



(12)

BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2014 00357**

(22) Data de depozit: **08/05/2014**

(45) Data publicării mențiunii acordării brevetului: **29/07/2022** BOPI nr. **7/2022**

(41) Data publicării cererii:
30/09/2014 BOPI nr. **9/2014**

(73) Titular:
• **UNIVERSITATEA POLITEHNICA DIN
TIMIȘOARA, PIAȚA VICTORIEI NR.2,
TIMIȘOARA, TM, RO**

(72) Inventatori:
• **MICEA MIHAI-VICTOR, STR. ODOBESCU
NR. 22, TIMIȘOARA, TM, RO;**
• **STANCOVICI ANDREI, STR. COSTACHE
NEGRUZZI NR. 5, TIMIȘOARA, TM, RO;**
• **CREȚU VLADIMIR IOAN, BD.
REVOLUȚIEI NR. 22, AP. 18, TIMIȘOARA,
TM, RO**

(74) Mandatar:
**CABINET DE PROPRIETATE
INDUSTRIALĂ TUDOR ICLĂNZAN,
PIAȚA VICTORIEI NR.5, SC.D, AP.2,
TIMIȘOARA, TM**

(56) Documente din stadiul tehnicii:
**A STANCOVICI, S. INDREICA, M. MICEA
Ș.A., "RELATIVE LOCALIZATION
METHODOLOGY FOR AUTONOMOUS
ROBOTS IN COLLABORATIVE
ENVIRONMENTS", INTERNATIONAL
INSTRUMENTATION AND MEASUREMENT
TECHNOLOGY CONFERENCE (I2MTC)
IEEE, PP. 1730-1733, 2013; M. MICEA, A
STANCOVICI, Ș.A., "INDOOR
INTER-ROBOT DISTANCE
MEASUREMENT IN COLLABORATIVE
SYSTEMS", 10th INTERNATIONAL
CONFERENCE ON DEVELOPMENT AND
APPLICATION SYSTEMS, SUCEAVA,
2010; F. RIVARD, J. BISSONN, F.
MICHAUD, D. LETOURN, "ULTRASONIC
RELATIVE POSITIONING FOR
MULTI-ROBOT SYSTEMS", IEEE
INTERNATIONAL CONFERENCE ON
ROBOTICS AND AUTOMATION
PASADENA, USA, 2008**

(54) **SISTEM ȘI METODĂ PENTRU ORIENTARE ȘI LOCALIZARE
RELATIVĂ A UNOR SUBSISTEME AUTONOME**



RO 129802 B1

1 Prezenta invenție se referă la sisteme compuse din mai multe subsisteme distincte
2 autonome care pot avea capabilități de mobilitate și, în particular, la orientarea și localizarea
3 subsistemelor autonome, definită ca procesul de estimare a poziției și orientării curente a
4 subsistemelor în raport cu un sistem comun de coordonate, prin metode specifice de
5 cooperare și prin utilizarea unui set de dispozitive specifice de comunicații, senzori și achiziții
6 de date. Exemple de sisteme compuse vizate de prezenta invenție includ sisteme de roboți
7 mobili autonomi, de senzori inteligenți, combinații ale acestora. Alte domenii de aplicare ar
8 putea fi cel al monitorizării radioactive, explorarea apelor pentru studiul creaturilor marine,
9 produse casnice, cum ar fi roboți aspirator multipli, sisteme de pază robotizate.

10 În domeniul orientării și localizării relative a subsistemelor, există diferite soluții
11 tehnice, în diferite stadii de dezvoltare, care materializează concepte pentru diverse aplicații.

12 Este cunoscută invenția **US 19990449177** care folosește ca și abordare de localizare,
13 recunoașterea reperelor pasive. Pe baza acestei proceduri se creează o hartă de navigare.
14 Prin recunoașterea anumitor forme elementare sau mai complexe se poate deduce locația.
15 Dezavantajul acestei rezolvări este timpul de inițializare a sistemului deoarece este necesară
16 construirea hărții. Tot un dezavantaj îl reprezintă costurile ridicate a dispozitivelor de
17 recunoaștere a reperelor pasive, în anumite situații reperi pasive sunt greu de recunoscut
18 din cauza materialului sau a formei geometrice. Această rezolvare este avantajoasă atunci
19 când harta a fost creată, iar mediul rămâne același.

20 Este cunoscută invenția **US 2010023195** care folosește o soluție tehnică de localizare
21 recunoașterea reperelor active fixe. Abordarea din soluția tehnică este des întâlnită în
22 literatura de specialitate, iar soluțiile diferă în funcție de tipul reperelor active folosite.
23 Dezavantajul este comun în toate cazurile și anume funcționalitatea sistemului este redusă
24 la mediul în care reperi active fixe sunt preinstalate. Această abordare este avantajoasă
25 atunci când sistemul este creat pentru un anumit tip de aplicație în care mediul rămâne
26 același.

27 Soluțiile tehnice care folosesc abordarea localizării având la bază reperi active
28 mobile sunt mai puțin întâlnite din cauza erorilor de localizare care se acumulează odată cu
29 mobilitatea sistemului. Pentru această abordare este necesară o acuratețe mai bună a
30 dispozitivului de localizare și de asemenea o metodologie consistentă. Avantajul sistemelor
31 de localizare bazate pe reperi mobile este aceea că acestea oferă posibilitatea de a acoperi
32 o plajă mai largă de aplicații cu subsisteme colaborative, aplicații mai complexe de explorare
33 acolo unde localizarea bazată pe reperi fixe nu poate fi aplicată. În literatura de specialitate,
34 sunt descrise mai multe dispozitive care pot oferi o localizare relativă raportată la un grup de
35 subsisteme, iar aceste dispozitive diferă prin construcție și pot fi clasificate în funcție de
36 tehnologia folosită.

37 Se cunoaște de asemenea invenția **US 2013344892** în care undele electromagnetice
38 (de exemplu semnale radio) sunt utilizate în obținerea poziției, dar pentru că propagarea este
39 omnidirecțională, căile de propagare sunt complexe și viteza de propagare este prea mare,
40 locul exact de unde încep ele să se propage nu poate fi determinat cu o acuratețe bună.

41 Este cunoscută invenția **US 2014104594** în care este utilizat laserul care are un
42 spectru foarte îngust, LIDAR.

43 Este cunoscută de asemenea invenția **KR 20120046974** în care tehnologiile utilizate
44 în localizarea subsistemelor sunt bazate pe video camere omnidirecționale. Dezavantajul lor
45 este costul prohibitiv pentru multe categorii de aplicații.

46 Undele mecanice (de exemplu semnalele ultrasonice) se propagă la un raport de
47 viteză de 10^6 ori mai lent decât undele electromagnetice, ceea ce avantajează măsurarea
48 timpului de propagare a semnalului (TOF), prin urmare, coordonatele de origine ale datelor
49 comunicate pot fi determinate cu o acuratețe bună la un cost redus al dispozitivului de
50 cooperare.

RO 129802 B1

În literatură, se prezintă mai multe dispozitive bazate pe unde mecanice și acestea pot fi structurate în funcție de numărul senzorilor folosiți și poziționarea acestora.	1
a. Module cu un emițător de ultrasunete și un set de mai multe receptoare.	3
În [6] și [7] este descris un operator - sonar pentru distanțe mari, cu un traductor compus central omnidirecțional, care emite un impuls sonar în toate direcțiile și opt receptoare ultrasonice montate în cerc, la 45 de grade una față de alta, acoperind astfel 360 de grade. Un dezavantaj al acestor module hardware este faptul că emițătorul nu este tipic; un traductor compus este greu de găsit pe piața senzorilor. De asemenea, pentru achiziția de semnale, se utilizează 8 canale ADC, fiind astfel necesare 8 amplificatoare, câte unul pentru fiecare canal, ceea ce duce la creșterea suplimentară a costului. Un multiplexor analogic poate fi folosit, dar partea de achiziție devine mai complexă.	5 7 9 11
În [8] se arată că unghiul de aliniere este unul dintre factorii care influențează TOF. În acest caz, opt receptoare nu sunt o acoperire consistentă pentru o mai mare precizie pentru localizarea pe distanțe mai mari.	13
b. Module cu doar un traductor și un con acustic reflector.	15
În [9] este prezentat un modul compus dintr-un traductor ultrasonic cu două funcții: emițător și receptor. Traductorul este poziționat (îndreptat) drept în sus și toate undele ultrasonice de intrare și ieșire sunt reflectate de un con acustic reflector. Pe de o parte însă nu se discută deloc despre atenuarea semnalelor ultrasonice folosind un con acustic reflector, nu se știe dacă există pierderi de propagare datorate reflecției. Dacă intensitatea fasciculului este mai mică după reflecție atunci distanța maximă de propagare este mai mică. De asemenea, este foarte dificil să se mențină identic unghiul de incidența pentru fasciculul reflectat prin conul acustic reflector, pentru toate modulele, deoarece conurile au o anumită toleranță de producție. O altă problema constă în faptul că obstacolele nu pot fi identificate în mod corect. Există și situația interferențelor distructive: la anumite distanțe între subsisteme, undele propagate în calea directă interferează distructiv cu undele care se reflectă de podea sau obstacole.	17 19 21 23 25 27
c. Module cu un emițător de ultrasunete și două receptoare.	29
Sistemele de localizare bazate pe achiziție stereo cu ultrasunete sunt discutate frecvent în literatura de specialitate. În [10] se discută despre poziția unghiulară a unui robot mobil în raport cu o sursă de ultrasunete cunoscută. În lucrarea extinsă [11], fiecare robot este echipat cu un transmițător ultrasonic și două receptoare. Metoda folosită se bazează pe măsurarea diferenței de fază între cele două receptoare ultrasonice și măsurare TOF. Măsurarea diferenței de fază este mai precisă decât măsurarea TOF datorită rezoluției mai mari [12]. Și în cazul acestor abordări există o serie de probleme importante. Intervalul maxim de măsurare folosind metoda diferenței de fază este limitat la o perioadă de semnal, de exemplu 25 μs pentru frecvența de 40 kHz, care este echivalent cu 8 mm. Metoda diferenței de fază este utilizată pentru determinarea poziției unghiulare cu acuratețe mare, dar cu mai multe constrângeri.	31 33 35 37 39
d. Alte module ultrasonice.	41
În [13] este prezentată o turelă cu trei traductoare ca o placă de extensie pentru robotul Khepera [14]. Utilizarea acestei extensii favorizează detectarea diferitelor tipuri de obiecte. Distanța maximă pentru detectarea obiectelor este de 20 de centimetri. Acest modul nu este conceput pentru comunicarea cu alți roboți, dar este interesant faptul că semnalul de ultrasunete este utilizat pentru a îmbunătăți achiziția undelor infraroșii de pe robotul Khepera. Alte probleme legate de senzorul infraroșu se datorează faptului că unele materiale nu reflectă lumina infraroșie (de exemplu, panou de sticlă, folia de hârtie) [15].	43 45 47

RO 129802 B1

1 SpiderBat [16] este un modul cu patru emițătoare ultrasonice și patru receptoare care
sunt montate alternativ într-un cerc. Abordarea utilizată pentru măsurarea distanței se
3 bazează pe diferența de timp de sosire (TDOA), similar cu Cricket [17], dar cu o ameliorare:
transmisia de ultrasunete este pornită la un interval de timp fix (20 ms), după ce procedura
5 este inițiată de către nodul expeditor. În acest interval de timp fix (20 ms), nodul expeditor
comunică timpul de transmisie prin trimiterea unui pachet radio. În acest fel nodul receptor
7 poate stabili exact când transmisia cu ultrasunete a fost efectuată cu ajutorul unui algoritm
de sincronizare de timp expeditor - receptor [18]. După momentul de detectare cu ultra-
9 sunete, nodul receptor poate stabili distanța mai precis decât sistemul de localizare Cricket.
Prin urmare, prin executarea unui protocol de sincronizare de timp dedicat, în sistem se
11 introduce o eroare de măsurare a distanței de numai 1,4 mm, în cel mai rău caz. Deviația
standard a erorii este de 0,31 mm pentru măsurători de până la 1 m și 5,39 mm pentru dis-
13 tanțe între 1 m și 14 m. Cu patru receptoare poziționate în cruce, SpiderBat poate măsoară
unghiul de sosire, folosind informații de la maxim trei receptoare atunci când este posibil,
15 dacă nu, de la doar două. Eroarea medie măsurată este mai mică de 5° pentru distanțe
scurte.

17 Soluția conform [21] și [22] se referă la o metodologie de localizare bazată pe
abordarea relativă a reperelor într-un sistem robotizat ce cuprinde alinierea inter-robot,
19 măsurarea distanței și localizarea folosind metodele de triangulare și trilaterare. Pentru
implementarea metodologiei este folosit un sistem dezvoltat ca o platformă complexă
21 pentru studiul mediilor robotice colaborative și a rețelelor inteligente de senzori fără fir. Acest
sistem este compus dintr-un set de subsisteme autonome cu inteligență încorporată (roboți),
23 un mediu de comunicare colaborativă și o entitate centrală cu rolul de configurare, control
și supraveghere a întregului sistem. Fiecare subsistem autonom trebuie să fie echipat cu un
25 modul de comunicare și un modul de percepție. Aceste două module au un rol important
pentru procesul de localizare. Modulul de percepție este echipat cu un motor pas cu pas și
27 doi traductori cu ultrasunete. Fiecare traductor poate trimite și primi semnale ultrasonice la
o frecvență de 40 KHz. Cei doi traductori sunt montați spate în spate la 180 de grade.
29 Folosind motorul pas cu pas, fiecare traductor poate acoperi un unghi de vizibilitate de
180 de grade.

31 Există multe alte soluții tehnice semnalate în literatura de specialitate, utilizate în
aplicații cu sisteme de roboți mobili autonomi, care combină unele dintre tehnologiile
33 menționate mai sus. De exemplu, în [19] și [20], sistemul prezentat este format din mai multe
module cu doar un traductor și un con acustic reflector așa cum au fost prezentate mai sus.
35 Modulele cu prea mulți senzori și actuatori sunt prea complexe și costisitoare.

Problema pe care o rezolvă invenția este aceea de a realiza un sistem tehnic și o
37 metodă mai simplă pentru orientarea și localizarea unui set de subsisteme autonome și
colaborative, atât în spații închise, cât și deschise, fără a avea nevoie de instalarea
39 prealabilă a unor repere fixe, eliminând interferențele distructive sau erorile de măsurare
cauzate de atenuarea undelor mecanice prin unghiul de incidență prea mare la recepționare
41 în sisteme.

Dezavantajele de mai sus sunt înlăturate prin aceea că în scopul orientării și
43 localizării relative a unui set de subsisteme autonome, situate în spații închise sau deschise,
a estimării poziției și orientării curente a subsistemelor în raport cu un sistem comun de
45 coordonate, sistemul este format dintr-o unitate de procesare, un modul de percepție, echipat
cu două traductoare pentru unde mecanice (ultrasunete), montate spate în spate la 180° pe
47 o turelă a cărui poziție în plan orizontal poate fi controlată prin comanda unui motor, drivere
pentru controlul turelei, opritoare pentru detecția unghiului de referință, un senzor de

RO 129802 B1

temperatură și un modul de comunicare cu unde electromagnetice. Sub sisteme autonome sunt dotate cu câte un dispozitiv hardware pentru orientare și localizare simplu și care comunică cu subsistemele învecinate utilizând atât unde electromagnetice cât și unde mecanice. Nodul central are rolul de a centraliza coordonatele, care poate fi un echipament cu poziție fixă, sau un subsistem prestabilit, sau oricare din subsistemele setului colaborativ.

Metoda propusă se referă la trei niveluri de localizare. Primul nivel constă în localizarea subsistemelor pe baza predicției de mobilitate. La acest nivel fiecare subsistem se auto-localizează în funcție de resursele proprii de mobilitate și navigare, prin procesare locală. Al doilea nivel cuprinde o clasă de tehnici și reguli prin care un subsistem se localizează prin procesare distribuită și cooperare cu subsistemele din vecinătatea proprie, limitat de distanța maximă de cooperare. Al treilea nivel are la bază un nod coordonator ca și centralizator de coordonate, putând fi în același timp și nod de monitorizare și comandă. Rolul coordonatorului este de a gestiona mobilitatea subsistemelor astfel încât să păstreze coeficientul de acuratețe a localizării la valori ridicate.

Metoda pentru orientare și localizare relativă a unor subsisteme autonome care folosește subsisteme de tip robot mobil, fiecare subsistem având posibilitatea de a comunica prin semnale mecanice și unde electromagnetice, și un nod coordonator, care poate fi echipament fix sau unul dintre subsisteme și a cărui prim rol este de a inițializa sistemul și de a stabili sistemul global de referință, care după căutare, orientare și aliniere, calculează distanța dintre două subsisteme cu metoda TOF (Time of Flight) în care două subsisteme vecine se localizează reciproc și interacționează colaborativ pentru orientarea și localizarea relativă după o procedură desfășurată în următoarele etape funcționale:

- se formează un grup colaborativ „o pânză” alcătuit din subsistemele care au interacționat la calculul distanței, își cunosc reciproc poziția și orientarea și comunică datele nodului coordonator care recunoaște pânza și subsistemele acesteia;

- se consideră prima pânză formată ca fiind cea referențială, origine, va avea poziție fixă pe tot parcursul întregului proces;

- se formează o pânză mobilă, etapă în care cel puțin două subsisteme colaborative, sateliți, care au poziția deja stabilită prin interacțiune electromagnetică (transmitere de date) sau mecanică (ultrasunete), formează o echipă mobilă (dată fiind capacitatea de deplasare a fiecărui subsistem) cu o anumită rută de mobilitate, autodeterminată sau impusă sub comanda nodului coordonator, în așa fel încât o pânză rămâne în repaos când cealaltă pânză își modifică poziția;

- se stabilește protocolul de operare, implementat în procesorul nodului coordonator, care poate fi: static, după o calibrare manuală, prin poziționarea inițială a pânzelor de către utilizator, sau dinamic, prin re poziționarea autonomă a pânzelor în ordinea ascendentă stabilită la etapa de calibrare, de inițializare a sistemului;

- pentru următoarele pânzele mobile care se formează, pentru cele la care se constată erori de poziționare, pentru a limita propagarea acestora în etapele următoare, se ia decizia ca aceste pânze să fie considerate fixe.

Sistemul pentru orientare și localizare relativă a unor subsisteme autonome, echipate cu o unitate de procesare, driver pentru controlul poziției unei turele (8) pe care este amplasat un modul de percepție, alcătuite încât să poată comunica prin semnale mecanice (ultrasunete) și prin unde electromagnetice, între ele. Sistemul are un nod coordonator care poate fi echipament fix sau chiar unul dintre subsisteme și a cărui prim rol este de a inițializa sistemul, de a stabili sistemul global de referință și de a aplica metoda pentru orientare și localizare relativă a unor subsisteme autonome.

RO 129802 B1

1 Un opritor mecanic determină unghiul de rotație în jurul axei z al subsistemului în
raport cu sistemul de coordonate al modulului de percepție ϕ , este care este detectat de
3 driverul motorului atunci când curentul forței electromotoare spate crește semnificativ și pe
baza pașilor parcurși de un motor pas cu pas. Un modul de comunicații prin unde
5 electromagnetice este folosit pentru determinarea distanțelor astfel încât, o pânză mobilă cu
poziție necunoscută poate calcula distanța față de o pânză cu poziție cunoscută. Niște
7 senzori care acoperă, în plan orizontal, un unghi mai mare de 180 de grade cu ajutorul
rotației motorului până la un unghi limită, astfel încât modulul de percepție al subsistemului
9 poate opera omnidirecțional și se poate alinia cu oricare modul de percepție al unui alt
subsistem învecinat, din raza de vizibilitate. Modulul de percepție este echipat cu o
11 componentă ridicătoare de tensiune variabilă la transmisie, configurată pentru a obține la
bornele senzorului de ultrasunete o tensiune mai mare, pentru a comunica la distanțe mai
13 mari iar unitatea de procesare ajustează amplitudinea semnalului generat la transmisie și
factorul de amplificare la recepție și restrânge limitele de căutare în plan orizontal, în etapele
15 de căutare și aliniere, atunci când canalul de citire a semnalului mecanic recepționat este
saturat sau se constată că a fost identificat un nivel maxim local de semnal.

17 Sistemul și metoda conform invenției, prezintă următoarele avantaje:
- aplicabilitate fără a necesita sisteme de orientare și localizare cu reper fix;
19 - aplicabilitate acolo unde nu există repere pasive sau sunt foarte greu de recunoscut;
- aplicabilitate atât pentru spații închise, cât și pentru spații deschise;
21 - poate fi mutat în alt mediu fără a fi nevoie de o preinstalare;
- se bazează pe un număr redus de senzori în raport cu alte soluții din domeniu;
23 - sunt mai simple în raport cu sistemele similare cunoscute;
- permit calculul distanței între subsistemele autonome, eliminând timpii impredictibili
25 proveniți din comunicarea datelor prin unde electromagnetice și fără a necesita sincronizarea
bazelor de timp ale subsistemelor;
27 - elimină problema interferențelor distructive;
- elimină problema erorii de măsurare cauzate de atenuarea undelor mecanice prin
29 unghiul de incidență prea mare la recepționare;
- are acuratețe bună de localizare;
31 - metoda folosită nu limitează numărul subsistemelor;
- sistemul este eficient energetic, eterogen, tolerant la defecte și reconfigurabil.

33 Se dă în continuare, un exemplu de realizare a invenției în legătură cu fig. 1...9 care
prezintă:

35 - fig. 1, sistem robotic format din mai multe subsisteme;
- fig. 2, dispozitiv de orientare și localizare;
37 - fig. 3, unghiul de vizibilitate de 240° al traductorilor ultrasonici de pe modulul de
percepție;
39 - fig. 4, schema bloc a dispozitivului de orientare și localizare;
- fig. 5, prima pânză construită în sistem;
41 - fig. 6, algoritm de detecție a directivității undelor mecanice;
- fig. 7, schema procesului de calcul al distanței;
43 - fig. 8, sistemul global de referință xOy;
- fig. 9, reguli de formare a pânzelor.

45 Pentru a menține o comunicare de date între subsistemele autonome, se folosesc
undele electromagnetice (de exemplu semnalele radio, Ultra-Wideband - UWB, Chirp spread
47 spectrum-CSS). Undele mecanice (de exemplu semnalele ultrasonice) sunt folosite pentru
a determina distanța dintre două subsisteme, iar pentru a obține poziția se aplică metoda
49 invenției propusă bazată pe o abordare geometrică.

RO 129802 B1

Pentru a calcula distanța dintre două subsisteme este nevoie de o directivitate corespunzătoare a senzorilor cu care sunt echipate subsistemele autonome. Pentru aceasta, se definește noțiunea de aliniere ca și o procedură ce o precede pe cea de calcul a distanței. Prin aliniere înțelegem ajustarea senzorilor a două subsisteme, implicați în procedura de determinare a distanței, astfel încât să fie orientați pe direcția ce unește subsistemele.

Pentru a realiza procedura de aliniere, dispozitivul propus, denumit în continuare turelă, este echipat cu un motor pas cu pas (4). Motorul are dimensiuni reduse și un cuplu minim suficient pentru a putea să rotească de exemplu un circuit cu doi senzori ultrasonici poziționați la un unghi de 180 de grade unul față de celălalt. Cei doi senzori (3) pot avea rol atât de transmisie cât și de recepție. Pentru ca să poată fi operabil și pentru distanțe mai mari, circuitul este prevăzut la transmisie cu o componentă ridicătoare de tensiune variabilă și, la recepție, cu un amplificator cu factor de amplificare variabil. Mecanismul astfel configurat oferă posibilitatea controlului poziției modulului de percepție (plăcii cu senzori) în planul orizontal xOy. Pentru extinderea funcționalității soluției propuse se poate adăuga un al doilea motor (7) care ar permite controlul poziției modulului de percepție (plăcii cu senzori) și în plan vertical.

Numărul senzorilor este ales astfel încât prin rotație, dispozitivul să poată avea o vizibilitate omnidirecțională, eliminându-se problema limitării rotației din cauza firelor de legătură între turelă și modulul de control al turelei. Pentru a garanta alinierea oricăror două subsisteme, modulul de percepție (1) are o rotație mai mare de 180 de grade (de exemplu 240 de grade, fig. 3).

Procedura de aliniere constă în cooperarea a două subsisteme prin interfețele de comunicare fără fir, bazate pe unde electromagnetice, pentru a permite celor două subsisteme să schimbe informații necesare și se bazează pe măsurarea continuă a intensității undelor mecanice. Două subsisteme care cooperează și execută procedura de aliniere au funcții diferite, unul dintre subsisteme este transmițător de semnal mecanic, iar celălalt este receptor.

Două subsisteme se pot alinia pe baza directivității undelor mecanice prin două metode:

- în timp ce două subsisteme rotesc o turelă de la o limită la altă, repetat, cu viteze diferite, subsistemul receptor calculează puterea semnalului mecanic care se propagă de la subsistemul transmițător;

- în timp ce primul subsistem rotește turela, al doilea subsistem menține turela la un anumit unghi. Pentru fiecare rotație a turelei primului subsistem, de la o limita la alta, turela celui de-al doilea subsistem incrementează, ajustează unghiul de orientare, cu un pas dat de intervalul de directivitate de formă conică a senzorului de semnal mecanic. Procedura se repetă până la obținerea unui semnal maxim.

Tehnica propusă pentru calculul distanței este concepută în așa fel încât timpii impredictibili proveniți din comunicarea datelor prin unde electromagnetice, să nu influențeze rezultatul de calcul al timpului de propagare a undei mecanice. De asemenea, nu este nevoie să se sincronizeze bazele de timp ale subsistemelor.

Oricare două subsisteme care au efectuat procedura de aliniere pot calcula apoi distanța aplicând tehnica specifică propusă. Ca și în cazul procedurii de aliniere și în cazul calculului distanței subsistemele au funcții diferite, unul dintre subsisteme este transmițător de semnal mecanic, iar celălalt este receptor. Tehnica de calcul a distanței se bazează pe tehnică TOF (Time of Flight), dar este compusă, în sensul că rolurile de transmițător și receptor sunt preluate pe rând de fiecare subsistem. Primul subsistem activează un cronometru și transmite un semnal mecanic care se propagă în direcția celui de-al doilea.

RO 129802 B1

1 Al doilea subsistem recepționează semnalul mecanic și identifică vârful maxim (de exemplu,
2 prin metoda cros-corelației). Cel de-al doilea subsistem așteaptă un timp prestabilit după
3 care devine transmițător, iar primul subsistem devine receptor. Al doilea subsistem transmite
4 semnalul mecanic, iar primul recepționează și determină valoarea maximă a semnalului.
5 După ce recepționează semnalul mecanic, primul subsistem oprește cronometrul pentru a
6 deduce timpul total de propagare, de unde scade timpul prestabilit de așteptare. Astfel primul
7 subsistem obține de două ori timpul de propagare a semnalului mecanic între cele două
8 subsisteme. În soluția propusă conform invenției, asemănător cu tehnica TOF, distanța este
9 obținută pe baza timpului de propagare a semnalului, dar este luată în considerare și
10 temperatura ambientală pentru a compensa calculul distanței.

11 Primul rol al nodului coordonator este de a inițializa sistemul. Considerăm un sistem
12 compus din n subsisteme, $S = \{s_1, s_2, \dots, s_n\}$ fiecare subsistem poate comunica prin semnale
13 mecanice la o distanță d sau prin unde electromagnetice la o distanță r . Există două tipuri
14 de subsisteme: necunoscute și stabilite. În cazul subsistemelor necunoscute, orientarea și
15 localizarea acestora nu sunt determinate. Scopul principal al sistemului de localizare este
16 de a determina orientarea și localizarea pentru fiecare subsistem necunoscut,
17 transformându-l astfel într-un subsistem stabilit.

18 Pentru fiecare subsistem, se definește câte o zonă verde, ca fiind aria dată de raza
19 d și limitată de obstacole sau alte elemente de mediu, în care este posibilă comunicarea prin
20 semnale mecanice. Zona galbenă se definește ca fiind aria dată de rază r , în care este
21 posibilă comunicarea prin semnale electromagnetice. Aria exterioară zonei galbene se
22 definește ca fiind zona roșie. Conform cu aceste trei tipuri de zone, fiecare subsistem își
23 gestionează un set propriu de liste. În lista verde se vor include toate celelalte subsisteme
24 aflate în zona verde a subsistemului respectiv, în mod similar, lista galbenă conține subsis-
25 teme din zona galbenă, iar lista roșie conține subsistemele care au părăsit atât zona verde
26 cât și pe cea galbenă.

27 Adăugarea unui subsistem în lista verde se face pe baza procedurii de aliniere. Un
28 subsistem încearcă să se alinieze cu toate subsistemele din lista galbenă, eliminând din start
29 pe cele care sunt evident limitate de distanță prea mare, obstacole sau alte elemente din
30 mediu și adaugă în lista verde acele subsisteme cu care reușește să se alinieze.

31 Fiecare subsistem s_i are o pereche de coordonate, $(x_i, y_i) \in \mathbb{R}^2$. Coordonatele pot fi
32 raportate la un sistem de referință global, comun pentru tot setul de subsisteme autonome,
33 sau la unul local, al subsistemului s_i . De aceea, pentru n subsisteme, se vor putea utiliza în
34 total $n+1$ sisteme de referință. Sistemul global de referință se notează cu xOy și este stabilit
35 la inițializarea setului de subsisteme autonome. Nodul coordonator înregistrează toate
36 coordonatele în raport cu axele globale de referință. Pentru fiecare subsistem s_i stabilit, axa
37 locală de referință Ox_i este paralelă cu axa globală de referință Ox . Pentru fiecare subsistem
38 necunoscut, axa locală de referință Ox_i este suprapusă peste propria direcție de deplasare
39 (orientare).

40 Un subsistem necunoscut se poate localiza față de un subsistem stabilit pe baza
41 metodei triangulației. Conform metodei triangulației se cunoaște unghiul și distanță între
42 subsistemul necunoscut și sistemul stabilit de unde se deduce poziția subsistemului
43 necunoscut.

44 Un subsistem necunoscut se poate localiza față de două subsisteme stabilite pe baza
45 metodei trilaterăției. Conform metodei trilaterăției se cunosc distanțele dintre subsistemul
necunoscut și subsistemele stabilite de unde se deduce poziția subsistemului necunoscut.

RO 129802 B1

Se definește o proprietate specială pentru localizarea subsistemelor, denumită 1
confiență de localizare, $\xi \in N$. Toate subsistemele necunoscute au o valoare minimă asociată 3
acestei proprietăți. Subsistemul care se află în origine la momentul stabilirii sistemului global 3
de referință xOy , are confiență maximă.

Pentru a menține cât mai ridicată confiență sistemului, localizarea subsistemelor 5
necunoscute se realizează cu ajutorul pânzelor. O pânză este formată din cel puțin două 7
subsisteme stabilite. Locul de conservare a pânzei se poate modifica prin mobilitatea pânzei. 7
Ruta de mobilitate a unei pânze, densitatea pânzelor și numărul acestora sunt stabilite în 9
funcție de aplicație, de nodul coordonator (dinamic, prin managementul mobilității) sau de 9
utilizator (static, la configurarea sistemului). Pentru a menține valoarea de confiență cât mai 11
ridică, o pânză își poate schimba poziția cu ajutorul altei pânze. Astfel ia naștere procedura 11
de împletire. Pentru a schimba și a stabili un alt loc de conservare al pânzei, zicem că o 13
pânză se împletește cu o altă pânză. Prin împletire se înțelege că o pânză rămâne în repaos 13
când cealaltă pânză își modifică poziția. Pentru a păstra superior coeficientul de acuratețe 15
a localizării, numărul de împletiri trebuie să fie cât mai mic. Toate subsistemele care fac parte 15
dintr-o pânză poartă denumirea de subsisteme sateliți, au poziția deja stabilită prin 17
interacțiune în modul colaborativ conform metodei descrise, iar funcția lor este de a localiza 17
celelalte subsisteme. Celelalte subsisteme care au alte funcții în sistem pot să își 19
reîmprospăteze poziția relativă cu ajutorul subsistemelor sateliți. Dacă un nod necunoscut 19
are mai mulți sateliți în lista verde, pentru a se localiza va folosi ca și reper sateliții cu 21
confiența mai mare.

Toate pânzele care au poziție fixă în sistem și nu își modifică poziția sunt numite 23
baze. Rolul bazelor este de a reseta propagarea erorilor în localizare. Prima pânză din 23
sistem care devine bază este chiar pânza din origine. Poziționarea bazelor se realizează 25
printr-o abordare topologică iar localizarea pânzelor se realizează printr-o abordare metrică. 25

Bazele oferă pânzelor informații suplimentare care să îmbunătățească confiența de 27
localizare a pânzelor. Un subsistem care face parte din bază poate comunica cu un 27
subsistem necunoscut prin semnale electromagnetice (de exemplu Ultra-Wideband - UWB), 29
astfel, subsistemele pot calcula distanțe față de bază. În acest caz, zona galbena este zona 29
în care o bază poate calcula distanța prin semnale electromagnetice față de pânzele din 31
aceeași clasă. Clasa se referă la toate pânzele care aparțin unei baze. 31

Localizarea unui subsistem necunoscut se realizează prin fuziunea informațiilor 33
provenite din utilizarea combinată a semnalelor electromagnetice și ultrasunete. Confiența 33
distanțelor măsurate pe baza semnalelor de ultrasunete (3) este mai mare decât confiența 35
distanțelor obținute pe baza semnalelor electromagnetice (10), dar prin fuziune se ajunge 35
la o confiența totală mai mare.

Față de dispozitivele de localizare existente, dispozitivul invenției are un număr redus 37
de senzori, dar este prevăzut cu o turelă care direcționează senzorii în mod corespunzător, 39
eliminând problema interferențelor distructive sau a erorilor de măsurare cauzate de 39
atenuarea undelor mecanice prin unghiul de incidență prea mare la recepționare. Metoda 41
invenției se bazează pe tehnici și reguli de mobilitate cu rolul de a păstra coeficientul de 41
acuratețe a localizării la valori ridicate.

Se dă în continuare un exemplu de realizare a invenției într-o aplicație ce are ca scop 43
supravegherea imobilelor cu un sistem colaborativ de roboți. Va fi luat un exemplu de un 45
imobil cu 4 încăperi. Suprafețele camerelor sunt date în continuare: C1 - 20 m², C2 - 54 m², 45
C3 - 50 m², C4 - 54 m². Presupunem că utilizatorul dorește o monitorizare în intervalul orar 47
20:00-06:00 în care sistemul să fie activ, iar în intervalul 06:00-20:00 sistemul să devină 47
inactiv, chiar mai mult, să nu mai fie prezent. Utilizatorul dorește să monitorizeze câte două 49
obiecte în fiecare cameră (fig. 1).

RO 129802 B1

1 *Resurse necesare*

3 Este nevoie de un sistem robotic format din mai multe subsisteme (fig. 1). Fiecare
subsistem este un robot mobil echipat cu mai multe module dintre care și un modul de
percepție.

5 Dispozitivul de orientare și localizare (fig. 2), este compus dintr-o unitate de procesare
(5), un modul de percepție (1) echipat cu două traductoare (3) pentru unde mecanice
(ultrasunete), montate spate în spate la 180° pe o turelă a cărei poziție în plan orizontal poate
7 fi controlată prin comanda unui motor (4), drivere pentru controlul turelei (8), opritoare (6)
9 pentru detecția unghiului de referință, un senzor de temperatură (9) și un modul (10) de
comunicare cu unde electromagnetice iar pentru extinderea funcționalității soluției propuse,
11 compunerii mai sus descrise i se poate adăuga, opțional: un al doilea motor (7), pentru
controlul poziției în plan vertical și un compas digital (2). Fiecare traductor (3) are un interval
13 de directivitate de formă conică de aproximativ 50 de grade și poate să emită sau să
recepționeze semnale ultrasonice la frecvența de 40 KHz. Traductoarele ultrasonice sunt
15 direcționate de turelă pentru a obține orientarea și poziția robotului în procesul de navigare.
Prin rotirea turelei, fiecare traductor poate acoperi un unghi de vizibilitate de 240 de grade
17 (fig. 3).

19 Schema bloc a dispozitivului de orientare și localizare este prezentată în fig. 4.
Procesorul folosit este TMS320F28016 (Texas Instruments), utilizat pentru rapiditate,
achiziție periodică de date și procesare. Două traductoare similare sunt utilizate atât pentru
21 transmiterea și pentru recepționarea semnalelor ultrasonice. Senzorul BPU-16401OAH12
(Bestar Electronics) a fost selectat, datorită caracteristicilor sale convenabile, care includ
23 costuri reduse, operare bidirecțională, frecvența nominală de 40 kHz și tensiune maximă de
intrare de 120 Vpp. Partea de comutare la nivelul traductor (operație bidirecțională), a fost
25 implementată cu ajutorul circuitelor MOSFET SÎ4894DY.

27 *Aplicarea metodei. Stabilirea sistemului global de referință.*

29 Sistemul global de referință xOy este stabilit de roboții r_1 și r_2 conform poziționării
acestora de către utilizator. Orientarea robotului n este aceeași cu orientarea robotului r_2 , iar
orientarea acestora indică axa Ox. Robotul r_1 este și nodul coordonator al sistemului.

31 *Construirea pânzelor*

33 Pentru a localiza celelalte subsisteme din sistem este nevoie de cel puțin o pânză.
Astfel pânza p_1 formată din roboții r_1 și r_2 este prima pânză construită în sistem (fig. 5). Pânza
 p_1 este poziționată în camera C1 de către utilizator. Utilizatorul stabilește camerele care vor
35 fi monitorizate. Utilizatorul antrenează sistemul prin plasarea manuală a pânzelor pentru ca
sistemul să devină funcțional sau în cazul aplicațiilor de navigare, roboții se antrenează
37 autonom pentru a poziționa optim pânzele astfel încât sistemul să devină funcțional.
Plasarea pânzei p_2 presupune un alt mediu (camera C2). Pentru a trece coordonatele dintr-
un mediu în altul, ar trebui extinsă pânza p_1 , temporar, cu cel puțin 2 roboți: r_3 și r_4 , poziționați
39 în C1, la limita trecerii din mediul C1 în mediul C2, iar o altă pânză ajutătoare p_3 formată din
roboții r_1 și r_8 va fi formată în C2, la limita trecerii din mediul C2 în mediul C1. Astfel, la
41 momentul t_1 pânza p_3 se localizează având ca și reper pânza p_1 .

43 Pentru ca sistemul de localizare să opereze și în mediul C3, este poziționată o altă
pânză ajutătoare p_4 formată din r_9 și r_{10} la limita trecerii din mediul C2 în mediul C3. La
momentul t_3 , pânza p_4 se va localiza având ca și reper pânza p_3 deoarece sateliții din p_3 au
45 confiență mai mare față de sateliții din p_2 . Pașii se parcurg în mod asemănător (conform
fig. 5), până va fi localizată și pânza p_3 în camera C3 și în mod similar pentru pânza p_4 din
47 camera C4.

RO 129802 B1

După cum se observă în fig. 5, pentru a menține confiență sistemului de localizare cât mai ridicată, distanțele de împletire trebuie minimizate și, de asemenea, trebuie minimizat numărul de împletiri. Astfel, în cazul unei aplicații de navigare, regulile de mobilitate a pânzelor se pot face pe baza teoriei grafurilor ponderate în care nodurile reprezintă toate pozițiile pe care le poate lua o pânză într-un mediu astfel încât metodologia de localizare să fie aplicabilă, iar poziția dorită, dată de managementul mobilității, să fie drumul cel mai scurt dintre nodul din originea sistemului și nodul țintă.

În fig. 9 sunt redate pe scurt 3 reguli de poziționare a pânzelor atunci când sistemul intră în starea mobilă.

Regula poziționării perpendiculare (PRP) constă în a poziționa roboții mobili pe o linie perpendiculară față de linia care unește pânza actuală cu pânza următoare.

Regula distanței mari (DST) constă în mărirea distanței dintre roboții care fac parte din aceeași pânză.

Regula drumului scurt (SRT) constă în a reduce drumul parcurs prin reducerea numărului de pânze.

Față de cazul în care în formarea pânzelor nu se aplică reguli (NA), avantajul regulilor aplicate duc la creșterea confienței în localizare.

Procedura de aliniere

Înainte de a calcula distanța dintre două subsisteme, acestea vor efectua în prealabil procedura de aliniere, care se bazează pe directivitatea undelor mecanice (fig. 6). În timp ce cele două subsisteme își rotesc turela cu viteze diferite, cu un raport între 1/2 și 1/3 (stabilit la inițializarea sistemului, în așa fel încât performanța procedurii de aliniere să fie optimă), subsistemul receptor determină puterea semnalului mecanic care se propagă de la subsistemul transmițător. Turelele celor două subsisteme se pot roti în aceeași direcție sau în direcții opuse. La inițializarea sistemului, sensul de rotație este ales aleatoriu, iar apoi se stabilește după fiecare ciclu de interpretare a datelor (semnalelor recepționate). Pentru fiecare perioadă a semnalului mecanic, se determină valoarea maximă recepționată iar apoi, pentru fiecare pas întreg de rotație a motorului pas cu pas, se obține puterea semnalului mecanic prin filtrarea maximelor obținute. Dacă se simte creșterea puterii semnalului față de pasul de rotație anterior, se va continua rotirea până va fi întâlnită o scădere a puterii semnalului. Apoi, turelele celor două subsisteme vor schimba direcțiile de rotație pentru a reveni la poziția anterioară. Un caz special este considerat atunci când turelele celor două subsisteme sunt deja aliniate înainte de începerea procedurii de aliniere. În acest caz, se simte de la început o scădere a puterii semnalului recepționat și se vor modifica direcțiile de rotație a turelelor pentru a găsi din nou maximum. Deciziile care se iau în urma interpretării datelor sunt următoarele: sensul de rotație, viteză de rotație, inversarea rolurilor de transmițător și receptor, stabilirea granițelor de căutare a puterii semnalului (rotația este redusă la un interval mai restrâns), schimbarea amplitudinii semnalului generat la transmisie, schimbarea factorului de amplificare la recepție și în final decizia de a opri procedura de aliniere.

Calculul distanțelor

În cele ce urmează va fi prezentat modul de calcul a distanței (fig. 7). Primul subsistem, S_1 , care inițial are rol de transmițător, transmite mesajul START prin semnal electromagnetic către al doilea subsistem, S_2 . Subsistemul S_2 răspunde tot prin semnal electromagnetic cu mesajul SIG REQ și, simultan, lansează procesul de achiziție pentru semnal mecanic. Ca și răspuns la mesajul SIG REQ, S_1 activează procesul de transmisie a semnalului mecanic către S_2 și activează un timer prin care măsoară timpul total de derulare a procedurii de calcul a distanței, Δt . În momentul detectării la recepție a semnalului mecanic, S_2 activează un timer cu o valoare predefinită δM , cu o durată suficient de mare astfel încât să cuprindă recepționarea întregului semnal mecanic transmis de către S_1 . După

RO 129802 B1

1 intervalul de timp δM , S_2 transmite mesajul START S_2 prin semnal electromagnetic către
 2 subsistemul S_1 și activează un al doilea timer, de valoare predefinită δE , suficient de mare
 3 pentru a acoperi durata de recepție a semnalului electromagnetic (se ia în considerare cea
 4 mai defavorabilă situație pentru întârzierea provenită de la protocolul modulului de comuni-
 5 care). După ce recepționează semnalul electromagnetic, S_1 activează taskul de recepție al
 6 semnalului mecanic. La expirarea timpului δE , S_2 transmite semnal mecanic către S_1 . În final,
 7 după ce recepționează semnalul mecanic de la S_2 , subsistemul S_1 oprește timer-ul prin care
 8 determina durata Δt . Ca și rezultat, intervalul Δt conține două valori predefinite δM și δE și
 9 dublul timpului de propagare a semnalului mecanic între S_1 și S_2 .

Bazat pe acest timp de propagare, distanța poate fi exprimată astfel:

$$11 \quad d = c (\Delta t - \delta M - \delta E)/2$$

Unde c este viteza undei mecanice prin mediul în cauză.

13 *Obținerea coordonatelor*

Notăm cu θ_i unghiul care translatează sistemul local de referință $x_i O y_i$ al
 15 subsistemului i , la sistemul global de referință $x O y$ (fig. 8). Astfel, orientarea subsistemelor
 în raport cu axa globală de referință Ox este dată de unghiul θ_i .

17 Considerăm două subsisteme i și j . Notăm cu α_{ij} , unghiul dintre dreapta de orientare
 a subsistemului i și dreapta care unește cele două subsisteme, i și j .

19 Pentru a determina unghiul θ_j în funcție de θ_i se consideră ecuația de mai jos:

$$21 \quad \theta_j = (\alpha_{ij} - \alpha_{ji} + \theta_i + 180^\circ) \pmod{360^\circ}$$

21 De asemenea, vom nota cu β_{ij} unghiul dintre axa de referință Ox proiectată în punctul
 22 i și dreapta care unește cele două subsisteme, i și j .

23 Unghiul β_{ij} , se obține aplicând formulă de mai jos:

$$25 \quad \beta_{ij} = (\alpha_{ij} + \theta_i) \pmod{360^\circ}$$

Folosim metoda triangulației pentru a localiza subsistemul necunoscut j în raport cu
 27 originea axei locale de coordonate a subsistemului i , dacă i este un subsistem necunoscut,
 sau, în raport cu originea axei globale de referință dacă i este un subsistem stabilit. Astfel
 28 locația subsistemului j se obține cunoscând distanța d_{ij} și unghiul β_{ij} astfel:

$$29 \quad \begin{cases} I \begin{cases} x_j = x_i + d_{ij} \cos \beta_{ij} \\ y_j = y_i + d_{ij} \sin \beta_{ij} \end{cases}, \beta_{ij} \in \left[0, \frac{\pi}{2}\right) \\ 31 \\ 33 \quad II \begin{cases} x_j = x_i - d_{ij} \cos(\pi - \beta_{ij}) \\ y_j = y_i + d_{ij} \sin(\pi - \beta_{ij}) \end{cases}, \beta_{ij} \in \left[\frac{\pi}{2}, \pi\right) \\ 35 \\ 37 \quad III \begin{cases} x_j = x_i - d_{ij} \cos(\beta_{ij} - \pi) \\ y_j = y_i - d_{ij} \sin(\beta_{ij} - \pi) \end{cases}, \beta_{ij} \in \left[\pi, \frac{3\pi}{2}\right) \\ 39 \\ IV \begin{cases} x_j = x_i + d_{ij} \cos(2\pi - \beta_{ij}) \\ y_j = y_i - d_{ij} \sin(2\pi - \beta_{ij}) \end{cases}, \beta_{ij} \in \left[\frac{3\pi}{2}, 2\pi\right) \end{cases}$$

Folosim metoda trilaterăției pentru a localiza subsistemul necunoscut k în raport cu
 41 alte două subsisteme stabilite i și j . Astfel locația subsistemului k se obține cunoscând
 distanțele d_{ik} , d_{jk} și coordonatele subsistemelor i și j astfel:

$$43 \quad y_k = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$45 \quad x_k = s + \frac{y_k (y_i - y_j)}{x_j - x_i}$$

unde,

$$\begin{cases} a = \frac{(y_i - y_j)^2}{(x_j - x_i)^2} + 1 \\ b = \frac{2(s - x_j)(y_i - y_j)}{x_j - x_i} - 2y_j \\ c = (s - x_j)^2 + y_j^2 - d_{jk}^2 \end{cases}$$

și

$$s = \frac{d_{ik}^2 - d_{jk}^2 + x_j^2 + y_j^2 - x_i^2 - y_i^2}{2(x_j - x_i)}$$

După cum se observă, se obțin două locații simetrice față de dreapta ce unește subsistemele i și j . Soluția corectă este poziția mai apropiată de cea obținută prin metoda triangulației, ce are o singură soluție dar cu confiență mai mică.

Orientarea modulului de percepție

Unghiul ϕ (fig. 2) reprezintă unghiul de rotație (yaw) în jurul axei z al subsistemului în raport cu sistemul de coordonate al modulului de percepție (1). Acest unghi este controlat de motorul (4) cu axul vertical al subsistemului. Unghiul este zero acolo unde driver-ul de motor obține detecția opritorului prin semnal Back-EMF. Unghiul α (fig. 8) este unghiul dintre axa x al subsistemului și linia care unește două subsisteme. Unghiul ϕ (fig. 8) este unghiul dintre axa x al sistemului de coordonate global din origine și linia care unește două subsisteme. Dacă α este egal cu ϕ în cazul a două subsisteme, putem spune că pe planul xOy cele două subsisteme sunt aliniate ideal.

Unghiul ψ reprezintă unghiul de rotație (pitch) în jurul axei y a modulului de percepție (1) în raport cu planul xOy al subsistemului. Acest unghi este controlat de motorul (7) cu axul orizontal al subsistemului. Și în acest caz, unghiul este zero acolo unde driver-ul de motor obține detecția opritorului prin semnal Back-EMF. Unghiul γ este unghiul dintre planul xOy al subsistemului și linia care unește două subsisteme. Unghiul δ este unghiul dintre planul xOy al sistemului de coordonate global din origine și linia care unește două subsisteme. Dacă γ este egal cu ψ în cazul a două subsisteme, putem spune că și în spațiul tridimensional cele două subsisteme sunt aliniate ideal.

În cazul orientării unui subsistem în raport cu alt subsistem, un rol important au următoarele: pasul motoarelor (4) și (7), opritoarele (6), compasul digital (2) și procedura de aliniere bazată pe senzorii ultrasonici (3). Ca și metodă pentru estimarea orientării este folosit modelul EKF (Extended Kalman Filter) folosind datele de la compasul digital ca și predicție iar actualizarea se face pe baza datelor obținute din procedura de aliniere.

Modul inactiv

În modul inactiv (06:00-20:00) sistemul se va retrage în camera C1. Retragerea se realizează prin tehnica de creare a unui șir de subsisteme, pe baza urmării subsistemului predecesor din șir. Roboții r_1 și r_2 rămân noduri stabilite (formează o bază) și în modul inactiv.

RO 129802 B1

1 *Modul activ*

În modul activ (20:00-06:00) sistemul, fiind deja antrenat, se va regrupa autonom conform metodei.

Există multe domenii în care invenția poate fi aplicată. Putem menționa aici medii radioactive de monitorizare, explorarea apelor pentru a studia creaturile marine, aparate robotice inteligente ca de exemplu aspiratoare colaborative, sistem de pază robotizat, sistem pentru prinderea rozătoarelor și așa mai departe. Aplicațiile în care poate fi folosită metoda propusă pot fi grupate în două categorii: aplicații în care punctele de conservare (pânzele de localizare) sunt stabilite static de către utilizator, cum ar fi de exemplu un sistem de pază și supraveghere într-o clădire, sau aplicații în care punctele de conservare pot fi stabilite dinamic prin managementul mobilității, cum sunt de exemplu aplicațiile de explorare.

13 **Bibliografie**

15 [1] US19990449177

[2] US2010023195

17 [3] US2013344892

[4] US2014104594

19 [5] KR20120046974

[6] L. Navarro-Serment, R. Grabowski, C. Paredis și P. Khosla, „*Millibots*”, Robotics & Automation Magazine, IEEE, vol. 9, nr. 4, pp. 31-40, Dec 2002.

21 [7] H. Brown, J. Vande Weche, C. Bererton și P. Khosla, „*Millibot trains for enhanced mobility*”, Mechatronics, IEEE/ASME Transactions on, vol. 7, nr. 4, pp. 452-461, Dec. 2002.

23 [8] F. Franceschini, D. Maisano, L. Mastrogiacomo și B. Pralio, „*Ultrasound Transducers for Large-Scale Metrology: A Performance Analysis for Their Use by the MScMS*”, instrumentation and Measurement, IEEE Transactions on, vol. 59, nr. 1, pp. 110-121, Jan. 2010.

25 [9] R. Tinos, L. Navarro-Serment și C. Peredis, „*Fault tolerant localization for teams of distributed robots*”, in Intelligent Robots and Systems, 2001. Proceedings. 2001 IEEE/RSJ International Conference on, Maui, HI, 2001.

27 [10] S. Shoval și J. Borenstein, „*Measurement of Angular Position of a Mobile Robot Using Ultrasonic Sensors*”, in ANS Conference on Robotics and Remote Systems, Pittsburgh, PA, April 1999.

29 [11] S. Shoval și J. Borenstein, „*Measuring The Relative Position And Orientation Between Two Mobile Robots With Binaural Sonar*”, in ANS 9th International Topical Meeting on Robotics and Remote Systems, Seattle, Washington, March 2001.

31 [12] F. Figueroa și E. Bărbieri, „*An ultrasonic ranging system for structural vibration measurements*”, instrumentation and Measurement, IEEE Transactions on, vol. 40, nr. 4, pp. 764-769, Aug 1991.

33 [13] F. Montes-Gonzalez, D. Flandes-Eusebio și L. Pellegrin-Zazueta, „*Action Selection and Obstacle Avoidance using Ultrasonic and Infrared Sensors*”, in Frontiers in Evolutionary Robotics, InTech, April 2008.

35 [14] F. Mondada, E. Franzi și A. Guignard, „*The Development of Khepera*”, in Experimentis with the Mini-Robot Khepera, Proceedings of the First International Khepera Workshop, Paderborn, 1999.

37 [15] F. Montes-Gonzalez, J. Velasquez-Matus, F. Aldana-Franco și R. Palacios, „*The Development of an Ultrasonic Turret Extension for the Khepera Robot to Avoid Legged Object*”, in Introduction to Modern Robotics, iConcept Press, 2013.

RO 129802 B1

- [16] G. Oberholzer, P. Sommer și R. Wattenhofer, „*SpiderBat: Augmenting wireless sensor networks with distance and angle information*”, in Information Processing in Sensor Networks (IPSN), 2011 Wth International Conference on, Chicago, IL, 12-14 April 2011. 1
3
- [17] N. Priyantha, „*The Cricket Indoor Location System*”, Ph.D. Thesis, Dept. of Electrical Eng. and Comput. Sci., Massachusetts Institute of Technology, USA, Jun 2005. 5
- [18] B. Kusy, P. Dutta, P. Levis, M. Maroti, A. Ledeczi și D. Culler, „*Elapsed Time on Arrival: A simple and versatile primitive for canonical time synchronization services*”, Int. J. AdHoc Ubiquitous Comput., vol. 1, nr. 4, pp. 239-251, 2006. 7
- [19] F. Rivard, J. Bisson, F. Michaud și D. Letourneau, „*Ultrasonic relative positioning for multi-robot systems*”, în Robotics and Automation, 2008. ICRA 2008. IEEE International Conference on, Pasadena, CA, 19-23 May 2008. 9
11
- [20] P. M. Maxim, S. Hettiarachchi, W. M. Spears, D. F. Spears, J. Hamann, T. Kunkel și C. Speiser, „*Trilateration localization for multi-robot teams*”, in Proceedings of the Sixth International Conference on Informatics in Control, Automation and Robotics, Special Session on MultiAgent Robotic Systems (ICINCO'08), Funchal, Madeira - Portugal, 2008. 13
15
- [21] A. Stancovici, S. Indreica, M. V. Micea, V. Cretu, V. Groza, „*Relative Localization Methodology for Autonomous Robots in Collaborative Environments*”, International Instrumentation and Measurement Technology Conference (I2MTC), 2013 IEEE, pp. 1730-1733, Minneapolis, USA, May 2013. 17
19
- [22] M. V. Micea, A. Stancovici, D. Chiciudean, C. Filote, „*Indoor Inter-Robot Distance Measurement in Collaborative Systems*”, Advances in Electrical and Computer Engineering, vol. 10, issue 3, Suceava, România, pp. 21-26, Aug. 2010. 21

RO 129802 B1

Revendicări

1

3

1. Metodă pentru orientare și localizare relativă a unor subsisteme autonome care folosește subsisteme de tip robot mobil, fiecare subsistem având posibilitatea de a comunica prin semnale mecanice și unde electromagnetice, și un nod coordonator, care poate fi echipament fix sau unul dintre subsisteme și a cărui prim rol este de a inițializa sistemul și de a stabili sistemul global de referință, care după căutare, orientare și aliniere, calculează distanța dintre două subsisteme cu metoda TOF (Time of Flight) și care este, **caracterizată prin aceea că**, două subsisteme vecine se localizează reciproc și interacționează colaborativ pentru orientarea și localizarea relativă după o procedură desfășurată în următoarele etape funcționale:

11

13

- se formează un grup colaborativ „o pânză” alcătuit din subsistemele care au interacționat la calculul distanței, își cunosc reciproc poziția și orientarea și comunică datele nodului coordonator care recunoaște pânza și subsistemele acesteia;

15

- se consideră prima pânză formată ca fiind cea referențială, origine, va avea poziție fixă pe tot parcursul întregului proces;

17

19

- se formează o pânză mobilă, etapă în care cel puțin două subsisteme colaborative, sateliți, care au poziția deja stabilită prin interacțiune electromagnetică (transmitere de date) sau mecanică (ultrasunete), formează o echipă mobilă (dată fiind capacitatea de deplasare a fiecărui subsistem) cu o anumită rută de mobilitate, autodeterminată sau impusă sub comanda nodului coordonator, în așa fel încât o pânză rămâne în repaos când cealaltă pânză își modifică poziția;

23

25

- se stabilește protocolul de operare, implementat în procesorul nodului coordonator, care poate fi: static, după o calibrare manuală, prin poziționarea inițială a pânelor de către utilizator, sau dinamic, prin re poziționarea autonomă a pânelor în ordinea ascendentă stabilită la etapa de calibrare, de inițializare a sistemului;

27

29

- pentru următoarele pânzele mobile care se formează, pentru cele la care se constată erori de poziționare, pentru a limita propagarea acestora în etapele următoare, se ia decizia ca aceste pânze să fie considerate fixe.

31

33

2. Sistem pentru orientare și localizare relativă a unor subsisteme autonome, echipate cu o unitate de procesare (5), driver pentru controlul poziției unei turele (8) pe care este amplasat un modul de percepție (1), astfel alcătuite încât să poată comunica între ele prin semnale mecanice și prin unde electromagnetice, sistemul având un nod coordonator care poate fi echipament fix sau chiar unul dintre subsisteme și a cărui prim rol este de a inițializa sistemul, de a stabili sistemul global de referință și de a aplica metoda de la revendicarea, **caracterizat prin aceea că**, mai conține:

37

39

- un opritor mecanic (6) care determină unghiul de rotație în jurul axei z al subsistemului în raport cu sistemul de coordonate al modulului de percepție ϕ , este care este detectat de driverul motorului (8) atunci când curentul forței electromotoare spate crește semnificativ și pe baza pașilor parcurși de un motor pas cu pas (4);

41

43

- modul de comunicații prin unde electromagnetice (10) folosit pentru determinarea distanțelor astfel încât, o pânză mobilă cu poziție necunoscută poate calcula distanța față de o pânză cu poziție cunoscută

45

47

- niște senzori (3) care acoperă, în plan orizontal, un unghi mai mare de 180 de grade cu ajutorul rotației motorului (4) până la un unghi limită, astfel încât modulul de percepție (1) al subsistemului poate opera omnidirecțional și se poate alinia cu oricare modul de percepție (1) al unui alt subsistem învecinat, din raza de vizibilitate;

RO 129802 B1

- în care modulul de percepție (1) este echipat cu o componentă ridicătoare de tensiune variabilă la transmisie, configurată pentru a obține la bornele senzorului de ultrasunete o tensiune mai mare, pentru a comunica la distanțe mai mari iar unitatea de procesare (5) ajustează amplitudinea semnalului generat la transmisie și factorul de amplificare la recepție și restrânge limitele de căutare în plan orizontal, în etapele de căutare și aliniere, atunci când canalul de citire a semnalului mecanic recepționat este saturat sau se constată că a fost identificat un nivel maxim local de semnal.

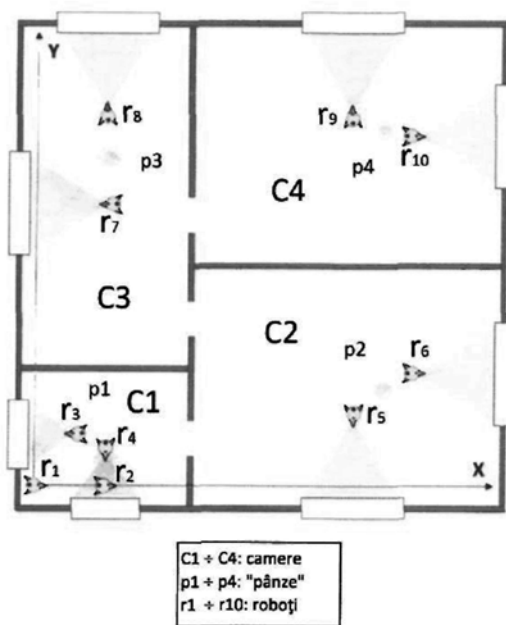


Fig. 1

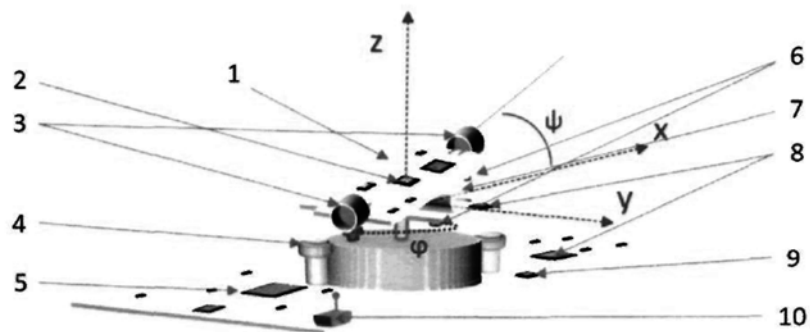


Fig. 2

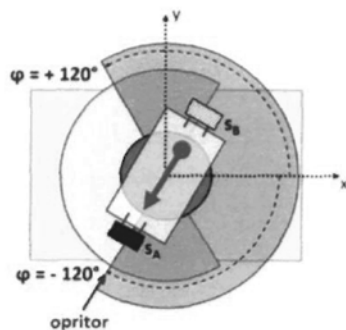


Fig. 3

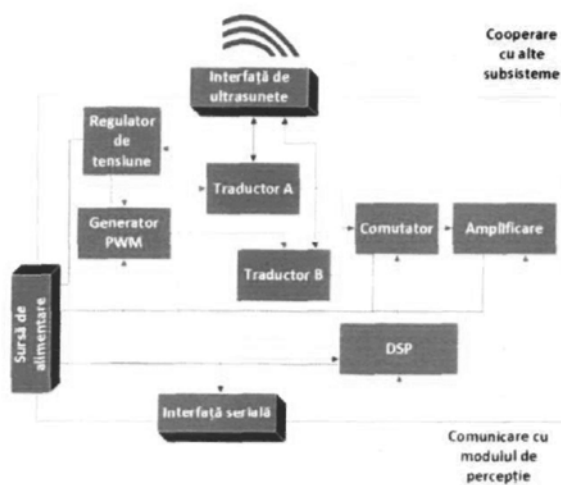


Fig. 4

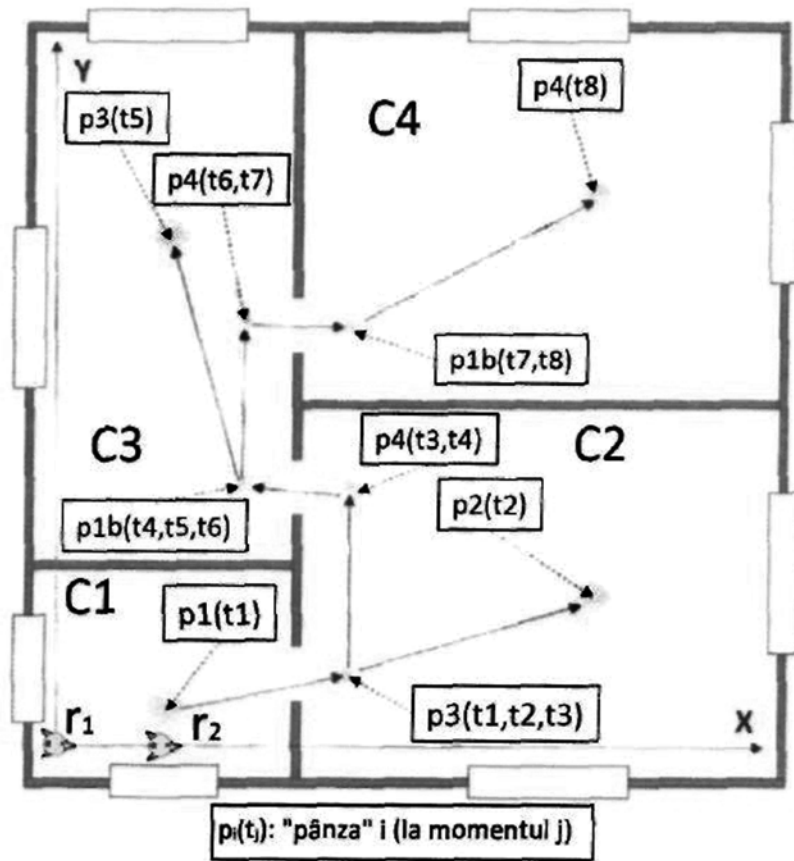


Fig. 5

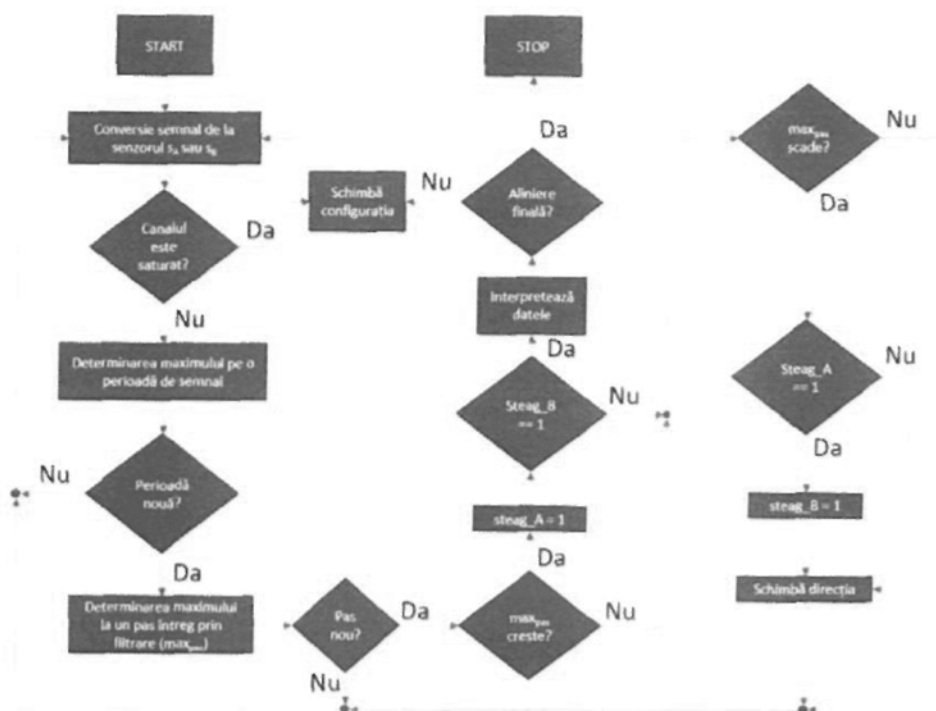


Fig. 6

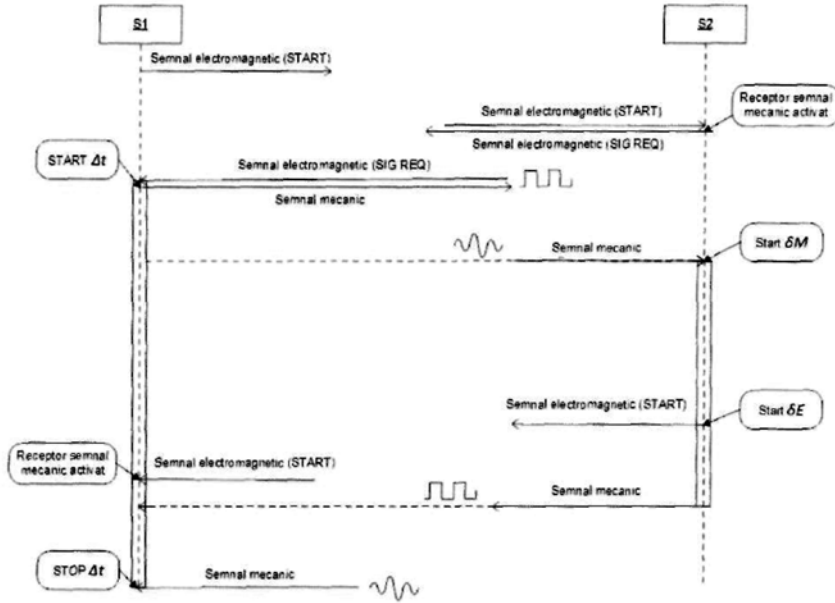


Fig. 7

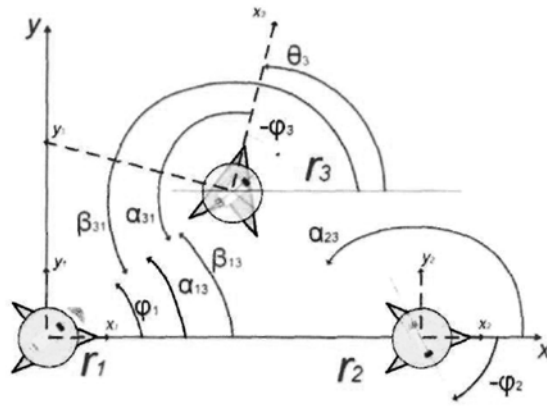


Fig. 8

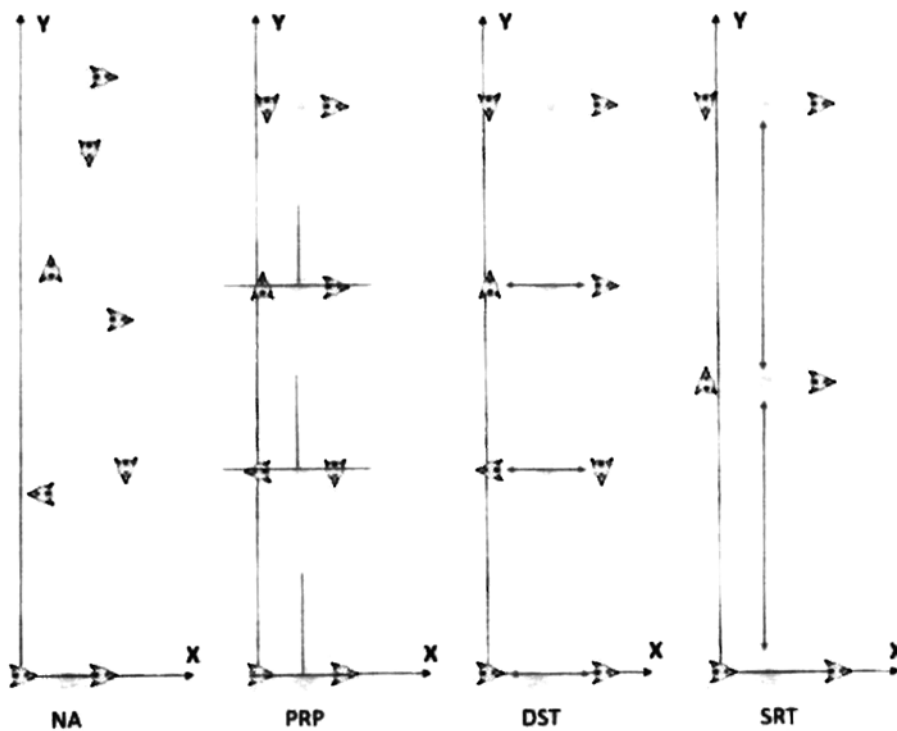


Fig. 9

