

REȚEA DE SENZORI PENTRU GHIDAREA ROBOȚILOR MOBILI

Neonil ROȘCA, Iulian LUNGU, Dimitrie BORDIAN,
Nichita GONCEAR, Daniel CURMEI, Andrei MIRON

Universitatea Tehnică a Moldovei

Abstract: În lucrarea de față s-a proiectat și cercetat o rețea de senzori pentru ghidarea unei mulțimi de roboți mobili în scopul deplasării acestora pe o traiectorie predefinită. Rețeaua de senzori prezintă o mulțime de puncte de referință cu coordonate spațiale fixe și o mulțime de roboți mobili care se deplasează într-un spațiu închis. Toate dispozitivele sunt elaborate în baza modulelor ESP-8266 care permit calculul poziției robotului mobil în baza datelor RSSI. În rezultatul cercetărilor s-a constatat că exactitatea coordonatei poziției robotului mobil este direct proporțională cu numărul de puncte de referință implicate în calculul acesteia.

Cuvinte cheie: Robot mobil, rețea de senzori, spațiu închis, Wi-Fi, RSSI, ESP-8266, punct de referință, traseu de deplasare.

Introducere

Problema ghidării roboților mobili în spații închise devine tot mai actuală. Specificul spațiilor închise este lipsa posibilității de comunicare cu mediul exterior. Aceste restricții impun unele caracteristici de **Autonomie Totală**, unde orice operație de deplasare este calculată în baza resurselor hardware și software limitate prezente în structura robotului. Limitarea resurselor hardware și software sunt condiționate de autonomia energetică și masa mică a acestuia.

Structural un robot mobil este compus din mai multe subsisteme mecanice, un set de senzori, actuatori și o unitate centrală de comandă [1,2,3]. Localizarea robotului, în spațiul de activitate, are loc prin utilizarea diferitor senzori care se bazează pe efecte și fenomene fizice [4].

Scopul acestei lucrări este dezvoltarea unei rețele de senzori care să permită poziționarea și deplasarea unei mulțimi de roboți într-un spațiu închis de activitate utilizându-se doar proprietățile și protocoalele de comunicare Wireless [5].

1. Topologia rețelei de senzori

În Figura 1 se prezintă topologia rețelei de senzori pentru poziționarea și deplasarea roboților în spațiul de activitate. Domeniul de activitate al robotului este un spațiu închis definit în sistemul de coordonate OXY . Rețeaua de senzori prezintă o mulțime de puncte de referință $PR_i, i = \overline{1, M}$ amplasate în spațiul de activitate. Fiecare punct de referință dispune de

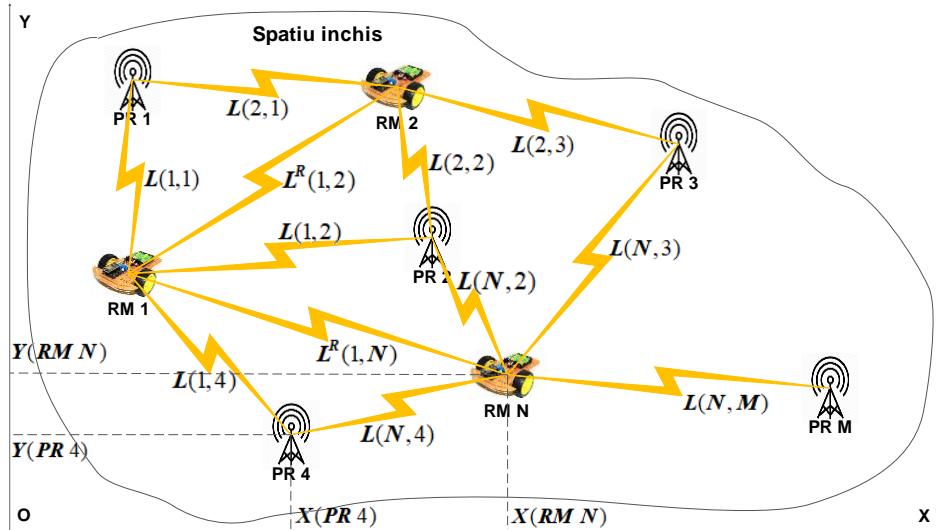


Fig. 1. Topologia rețelei de senzori.

coordonata $\{X(PR_i), Y(PR_i)\}, \forall i = \overline{1, M}$ de amplasare în sistemul de coordonate OXY . Aceste coordonate sunt fixe și sunt definite în procesul proiectării rețelei de senzori. În spațiul de activitate este definită și mulțimea de roboți mobili $RM_j, j = \overline{1, N}$ cu coordonatele $\{X(RM_j), Y(RM_j)\}, \forall j = \overline{1, N}$. Fiecare robot mobil RM realizează o conexiune WiFi cu mulțimea de puncte de referință PR generând matricea de conexiuni L cu dimensiunile $N * M$ și matricea L^R - conexiuni WiFi dintre roboți cu dimensiunile $N * N$:

$$\mathbf{L} = \begin{bmatrix} \mathbf{L}_{1,1} & \mathbf{L}_{1,2} & \dots & \mathbf{L}_{1,M} \\ \mathbf{L}_{2,1} & \mathbf{L}_{2,2} & \dots & \mathbf{L}_{2,M} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \mathbf{L}_{N,1} & \mathbf{L}_{N,2} & \dots & \mathbf{L}_{N,M} \end{bmatrix}, \quad \mathbf{L}^R = \begin{bmatrix} \mathbf{L}^R_{1,1} & \mathbf{L}^R_{1,2} & \dots & \mathbf{L}^R_{1,N} \\ \mathbf{L}^R_{2,1} & \mathbf{L}^R_{2,2} & \dots & \mathbf{L}^R_{2,N} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \mathbf{L}^R_{N,1} & \mathbf{L}^R_{N,2} & \dots & \mathbf{L}^R_{N,N} \end{bmatrix}.$$

2. Modelul matematic pentru calculul poziției robotului în spațiu

Poziția robotului $\mathbf{RM}_j, j = \overline{1, N}$ în sistemul de coordonate \mathbf{OXY} este calculată în baza modelului matematic (1). La baza acestui model se află modelul matematic pentru calculul coordonatelor în sistemul GPS [6,7,8]:

$$\begin{cases} \sqrt{(x - x_1)^2 + (y - y_1)^2} = d_1, \\ \sqrt{(x - x_2)^2 + (y - y_2)^2} = d_2, \\ \sqrt{(x - x_3)^2 + (y - y_3)^2} = d_3, \\ \dots \\ \sqrt{(x - x_l)^2 + (y - y_l)^2} = d_l. \end{cases} \quad (1)$$

unde: x, y - poziția robotului în sistemul de coordonate \mathbf{OXY} ; x_l, y_l - coordonatele punctelor de referință \mathbf{PR}_l^j implicate în calcul, $l = 1, 2, \dots, L$; d_l - distanța de la robot până la punctul respectiv de referință care este calculată din expresia (2):

$$\mathbf{P}_d = \mathbf{P}_0 - 20 * \lg(d_l), \quad (2)$$

unde: \mathbf{P}_0 - puterea semnalului de referință (obținut pentru $d_0 = 1m$); \mathbf{P}_d - puterea semnalului obținută pentru distanța d_l .

Puterea semnalului \mathbf{P}_d este obținută din calculele RSSI (*Received Signal Strength Indicator*) efectuate de modulul WiFi [9], în baza formulei Harald Friis [10].

Rezolvarea sistemului de ecuații (1) poate fi realizată sau prin metode clasice iterative, sau prin utilizarea unui model de rețea neuronală prezentată în [11,12], sau rețea reconfigurabilă [13].

3. Schema funcțională a robotului mobil

Rețeaua de senzori este proiectată în baza dispozitivelor ESP-8266 [14], care integrează module WiFi cu servicii de calcul a valorii RSSI [15]. Schema funcțională a robotului mobil este prezentată în Figura 2, unde: **WiFi** - modul de comunicare în rețeaua Wireless; **Data** - stocarea datelor (matricele \mathbf{L} , \mathbf{L}^R și valorile d_l); **Data Processing** - algoritmi de procesare a datelor în baza modelelor (1) și (2); **Drv(L), Drv(R)** - drivere pentru comanda cu motoarele **DC(Left), DC(Right)** pentru deplasarea robotului mobil. Direcția de deplasare a robotului mobil este determinată de viteza sau diferența în viteza de rotație V_L, V_R ale motoarelor **DC(Left), DC(Right)**:

$V_L - V_R = 0$ - deplasare înainte;

$V_L - V_R > 0$ - deplasare cu cotire spre dreapta;

$V_L - V_R < 0$ - deplasare cu cotire spre stânga.

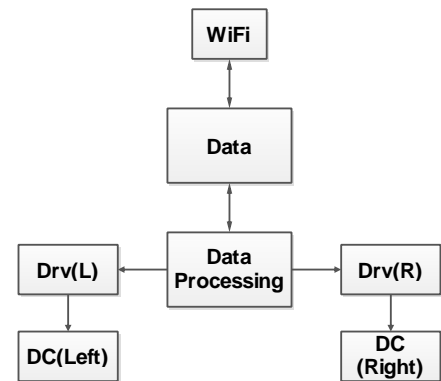


Fig. 2. Schema funcțională a robotului mobil.

4. Implementarea robotului mobil

Rezultatul implementării robotului mobil este prezentat în Figura 3.

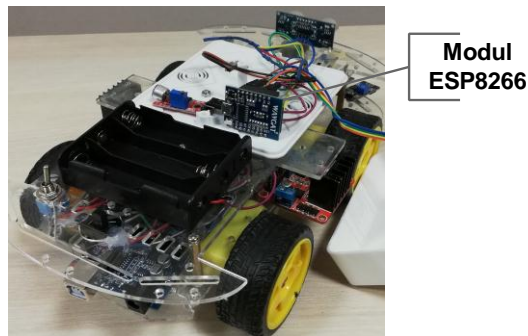


Fig. 3. Implementarea robotului mobil.

Mențiuni

Lucrarea de față s-a elaborat în cadrul catedrei Calculatoare, DIIS, FCIM, UTM, și face parte din tematica de creativitate tehnică în domeniul Calculatoare și Rețele, și Robotică și Mecatronică. Testarea funcțională a rețelei de senzori s-a efectuat în baza dispozitivelor oferite de Centrul Studentesc de Creativitate Tehnică „Hard & Soft” și ORANGE Cafee.

Bibliografie

1. Armaș, I., *Proiectare în mecatronică și robotică*, Editura AGIR, 2011.
2. Borangiu, T., Dumitrache, A., Anton, F. D., *Programarea roboților*, Editura A.G.I.R., 2010.
3. Călinoiu, C., *Senzori și Traductoare*, Volumul 1, Editura Tehnică, 2009.
4. Castellanos, J.A., Tardós, J.D., *Mobile Robot Localization and Map Building - A Multisensor Fusion Approach*, March 1, 2000.
5. Holger, K., Willig, A., *Protocoale și arhitecturi pentru rețele de senzori wireless*, Editura Matrixrom, 2012.
6. Kevin Monahan, Don Douglass, *GPS Instant Navigation : A Practical Guide from Basics to Advanced Techniques*, Fine Edge Productions, 1998, 315p., ISBN: 0938665480.
7. https://ro.wikipedia.org/wiki/Global_Positioning_System (Accesat: 02.01.2019).
8. <http://www.math.tamu.edu/~dallen/physics/gps/gps.htm> (Accesat: 04.01.2019).
9. https://en.wikipedia.org/wiki/Received_signal_strength_indication (Accesat: 09.01.2019).
10. https://en.wikipedia.org/wiki/Friis_transmission_equation (Accesat: 15.01.2019).
11. Ababii, V., Sudacevschi, V., Bordian, D., Raschipkin, A. Sistem pentru comanda unei colonii de roboți mobili în baza modelelor de rețele neuronale, *Proceedings of the 9th International Conference on Microelectronics and Computer Science & The 6th Conference of Physicists of Moldova, Chișinău, Moldova, October 19-21, 2017*. pp. 288-290, ISBN 978-9975-4264-8-0.
12. Ababii, V., Sudacevschi, V., Sachenko, A., Roshchupkin, A., Maykiv, I. Mobile sensors network for detection of ionizing radiation sources. *Proceeding of the 8th IEEE International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications, IDAACA-2015, 24-26 September 2015, Warsaw, Poland*, Vol. 2, pp. 913-917, IEEE Catalog Number: CFP15803-PRT, ISBN: 978-1-4673-8359-2. DOI: 10.1109/IDAACS.2015.7341436, INSPEC Accession Number: 15636645, <http://ieeexplore.ieee.org/xpl/articleDetails.jsp?arnumber=7341436>.
13. Ababii, V., Sudacevschi, V., Podubnii, M., Roshchiupkin, A.. Rețea de senzori cu arhitectură reconfigurabilă. *Proceeding of the 5th International Conference "Telecommunications, Electronics and Informatics", ICTEI-2015, may 20-23, 2015, Chișinău, Moldova*, pp. 296-299, ISBN 978-9975-45-377-6.
14. <https://esp8266.ru/modules-esp8266/> (Accesat: 20.01.2019).
15. [Suvankar Barai, Debajyoti Biswas, Buddhadeb Sau. Estimate distance measurement using NodeMCU ESP8266 based on RSSI technique. The proceedings of IEEE Conference on Antenna Measurements & Applications \(CAMA\), 4-6 December 2017, Tsukuba, Japan](#), pp. 170-173, ISBN: 978-1-5090-5028-4. (IEEE catalog number: CFP1799X-ART).