимірювання відстані виконується 5 разів підряд у одному напрямку, значні викиди відкидаються.

Оскільки ультразвук від випромінювача поширюється не вузьконаправленим променем (як у випадку лазерного сканера), а конусом, спостерігався взаємний вплив сусідніх точок, адже крок сканування 10° менше кута при вершині конуса розльоту ультразвуку від генератора.

III. ВИСНОВКИ

Було розроблено систему вимірювання відстаней й побудови локальної карти прохідності роботом з ультразвуковим датчиком HC-SR04, платою Arduino Uno як контролером робота, Bluetooth-модулем, та ПК з Robot Operating System (зокрема програмами Rosserial та Rviz). Виявлено особливості HC-SR04, що обмежують точність побудови локальної карти прохідності. Робот може використовуватись у навчальних цілях із демонстрацією особливостей ультразвукових датчиків у навігації робота порівняно з іншими типами (наприклад, лідаром).

Можливості розробленої системи дозволяють на основі локальних карт прохідності перейти до побудови глобальної карти прохідності приміщення роботом KS0526 у ході вирішення задачі SLAM засобами Robot Operating System, що є метою майбутніх досліджень.

ЛІТЕРАТУРА

- [1] U. Frese, "A discussion of simultaneous and mapping," *Autonomous Robots*, vol. 20, 2006, pp. 25–42.
- [2] "Ks0428 keystudio Mini Tank Robot V2 - Keystudio Wiki." [Online]. Available: https://wiki.keystudio.com/Ks0428_keystudio_Mini_Tank_Robot_V2. [Accessed: October 12, 2023].
- [3] "roserial arduino - ROS Wiki." [Online]. Available: http://wiki.ros.org/roserial_arduino. [Accessed: October 12, 2023].
- [4] "rviz - ROS Wiki." [Online]. Available: <http://wiki.ros.org/rviz>. [Accessed: October 12, 2023].