

Conducerea unui Robot Autonom Mobil într-un Spaţiu cu Coordonate Relative

Victor ABABII*, Viorica SUDACEVSCHI*, Marin PODUBNÎI*, Viorel CĂRBUNE*,
Ghenadie SAFONOV**, Liudmila CEBAN*, Constantin ABABII*

*Universitatea Tehnică a Moldovei, **Academia Militară
avv@mail.utm.md; svm@mail.utm.md; marinpodubnii@mail.ru;

Adnotare — Lucrarea da faţă este dedicată proiectării şi cercetării sistemelor de conducere a roboţilor autonomi mobili definiţi în spaţii cu coordonate relative. În scopul reducerii complexităţii modelelor matematice şi a sistemului de control spaţiul de definiţie este divizat în subspaţii cu coordonate relative. În rezultatul proiectării s-au obţinut algoritmul de funcţionare al sistemului de control, schema de structură şi electrică de principiu pentru o variantă de sistem de control.

Cuvinte cheie — robot autonom mobil, sistem de coordonate, spaţiu bidimensional, traseu de deplasare, subsistem de coordonate.

I. INTRODUCERE

Deplasarea pe un traseu predefinit este una din cele mai importante probleme care se pune la realizarea roboţilor autonomi mobili. Autonomia robotului mobil este determinată de capacităţile acestuia de a calcula traseul de deplasare în dependenţă de coordonata de amplasare în spaţiul de definiţie.

În practică există o mare diversitate de tipuri de roboţi mobili şi de medii de activitate ale acestora. În funcţie de natura misiunilor pe care trebuie să le rezolve, se pot defini mai multe niveluri de autonomie şi respectiv de complexitate a tehnicilor de calcul a traseului de deplasare [1].

Pentru ca un robot să navigheze autonom, în mediul în care operează, este necesar să se realizeze un model matematic exact de descriere a mediului înconjurător şi a traseului de deplasare. În acelaşi timp evoluţia unui asemenea model necesită folosirea unor multiple tipuri de sisteme de senzori pentru identificarea mediului de activitate şi a poziţiei în spaţiul de coordonate [2, 3]. În practică sistemele de senzori, instalate pe un robot mobil, sunt de următoarele tipuri: radar, scanare cu laser, telemetrie cu ultrasunete, senzori vizuali şi respectiv sisteme GPS [4].

II. PROBLEMA DE CERCETARE

Se defineşte spaţiul bidimensional S de ghidare a robotului autonom mobil (Figura 1). Traseul de deplasare se defineşte prin curba $[A, B]$.

Traseul de deplasare a robotului mobil, în spaţiul S cu sistemul de coordonate absolute, este definit de sistemul de ecuaţii diferenţiale:

$$\begin{cases} dx = A_x \dot{x} + B_x \dot{y} \\ dy = A_y \dot{x} + B_y \dot{y} \end{cases} \quad (1)$$

În scopul reducerii complexităţii modelului matematic, de definire a traseului de deplasare, spaţiul S se divizează într-o mulţime de subspaţii $S_{j,i}$, unde:

$$S = \bigcup_{j=1}^M \bigcup_{i=1}^N S_{j,i}. \quad (2)$$

Subspaţiul $S_{j,i}$ se caracterizează prin baza $O_{j,i}$ şi vectorii j, i a subsistemului de coordonate relative.

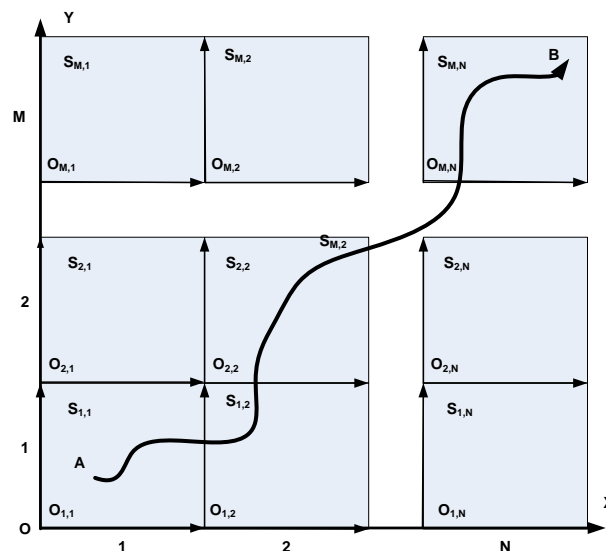


Figura 1. Spaţiul bidimensional şi traseul de deplasare a robotului mobil.

Pentru fiecare subspaţiu $S_{j,i}$ se defineşte subsistemul de ecuaţii diferenţiale care determină deplasarea robotului mobil pe coordonata respectivă:

$$\begin{cases} dx_i = A_x \dot{x}_i + B_x \dot{y}_j \\ dy_j = A_y \dot{x}_i + B_y \dot{y}_j \end{cases} \quad (3)$$

unde:

dx_i - deplasarea robotului pe coordonata x în subspaţiul cu coordonata i ;

dy_j - deplasarea robotului pe coordonata y în subspaţiul cu coordonata j ;

A_x şi B_x - coeficienţi de calcul a variaţiei funcţiei pe

coordonata x ;

A_y și B_y - coeficienți de calcul a variației funcției pe coordonata y ;

\dot{x} , \dot{y} - variația argumentului în timp.

III. MODELUL ABSTRACT AL ROBOTULUI MOBIL

Modelul abstract al robotului autonom mobil este prezentat în Figura 2, unde:

MS1, **MS2** – motoare pas cu pas pentru deplasarea robotului mobil;

RC – roată pentru cotirea robotului.

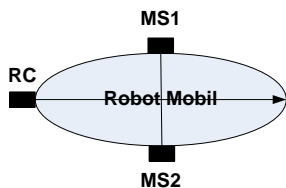


Figura 2. Modelul abstract al robotului mobil.

Deplasarea robotului are loc în direcția indicată de săgeată. Pasul de discretizare a deplasării robotului mobil este determinat de unghiul de rotație a motorului pas cu pas **MS** și diametrul roților **R** de deplasare. Distanța parcursă de robot Δl la fiecare pas de deplasare este determinată din formula:

$$\Delta l = R \left(\frac{\alpha}{2\pi} \right), \quad (4)$$

unde: α - unghiul de rotire a roților la fiecare pas de deplasare, în radiani.

IV. TRANSFORMAREA COORDONATELOR

Transformarea coordonatelor se efectuează în scopul racordării sistemului de ecuații (3) la modelul abstract al robotului mobil.

În Figura 3 este prezentată structura cinematică a robotului mobil.

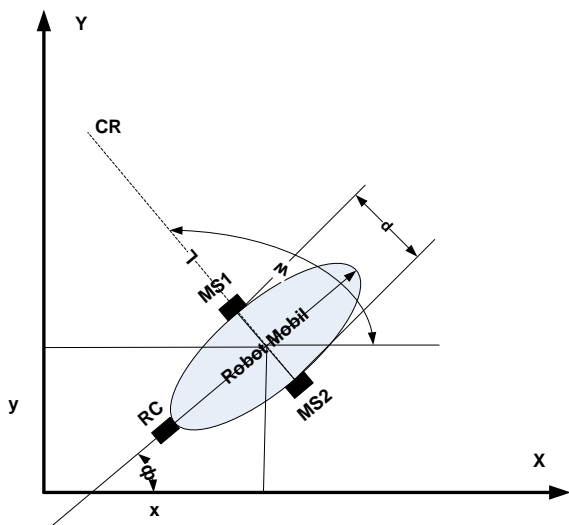


Figura 3. Structura cinematică a robotului mobil.

Ecuțiile cinemate ale robotului mobil:

$$\frac{d}{dt} \begin{bmatrix} x \\ y \\ \varphi \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \varphi & 0 \\ \sin \varphi & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v \\ w \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{2}(v_{MS1} + v_{MS2}) \cos \varphi \\ \frac{1}{2}(v_{MS1} + v_{MS2}) \sin \varphi \\ (v_{MS1} - v_{MS2})/d \end{bmatrix} \quad (5)$$

Sau:

$$\frac{d}{dt} \begin{bmatrix} x \\ y \\ \varphi \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{2} \cos \varphi & \frac{1}{2} \cos \varphi \\ \frac{1}{2} \sin \varphi & \frac{1}{2} \sin \varphi \\ -1/d & 1/d \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_{MS1} \\ v_{MS2} \end{bmatrix}. \quad (6)$$

Unde:

d – distanța dintre planele roților **MS1** și **MS2**;

$$\varphi = \arctan \left(\frac{\Delta l}{d} \right) \Rightarrow \varphi = \arctan \left(\frac{R \alpha}{d 2\pi} \right). \quad (7)$$

Unghiul ω de orientare a robotului mobil, față de subsistemul de coordonate, se calculează din expresia:

$$\omega = \int (d\varphi) dt. \quad (8)$$

V. ALGORITMUL DE CONTROL A ROBOTULUI MOBIL

Fie traseul de deplasare a robotului autonom mobil este definit prin sistemul de ecuații (1). Și respectiv în subspațiul $S_{j,i}$ este definit de sistemul de ecuații (3). În acest caz problema de control a robotului mobil se reduce la realizarea unui controler robust care converge spre traiectoria definită de sistemul de ecuații (3).

În figura 4 este prezentat algoritmul de control a robotului mobil.

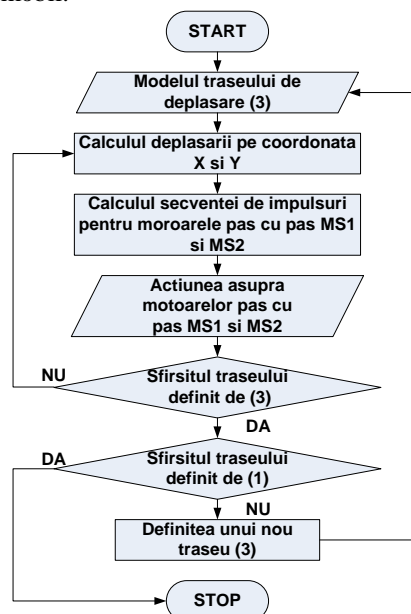


Figura 4. Algoritm de control a robotului mobil.

VI. SINTEZA SCHEMEI DE STRUCTURĂ A SISTEMULUI DE CONTROL

Schema de structură a sistemului de control a procesului de deplasare a robotului autonom mobil este prezentată în figura 5.

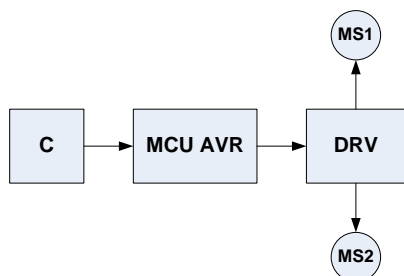


Figura 5. Schema de structură a sistemului de control.

Schema de structură conține: blocul de comandă **C** cu funcții de setare a regimului de lucru a sistemului de control; sistemul microcontroler **MCU AVR** cu programul de control a procesului de deplasare a robotului pe traseul definit; driver-ul **DRV** pentru amplificarea semnalelor de acțiune asupra motoarelor pas cu pas **MS1** și **MS2**.

În figura 6 este prezentată schema funcțională a sistemului microcontroler **MCU AVR** în procesul de control a robotului autonom mobil.

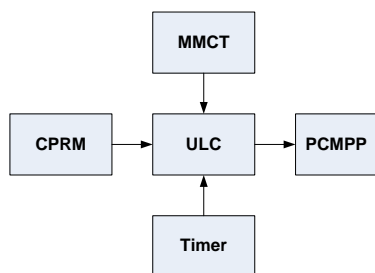


Figura 6. Schema funcțională a sistemului MCU AVR.

Schema funcțională a sistemului MCU AVR determină interacțiunea blocurilor funcționale ale sistemului. În centru se află unitatea logică centrală **ULC** care execută secvența de instrucțiuni definită de algoritmiile modelelor matematice de control a traseului **MMCT**, algoritmul de control a poziției robotului mobil în spațiu **CPRM** și algoritmul de formare a intervalelor de timp **Timer** pentru sincronizarea proceselor și comanda cu motoarele pas cu pas.

VII. SIMULAREA SISTEMULUI DE CONTROL ÎN MEDII CAD

Verificarea funcționalității sistemului de control s-a efectuat în mediul de proiectare CAD Proteus 7.7. În calitate de sistem MCU s-a utilizat dispozitivul ATmega128 [5] care satisface toate cerințele parametrice și de performanță pentru implementarea sistemului de control.

În figura 7 este prezentată schema electrică de principiu elaborată și simulată în mediul CAD Proteus 7.7.

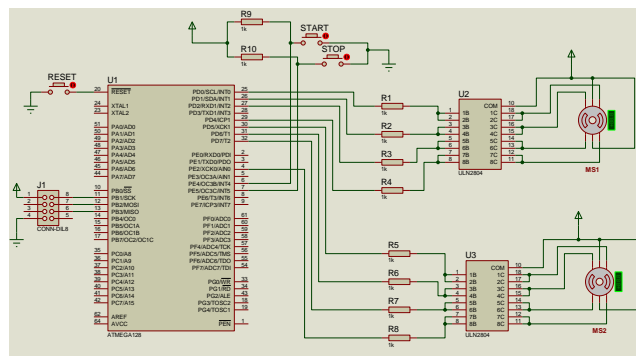


Figura 7. Schema electrică de principiu a sistemului de control.

Funcționalitatea sistemului se bazează pe execuția algoritmului (Figura 4) de control a robotului mobil de către sistemul microcontroler U1 ATmega128. Dispozitivele U2 și U3 (ULN2804) îndeplinesc funcțiile de amplificare a semnalelor pentru acțiunea asupra motoarelor pas cu pas MS1 și MS2.

VIII. REZULTATE EXPERIMENTALE

În rezultatul simulărilor efectuate asupra sistemului de control s-au analizat următorii parametri de performanță:

- accelerarea procesului de calcul;
- eroarea de convergența traseului de deplasare a robotului mobil și traseul definit de sistemul de ecuații (1).

MULȚUMIRI

Proiectările și cercetările efectuate în cadrul acestei lucrări au fost efectuate prin utilizarea resurselor tehnice ale Centrului Studențesc de Creativitate Tehnică „Hard and Soft” de pe lângă facultatea Calculatoare, Informatică și Microelectronică. Domeniul de cercetare face parte din programul de activități științifice ale catedrei Calculatoare.

REFERINȚE

- [1] D. Granciu, I. Lihet, „Utilizarea vederii stereo și omnidirecționale pentru evitarea obstacolelor de către un robot de cercetare”, Valabil pe: http://www.iior.ro/custom_images/file/stu.pdf.
- [2] R. Avanzato. Mobile robot navigation contest for undergraduate design and k-12 outreach. In Proc. Of Conf. of American Society for Engineering Education (ASEE), 2002.
- [3] L.F. Gao, Y.X. Gai and Sheng Fu. Simultaneous Localization and Mapping for Autonomous Mobile Robots Using Binocular Stereo Vision System. Proceedings of 2007 IEEE International Conference on Mechatronics and Automation, Harbin, China. 326-330, 2007.
- [4] Roland Siegwart, Illah R. Nourbakhsh “Introduction to Autonomous Mobile Robots” The MIT Press, 2004. ISBN: 026219502X, 335 pages.
- [5] <http://www.atmel.com> (accesat 12.04.2011).