

Ministerul Educației al Republicii Moldova
Universitatea Tehnică a Moldovei
Facultatea Inginerie și Management în Electronică și Telecomunicații
Programul de masterat “Sisteme și Comunicații Electronice”

**Admis la susținere șef
de catedră:
conf.univ.dr. Șestacov Tatiana**

_____” ”_____2016

**Cercetarea performanțelor senzorilor și
traductorilor inteligenți în bază de modelare și
simulare.**

Teză de master

**Student:_____ (Buruiană I.)
Conducător:_____ (Secrieru N.)**

REZUMAT

Pe baza analizei limitelor stadiului actual s-a definit obiectivul acestei teze: optimizarea sistemului senzorial al unui robot mobil în vederea îmbunătățirii comportamentului la orientarea în spațiul de lucru.

Pentru atingerea obiectivelor tezei s-au efectuat teste cu patru roboți mobili în vederea observării comportamentului acestora în două spații de lucru, unul cu obstacole fixe și unul de tip labirint și s-au efectuat măsurători de distanță cu trei tipuri de senzori ultrasonici față de obiecte de diferite dimensiuni, forme și materiale. Rezultatele obținute au fost modelate atât matematic, cât și prin simulare cu ajutorul unui software dedicat roboților mobili. În urma analizei rezultatelor obținute prin modelare, s-a identificat robotul mobil care poate fi supus optimizării și tipul de senzor care poate fi implementat cu succes în sistemul senzorial. Astfel a fost optimizat robotul mobil de tip Pro Bot 128, adăugându-se un sistem nou senzorial, de tip Parallax. În urma efectuării testelor cu robotul optimizat s-a observat ca distanța parcursă dintre un punct de pornire și unul de sosire s-a redus semnificativ.

Etapile parcurse pentru stabilirea soluției optime sunt:

- 1) Analiza stadiului actual în domeniul roboților mobili;
- 2) Stabilirea obiectivelor tezei;
- 3) Cercetări experimentale efectuate cu roboții mobili și cu senzorii ultrasonici;
- 4) Modelarea numerică a rezultatelor obținute în urma cercetărilor experimentale și simularea navigației unui robot mobil utilizând senzori ultrasonici cu caracteristici asemănătoare celor testați;
- 5) Optimizarea unui robot mobil prin implementarea unui senzor ultrasonic montat pe o platformă rotativă și testarea acestuia în spațiile de lucru;
- 6) Concluzii finale, contribuții originale și direcții de dezvoltare.

Din analiza rezultatelor se desprinde ideea că implementarea unui sistem senzorial cu senzori ultrasonici se poate realiza pentru o multitudine de roboți, fiind recomandată la detecția obstacolelor din spațiul de operare.

SUMMARY

Based on an analysis of the current stage limits, it was defined the objective of this thesis: optimizing the sensorial system of a mobile robot to improve navigation behavior in the workspace.

In order to achieve the objectives of this thesis, has been performed tests with four mobile robots in order to observe their behavior in the two working spaces, one with fixed obstacles, and one of labyrinth type and distance measurements were made with three types of ultrasonic sensors over the objects with different sizes, shapes and materials. The results were modeled mathematically and simulated by using dedicated software for mobile robots. After analyzing the results obtained by modeling, it was identified the mobile robot which can be optimized and the type of sensor that can be successfully implemented in the sensorial system. Thus was optimized the mobile robot Pro Bot 128, adding a new sensorial system of Parallax type. After the optimized robot test it was observed that the distance between a starting point and an arrival has reduced significantly.

The steps for determining the optimal solution are:

- 1) Analysis of current stage in mobile robotics;
- 2) Establishing objectives of the thesis;
- 3) Experimental research performed with mobile robots and ultrasonic sensors;
- 4) Numerical modeling of results from experimental research and simulation of navigation for a mobile robot using ultrasonic sensors with characteristics similar to those tested;
- 5) Optimizing a mobile robot by implementing an ultrasonic sensor mounted on a rotating platform and testing in workspaces;
- 6) Conclusions, original contributions and directions of development.

From the results emerges the idea that the implementation of a sensorial system with ultrasonic sensors can be achieved for a variety of robots, being recommended to detect obstacles in the operating area.

CUPRINS

1. NECESITATEA, ACTUALITATEA ȘI OBIECTIVELE TEZEI DE MASTERAT	
1.1. Obiectivele tezei de masterat	8
1.2. Scurt istoric al senzorilor	8
1.2.1. Clasificarea senzorilor	11
1.3. Sensori de poziție și deplasare	16
1.3.1 Clasificare; Soluții de montare	16
1.3.2 Sensori de poziție/deplasare analogici	19
1.3.2.1 Principiul măsurării analogice a deplasărilor	19
1.3.2.2 Potențiometrul	20
1.3.2.3 Resolverul	21
1.3.3 Sensori de poziție și deplasare numerici	23
1.3.3.1 Sensori numerici incrementali	23
1.3.3.2 Sensori numerici absoluți	27
1.4. Roboți mobili. Stadiul actual al cunoașterii	27
1.4.1. Sistemul senzorial al roboților mobile	30
1.4.1.1. Sensori de stare externă	31
1.4.1.2. Sensori de stare internă	33
1.4.1.3. Fuziunea datelor furnizate de senzori	33
1.4.2. Considerații privind navigația roboților mobile	34
1.4.2.1. Metodele de navigație a roboților autonomi	34
1.4.2.2. Module de navigație a roboților mobile	35
1.4.2.3. Exemplu de navigație a robotului mobil KSR4 Escape	38
1.5. Concluzii	40
2. CERCETĂRI EXPERIMENTALE PRIVIND SENZORII ȘI TRADUCTORII INTELIGENȚI	
2.1. Introducere	41
2.2. Roboții mobili utilizați la cercetările experimentale	42
2.2.1. Robotul Spy Video TRAKR	42
2.2.2. Robotul KSR4 – "ESCAPE"	43
2.2.3. Mini-vehiculul ghidat (Vehicul telecomandat)	44
2.2.4. Robotul mobil Pro Bot 128	44
2.2.5. Cercetări privind sistemul de locomoție al roboților mobile	45
2.2.6. Determinarea abaterii liniare de la traiectorie	45
2.2.7. Determinarea accelerației și vitezei roboților în funcție de sistemul de locomoție	49

2.3. Cercetări privind detecția obstacolelor din spațiul de lucru.....	50
2.3.1.Orientarea roboților într-un spațiu de lucru cu obstacole fixe	51
2.3.2.Orientarea robotului într-un spațiu de lucru de tip labirint	52
2.4. Concluzii	55
3. CERCETĂRI PRIVIND MĂSURAREA DISTANȚEI CU SENZORII ULTRASONICI	
3.1. Considerații teoretice privind transmiterea ultrasunetelor	56
3.2. Cercetări experimentale privind comportamentul senzorilor ultrasonici în procesul de detecție	59
3.2.1.Generalități.....	59
3.2.2.Senzorii ultrasonici utilizați la cercetările experimentale	60
3.2.3.Erori de măsurare	61
3.2.4.Determinarea distanței dintre senzorii ultrasonici și obstacole.....	62
3.2.4.1. Determinarea distanței față de obstacole de dimensiuni diferite	63
3.2.4.2. Determinarea distanței față de obstacole de forme diferite.....	64
3.2.4.3. Determinarea distanței față de obstacole din materiale cu texturi diferite.....	65
3.2.4.4. Determinarea distanței față de un obstacol la viteze diferite ale curentului de aer.....	66
3.2.4.5. Determinarea distanței cu un senzor montat pe o platformă rotativă (radar).....	68
3.3. Concluzii	69
4. MODELAREA SI OPTIMIZAREA SISTEMULUI SENZORIAL AL ROBOȚILOR MOBILI	
4.1. Considerații teoretice privind modelarea rezultatelor obținute experimental.....	71
4.2. Model matematic de calcul a timpului de răspuns și a distanței.....	72
4.3. Modelarea prin simulare a configurației senzorilor pentru un robot mobil	74
4.4. Considerații privind alegerea robotului potrivit în vederea optimizării.....	79
4.5. Contribuții privind optimizarea sistemelor senzorial și de locomoție.....	79
4.6. Optimizarea sistemului senzorial al robotului Pro Bot 128.....	80
4.7. Optimizarea sistemului de locomoție al robotului Pro Bot 128	84
4.6. Concluzii.....	88
5. CONCLUZII FINALE ȘI CONTRIBUȚII PERSONALE	
5.1. Concluzii finale.....	90
5.2. Contribuții personale	93
BIBLIOGRAFIE	