



MINISTERUL EDUCAȚIEI ȘI CERCETĂRII AL REPUBLICII MOLDOVA

Universitatea Tehnică a Moldovei

Facultatea Calculatoare, Informatică și Microelectronică

Departamentul Informatică și Ingineria Sistemelor

Admis la susținere

Șef departament: conf. univ., dr. Sudacevschi Viorica

„_” _____ 2024

SISTEM PENTRU GHIDAREA ROBOȚILOR ÎN BAZA HĂRȚILOR DIGITALE

Teză de master în

Calculatoare și Rețele Informaționale

Masterand: _____ (Scobici Gabriel-Ion)

Conducător: _____ (conf. univ., dr. Ababii Victor)

ADNOTARE

La teza de master “SISTEM PENTRU GHIDAREA ROBOȚILOR ÎN BAZA HĂRȚILOR DIGITALE” a studentului **Scobici Gabriel-Ion**, grupa CRI-221M.

Cuvinte cheie: mapare, Raspberry pi, RPLidar, sensor, OS, IR sensor, slam, ROS, robot mobil.

Implementarea sistemului a presupus realizarea unei analize amănunțite a altor soluții aparent similare, cu scopul de a concepe și dezvolta propriul prototip de sistem. Acesta a fost conceput pentru a atinge cu succes toate sarcinile și obiectivele prestabilite. În contextul erei digitalizării și al progresului tehnologic rapid, se evidențiază necesitatea unui astfel de sistem, având în vedere crescuta preocupare pentru sănătate și bunăstarea personală.

Scopul acestei lucrări de master constă în proiectarea și dezvoltarea unui sistem de mapare și navigare în interiorul încăperilor. Sistemul are la bază dispozitivul de control Raspberry Pi 4, care gestionează și transmite datele către utilizator prin intermediul unei conexiuni Wi-Fi pentru supravegherea și ghidarea robotului. În vederea testării conectivității și compatibilității cu dispozitivele tehnice, se utilizează un calculator care se conectează la Raspberry Pi prin intermediul adresei IP, oferind astfel o interfață grafică pentru observarea și controlul robotului. În etapele ulterioare, s-a realizat asamblarea sistemului, facilitând astfel generarea notificărilor direct pe dispozitivul mobil al utilizatorului.

Principalul obiectiv al acestei lucrări constă în elaborarea unui sistem robotizat dedicat scanării încăperilor și ghidării pe harta digitală generată în urma acestui proces. În cadrul structurii tezei de masterat se regăsesc introducerea, trei capitole principale, concluzii finale, surse bibliografice și anexe, reflectând astfel întregul proces de dezvoltare și evaluare a sistemului propus.

ANNOTATIONS

In the master's project "ROBOT GUIDANCE SYSTEM BASED ON DIGITAL MAPS" of student Scobici Gabriel-Ion, group CRI-221M.

Keywords: mapping, raspberry pi, RPLidar, sensor, OS, IR sensor, slam, ROS, mobile robots.

The implementation of the system involved a thorough analysis of other apparently similar solutions, with the aim of designing and developing its own system prototype. It has been designed to successfully achieve all pre-set tasks and objectives. In the context of the era of digitization and rapid technological progress, the need for such a system is highlighted, given the increased concern for health and personal well-being.

The purpose of this master's thesis is to design and develop a mapping and navigation system inside the rooms. The system is based on the Raspberry Pi 4 control device, which manages and transmits data to the user via a Wi-Fi connection to supervise and guide the robot. In order to test connectivity and compatibility with technical devices, a computer is used that connects to the Raspberry Pi via the IP address, thus providing a graphical interface for observing and controlling the robot. In the subsequent stages, the assembly of the system was carried out, thus facilitating the generation of notifications directly on the user's mobile device.

The main objective of this work is to develop a robotic system dedicated to scanning rooms and guiding on the digital map generated by this process. Within the structure of the master's thesis there are the introduction, three main chapters, final conclusions, bibliographic sources and annexes, thus reflecting the entire process of development and evaluation of the proposed system.

Cuprins

INTRODUCERE	7
1. ANALIZA SITUAȚIEI ÎN DOMEIUL DE PROIECTARE	9
1.1. Introducere în domeiu	9
1.2. Tehnologia ultrasonic	10
1.3. Tehnologia Bluetooth.....	11
1.4. Tehnologia Wi-Fi	13
1.5. Tehnologia LoRa.....	14
1.6. Tehnologia LIDAR	15
2. TEHNICI ȘI TEHNOLOGII ÎN PROIECTAREA SISTEMULUI PENTRU GHIDAREA	
ROBOȚILOR ÎN BAZA HĂRȚILOR DIGITALE	18
2.1 Senzor IR	18
2.1.1 Senzor IR	18
2.1.2 Dificultățile în operarea senzorilor IR	20
2.1.3 Rezolvarea problemelor senzorului IR	20
2.2 Senzor ultrasonic.....	22
2.2.1 Senzor ultrasonic	22
2.2.2 Rezolvarea problemelor cu senzorul ultrasonic.....	24
2.3 Argumentarea dispozitivelor de antrenare a sistemului	25
2.3.2 DC Motor	25
2.3.3 Selectarea Driverului de comandă cu motoarele DC	26
2.4 Argumentarea sistemului de procesare a datelor	28
2.4.1 Raspberry Pi.....	28
2.4.2 Sisteme și module de comunicare Wireless	31
2.5 Tehnologii de comunicare wireless aplicate în proiect.....	33
2.5.1 Tehnologia Wifi.....	33
2.5.2 Tehnologia LoRa.....	35
2.6 Argumentarea mediilor de dezvoltare a proiectului	37
2.6.1 Limbajul C.....	37
2.6.2 Limbajul Python	38
2.7 Argumentarea Sistemului de operare.....	41
2.8 Modele matematice de pozitie.....	46
3. IMPLEMENTAREA SISTEMULUI PENTRU GHIDAREA ROBOȚILOR ÎN BAZA HĂRȚILOR	
DIGITALE	54
3.1 Instalarea și configurarea ROS	54
3.1.1 Setarea mediului de lucru	56
3.1.2 Controlul ROS.....	61
3.2 Modele Matematice.....	62
3.3 Interconectarea parti hardware	64
3.4 Principiu de construcție a sistemului de locomoție	65
3.5 Interfața grafica	66
3.6. Arhitectura codului sursa	68
Concluzii	69
Bibliografie	70
Anexe.....	72

INTRODUCERE

Sistemele robotice mobile reprezintă o ramură importantă a mecatronicii, focalizată pe dezvoltarea și utilizarea roboților capabili să se deplaseze și să interacționeze cu mediul lor înconjurător. Acești roboți pot varia în dimensiuni și capacități, de la roboții mici și agili la vehicule autonome mari [13-17].

Roboți mobili: Sunt roboți capabili să își schimbe poziția în spațiu și timp, să se deplaseze și să interacționeze cu mediul înconjurător fără a fi limitați la o locație fixă.

Astăzi sunt cunoscute mai multe tipuri de Sisteme Robotice Mobile:

Roboți terestre: Se deplasează pe sol și pot include roboți cu roți, picioare sau șenile.

Roboți aerieni: Sunt vehicule aeriene fără pilot, cum ar fi dronele sau vehiculele aeriene cu decolare verticală.

Roboți subacvatici: Operează în medii acvatice și sunt utilizați, de exemplu, pentru cercetarea marină sau explorarea submarină.

Roboți hibridi: Combinații între diferite tipuri de sisteme mobile, cum ar fi roboții care pot funcționa atât pe uscat, cât și în apă.

Din punct de vedere constructive Sistemele Robotice Mobile pot include:

Senzori: Detectează și măsoară caracteristicile mediului, cum ar fi distanța, lumină, temperatură, sau obstacole [13, 14].

Actuatori: Generează mișcarea sau acțiunea necesară pentru deplasarea robotului.

Unități de Procesare: Procesează informațiile provenite de la senzori și iau decizii pentru controlul mișcării.

Sistem de Navigație: Furnizează informații despre poziția și orientarea robotului în spațiu.

Sistem de Alimentare: Asigură energia necesară pentru funcționarea sistemului.

Un robot poate fi caracterizat și din punctul de vedere al modului de Control și Navigație:

Control Autonom: Mulți roboți mobili sunt capabili să opereze autonom, luând decizii pe baza datelor senzorilor și a algoritmilor de control.

Sisteme de Navigație: Pot include sisteme GPS, senzori inerțiali, camere și algoritmi de localizare pentru a permite robotului să se deplaseze în mod eficient și precis [13-17].

Astăzi sunt cunoscute o mulțime de domenii și aplicații ale Roboților Mobili:

Explorare și Inspecție: Utilizarea roboților mobili pentru explorarea mediilor periculoase sau inaccesibile pentru oameni.

Logistică și Transport: Implementarea roboților în depozite sau facilități de transport pentru manipularea și deplasarea obiectelor.

Agricultură: Utilizarea roboților pentru lucrările agricole, monitorizarea culturilor și colectarea datelor.

Sistemele robotice mobile reprezintă o tehnologie în continuă evoluție, cu aplicații într-o gamă largă de domenii și cu potențial semnificativ în a aduce beneficii în ceea ce privește eficiența, siguranța și inovația.

În teza de magistru în capitolul 1 sunt prezentate rezultatele analizei în domeniul de proiectare, în capitolul 2 sunt aduse informații referitoare la tehnologiile aplicate și modelele matematice, în capitolul 3 se prezintă rezultatele proiectării sistemului de robot mobil cu ghidare în baza de hărți digitale.

Bibliografie

1. Snyder Cory. F., *An Intuitive approach to formation Control of Differential Drive Robots*. Wright State University, 2012.
2. Dudek Gregory and Jenkin Michael, *Computational Principles of Mobile Robotics*, Second Edition , Cambridge University Press, 2010.
3. Petrov P. and Dimitrov L., *Nonlinear path Control for a Differential Drive Mobile Robot*, Recent, Vol. 11, no. 1, pp. 41-45, 2010.
4. Amigoni F., et al., A standard for map data representation: Ieee 1873-2015 facilitates interoperability between robots, *IEEE Robotics Automation Magazine*, vol. 25, no. 1, pp. 65–76, 2018.
5. Nuss D., et al., A random finite set approach for dynamic occupancy grid maps with real-time application, *The Int. J. Rob. Res.*, vol. 37, no. 8, pp. 841–866, 2018.
6. Huang J., et al., An online multi-lidar dynamic occupancy mapping method, *In 2019 IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV). IEEE*, pp. 517–522, 2019.
7. Lazaro M. T., et al., Efficient long-term mapping in dynamic environments, *In 2018 IEEE/RSJ Int. Conf. Intell. Robots Syst. (IROS). IEEE*, pp. 153–160, 2018.
8. Zhao M., et al., A general framework for lifelong localization and mapping in changing environment, *In 2021 IEEE/RSJ Int. Conf. Intell. Robots Syst. (IROS). IEEE*, , pp. 3305–3312, 2021.
9. Leonard, H., Kirby, D., Sentance, S., Chinaka, L., Deutsch, M., Dimitriadi, Y., and Goode, J.. *Culturally relevant and responsive computing: A guide for curriculum design and teaching*. Raspberry Pi Foundation, 2021.
10. *The official Raspberry Pi Beginner's Book - Volume 1*, 2018.
11. Harshada Chaudhari, *Raspberry Pi Technology: A Review, Volume 2, Issue 3*, 2015.
12. Hussein Kdouh, Gheorghe Zaharia, Christian Brousseau, Hanna Farhat, Guy Grunfelder and Ghäis El Zein, Performance Analysis of a Hierarchical Shipboard Wireless Sensor Network, *In IEEE 23rd International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications - (PIMRC)*, 2012.
13. Ababii V., Sudacevschi V., Braniste R., Turcan A., Ababii C., Munteanu S., Adaptive computing system for distributed process control. *International Journal of Progressive Sciences and Technologies*. Vol. 22, No 2, September 2020, pp. 258-264. ISSN 2509-0119.
14. Ababii V., Sudacevschi V., Munteanu S., Turcan A., Borozan O., Decision-Making Support System for Quality Smart City Services. *International Journal of Progressive Sciences and*

Technologies. Vol. 39, No 1, June 2023, pp. 450-456. ISSN 2509-0119. (Impact Factor: ICV = 79.77; SJIF = 6.662; IFSIJ = 7.625; IJIFM = 7.36), DOI: 10.52155/ijpsat.v39.1.

15. Turcan A., Ababii V., Sudacevshi V., Melnic R., Alexei V., Munteanu S., Ababii C., Smart City Services based on Spatial – Temporal Logic. *In the Journal of Engineering Science* 2022, 29 (3), pp. 78-85, ISSN: 2587-3474 / E-ISSN: 2587-3482, [https://doi.org/10.52326/jes.utm.2022.29\(3\).07](https://doi.org/10.52326/jes.utm.2022.29(3).07).
16. Ababii V., Sudacevschi V., Turcan A., Melnic R., Carbune V., Cojuhari I., Multi-Objective Decision Making System Based on Spatial-Temporal Logics. *In Proceedings of the 24th International Conference on Control Systems and Computer Science (CSCS-2023), 24-26 May, 2023, Bucharest, Romania, pp. 6-10*, DOI: 10.1109/CSCS59211.2023.00010, (<https://ieeexplore.ieee.org/document/10214749>).
17. Ababii V., Sudacevschi V., Munteanu S., Carbune V., Melnic R., Lasco V., Synthesis of Agent-Based Decision-Making Systems with Multiple Coalitions. *In Proceedings of the 14th IEEE International Conference on Electromechanical and Energy Systems (SIELMEN 2023) October 11-13, 2023, Craiova, România, pp. 1-5, Publisher IEEE Xplore, DOI: 10.1109/SIELMEN59038.2023.10290825*, (<https://ieeexplore.ieee.org/document/10290825>).