

AO 120 (Rev. 08/10)

TO: <b>Mail Stop 8</b> <b>Director of the U.S. Patent and Trademark Office</b> <b>P.O. Box 1450</b> <b>Alexandria, VA 22313-1450</b>	<b>REPORT ON THE</b> <b>FILING OR DETERMINATION OF AN</b> <b>ACTION REGARDING A PATENT OR</b> <b>TRADEMARK</b>
---	---

In Compliance with 35 U.S.C. § 290 and/or 15 U.S.C. § 1116 you are hereby advised that a court action has been filed in the U.S. District Court District of Massachusetts on the following

Trademarks or  Patents. (  the patent action involves 35 U.S.C. § 292.);

DOCKET NO. 1:17-cv-10648	DATE FILED 4/17/2017	U.S. DISTRICT COURT District of Massachusetts
PLAINTIFF iRobot Corporation		DEFENDANT The Black & Decker Corporation; Black & Decker (U.S.) Inc.; and Shenzhen Silver Star Intelligent Technology Co., Ltd.
PATENT OR TRADEMARK NO.	DATE OF PATENT OR TRADEMARK	HOLDER OF PATENT OR TRADEMARK
1 7,155,308	12/26/2006	iRobot Corporation
2 8,474,090	7/2/2013	iRobot Corporation
3 6,809,490	10/26/2004	iRobot Corporation
4		
5		

In the above—entitled case, the following patent(s)/ trademark(s) have been included:

DATE INCLUDED	INCLUDED BY <input type="checkbox"/> Amendment <input type="checkbox"/> Answer <input type="checkbox"/> Cross Bill <input type="checkbox"/> Other Pleading	
PATENT OR TRADEMARK NO.	DATE OF PATENT OR TRADEMARK	HOLDER OF PATENT OR TRADEMARK
1		
2		
3		
4		
5		

In the above—entitled case, the following decision has been rendered or judgement issued:

DECISION/JUDGEMENT
--------------------

CLERK	(BY) DEPUTY CLERK	DATE
-------	-------------------	------

Copy 1—Upon initiation of action, mail this copy to Director Copy 3—Upon termination of action, mail this copy to Director  
 Copy 2—Upon filing document adding patent(s), mail this copy to Director Copy 4—Case file copy

AO 120 (Rev. 08/10)

TO: <b>Mail Stop 8 Director of the U.S. Patent and Trademark Office P.O. Box 1450 Alexandria, VA 22313-1450</b>	<b>REPORT ON THE FILING OR DETERMINATION OF AN ACTION REGARDING A PATENT OR TRADEMARK</b>
---	---

In Compliance with 35 U.S.C. § 290 and/or 15 U.S.C. § 1116 you are hereby advised that a court action has been filed in the U.S. District Court District of Massachusetts on the following  
 Trademarks or  Patents. (  the patent action involves 35 U.S.C. § 292.);

DOCKET NO. 1:17-cv-10651	DATE FILED 4/17/2017	U.S. DISTRICT COURT District of Massachusetts
PLAINTIFF iRobot Corporation		DEFENDANT bObsweep, Inc.; bObsweep USA; and Shenzhen Silver Star Intelligent Technology Co., Ltd.
PATENT OR TRADEMARK NO.	DATE OF PATENT OR TRADEMARK	HOLDER OF PATENT OR TRADEMARK
1 9,038,233	5/26/2015	iRobot Corporation
2 8,474,090	7/2/2013	iRobot Corporation
3 6,809,490	10/26/2004	iRobot Corporation
4 7,155,308	12/26/2006	iRobot Corporation
5		

In the above—entitled case, the following patent(s)/ trademark(s) have been included:

DATE INCLUDED	INCLUDED BY <input type="checkbox"/> Amendment <input type="checkbox"/> Answer <input type="checkbox"/> Cross Bill <input type="checkbox"/> Other Pleading		
PATENT OR TRADEMARK NO.	DATE OF PATENT OR TRADEMARK	HOLDER OF PATENT OR TRADEMARK	
1			
2			
3			
4			
5			

In the above—entitled case, the following decision has been rendered or judgement issued:

DECISION/JUDGEMENT
--------------------

CLERK	(BY) DEPUTY CLERK	DATE
-------	-------------------	------

Copy 1—Upon initiation of action, mail this copy to Director    Copy 3—Upon termination of action, mail this copy to Director  
 Copy 2—Upon filing document adding patent(s), mail this copy to Director    Copy 4—Case file copy

AO 120 (Rev. 08/10)

TO: <b>Mail Stop 8 Director of the U.S. Patent and Trademark Office P.O. Box 1450 Alexandria, VA 22313-1450</b>	<b>REPORT ON THE FILING OR DETERMINATION OF AN ACTION REGARDING A PATENT OR TRADEMARK</b>
---	---

In Compliance with 35 U.S.C. § 290 and/or 15 U.S.C. § 1116 you are hereby advised that a court action has been filed in the U.S. District Court District of Massachusetts on the following  
 Trademarks or  Patents. (  the patent action involves 35 U.S.C. § 292.);

DOCKET NO. 1:17-cv-10649	DATE FILED 4/17/2017	U.S. DISTRICT COURT District of Massachusetts
PLAINTIFF iRobot Corporation		DEFENDANT Bissell Homecare, Inc.; Matsutek Enterprises Co., Ltd.
PATENT OR TRADEMARK NO.	DATE OF PATENT OR TRADEMARK	HOLDER OF PATENT OR TRADEMARK
1 9,038,233	5/26/2015	iRobot Corporation
2 8,474,090	7/2/2013	iRobot Corporation
3 8,600,553	12/3/2013	iRobot Corporation
4 6,809,490	10/26/2004	iRobot Corporation
5 7,155,308	12/26/2006	iRobot Corporation

In the above—entitled case, the following patent(s)/ trademark(s) have been included:

DATE INCLUDED	INCLUDED BY <input type="checkbox"/> Amendment <input type="checkbox"/> Answer <input type="checkbox"/> Cross Bill <input type="checkbox"/> Other Pleading	
PATENT OR TRADEMARK NO.	DATE OF PATENT OR TRADEMARK	HOLDER OF PATENT OR TRADEMARK
1		
2		
3		
4		
5		

In the above—entitled case, the following decision has been rendered or judgement issued:

DECISION/JUDGEMENT
--------------------

CLERK	(BY) DEPUTY CLERK	DATE
-------	-------------------	------

Copy 1—Upon initiation of action, mail this copy to Director Copy 3—Upon termination of action, mail this copy to Director  
 Copy 2—Upon filing document adding patent(s), mail this copy to Director Copy 4—Case file copy

AO 120 (Rev. 08/10)

TO: <b>Mail Stop 8 Director of the U.S. Patent and Trademark Office P.O. Box 1450 Alexandria, VA 22313-1450</b>	<b>REPORT ON THE FILING OR DETERMINATION OF AN ACTION REGARDING A PATENT OR TRADEMARK</b>
---	---

In Compliance with 35 U.S.C. § 290 and/or 15 U.S.C. § 1116 you are hereby advised that a court action has been filed in the U.S. District Court District of Massachusetts on the following  Trademarks or  Patents. (  the patent action involves 35 U.S.C. § 292.);

DOCKET NO. 1:16-cv-10652	DATE FILED 4/17/2017	U.S. DISTRICT COURT District of Massachusetts
PLAINTIFF iRobot Corporation		DEPENDANT Shenzhen ZhiYi Technology Co., Ltd. d/b/a iLife
PATENT OR TRADEMARK NO.	DATE OF PATENT OR TRADEMARK	HOLDER OF PATENT OR TRADEMARK
1 9,038,233	5/26/2015	iRobot Corporation
2 8,474,090	7/2/2013	iRobot Corporation
3 8,600,553	12/3/2013	iRobot Corporation
4 6,809,490	10/26/2004	iRobot Corporation
5 7,155,308	12/26/2006	iRobot Corporation
6 9,486,924	11/08/2016	iRobot Corporation

In the above—entitled case, the following patent(s)/ trademark(s) have been included:

DATE INCLUDED	INCLUDED BY <input type="checkbox"/> Amendment <input type="checkbox"/> Answer <input type="checkbox"/> Cross Bill <input type="checkbox"/> Other Pleading
PATENT OR TRADEMARK NO.	DATE OF PATENT OR TRADEMARK
1	
2	
3	
4	
5	

In the above—entitled case, the following decision has been rendered or judgement issued:

DECISION/JUDGEMENT
--------------------

CLERK	(BY) DEPUTY CLERK	DATE
-------	-------------------	------

Copy 1—Upon initiation of action, mail this copy to Director Copy 3—Upon termination of action, mail this copy to Director  
Copy 2—Upon filing document adding patent(s), mail this copy to Director Copy 4—Case file copy



AO 120 (Rev. 08/10)

TO: <b>Mail Stop 8 Director of the U.S. Patent and Trademark Office P.O. Box 1450 Alexandria, VA 22313-1450</b>	<b>REPORT ON THE FILING OR DETERMINATION OF AN ACTION REGARDING A PATENT OR TRADEMARK</b>
---	---

In Compliance with 35 U.S.C. § 290 and/or 15 U.S.C. § 1116 you are hereby advised that a court action has been filed in the U.S. District Court District of Massachusetts on the following  Trademarks or  Patents. (  the patent action involves 35 U.S.C. § 292.);

DOCKET NO. 1:17-cv-10647	DATE FILED 4/17/2017	U.S. DISTRICT COURT District of Massachusetts
PLAINTIFF iRobot Corporation		DEPENDANT Hoover Inc.; Royal Appliance Manufacturing Co. Inc. d/b/a TTI Floor Care North America, Inc.; Shenzhen Silver Star Intelligent Technology Co., Ltd.; Suzhou Real Power Electric Appliance Co., Ltd.
PATENT OR TRADEMARK NO.	DATE OF PATENT OR TRADEMARK	HOLDER OF PATENT OR TRADEMARK
1 9,038,233	5/26/2015	iRobot Corporation
2 8,474,090	7/2/2013	iRobot Corporation
3 8,600,553	12/3/2013	iRobot Corporation
4 6,809,490	10/26/2004	iRobot Corporation
5 7,155,308	12/26/2006	iRobot Corporation
6 9,486,924	11/08/2016	iRobot Corporation

In the above—entitled case, the following patent(s)/ trademark(s) have been included:

DATE INCLUDED	INCLUDED BY <input type="checkbox"/> Amendment <input type="checkbox"/> Answer <input type="checkbox"/> Cross Bill <input type="checkbox"/> Other Pleading		
PATENT OR TRADEMARK NO.	DATE OF PATENT OR TRADEMARK	HOLDER OF PATENT OR TRADEMARK	
1			
2			
3			
4			
5			

In the above—entitled case, the following decision has been rendered or judgement issued:

DECISION/JUDGEMENT
--------------------

CLERK	(BY) DEPUTY CLERK	DATE
-------	-------------------	------

Copy 1—Upon initiation of action, mail this copy to Director    Copy 3—Upon termination of action, mail this copy to Director  
Copy 2—Upon filing document adding patent(s), mail this copy to Director    Copy 4—Case file copy



**UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE**

UNITED STATES DEPARTMENT OF COMMERCE  
**United States Patent and Trademark Office**  
Address: COMMISSIONER FOR PATENTS  
P.O. Box 1450  
Alexandria, Virginia 22313-1450  
www.uspto.gov

APPLICATION NUMBER	PATENT NUMBER	GROUP ART UNIT	FILE WRAPPER LOCATION
10/167,851	6809490	2837	06B0



**Correspondence Address/Fee Address Change**

The following fields have been set to Customer Number 108858 on 01/30/2015

- Correspondence Address
- Maintenance Fee Address

The address of record for Customer Number 108858 is:

**108858  
Fish & Richardson PC  
P.O. Box 1022  
Minneapolis, MN 55440-1022**



UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

UNITED STATES DEPARTMENT OF COMMERCE  
United States Patent and Trademark Office  
Address: COMMISSIONER FOR PATENTS  
P.O. Box 1450  
Alexandria, Virginia 22313-1450  
www.uspto.gov

APPLICATION NUMBER	FILING OR 371(C) DATE	FIRST NAMED APPLICANT	ATTY. DOCKET NO./TITLE
--------------------	-----------------------	-----------------------	------------------------

10/167,851

06/12/2002

Joseph L. Jones

09945-0014001 / DP-05 US

**CONFIRMATION NO. 7777**

**POA ACCEPTANCE LETTER**

26161  
FISH & RICHARDSON P.C. (BO)  
P.O. BOX 1022  
MINNEAPOLIS, MN 55440-1022



Date Mailed: 02/04/2011

**NOTICE OF ACCEPTANCE OF POWER OF ATTORNEY**

This is in response to the Power of Attorney filed 01/21/2011.

The Power of Attorney in this application is accepted. Correspondence in this application will be mailed to the above address as provided by 37 CFR 1.33.

/fstephanos/

Office of Data Management, Application Assistance Unit (571) 272-4000, or (571) 272-4200, or 1-888-786-0101



UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

UNITED STATES DEPARTMENT OF COMMERCE  
United States Patent and Trademark Office  
Address: COMMISSIONER FOR PATENTS  
P.O. Box 1450  
Alexandria, Virginia 22313-1450  
www.uspto.gov

APPLICATION NUMBER	FILING OR 371(C) DATE	FIRST NAMED APPLICANT	ATTY. DOCKET NO./TITLE
--------------------	-----------------------	-----------------------	------------------------

10/167,851

06/12/2002

Joseph L. Jones

DP-5 US

**CONFIRMATION NO. 7777**

**POWER OF ATTORNEY NOTICE**



24390  
LUCASH, GESMER & UPDEGROVE, LLP  
40 BROAD ST  
SUITE 300  
BOSTON, MA 02109

Date Mailed: 02/04/2011

**NOTICE REGARDING CHANGE OF POWER OF ATTORNEY**

This is in response to the Power of Attorney filed 01/21/2011.

- The Power of Attorney to you in this application has been revoked by the assignee who has intervened as provided by 37 CFR 3.71. Future correspondence will be mailed to the new address of record(37 CFR 1.33).

/fstephanos/

Office of Data Management, Application Assistance Unit (571) 272-4000, or (571) 272-4200, or 1-888-786-0101




Applicant : Jones, et al.  
Patent No. : 6,809,490  
Issued : October 26, 2004  
Serial No. : 10/167,851  
Filed : June 12, 2002  
Page : 2 of 3

Attorney's Docket No.: 09945-0014001 / DP-05 US

Respectfully submitted,

Date: 1/20/2011

  
\_\_\_\_\_  
GLEN D. WEINSTEIN  
Sr. VP & General Counsel  
Title: \_\_\_\_\_

Fish & Richardson P.C.  
One Marina Park Drive  
Boston, Massachusetts 02210-1878

Telephone: (617) 542-5070  
Facsimile: (617) 542-8906

22561620

Applicant : Jones, et al.  
Patent No. : 6,809,490  
Issued : October 26, 2004  
Serial No. : 10/167,851  
Filed : June 12, 2002  
Page : 3 of 3

Attorney's Docket No.: 09945-0014001 / DP-05 US

## Electronic Acknowledgement Receipt

<b>EFS ID:</b>	9280339
<b>Application Number:</b>	10167851
<b>International Application Number:</b>	
<b>Confirmation Number:</b>	7777
<b>Title of Invention:</b>	METHOD AND SYSTEM FOR MULTI-MODE COVERAGE FOR AN AUTONOMOUS ROBOT
<b>First Named Inventor/Applicant Name:</b>	Joseph L. Jones
<b>Customer Number:</b>	24390
<b>Filer:</b>	John Paul Mello/Lindsie Cahill
<b>Filer Authorized By:</b>	John Paul Mello
<b>Attorney Docket Number:</b>	DP-5 US
<b>Receipt Date:</b>	21-JAN-2011
<b>Filing Date:</b>	12-JUN-2002
<b>Time Stamp:</b>	14:41:24
<b>Application Type:</b>	Utility under 35 USC 111(a)

### Payment information:

Submitted with Payment	no
------------------------	----

### File Listing:

Document Number	Document Description	File Name	File Size(Bytes)/ Message Digest	Multi Part /.zip	Pages (if appl.)
1	Power of Attorney	014001.pdf	89075 <small>316bdb4f5d188a03781791dcf07758565702c0f1</small>	no	3

### Warnings:

### Information:



This Acknowledgement Receipt evidences receipt on the noted date by the USPTO of the indicated documents, characterized by the applicant, and including page counts, where applicable. It serves as evidence of receipt similar to a Post Card, as described in MPEP 503.

**New Applications Under 35 U.S.C. 111**

If a new application is being filed and the application includes the necessary components for a filing date (see 37 CFR 1.53(b)-(d) and MPEP 506), a Filing Receipt (37 CFR 1.54) will be issued in due course and the date shown on this Acknowledgement Receipt will establish the filing date of the application.

**National Stage of an International Application under 35 U.S.C. 371**

If a timely submission to enter the national stage of an international application is compliant with the conditions of 35 U.S.C. 371 and other applicable requirements a Form PCT/DO/EO/903 indicating acceptance of the application as a national stage submission under 35 U.S.C. 371 will be issued in addition to the Filing Receipt, in due course.

**New International Application Filed with the USPTO as a Receiving Office**

If a new international application is being filed and the international application includes the necessary components for an international filing date (see PCT Article 11 and MPEP 1810), a Notification of the International Application Number and of the International Filing Date (Form PCT/RO/105) will be issued in due course, subject to prescriptions concerning national security, and the date shown on this Acknowledgement Receipt will establish the international filing date of the application.

2837  
Rf



**IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE**

Applicant:	Joseph L. Jones et al.
Application Number:	10/167,851
Filing Date:	June 12, 2002
Title:	Method and System for Multi-Mode Coverage for an Autonomous Robot
Group Art Unit:	2837
Examiner:	Rita Leykin
Attorney Docket:	DP-5 US (ISR-017-US)

**TRANSMITTAL OF SUPPLEMENTAL INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT AND PTO FORM 1449**

Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

Dear Sir,

Pursuant to the duty of disclosure (37 C.F.R. 1.97 and 1.98), please find attached hereto for filing in the referenced application:

1. An Information Disclosure Statement by Applicant (PTO 1449) listing one document (DE 198 49 978 C2) for placement in the referenced file by the Office;
2. A copy of the cited document; and
3. A copy of an English translation of the claims (2 pages).

The attached document was recently brought to the Applicant's attention. We note that the issue fee was paid on March 26, 2004. An English translation of the claims is attached; the Applicant does not yet have an English translation of the specification.

Payment of Fees by Deposit Account: Applicant does not believe there is a fee due. However, if the USPTO determines there is a fee due, the USPTO is hereby authorized to charge any required fee, to the Gesmer & Updegrave PTO Deposit Account No. 122315.

If additional information is required, you are invited to immediately contact the undersigned via telephone or facsimile at the numbers listed below. Thank you for your attention to this matter.

Respectfully submitted,

David Jacobs  
Reg. No. 31,770  
Gesmer Updegrave LLP  
Boston, MA 02109  
Tel: (617) 350 6800  
Fax: (617) 350 6878

Date: September 24, 2004



Under the Paperwork Reduction Act of 1995, no persons are required to respond to a collection of information unless it contains a valid OMB control number

Substitute for form 1449/PTO  <h2 style="text-align: center;">INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT BY APPLICANT</h2> <p style="text-align: center;"><i>(use as many sheets as necessary)</i></p> <p>Sheet 1 of 1</p>	<h3 style="text-align: center;">Complete if Known</h3> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Application Number</td><td>10/167,851</td></tr> <tr><td>Filing Date</td><td>June 12, 2002</td></tr> <tr><td>First Named Inventor</td><td>Jones, Joseph L.</td></tr> <tr><td>Art Unit</td><td>2837</td></tr> <tr><td>Examiner Name</td><td>R. Leykin</td></tr> <tr><td>Attorney Docket Number</td><td>DP-5 US (ISR-017-US)</td></tr> </table>	Application Number	10/167,851	Filing Date	June 12, 2002	First Named Inventor	Jones, Joseph L.	Art Unit	2837	Examiner Name	R. Leykin	Attorney Docket Number	DP-5 US (ISR-017-US)
Application Number	10/167,851												
Filing Date	June 12, 2002												
First Named Inventor	Jones, Joseph L.												
Art Unit	2837												
Examiner Name	R. Leykin												
Attorney Docket Number	DP-5 US (ISR-017-US)												

U.S. PATENT DOCUMENTS					
Examiner's Initials*	Cite No. <sup>1</sup>	Document Number	Publication Date	Name of Patentee or Applicant of Cited Document	Pages, Columns, Lines, Where Relevant Passages or Relevant Figures Appear
		Number - Kind Code <sup>2</sup> (if known)	MM-DD-YYYY		

FOREIGN PATENT DOCUMENTS						
Examiner's Initials*	Cite No. <sup>1</sup>	Foreign Patent Document	Publication Date	Name of Patentee or Applicant of Cited Document	Pages, Columns, Lines, Where Relevant Passages or Relevant Figures Appear	T <sup>5</sup>
		Country Code <sup>3</sup> - Number <sup>4</sup> - Kind Code <sup>2</sup> (if known)	MM-DD-YYYY			
		DE 198 49 978 C2	05/11/2000	Pressler, Erwin		

\*EXAMINER: Initial if reference considered, whether or not citation is in conformance with MPEP 609. Draw line through citation if not in conformance and not considered. Include copy of this form with next communication to applicant. <sup>1</sup>Applicant's unique citation designation number (optional). <sup>2</sup>See Kinds Codes of USPTO Patent Documents at [www.uspto.gov](http://www.uspto.gov) or MPEP 901.04. <sup>3</sup>Enter Office that issued the document, by the two-letter code (WIPO Standard ST.3). <sup>4</sup>For Japanese patent documents, the indication of the year of the reign of the Emperor must precede the serial number of the patent document. <sup>5</sup>Kind of document by the appropriate symbols as indicated on the document under WIPO Standard ST. 16 if possible. <sup>6</sup>Applicant is to place a check mark here if English language translation is attached.

This collection of information is required by 37 CFR 1.97 and 1.98. The information is required to obtain or retain a benefit by the public which is to file (and by the USPTO to process) an application. Confidentiality is governed by 35 U.S.C. 122 and 37 CFR 1.14. This collection is estimated to take 2 hours to complete, including gathering, preparing and submitting the completed application form to the USPTO. Time will vary depending upon the individual case. Any comments on the amount of time you require to complete this form and/or suggestions for reducing this burden should be sent to the Chief Information Officer, U.S. Patent and Trademark Office, U.S. Department of Commerce, Washington, DC 20231. DO NOT SEND FEES OR COMPLETED FORMS TO THIS ADDRESS. SEND TO: Commissioner for Patents, Washington, DC 20231.

*If you need assistance in completing the form, call 1-800-PTO-9199 (1-800-786-9199) and select option 2.*



⑩ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ Patentschrift  
⑩ DE 198 49 978 C 2

⑤ Int. Cl. 7:  
A 47 L 11/40

- ① Aktenzeichen: 198 49 978.7-15
- ② Anmeldetag: 29. 10. 1998
- ④ Offenlegungstag: 11. 5. 2000
- ⑥ Veröffentlichungstag der Patenterteilung: 8. 2. 2001

DE 198 49 978 C 2

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

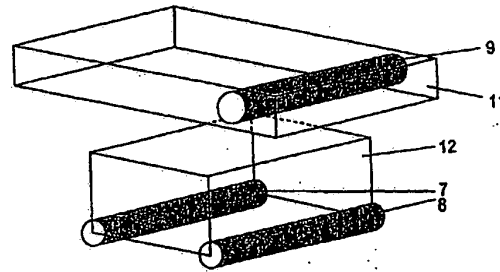
- ⑬ Patentinhaber:  
Praßler, Erwin, Dr., 80335 München, DE; Strobel,  
Matthias, Dipl.-Ing. (FH), 89079 Ulm, DE
- ⑭ Vertreter:  
Graf Lambsdorff, M., Dipl.-Phys.Dr.rer.nat.,  
Pat.-Anw., 81673 München

- ⑰ Erfinder:  
Praßler, Erwin, Dr., 80335 München, DE; Strobel,  
Matthias, Dipl.-Ing., 89079 Ulm, DE

- ⑮ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
gezogene Druckschriften:

DE	195 44 999 A1
DE	43 40 771 A1
DE-OS	20 04 746
DE-GM	71 35 880
EP	06 15 719 A1
WO	91 11 134

- ⑭ Selbstfahrendes Reinigungsgerät
- ⑰ Selbstfahrendes Reinigungsgerät (20), mit
  - einem Antriebsmotor (31, 32) zum Antrieb von mindestens zwei an dem Reinigungsgerät montierten Rädern (21, 22),
  - einem Steuerrechner (30) zur Steuerung der Bewegung des Reinigungsgeräts (20),
  - Sensoren (23a-d; 34) zur Detektion von Hindernissen, und gegebenenfalls mit
  - einer Reinigungseinheit (10) zur automatischen oder manuellen Reinigung nicht-textiler Bodenbeläge, welche enthält:
    - ein Reinigungstuch (1), welches um eine Mehrzahl Rollen (3-9) gelegt ist und auf einer Seite der Reinigungseinheit (10) eine nach außen weisende ebene Reinigungsfläche (1a) bildet,
    - einen Reinigungsbehälter (13), welcher eine Reinigungsflüssigkeit enthält und durch welchen das Reinigungstuch (1) durch Transport- und Antriebsrollen (3-8) förderbar ist, dadurch gekennzeichnet, daß
    - in dem Steuerrechner (30) eine Anzahl von Grundmustern von Trajektorien für die Fortbewegung des Reinigungsgeräts speicherbar und benutzerseitig auswählbar ist, und
    - in dem Steuerrechner (30) eine Fortbewegungsstrategie gespeichert ist, nach der das Reinigungsgerät (20) nach Durchlaufen des Grundmusters einer ausgewählten Trajektorie in eine nach dem Zufallsprinzip ausgewählte Richtung fährt und nach einer vorbestimmten zurückgelegten Entfernung in dieser Richtung erneut mit dem Durchlaufen des Grundmusters der ausgewählten Trajektorie beginnt.



DE 198 49 978 C 2

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein selbstfahrendes Reinigungsgerät nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

Auf glatten oder leicht strukturierten Fußböden wie Holz-, Parkett- oder Fliesenböden bilden sich sehr schnell deutlich sichtbare Schmutz- und Staubablagerungen, die, obwohl sie keine starke Verschmutzung darstellen, doch zu einer verhältnismäßig starken Beeinträchtigung des optischen Erscheinungsbilds des Untergrunds führen. Dies gilt für die Bodenbeläge sowohl in privaten Haushalten als auch in öffentlichen Gebäuden. Insbesondere bei großflächigen Bodenbelägen in den Eingangshallen von stark frequentierten öffentlichen Gebäuden wie Kaufhäusern, Museen oder Banken tritt bei nassem oder winterlichen Wetter und bei starkem Publikumsverkehr in solchen Umgebungen schnell eine starke Verschmutzung des Bodens ein. Die Reinigung derartiger nicht-textiler Bodenbeläge wird nach derzeitigem Stand der Technik mit mechanischen oder elektrisch angetriebenen fahrbaren Reinigungsgeräten durchgeführt. Solche fahrbaren Reinigungsgeräte arbeiten zwar mit zufriedenstellender Reinigungsleistung, sind jedoch zumeist nur manuell zu bedienen.

Nach derzeitigem Stand der Technik weisen die meisten bekannten automatischen oder selbstfahrenden Reinigungsgeräte elektrisch angetriebene Rotationsbürsten auf. Beispielfhaft sei hier auf die deutsche Offenlegungsschrift DE 195 44 999 A1 verwiesen, die eine selbstfahrende Reinigungsrichtung für Fußböden betrifft. Diese Vorrichtung ermöglicht eine automatische Reinigung von Fußböden insbesondere entlang eines Wandbereiches. Sie weist eine elektrisch angetriebene Bürstenscheibe auf, durch die im Betrieb Staub- und Schmutzpartikel in einen Staubaufnehmer befördert und in diesem gesammelt werden. Diese Art der Reinigung ist im Unterschied zu einer Feuchtreinigung naturgemäß unvollständig, da der Schmutz nur unzureichend gebunden wird. Der weitergehende Vorschlag, die Borsten mit Alkohol zu tränken, stellt keine wesentliche Verbesserung hinsichtlich der Schmutzbindung dar.

Es wurden auch bereits Reinigungsgeräte mit fort- oder umlaufenden Reinigungsbändern vorgeschlagen. In der WO 91/11134 ist ein fahrbares Reinigungsgerät - beschrieben, welches eine erste Rolle aufweist, die mit einem gewickelten Vorrat eines Reinigungsbandes umgeben wird, und eine zweite elektrisch angetriebene Rolle, auf die im Betrieb das verbrauchte Reinigungsband aufgewickelt wird. Auf seinem Weg von der ersten zur zweiten Rolle läuft das Reinigungsband über einen Umfangsabschnitt eines Endlosbandes, so daß es an dessen Unterseite mit der Oberfläche des zu reinigenden Bodens in Berührung gebracht wird. Durch Zuführung von Wasser aus einem Tank kann auch eine Naßreinigung des Bodens erfolgen. Der Nachteil dieses Geräts ist jedoch, daß das Reinigungsband nach Gebrauch durch eine zweite Rolle aufgewickelt wird. Dieses Funktionsprinzip erlaubt keine ausreichende und effiziente Feuchtreinigung größerer Flächen. Ein schnelles Ab- bzw. Aufwickeln des Reinigungstuchs würde zwar zu einer Verbesserung der Reinigungsqualität führen, wäre aber völlig unökonomisch, da das Reinigungsband fortwährend erneuert werden müßte.

In der EP 0 615 719 A1 ist eine Maschine zum Waschen von gefliesten Oberflächen beschrieben, in welcher ein Reinigungsband auf dem Außenumfang einer auf der zu reinigenden Oberfläche abrollenden Walze angeordnet ist und mit einem umlaufenden Flüssigkeitstransportband in Berührung steht, welches in einen eine Reinigungsflüssigkeit enthaltenden Behälter eintaucht und an einer Berührungsstelle mit dem Reinigungsband Flüssigkeit auf dieses überträgt.

Da das Reinigungsband nur ausgewrungen wird, darüber hinaus aber keine gründliche Reinigung erfährt, ist diese Vorrichtung ebenfalls nicht für die Reinigung größerer Bodenflächen ausgelegt. Im übrigen ist die Verwendung zweier umlaufender Bänder ebenfalls platzraubend, umständlich und unökonomisch.

In der deutschen Offenlegungsschrift DE 43 40 771 A1 wird eine automatische Reinigungsvorrichtung beschrieben, bei welcher die Reinigungsbewegungsstrategie darin besteht, daß zunächst die Begrenzungswand des zu reinigenden Raumes durch das Reinigungsgerät abgefahren wird und anschließend durch einen Mikroprozessor das aufgrund der Daten des Raumzuschnitts rationellste Reinigungsprogramm der gespeicherten Reinigungsprogramme ausgewählt wird. Anschließend wird mit dem ausgewählten Reinigungsprogramm der betreffende Raum gereinigt, wobei das Reinigungsprogramm eine den gesamten Raum überdeckende Reinigungstrajektorie enthält. Diese Verfahren ist relativ aufwendig, da in jedem Fall vor einem Reinigungsvorgang durch Umfahren der Seitenwände des Raumes dieser vermessen werden muß und aufgrund des Raumzuschnitts dann ein Reinigungsprogramm ausgewählt werden muß.

Der vorliegenden Erfindung liegt dagegen die Aufgabe zugrunde, ein selbstfahrendes Reinigungsgerät anzugeben, mit welchem eine Fläche schnell und effizient gereinigt werden kann. Insbesondere ist es Aufgabe der vorliegenden Erfindung, das selbstfahrende Reinigungsgerät mit einer gespeicherten Reinigungsstrategie zu versehen, durch die eine effiziente Bodenreinigung ermöglicht wird.

Diese Aufgabe wird mit den kennzeichnenden Merkmalen des Patentanspruchs 1 gelöst. Die Erfindung betrifft somit ein selbstfahrendes Reinigungsgerät, mit einem Antriebsmotor zum Antrieb von mindestens zwei an dem Reinigungsgerät montierten Rädern, einem Steuerrechner zur Steuerung der Bewegung des Reinigungsgeräts, Sensoren zur Detektion von Hindernissen, wobei in dem Steuerrechner eine Anzahl von Grundmustern von Trajektorien für die Fortbewegung des Reinigungsgeräts speicherbar und benutzerseitig auswählbar ist, und in dem Steuerrechner eine Fortbewegungsstrategie gespeichert ist, nach der das Reinigungsgerät nach Durchlaufen des Grundmusters einer ausgewählten Trajektorie in eine nach dem Zufallsprinzip ausgewählte Richtung fährt und nach einer vorbestimmten zurückgelegten Entfernung in dieser Richtung erneut mit dem Durchlaufen des Grundmusters der ausgewählten Trajektorie beginnt.

Gegebenenfalls weist das selbstfahrende Reinigungsgerät eine Reinigungseinheit zur automatischen oder manuellen Reinigung nicht-textiler Bodenbeläge auf, welche ein um eine Mehrzahl Rollen gelegtes und auf einer Seite der Reinigungseinheit eine nach außen weisende ebene Reinigungsfläche bildendes Reinigungstuch und einen Reinigungsbehälter enthält, welcher eine Reinigungsflüssigkeit enthält und durch welchen das Reinigungstuch durch Transport- und Antriebsrollen förderbar ist.

In dem Steuerrechner kann ferner eine Hindernisvermeidungsstrategie gespeichert sein, nach der im Falle einer eingetretenen oder drohenden Kollision mit einem Hindernis das Reinigungsgerät kurzfristig abstoppt, eine nach dem Zufallsprinzip ausgewählte, dem Hindernis abgewandte, neue Richtung auswählt und das Reinigungsgerät nach einer vorbestimmten zurückgelegten Entfernung in dieser Richtung erneut mit dem Durchlaufen des Grundmusters einer Trajektorie beginnt.

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen sind in den Unteransprüchen beschrieben.

Im folgenden werden Ausführungsbeispiele der gegeb-

nenfalls verwendeten Reinigungseinheit und des erfindungsgemäßen selbstfahrenden Reinigungsgeräts anhand der beigefügten Zeichnungen näher erläutert.

Es zeigen:

Fig. 1A bis D verschiedene Darstellungen einzelner Baugruppen eines Ausführungsbeispiels einer Reinigungseinheit (A-C) und deren Gesamtheit ohne Reinigungstuch (D);

Fig. 2 Reinigungseinheit der Fig. 1D mit eingespanntem Reinigungstuch;

Fig. 3A, 3B perspektivische Ansicht und Unteransicht eines fahrbaren, insbesondere selbstfahrenden Reinigungsgeräts;

Fig. 4 Schaltungsanordnung für ein Steuerungs- und Navigationssystem eines selbstfahrenden Reinigungsgeräts;

Fig. 5A bis C Beispiele für mögliche Trajektorien eines selbstfahrenden erfindungsgemäßen Reinigungsgeräts.

In den Fig. 1A-D und 2 ist ein Ausführungsbeispiel einer Reinigungseinheit 10 dargestellt. Sie besteht im wesentlichen aus einem Reinigungsbehälter 13, welcher mit einer Reinigungsflüssigkeit, im einfachsten Fall Wasser, gefüllt ist, und einer Mehrzahl von Rollen 3 bis 9. Die Rollen umfassen eine Antriebsrolle 3, die von einem Antriebsmotor 2 angetrieben und in Drehbewegung versetzt wird (Fig. 1C). Die Antriebsrolle 3 weist eine Oberfläche mit einer bestimmten Rauigkeit oder mit geeigneten Mitnehmern auf, wodurch die Mitnahme eines um die Antriebsrolle gelegten umlaufenden Endlosreinigungstuches 1 ermöglicht wird. Erste Führungsrollen 4 bis 6 dienen dazu, das Reinigungstuch 1 außen um den Reinigungsbehälter 13 herum zu führen. Die unteren Führungsrollen 5 und 6 spannen das im Betrieb feuchte Reinigungstuch 1 im unteren Bereich der Reinigungseinheit zu einer ebenen Reinigungsfläche 1a auf, die im Betrieb mit einem zu reinigenden Fußboden in Kontakt steht und diesen infolge der umlaufenden Bewegung reinigt. Die Umlaufrichtung des Reinigungstuches ist in Fig. 2 durch einen Pfeil angedeutet. Die Führungsrollen 4 bis 6 sind vorzugsweise an dem Reinigungsbehälter 13 gehalten.

Ferner sind zwei Spann- und Führungsrollen 7 und 8 vorgesehen, welche der Förderung des Reinigungstuches in das Innere des Reinigungsbehälters 13 dienen. Die Rollen 7 und 8 sind an einer geeigneten Halterung 12 befestigt, welche an einem Behälterdeckel 11 fest oder lösbar montiert ist (Fig. 1A, B). Wie in Fig. 2 zu sehen ist, verläuft das Reinigungstuch innenseitig der Rollen 7 und 8 und wird solchermaßen von den Rollen 7 und 8 zwangsweise in das Innere des Reinigungsbehälters 13 getaucht. Somit kann das Reinigungstuch durch die in dem Reinigungsbehälter 13 befindliche Flüssigkeit ausgespült werden.

Anschließend bewegt sich das Reinigungstuch wieder nach oben. Im oberen Bereich ist dicht neben der Antriebsrolle 3 eine Auspreßrolle 9 angeordnet. Das Reinigungstuch läuft zwischen der Auspreßrolle 9 und der Antriebsrolle 3 hindurch, wobei es von der Auspreßrolle 9 gegen die Antriebsrolle gepreßt und dabei ausgewrungen wird. Die Auspreßrolle 9 ist an dem Behälterdeckel 11 gehalten (Fig. 1A, B). Der Auspreßdruck, der durch das Zusammenspiel zwischen Auspreßrolle 9 und benachbarter Antriebsrolle 3 erreicht wird, ist einstellbar durch Wahl des Abstands zwischen den Rollen bzw. durch Variation ihrer relative Lage. Durch unterschiedlichen Auspreßdruck kann der Feuchtigkeits- bzw. Nässegehalt des Reinigungstuchs eingestellt werden.

Das Reinigungstuch besteht vorzugsweise aus einem spannbaren, austauschbaren Material, beispielsweise aus einem gewirkten oder ungewirkten Faservlies. Zusätzlich können an geeigneter Stelle Sensoren angeordnet sein, die den Verschmutzungsgrad des Reinigungstuches oder der Reinigungsflüssigkeit detektieren und gegebenenfalls ein

Anzeigesignal liefern, um die Notwendigkeit eines Austauschs des Reinigungstuches oder der Reinigungsflüssigkeit anzuzeigen. Die Reinigungseinheit kann ferner ein auf einer rotierenden Rolle befestigtes, wechselbares Trockentuch zur Nachreinigung und Trocknung des Untergrunds aufweisen, welches am hinteren Ende der Reinigungseinheit angebracht ist. Für das Auffangen größerer Schmutzpartikel kann ferner ein Schmutzkamm am vorderen Ende der Reinigungseinheit angeordnet sein.

Die Reinigungseinheit hat den großen Vorteil, daß sie leicht handhabbar ist und mit wenigen Handgriffen von einem nachfolgend beschriebenen fahrbaren Reinigungsgerät gelöst und ausgetauscht werden kann. Auch das Reinigungsfließ kann mit wenigen Handgriffen gewechselt werden und die Reinigungsflüssigkeit kann leicht ausgetauscht werden.

In den Fig. 3A, B ist eine Ausführungsform eines fahrbaren Reinigungsgeräts in einer perspektivischen Ansicht und einer Unteransicht dargestellt. Das Reinigungsgerät enthält ein mehrrädiges, vorzugsweise wie dargestellt zweirädriges, Grundfahrzeug, in welches die erfindungsgemäße Reinigungseinheit eingebaut ist. Das Reinigungsgerät weist vorzugsweise in etwa die Größe eines Staubsaugers auf und führt eine selbsttätige Bewegung mittels eines elektrischen Antriebs aus.

Im eingebauten Zustand der Reinigungseinheit 10 liegt die Reinigungsfläche 1a des Reinigungstuches auf der zu reinigenden Bodenfläche auf. Das Reinigungstuch 1 wird vorzugsweise im Bereich der Reinigungsfläche 1a über die Rollen 5 und 6 gegen die zu reinigende Oberfläche angebracht. Der Anpreßdruck auf den zu reinigenden Untergrund wird über die Schraub- und Spannvorrichtung erzeugt, mit der die Reinigungseinheit im Trägerfahrzeug fixiert wird. Durch diese Vorrichtung kann die Höhe der Reinigungseinheit relativ zu den Rädern des Fahrzeugs und zum Untergrund variiert und der Anpreßdruck eingestellt werden. Während der Bewegung des Reinigungsgeräts ist der Antriebsmotor der Reinigungseinheit eingeschaltet, so daß das Reinigungstuch, wie beschrieben, eine umlaufende Bewegung ausführt und somit automatisch und selbsttätig die Reinigung der Bodenfläche durchführt. Die Umlaufgeschwindigkeit des Reinigungstuches kann entweder fest eingestellt oder regelbar sein. Die Umlaufrichtung ist vorzugsweise entgegen der Umlaufrichtung der Räder und somit entgegen der Fahrtrichtung des Fahrzeugs.

Die in Fig. 3A, B gezeigte Ausführungsform zeigt ein Reinigungsgerät mit zwei Rädern 21 und 22. Vorzugsweise weist das Reinigungsgerät für jedes Rad einen eigenen Antriebsmotor auf, um über das Verhältnis der den Rädern zugeführten Antriebskräfte eine Lenkung des Reinigungsgeräts zu ermöglichen. Auf der Höhe der größten Ausdehnung des Fahrzeugs sind eine Anzahl von Abstandssensoren angebracht, die die Entfernung des Fahrzeugs zu umliegenden Hindernissen messen. Bei Annäherung an ein Hindernis liefern diese entsprechende Signale an eine zentrale Steuereinheit. - Im einfachsten Fall sind am Umfang der unteren Partie des Gehäuses vier viertelkreisförmige Berührungssensoren 23a-d angeordnet. Durch die zentrale Steuereinheit wird abhängig davon, welcher der 4 Berührungssensoren ein Signal abgegeben hat, eine Bewegung eingeleitet, mit welcher das Hindernis umfahren werden kann. Als Alternative zu Berührungssensoren können abstandsgebende Sensoren wie Ultraschall- oder Infrarotsensoren eingesetzt werden.

In Fig. 4 ist ein Ausführungsbeispiel für eine Schaltungsanordnung eines Steuerungs- und Navigationssystems für ein selbstfahrendes Reinigungsgerät dargestellt. Die Schaltungsanordnung weist als zentrale Einheit einen Steuerrechner 30 auf. Dieser liefert einerseits Signale an eine Lei-

stungselektronik 33, um die Antriebsmotoren 31, 32 der Räder 21, 22 und den Antriebsmotor 2 der Reinigungseinheit 10 anzusteuern. Andererseits empfängt der Steuerrechner 30 Signale von Drehgebern 31a, 31b der Antriebsmotoren 31, 32, die es dem Steuerrechner ermöglichen, die von dem Reinigungsgerät tatsächlich ausgeführte Bewegung zu berechnen.

Die Fahrt entlang einer Geraden oder entlang einer anders gearteten Trajektorie wird durch die Vorgabe entsprechender Geschwindigkeiten und Geschwindigkeitsverhältnisse an die Antriebsmotoren erreicht. Die physikalische Umsetzung von Geschwindigkeiten und Geschwindigkeitsverhältnissen erfolgt über die Leistungselektronik durch die Erzeugung entsprechender Spannungswerte und Spannungsverhältnisse, die an den Antriebsmotoren angelegt werden. Die Strom- und Spannungsversorgung erfolgt beispielsweise durch einen Satz von aufladbaren 12 V-Batterien

Durch Variation der Geschwindigkeits- und der entsprechenden Spannungsverhältnisse für die Antriebsmotoren lassen sich beliebige Trajektorien erreichen. Die Kontrolle der Geschwindigkeitsverhältnisse und der tatsächlichen Fortbewegung erfolgt über die Drehgeber der Antriebsmotoren durch Messung der in einem bestimmten Zeitintervall zurückgelegten Wegstrecke. Weichen Soll- und Istgeschwindigkeiten bzw. -position voneinander ab, errechnet der Steuerrechner entsprechende Korrekturwerte.

Die Speichereinheit des Steuerrechners erlaubt es insbesondere, die Geschwindigkeitsmuster für bestimmte Trajektorienmuster vorab zu berechnen und abzuspeichern. In Fig. 5A bis C sind eine Anzahl denkbarer Trajektorien dargestellt. Dementsprechend kann das Reinigungsgerät wahlweise eine spiralförmige (5A), eine mäanderrförmige (5B) oder eine schlangenförmige (5C) Reinigungstrajektorie befahren. Die Auswahl erfolgt durch den Benutzer durch Einstellen eines Schalters. Die Parametrierung solcher programmierter Trajektorientypen beispielsweise ihr Durchmesser kann wahlweise durch den Benutzer über Schalter eingestellt oder fest kodiert werden. Spiralförmige (5A) und mäanderrförmige Trajektorien werden typischerweise von innen nach außen befahren.

Für eine flächendeckende Reinigung durch das Reinigungsgerät gibt es mehrere Fortbewegungsstrategien, die alleine oder auch in Kombination zum Einsatz kommen können. Die Fortbewegung kann beispielsweise nach dem Zufallsprinzip erfolgen. Dabei wird die Bewegungsrichtung und gegebenenfalls die Entfernung vom Steuerrechner zufällig gemäß einer Gleichverteilung ausgewählt. Die Fahrt entlang einer solch zufällig ausgewählten Richtung gewährleistet mittelfristig eine nahezu vollständige Befahrung der zu reinigenden Fläche.

Alternativ zu einer zufallsbestimmten Bewegung kann die Fortbewegung entlang einer vorprogrammierten Trajektorie (beispielsweise 5A, 5B, oder 5C) erfolgen. Die Fahrstrecke, die dabei zurückzulegen ist, variiert je nach ausgewähltem Trajektorienmuster. Nach dem Durchlaufen einer entsprechenden Trajektorie und der dabei erfolgten Reinigung eines entsprechend großen Gebietes, fährt das Gerät in eine nach dem Zufallsprinzip ausgewählte Richtung und beginnt nach einer festgelegten zurückgelegten Entfernung erneut mit dem Durchlaufen einer Trajektorie.

Droht das Reinigungsgerät während einer Geradeausfahrt oder während der Fahrt entlang einer vorprogrammierten Trajektorie mit einem Hindernis zu kollidieren, dann wird dies durch die Abstandssensorik 34 an den Steuerrechner gemeldet. Der Steuerrechner stoppt das Fahrzeug kurzfristig ab, wählt eine zufällige dem Hindernis abgewandte neue Fahrtrichtung aus und setzt das Fahrzeug dann wieder in Bewegung. Das Fahrzeug fährt einen vorgegebenen Abstand in

diese neue Richtung und beginnt dort wieder mit dem Befahren der ausgewählten Trajektorie.

Durch die Kombination von Geradeausfahrten, Befahren fester Reinigungstrajektorien und der dargestellten Hindernisvermeidungsstrategie wird mittelfristig eine nahezu vollständige Befahrung der zu reinigenden Fläche sichergestellt.

Alternativ zu den beiden dargestellten Fortbewegungsstrategien, die eine Kombination zwischen Zufallsbewegung und gezielter Fortbewegung ermöglichen, besteht die Möglichkeit, die Reinigungstrajektorie für das zu reinigende Gebiet vollständig oder in großen Teilen vorab zu berechnen und zu befahren. Dazu muß die Steuerung des Fahrzeugs über einen nach Möglichkeit vollständigen Plan (Grundriß) der Reinigungsfläche verfügen. Mithilfe dieses Plans kann dann eine flächendeckende Trajektorie errechnet werden. Um eine exakte Befahrung der Reinigungstrajektorie zu gewährleisten, muß das Fahrzeug weiterhin in der Lage sein, seine Position in der zu reinigenden Umgebung sehr genau zu bestimmen und gleichzeitig den Plan zu ergänzen, falls durch die Abstandssensoren nicht bekannte Objekte wahrgenommen werden. Werden im Grundriß nichtbekannte Hindernisse wahrgenommen, dann muß die vorab berechnete Reinigungstrajektorie so modifiziert werden, daß das Hindernis geeignet umfahren werden kann. Dies läßt sich bewerkstelligen, indem beispielsweise der Kontur des Hindernisses gefolgt wird bis die ursprüngliche Trajektorie wieder erreicht wird.

#### Patentansprüche

1. Selbstfahrendes Reinigungsgerät (20), mit
  - einem Antriebsmotor (31, 32) zum Antrieb von mindestens zwei an dem Reinigungsgerät montierten Rädern (21, 22),
  - einem Steuerrechner (30) zur Steuerung der Bewegung des Reinigungsgeräts (20),
  - Sensoren (23a-d; 34) zur Detektion von Hindernissen, und gegebenenfalls mit
  - einer Reinigungseinheit (10) zur automatischen oder manuellen Reinigung nicht-textiler Bodenbeläge, welche enthält:
    - ein Reinigungstuch (1), welches um eine Mehrzahl Rollen (3-9) gelegt ist und auf einer Seite der Reinigungseinheit (10) eine nach außen weisende ebene Reinigungsfläche (1a) bildet,
    - einen Reinigungsbehälter (13), welcher eine Reinigungsflüssigkeit enthält und durch welchen das Reinigungstuch (1) durch Transport- und Antriebsrollen (3-8) förderbar ist,
 dadurch gekennzeichnet, daß
  - in dem Steuerrechner (30) eine Anzahl von Grundmustern von Trajektorien für die Fortbewegung des Reinigungsgeräts speicherbar und benutzerseitig auswählbar ist, und
  - in dem Steuerrechner (30) eine Fortbewegungsstrategie gespeichert ist, nach der das Reinigungsgerät (20) nach Durchlaufen des Grundmusters einer ausgewählten Trajektorie in eine nach dem Zufallsprinzip ausgewählte Richtung fährt und nach einer vorbestimmten zurückgelegten Entfernung in dieser Richtung erneut mit dem Durchlaufen des Grundmusters der ausgewählten Trajektorie beginnt.
2. Reinigungsgerät nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß
  - in dem Steuerrechner (30) ferner eine Hindernisvermeidungsstrategie gespeichert ist, nach der im Falle einer eingetretenen oder drohenden Kol-

- lision mit einem Hindernis das Reinigungsgerät  
(20) kurzfristig abstoppt, eine nach dem Zufalls-  
prinzip ausgewählte, dem Hindernis abgewandte,  
neue Richtung auswählt und das Reinigungsgerät  
nach einer vorbestimmten zurückgelegten Entfer- 5  
nung in dieser Richtung erneut mit dem Durchlau-  
fen des Grundmusters einer Trajektorie beginnt.
3. Reinigungsgerät nach Anspruch 1 oder 2, dadurch  
gekennzeichnet, daß
- in dem Steuerrechner (30) ein spiralförmiges 10  
(5A), ein mäanderförmiges (5B) und ein schlan-  
genförmiges Trajektoriengrundmuster (5C) abge-  
speichert ist.
4. Reinigungsgerät nach einem der vorhergehenden  
Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß 15
- die Sensoren (23a-d; 34) Berührungssensoren  
sind.
5. Reinigungsgerät nach einem der Ansprüche 1 bis 3,  
dadurch gekennzeichnet, daß
- die Sensoren (23a-d; 34) Ultraschall- oder In- 20  
frarotsensoren sind.

---

Hierzu 6 Seite(n) Zeichnungen

---

25

30

35

40

45

50

55

60

65



- Leerseite -

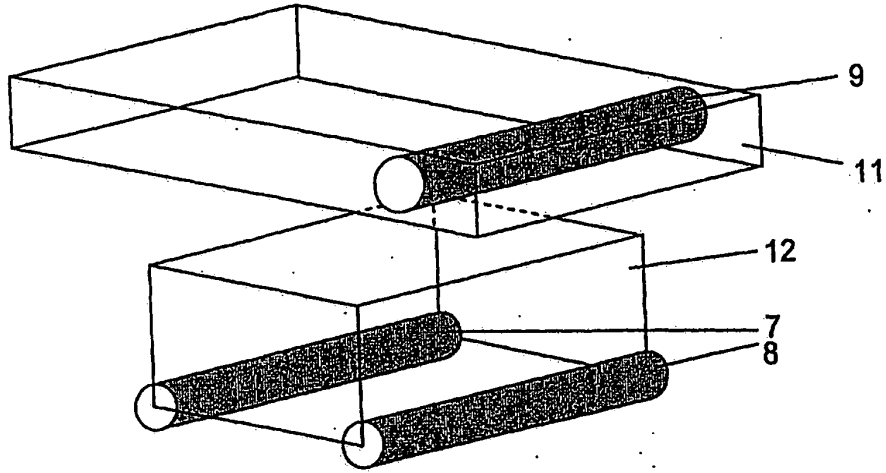


Fig.1A

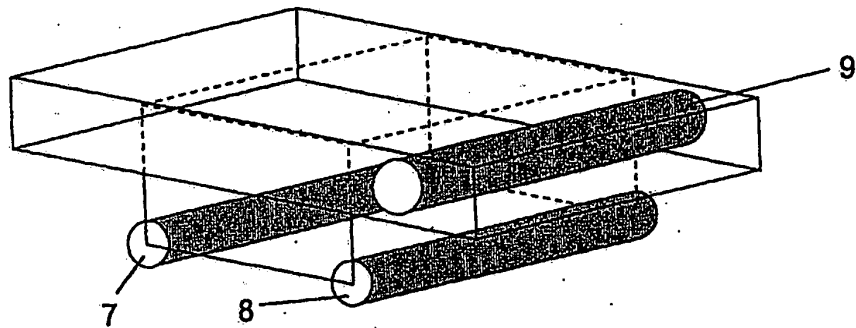


Fig.1B

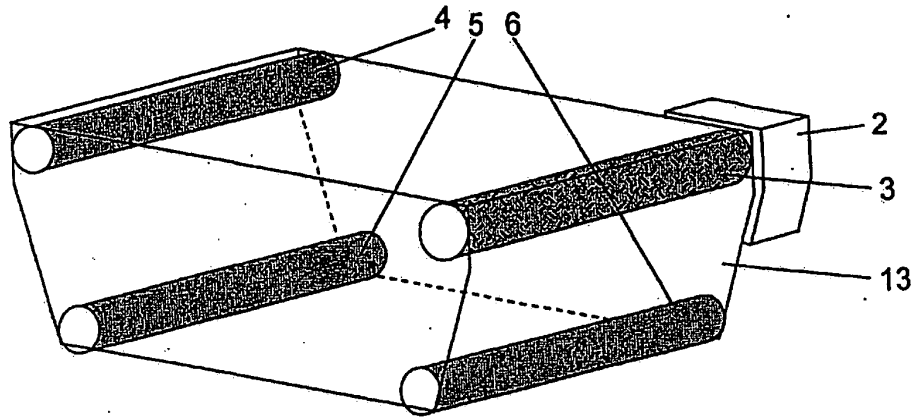


Fig.1C

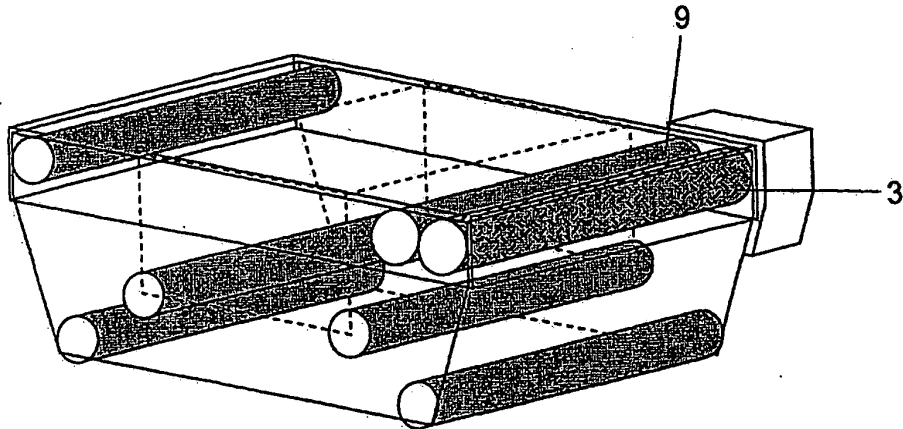


Fig.1D

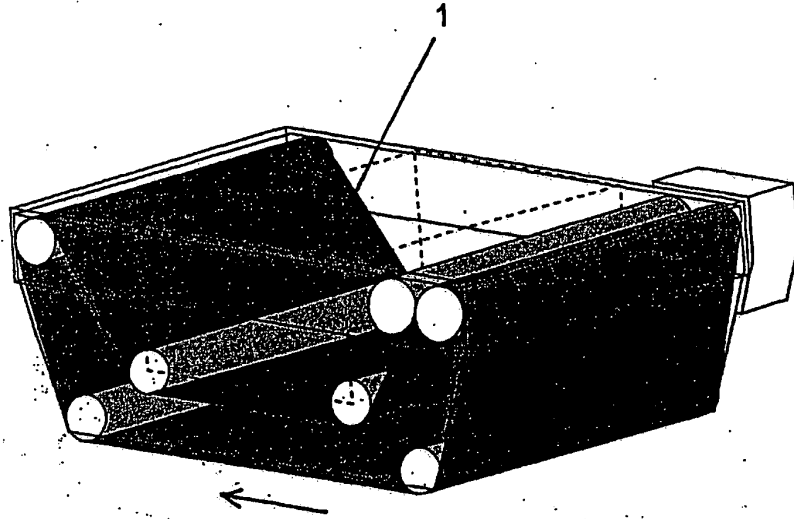


Fig.2

20

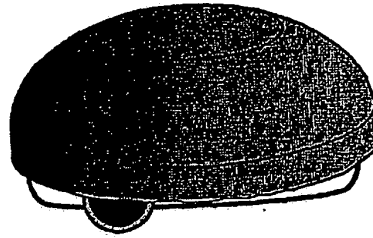


Fig.3A

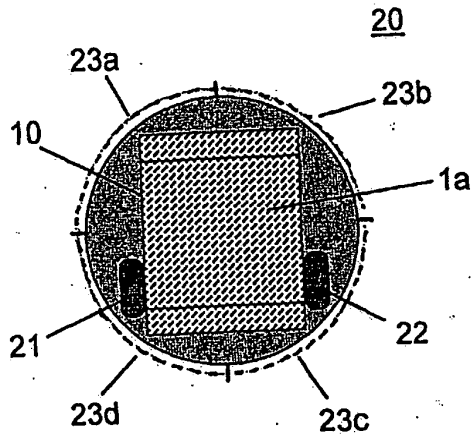


Fig.3B

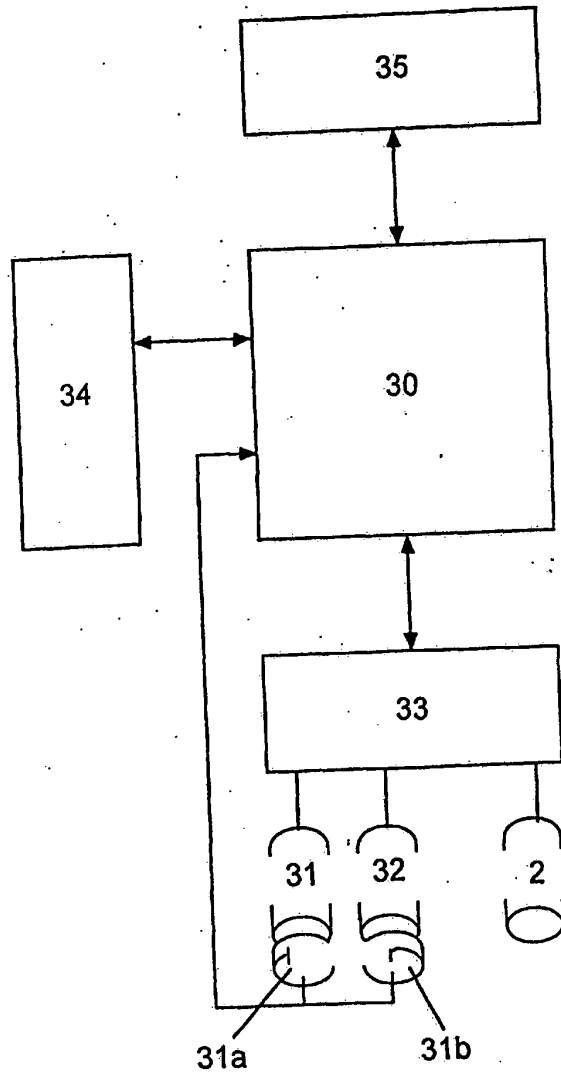
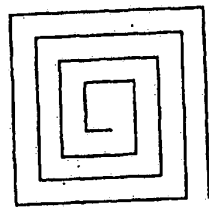
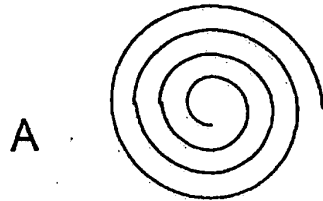


Fig.4



B

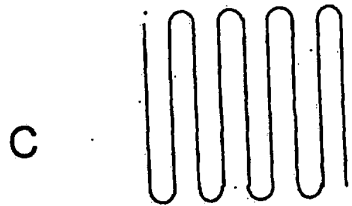


Fig.5

**Claims**

1. Automatically moving cleaning device (20), comprising
  - at least one drive motor (31, 32) for driving at least two wheels (21, 22) mounted on the cleaning device,
  - a control computer (30) for controlling the movement of the cleaning device (20),
  - sensors (23a - d; 34) for detecting obstacles, *and possibly comprising*
  - *a cleaning unit (10) for automatically or manually cleaning non-textile floors, which includes*
  - *a cleaning cloth (1) laid around a plurality of rollers (3 - 9) and forming an outwardly pointing planar cleaning surface (1a) on one side of the cleaning unit (10),*
  - *a cleaning container (13) containing a cleaning liquid and through which the cleaning cloth (1) can be conveyed through transport and drive rollers (3 - 8),*characterized in that
  - a number of basic patterns of trajectories for the movement of the cleaning device can be stored in the control computer (30) and can be selected by the user, and
  - a movement strategy is stored in the control computer (30) according to which the cleaning device (20) drives to a randomly selected direction after passing through the basic pattern of a selected trajectory, and after a predetermined distance is in this direction covered it starts again by passing through the basic pattern of the selected trajectory.
  
2. A cleaning device as claimed in claim 1, characterized in that
  - an obstacle avoiding strategy is furthermore stored in the control computer (30) according to which in the case of an occurring or imminent collision with an obstacle the cleaning device (20) temporarily stops, a new randomly selected direction opposing the obstacle is selected and the cleaning device starts again passing through the basic pattern of a trajectory after a predetermined distance in this direction is covered.



3. A cleaning device as claimed in claim 1 or 2, characterized in that
  - a spiral (5A), a meander-shaped (5B) and a snakelike trajectory basic pattern (5C) is stored in the control computer (30).
4. A cleaning device as claimed in one of the preceding claims, characterized in that
  - the sensors (23a - d; 34) are touch sensors.
5. A cleaning device as claimed in one of claims 1 to 3, characterized in that
  - the sensors (23a - d; 34) are ultrasonic or infrared sensors.



UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

*[Handwritten signature]*

UNITED STATES DEPARTMENT OF COMMERCE  
United States Patent and Trademark Office  
Address: COMMISSIONER FOR PATENTS  
P.O. Box 1450  
Alexandria, Virginia 22313-1450  
www.uspto.gov

APPLICATION NO.	FILING DATE	FIRST NAMED INVENTOR	ATTORNEY DOCKET NO.	CONFIRMATION NO.
10/167,851	06/12/2002	Joseph L. Jones	DP-5 US	7777
24390	7590	06/17/2004	EXAMINER	
LUCASH, GESMER & UPDEGROVE, LLP 40 BROAD ST SUITE 300 BOSTON, MA 02109			LEYKIN, RITA	
			ART UNIT	PAPER NUMBER
			2837	

DATE MAILED: 06/17/2004

Please find below and/or attached an Office communication concerning this application or proceeding.

<b>Supplemental Notice of Allowability</b>	<b>Application No.</b>	<b>Applicant(s)</b>	
	10/167,851	JONES ET AL.	
	<b>Examiner</b>	<b>Art Unit</b>	
	Rita Leykin	2837	

**-- The MAILING DATE of this communication appears on the cover sheet with the correspondence address--**  
 All claims being allowable, PROSECUTION ON THE MERITS IS (OR REMAINS) CLOSED in this application. If not included herewith (or previously mailed), a Notice of Allowance (PTOL-85) or other appropriate communication will be mailed in due course. **THIS NOTICE OF ALLOWABILITY IS NOT A GRANT OF PATENT RIGHTS.** This application is subject to withdrawal from issue at the initiative of the Office or upon petition by the applicant. See 37 CFR 1.313 and MPEP 1308.

1.  This communication is responsive to \_\_\_\_\_.
2.  The allowed claim(s) is/are \_\_\_\_\_.
3.  The drawings filed on \_\_\_\_\_ are accepted by the Examiner.
4.  Acknowledgment is made of a claim for foreign priority under 35 U.S.C. § 119(a)-(d) or (f).
  - a)  All    b)  Some\*    c)  None    of the:
    1.  Certified copies of the priority documents have been received.
    2.  Certified copies of the priority documents have been received in Application No. \_\_\_\_\_.
    3.  Copies of the certified copies of the priority documents have been received in this national stage application from the International Bureau (PCT Rule 17.2(a)).

\* Certified copies not received: \_\_\_\_\_.

Applicant has THREE MONTHS FROM THE "MAILING DATE" of this communication to file a reply complying with the requirements noted below. Failure to timely comply will result in ABANDONMENT of this application.  
**THIS THREE-MONTH PERIOD IS NOT EXTENDABLE.**

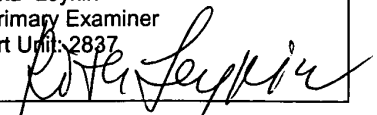
5.  A SUBSTITUTE OATH OR DECLARATION must be submitted. Note the attached EXAMINER'S AMENDMENT or NOTICE OF INFORMAL PATENT APPLICATION (PTO-152) which gives reason(s) why the oath or declaration is deficient.
6.  CORRECTED DRAWINGS ( as "replacement sheets") must be submitted.
  - (a)  including changes required by the Notice of Draftsperson's Patent Drawing Review ( PTO-948) attached
    - 1)  hereto or 2)  to Paper No./Mail Date \_\_\_\_\_.
  - (b)  including changes required by the attached Examiner's Amendment / Comment or in the Office action of Paper No./Mail Date \_\_\_\_\_.

Identifying indicia such as the application number (see 37 CFR 1.84(c)) should be written on the drawings in the front (not the back) of each sheet. Replacement sheet(s) should be labeled as such in the header according to 37 CFR 1.121(d).
7.  DEPOSIT OF and/or INFORMATION about the deposit of BIOLOGICAL MATERIAL must be submitted. Note the attached Examiner's comment regarding REQUIREMENT FOR THE DEPOSIT OF BIOLOGICAL MATERIAL.

**Attachment(s)**

- |   |  |
|---|--|
| 1. <input type="checkbox"/> Notice of References Cited (PTO-892)  | 5. <input type="checkbox"/> Notice of Informal Patent Application (PTO-152)            |
| 2. <input type="checkbox"/> Notice of Draftsperson's Patent Drawing Review (PTO-948)  | 6. <input type="checkbox"/> Interview Summary (PTO-413),<br>Paper No./Mail Date _____. |
| 3. <input checked="" type="checkbox"/> Information Disclosure Statements (PTO-1449 or PTO/SB/08),<br>Paper No./Mail Date <u>12/03, 1/04, 3/04</u> | 7. <input type="checkbox"/> Examiner's Amendment/Comment                               |
| 4. <input type="checkbox"/> Examiner's Comment Regarding Requirement for Deposit<br>of Biological Material  | 8. <input type="checkbox"/> Examiner's Statement of Reasons for Allowance              |
|   | 9. <input type="checkbox"/> Other _____.   |

Rita Leykin  
 Primary Examiner  
 Art Unit: 2837























04-28-04

B



PTO/SB/21 (02-04) Approved for use through 07/31/2006. OMB 0651-0031 U.S. Patent and Trademark Office; U.S. DEPARTMENT OF COMMERCE Under the Paperwork Reduction Act of 1995, no persons are required to respond to a collection of information unless it displays a valid OMB control number.

<b>TRANSMITTAL FORM</b> <small>(to be used for all correspondence after initial filing)</small>	Application Number	10/167,851	
	Filing Date	June 12, 2002	
	First Named Inventor	Joseph L. Jones et al.	
	Art Unit	2837	
	Examiner Name	Rita Leykin	
Total Number of Pages in This Submission	18	Attorney Docket Number	DP-5-US (ISR-017-US)

ENCLOSURES <small>(Check all that apply)</small>		
<input type="checkbox"/> Fee Transmittal Form <input type="checkbox"/> Fee Attached <input type="checkbox"/> Amendment/Reply <input type="checkbox"/> After Final <input type="checkbox"/> Affidavits/declaration(s) <input type="checkbox"/> Extension of Time Request <input type="checkbox"/> Express Abandonment Request <input type="checkbox"/> Information Disclosure Statement <input type="checkbox"/> Certified Copy of Priority Document(s) <input type="checkbox"/> Response to Missing Parts/ Incomplete Application <input type="checkbox"/> Response to Missing Parts under 37 CFR 1.52 or 1.53	<input checked="" type="checkbox"/> Drawing(s) (Formal) <input type="checkbox"/> Licensing-related Papers <input type="checkbox"/> Petition <input type="checkbox"/> Petition to Convert to a Provisional Application <input type="checkbox"/> Power of Attorney, Revocation <input type="checkbox"/> Change of Correspondence Address <input type="checkbox"/> Terminal Disclaimer <input type="checkbox"/> Request for Refund <input type="checkbox"/> CD, Number of CD(s) _____	<input type="checkbox"/> After Allowance communication to Technology Center (TC) <input type="checkbox"/> Appeal Communication to Board of Appeals and Interferences <input type="checkbox"/> Appeal Communication to TC (Appeal Notice, Brief, Reply Brief) <input type="checkbox"/> Proprietary Information <input type="checkbox"/> Status Letter <input checked="" type="checkbox"/> Other Enclosure(s) (please identify below): Return Receipt Postcard Certificate of Express Mailing
Remarks Transmittal of Formal Drawings with Certificate of Express Mail (EV 064 498 420 US) Formal Drawings (16 sheets) (26 figures - 1 through 14) Return Receipt Postcard		

SIGNATURE OF APPLICANT, ATTORNEY, OR AGENT	
Firm or Individual name	Paul Speidel, Reg. No. 52,239 Gesmer Updegrove LLP 40 Broad Street, Boston, MA 02109
Signature	<i>Paul Speidel</i>
Date	April 27, 2004

CERTIFICATE OF TRANSMISSION/MAILING			
I hereby certify that this correspondence is being facsimile transmitted to the USPTO or deposited with the United States Postal Service with sufficient postage as first class mail in an envelope addressed to: Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450 on the date shown below. Express Mail EV 064 498 420 US on April 27, 2004 (see attached Express Mail Certificate)			
Typed or printed name	Sunshine Limanni		
Signature	<i>Sunshine Limanni</i>	Date	April 27, 2004

This collection of information is required by 37 CFR 1.5. The information is required to obtain or retain a benefit by the public which is to file (and by the USPTO to process) an application. Confidentiality is governed by 35 U.S.C. 122 and 37 CFR 1.14. This collection is estimated to 2 hours to complete, including gathering, preparing, and submitting the completed application form to the USPTO. Time will vary depending upon the individual case. Any comments on the amount of time you require to complete this form and/or suggestions for reducing this burden, should be sent to the Chief Information Officer, U.S. Patent and Trademark Office, U.S. Department of Commerce, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450. DO NOT SEND FEES OR COMPLETED FORMS TO THIS ADDRESS. SEND TO: Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450.

If you need assistance in completing the form, call 1-800-PTO-9199 and select option 2.



IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of:

Applicants: Joseph L. Jones, et al.  
 Serial No. 10/167,851  
 Title: Method and System for Multi-Mode Coverage for  
 an Autonomous Robot  
 Notice of Allowability Mailed: March 22, 2004  
 Attorney Docket No.: DP-5-US (ISR-017-US)

\*\*\*\*\*

CERTIFICATE OF EXPRESS MAILING

I hereby certify that the attached correspondence is being deposited under 37 CFR 1.10 with the United States Postal Service "Express Mail Post Office to Addressee" Service, Label No. EV 064 498 420 US on this day, April 27, 2004, in an envelope addressed to MAIL STOP ISSUE FEE, Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450.

Signature of person mailing: Sunshine Limanni  
Sunshine Limanni

\*\*\*\*\*

TRANSMITTAL OF FORMAL DRAWINGS

MAIL STOP ISSUE FEE  
Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

Dear Sir or Madam:

Enclosed for filing in the above-referenced patent application, in which a Notice of Allowability and Notice of Allowance were mailed on March 22, 2004, and in which the issue fee was separately on March 26, 2004, by facsimile transmission, are sixteen (16) sheets of formal drawings.

Please contact the undersigned if you have any questions.

Respectfully submitted,

Paul Speidel  
 Paul Speidel  
 Reg. No. 52,239  
 GESMER UPDEGROVE LLP  
 Boston, MA 02109  
 Tel.: (617) 350-6800  
 Fax: (617) 350-6878

April 27, 2004

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

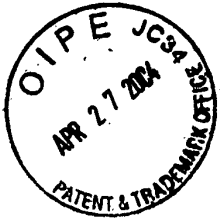
Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**



1/16

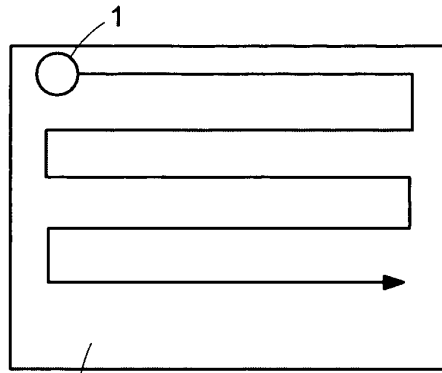


FIG. 1A

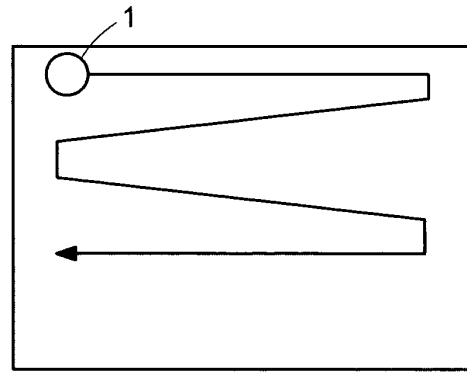


FIG. 1B

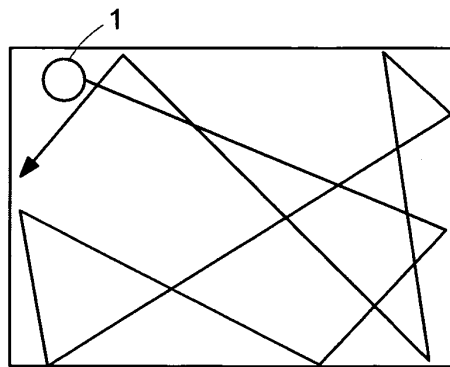


FIG. 1C

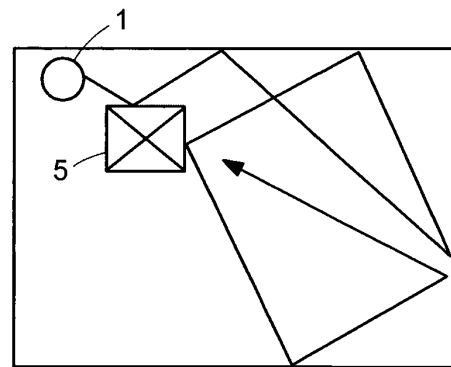


FIG. 1D





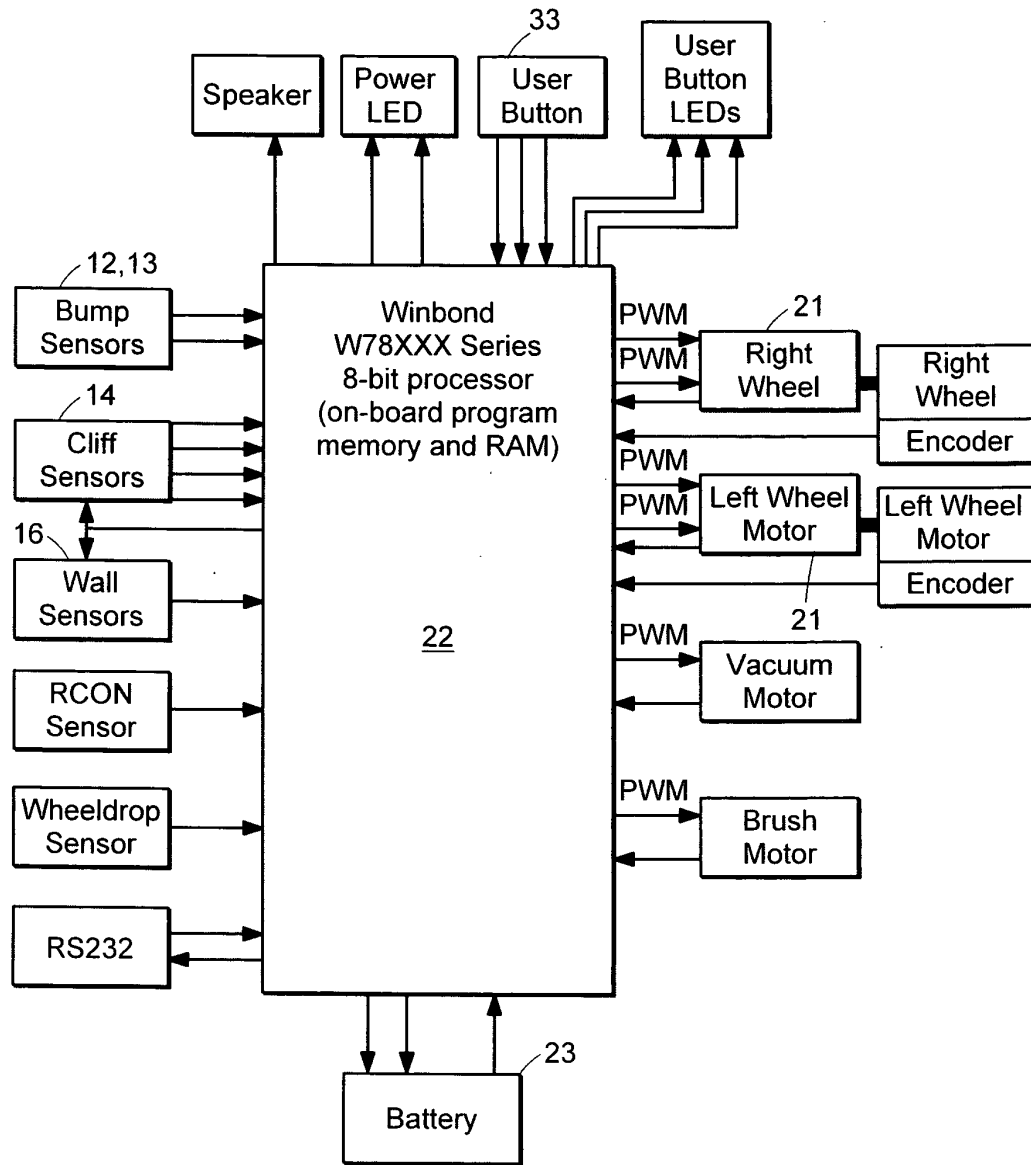
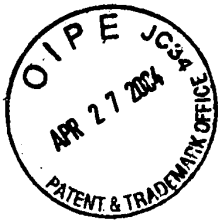


FIG. 3



4/16

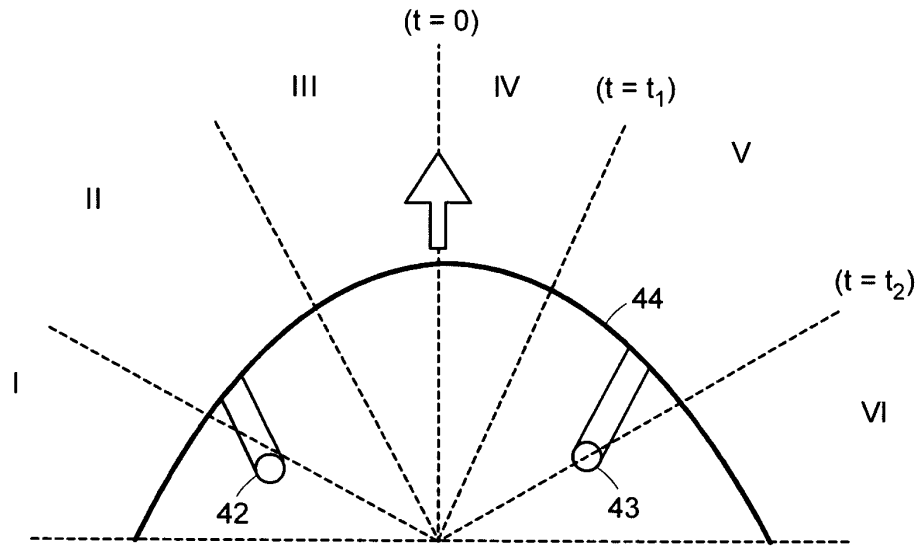


FIG. 4A

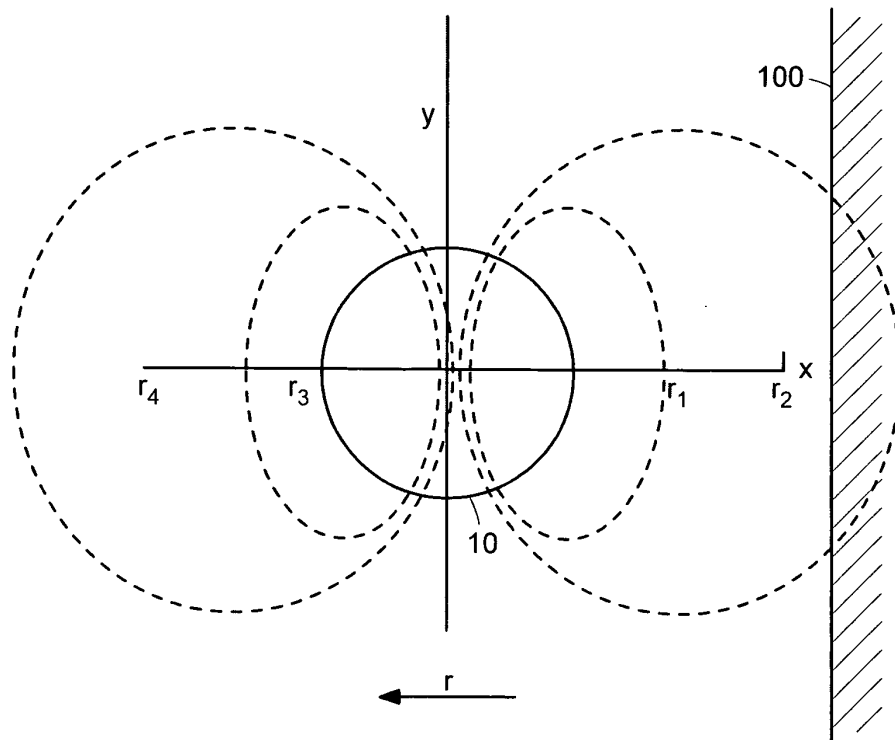
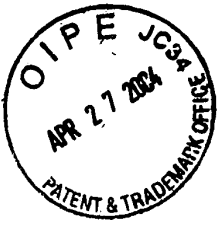


FIG. 4B



5/16

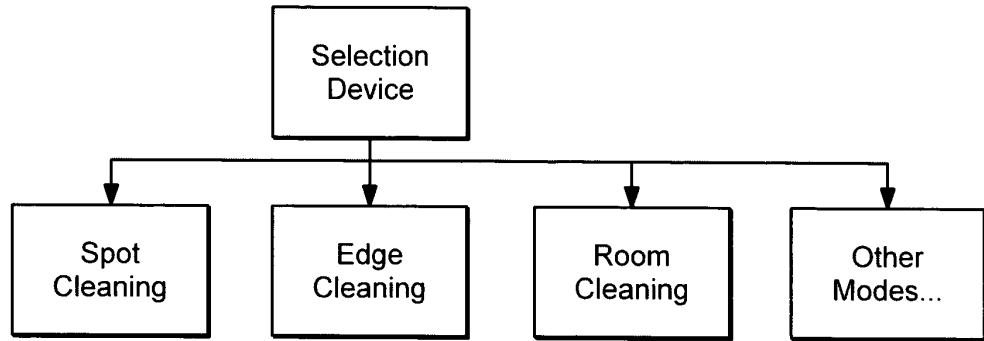


FIG. 5

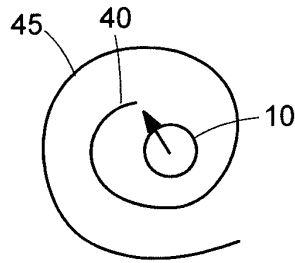


FIG. 6A

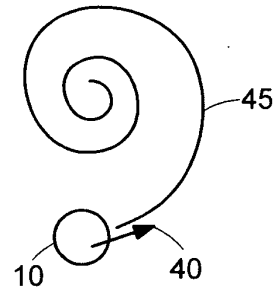


FIG. 6B

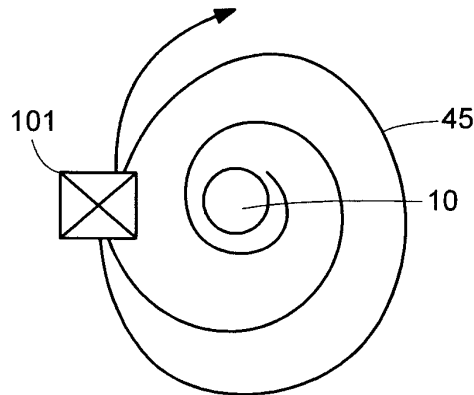


FIG. 6C

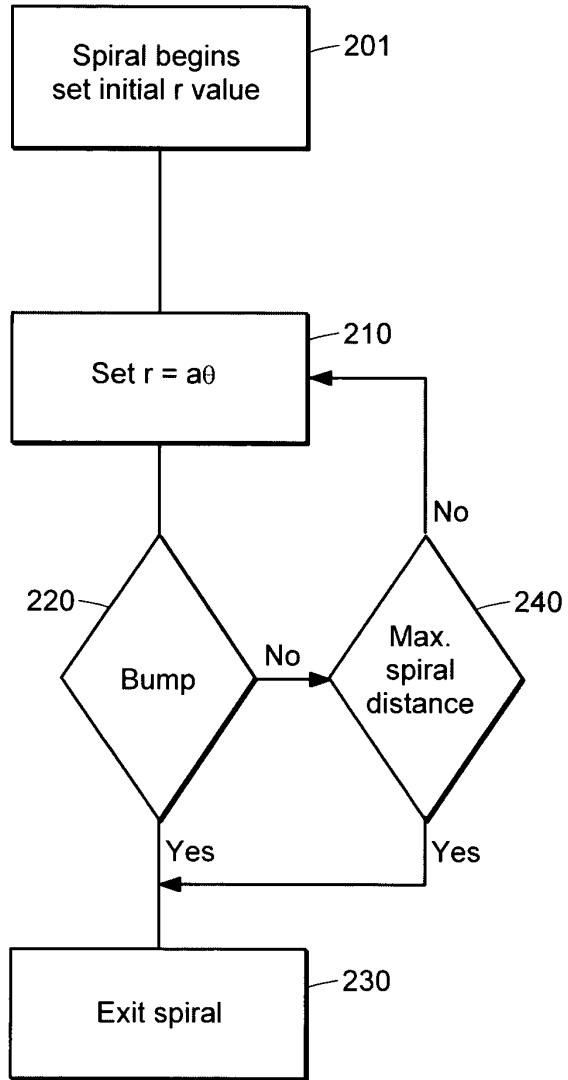


FIG. 7



7/16

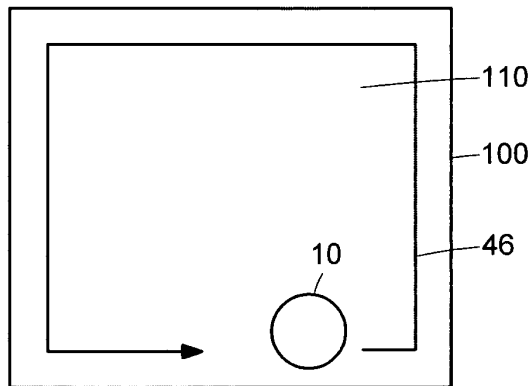


FIG. 8A

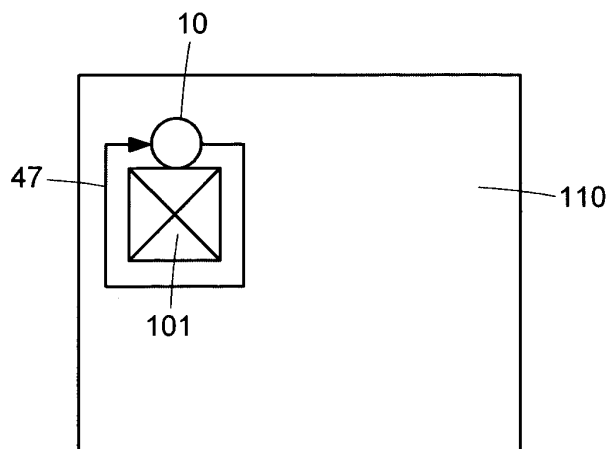
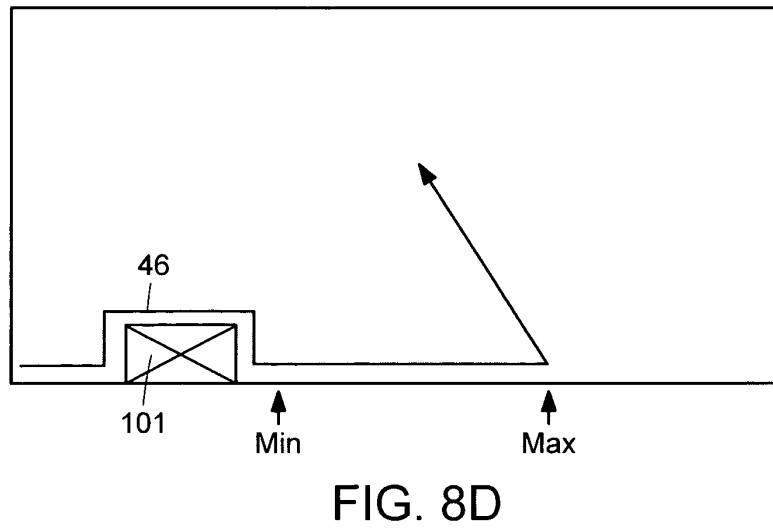
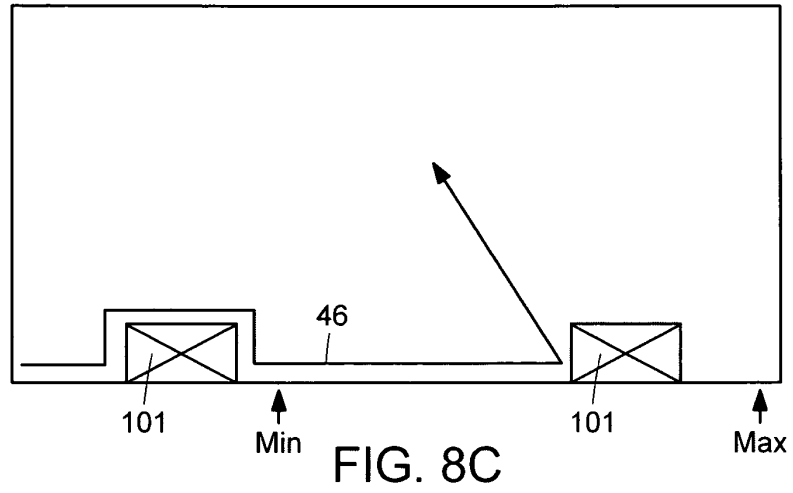


FIG. 8B



8/16





9/16

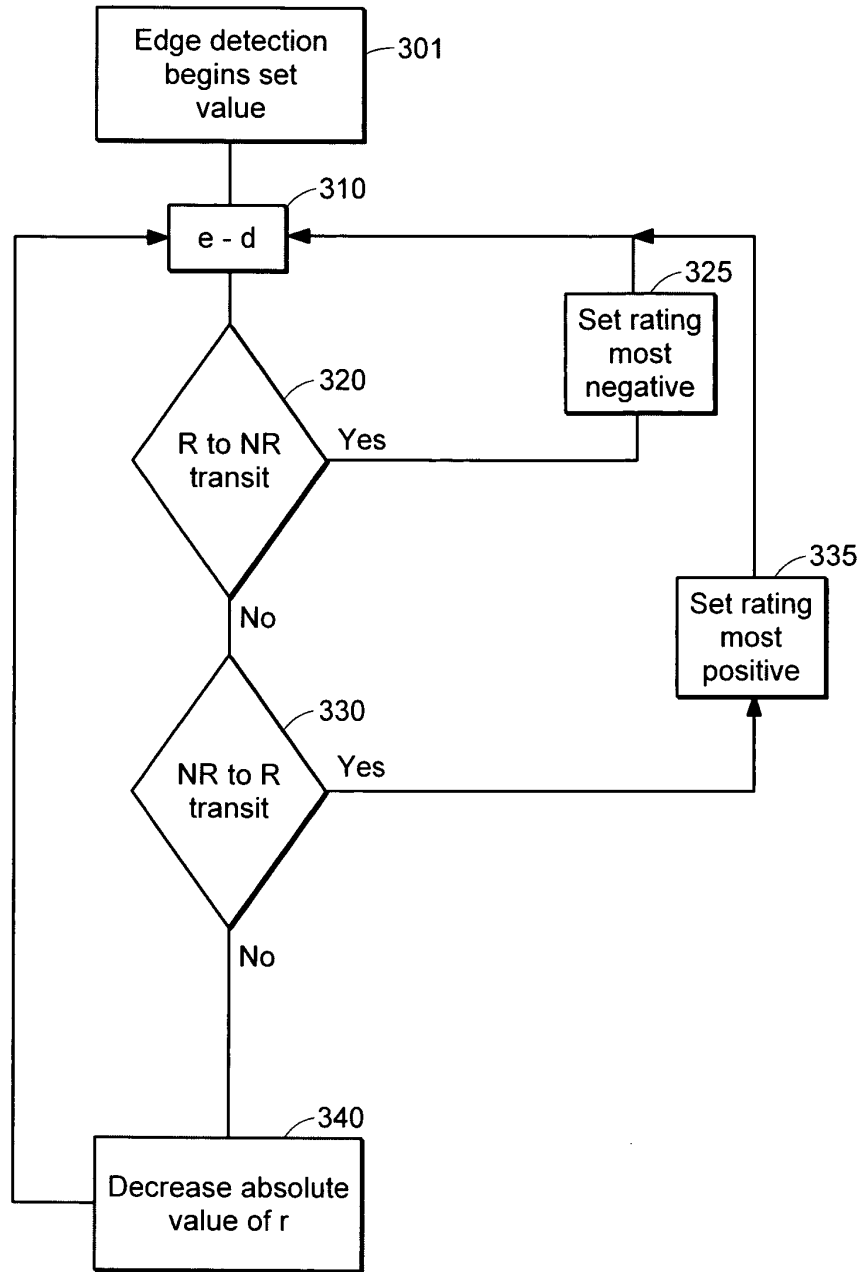


FIG. 9A





10/16

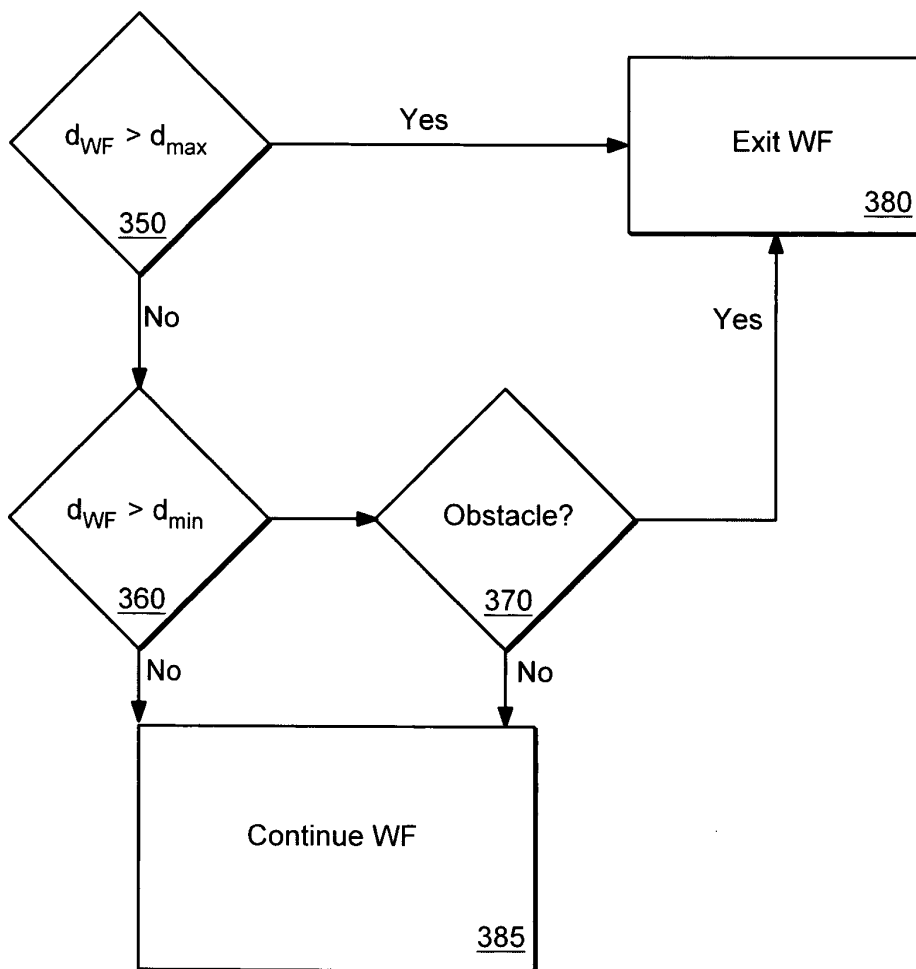


FIG. 9B



11/16

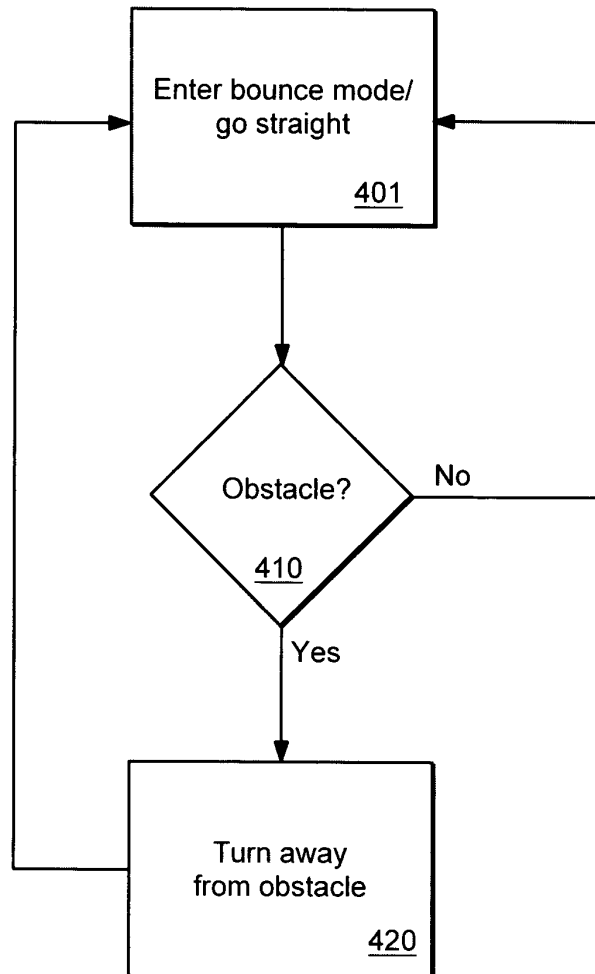


FIG. 10



12/16

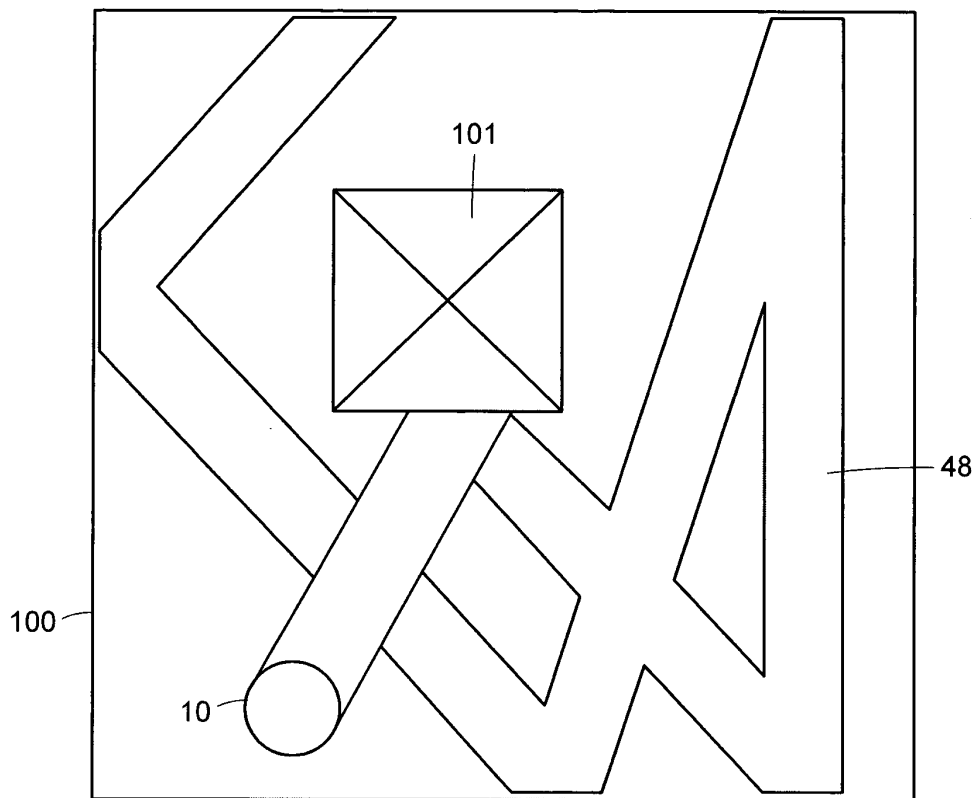


FIG. 11

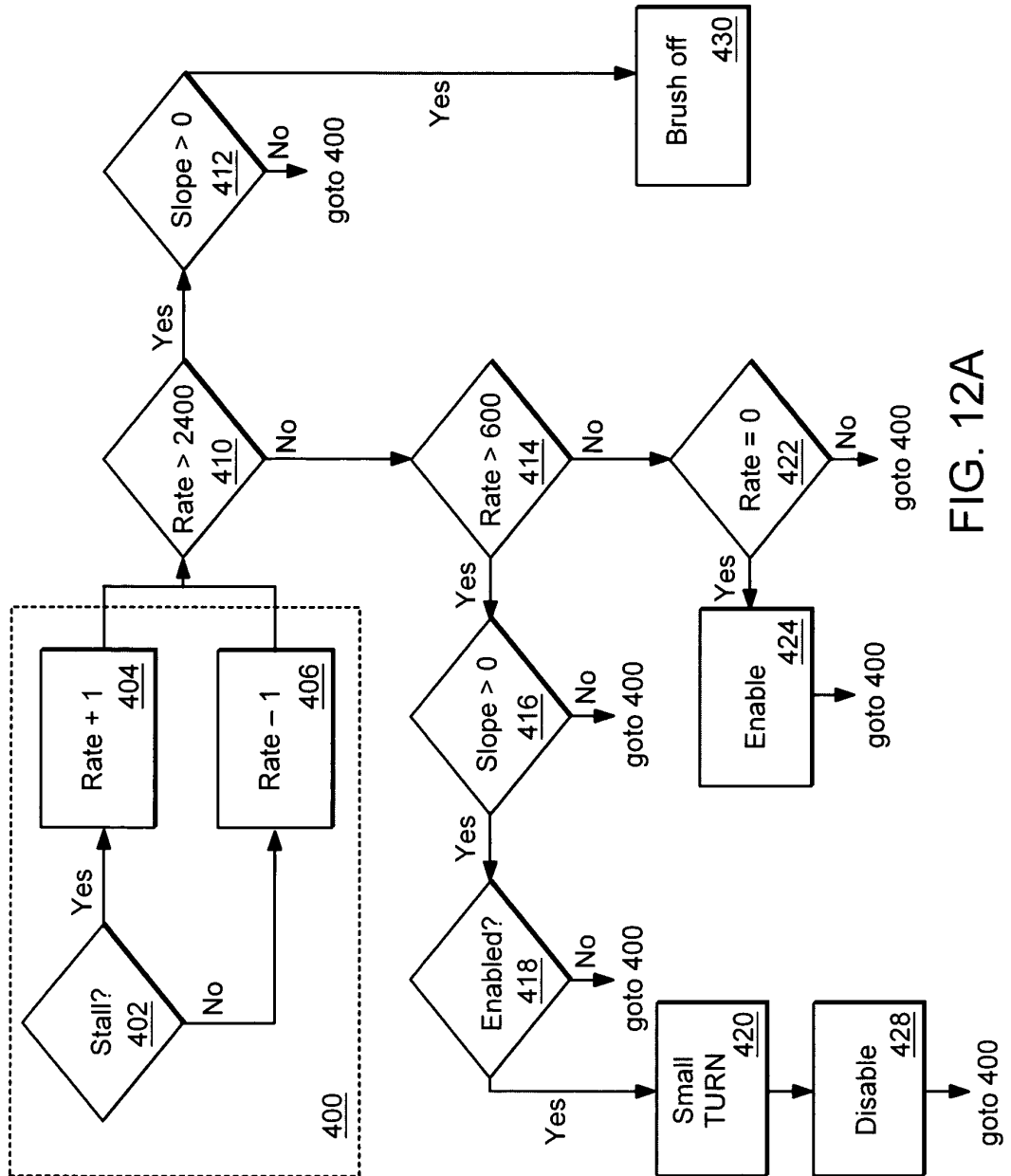


FIG. 12A



14/16

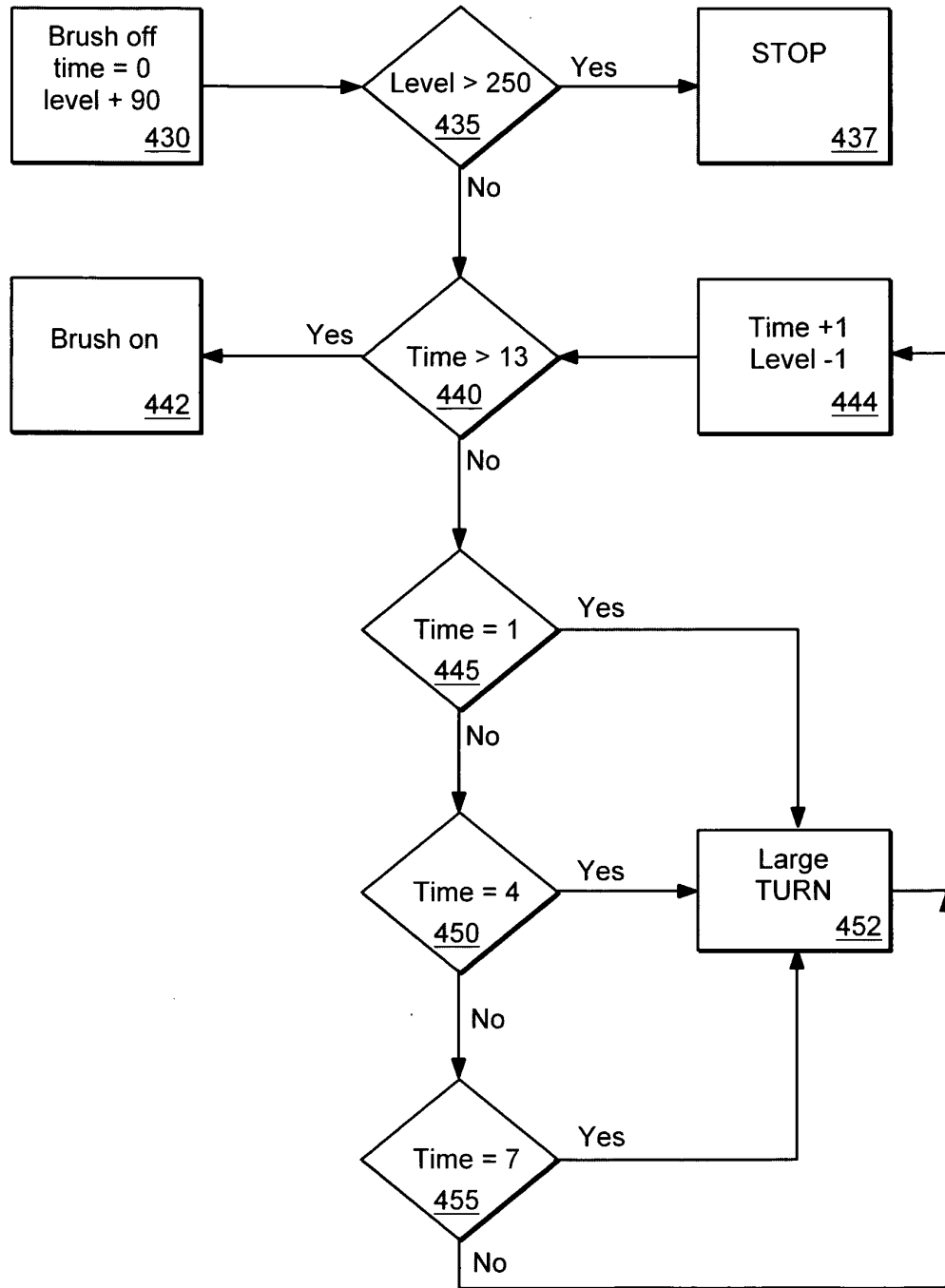


FIG. 12B



15/16

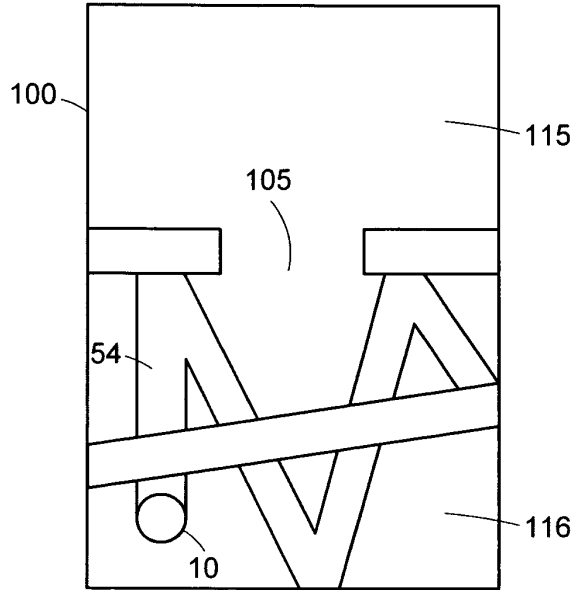


FIG. 13A

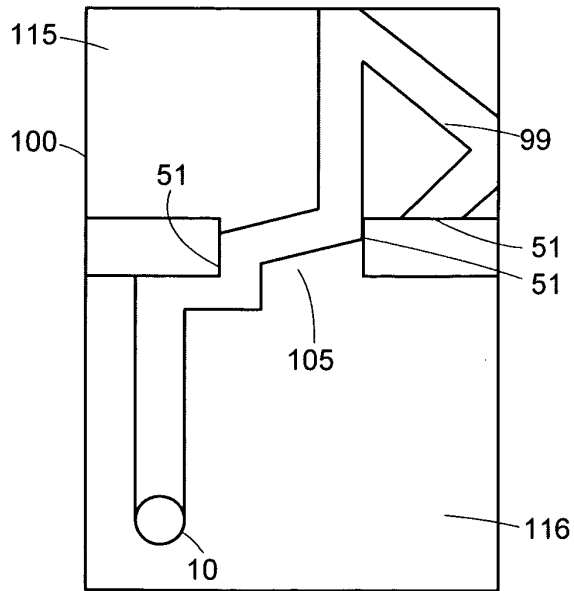


FIG. 13B



16/16

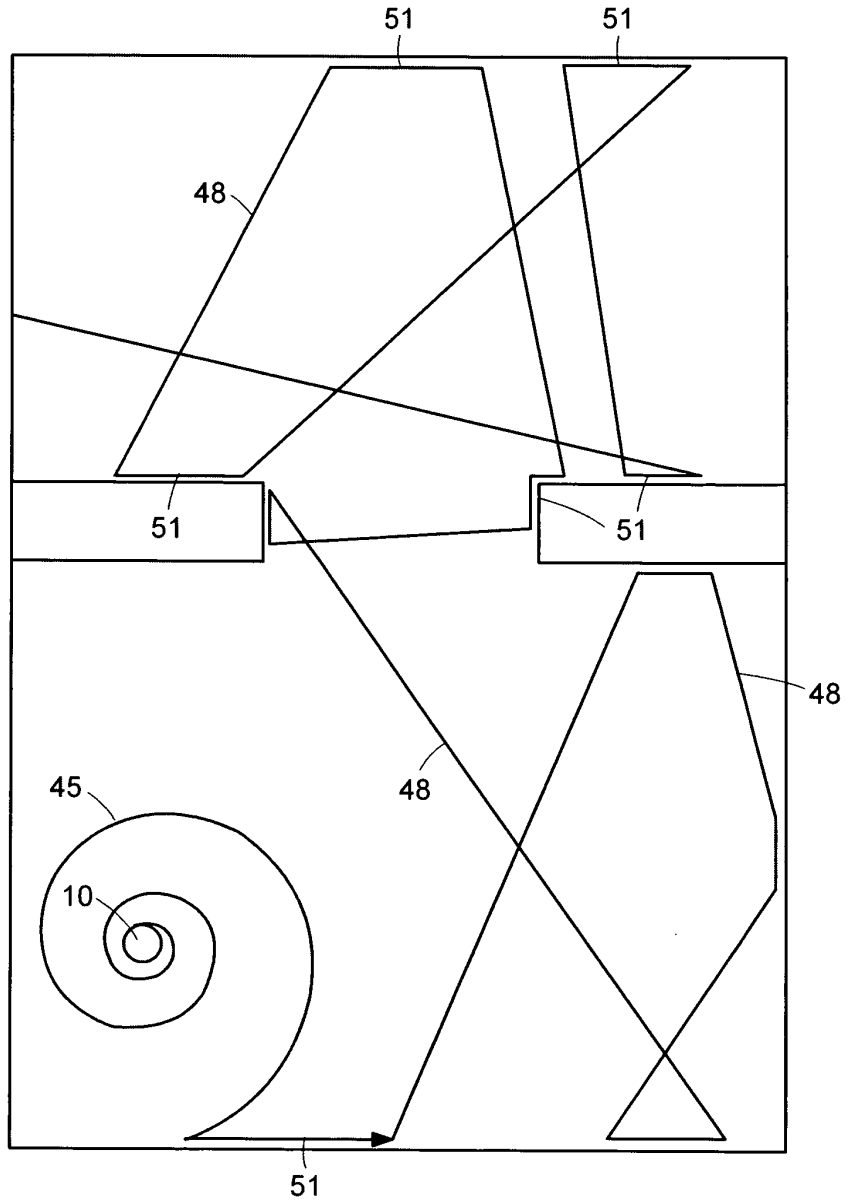


FIG. 14



PART B - FEE(S) TRANSMITTAL

Complete and send this form, together with applicable fee(s), to: Mail Stop ISSUE FEE Commissioner for Patents P.O. Box 1450 Alexandria, Virginia 22313-1450 or Fax (703) 746-4000

INSTRUCTIONS: This form should be used for transmitting the ISSUE FEE and PUBLICATION FEE (if required). Blocks 1 through 4 should be completed where appropriate. All further correspondence including the Patent, advance orders and notification of maintenance fees will be mailed to the current correspondence address as indicated unless corrected below or directed otherwise in Block 1, by (a) specifying a new correspondence address; and/or (b) indicating a separate "FEE ADDRESS" for maintenance fee notifications.

CURRENT CORRESPONDENCE ADDRESS (Note: Legibly mark-up with any corrections or use Block 1)

24390 7590 03/22/2004 LUCASH, GESMER & UPDEGROVE, LLP 40 BROAD ST SUITE 300 BOSTON, MA 02109

Note: A certificate of mailing can only be used for domestic mailings of the Fee(s) Transmittal. This certificate cannot be used for any other accompanying papers. Each additional paper, such as an assignment or formal drawing, must have its own certificate of mailing or transmission.

Certificate of Mailing or Transmission I hereby certify that this Fee(s) Transmittal is being deposited with the United States Postal Service with sufficient postage for first class mail in an envelope addressed to the Mail Stop ISSUE FEE address above, or being facsimile transmitted to the USPTO, on the date indicated below.

Sunshine Limanni (Depositor's name) Sunshine Limanni (Signature) March 26, 2004 (Date)

Table with 5 columns: APPLICATION NO., FILING DATE, FIRST NAMED INVENTOR, ATTORNEY DOCKET NO., CONFIRMATION NO. Values: 10/167,851, 06/12/2002, Joseph L. Jones, DP-5 US, 7777

TITLE OF INVENTION: METHOD AND SYSTEM FOR MULTI-MODE COVERAGE FOR AN AUTONOMOUS ROBOT

Table with 6 columns: APPLN. TYPE, SMALL ENTITY, ISSUE FEE, PUBLICATION FEE, TOTAL FEE(S) DUE, DATE DUE. Values: nonprovisional, YESX NO, YESX \$1330.00, \$300, YESX \$1630.00, 06/22/2004

Table with 3 columns: EXAMINER, ART UNIT, CLASS-SUBCLASS. Values: LEYKIN, RITA, 2837, 318-568120

1. Change of correspondence address or indication of "Fee Address" (37 CFR 1.363). [ ] Change of correspondence address (or Change of Correspondence Address form PTO/SB/122) attached. [ ] "Fee Address" indication (or "Fee Address" Indication form PTO/SB/47; Rev 03-02 or more recent) attached. Use of a Customer Number is required.

2. For printing on the patent front page, list (1) the names of up to 3 registered patent attorneys or agents OR, alternatively, (2) the name of a single firm (having as a member a registered attorney or agent) and the names of up to 2 registered patent attorneys or agents. If no name is listed, no name will be printed. 1. Glen D. Weinstein, Esq. 2. Gesmer Updegrove LLP 3.

3. ASSIGNEE NAME AND RESIDENCE DATA TO BE PRINTED ON THE PATENT (print or type) PLEASE NOTE: Unless an assignee is identified below, no assignee data will appear on the patent. Inclusion of assignee data is only appropriate when an assignment has been previously submitted to the USPTO or is being submitted under separate cover. Completion of this form is NOT a substitute for filing an assignment. (A) NAME OF ASSIGNEE (B) RESIDENCE: (CITY and STATE OR COUNTRY)

iRobot Corporation Burlington, MA

Please check the appropriate assignee category or categories (will not be printed on the patent): [ ] individual [ ] corporation or other private group entity [ ] government

4a. The following fee(s) are enclosed: [x] Issue Fee [x] Publication Fee [ ] Advance Order - # of Copies 4b. Payment of Fee(s): [ ] A check in the amount of the fee(s) is enclosed. [ ] Payment by credit card. Form PTO-2038 is attached. [x] The Director is hereby authorized by charge the required fee(s), or credit any overpayment, to Deposit Account Number 122315 (enclose an extra copy of this form).

Director for Patents is requested to apply the Issue Fee and Publication Fee (if any) or to re-apply any previously paid issue fee to the application identified above.

David Jacobs Reg. No. 31,770 March 26, 2004 (Authorized Signature) (Date)

03/29/2004 AWONDAF2 00000044 122315 10167851 01 FC:1501 1330.00 DA 02 FC:1504 300.00 DA

NOTE: The Issue Fee and Publication Fee (if required) will not be accepted from anyone other than the applicant; a registered attorney or agent; or the assignee or other party in interest as shown by the records of the United States Patent and Trademark Office. This collection of information is required by 37 CFR 1.311. The information is required to obtain or retain a benefit by the public which is to file (and by the USPTO to process) an application. Confidentiality is governed by 35 U.S.C. 122 and 37 CFR 1.14. This collection is estimated to take 12 minutes to complete, including gathering, preparing, and submitting the completed application form to the USPTO. Time will vary depending upon the individual case. Any comments on the amount of time you require to complete this form and/or suggestions for reducing this burden, should be sent to the Chief Information Officer, U.S. Patent and Trademark Office, U.S. Department of Commerce, Alexandria, Virginia 22313-1450. DO NOT SEND FEES OR COMPLETED FORMS TO THIS ADDRESS. SEND TO: Commissioner for Patents, Alexandria, Virginia 22313-1450. Under the Paperwork Reduction Act of 1995, no persons are required to respond to a collection of information unless it displays a valid OMB control number.

TRANSMIT THIS FORM WITH FEE(S)





*SAW*

UNITED STATES DEPARTMENT OF COMMERCE  
United States Patent and Trademark Office  
Address: COMMISSIONER FOR PATENTS  
P.O. Box 1450  
Alexandria, Virginia 22313-1450  
www.uspto.gov

**NOTICE OF ALLOWANCE AND FEE(S) DUE**

24390 7590 03/22/2004  
LUCASH, GESMER & UPDEGROVE, LLP  
40 BROAD ST  
SUITE 300  
BOSTON, MA 02109

EXAMINER

LEYKIN, RITA

ART UNIT PAPER NUMBER

2837

DATE MAILED: 03/22/2004

APPLICATION NO.	FILING DATE	FIRST NAMED INVENTOR	ATTORNEY DOCKET NO.	CONFIRMATION NO.
10/167,851	06/12/2002	Joseph L. Jones	DP-5 US	7777

TITLE OF INVENTION: METHOD AND SYSTEM FOR MULTI-MODE COVERAGE FOR AN AUTONOMOUS ROBOT

APPLN. TYPE	SMALL ENTITY	ISSUE FEE	PUBLICATION FEE	TOTAL FEE(S) DUE	DATE DUE
nonprovisional	YES	\$665	\$300	\$965	06/22/2004

**THE APPLICATION IDENTIFIED ABOVE HAS BEEN EXAMINED AND IS ALLOWED FOR ISSUANCE AS A PATENT. PROSECUTION ON THE MERITS IS CLOSED. THIS NOTICE OF ALLOWANCE IS NOT A GRANT OF PATENT RIGHTS. THIS APPLICATION IS SUBJECT TO WITHDRAWAL FROM ISSUE AT THE INITIATIVE OF THE OFFICE OR UPON PETITION BY THE APPLICANT. SEE 37 CFR 1.313 AND MPEP 1308.**

**THE ISSUE FEE AND PUBLICATION FEE (IF REQUIRED) MUST BE PAID WITHIN THREE MONTHS FROM THE MAILING DATE OF THIS NOTICE OR THIS APPLICATION SHALL BE REGARDED AS ABANDONED. THIS STATUTORY PERIOD CANNOT BE EXTENDED. SEE 35 U.S.C. 151. THE ISSUE FEE DUE INDICATED ABOVE REFLECTS A CREDIT FOR ANY PREVIOUSLY PAID ISSUE FEE APPLIED IN THIS APPLICATION. THE PTOL-85B (OR AN EQUIVALENT) MUST BE RETURNED WITHIN THIS PERIOD EVEN IF NO FEE IS DUE OR THE APPLICATION WILL BE REGARDED AS ABANDONED.**

**HOW TO REPLY TO THIS NOTICE:**

I. Review the SMALL ENTITY status shown above.

If the SMALL ENTITY is shown as YES, verify your current SMALL ENTITY status:

- A. If the status is the same, pay the TOTAL FEE(S) DUE shown above.
- B. If the status is changed, pay the PUBLICATION FEE (if required) and twice the amount of the ISSUE FEE shown above and notify the United States Patent and Trademark Office of the change in status, or

If the SMALL ENTITY is shown as NO:

- A. Pay TOTAL FEE(S) DUE shown above, or
- B. If applicant claimed SMALL ENTITY status before, or is now claiming SMALL ENTITY status, check the box below and enclose the PUBLICATION FEE and 1/2 the ISSUE FEE shown above.
  - Applicant claims SMALL ENTITY status. See 37 CFR 1.27.

II. PART B - FEE(S) TRANSMITTAL should be completed and returned to the United States Patent and Trademark Office (USPTO) with your ISSUE FEE and PUBLICATION FEE (if required). Even if the fee(s) have already been paid, Part B - Fee(s) Transmittal should be completed and returned. If you are charging the fee(s) to your deposit account, section "4b" of Part B - Fee(s) Transmittal should be completed and an extra copy of the form should be submitted.

III. All communications regarding this application must give the application number. Please direct all communications prior to issuance to Mail Stop ISSUE FEE unless advised to the contrary.

**IMPORTANT REMINDER: Utility patents issuing on applications filed on or after Dec. 12, 1980 may require payment of maintenance fees. It is patentee's responsibility to ensure timely payment of maintenance fees when due.**

**PART B - FEE(S) TRANSMITTAL**

**Complete and send this form, together with applicable fee(s), to: Mail Mail Stop ISSUE FEE  
 Commissioner for Patents  
 P.O. Box 1450  
 Alexandria, Virginia 22313-1450  
 or Fax (703) 746-4000**

**INSTRUCTIONS:** This form should be used for transmitting the ISSUE FEE and PUBLICATION FEE (if required). Blocks 1 through 4 should be completed where appropriate. All further correspondence including the Patent, advance orders and notification of maintenance fees will be mailed to the current correspondence address as indicated unless corrected below or directed otherwise in Block 1, by (a) specifying a new correspondence address; and/or (b) indicating a separate "FEE ADDRESS" for maintenance fee notifications.

CURRENT CORRESPONDENCE ADDRESS (Note: Legibly mark-up with any corrections or use Block 1)

24390 7590 03/22/2004  
**LUCASH, GESMER & UPDEGROVE, LLP**  
 40 BROAD ST  
 SUITE 300  
 BOSTON, MA 02109

Note: A certificate of mailing can only be used for domestic mailings of the Fee(s) Transmittal. This certificate cannot be used for any other accompanying papers. Each additional paper, such as an assignment or formal drawing, must have its own certificate of mailing or transmission.

**Certificate of Mailing or Transmission**  
 I hereby certify that this Fee(s) Transmittal is being deposited with the United States Postal Service with sufficient postage for first class mail in an envelope addressed to the Mail Stop ISSUE FEE address above, or being facsimile transmitted to the USPTO, on the date indicated below.

_____ (Depositor's name)
_____ (Signature)
_____ (Date)

APPLICATION NO.	FILING DATE	FIRST NAMED INVENTOR	ATTORNEY DOCKET NO.	CONFIRMATION NO.
10/167,851	06/12/2002	Joseph L. Jones	DP-5 US	7777

TITLE OF INVENTION: METHOD AND SYSTEM FOR MULTI-MODE COVERAGE FOR AN AUTONOMOUS ROBOT

APPLN. TYPE	SMALL ENTITY	ISSUE FEE	PUBLICATION FEE	TOTAL FEE(S) DUE	DATE DUE
nonprovisional	YES	\$665	\$300	\$965	06/22/2004

EXAMINER	ART UNIT	CLASS-SUBCLASS
LEYKIN, RITA	2837	318-568120

1. Change of correspondence address or indication of "Fee Address" (37 CFR 1.363).  
 Change of correspondence address (or Change of Correspondence Address form PTO/SB/122) attached.  
 "Fee Address" indication (or "Fee Address" Indication form PTO/SB/47; Rev 03-02 or more recent) attached. Use of a Customer Number is required.

2. For printing on the patent front page, list (1) the names of up to 3 registered patent attorneys or agents OR, alternatively, (2) the name of a single firm (having as a member a registered attorney or agent) and the names of up to 2 registered patent attorneys or agents. If no name is listed, no name will be printed.

1 \_\_\_\_\_  
 2 \_\_\_\_\_  
 3 \_\_\_\_\_

3. ASSIGNEE NAME AND RESIDENCE DATA TO BE PRINTED ON THE PATENT (print or type)  
 PLEASE NOTE: Unless an assignee is identified below, no assignee data will appear on the patent. Inclusion of assignee data is only appropriate when an assignment has been previously submitted to the USPTO or is being submitted under separate cover. Completion of this form is NOT a substitute for filing an assignment.  
 (A) NAME OF ASSIGNEE \_\_\_\_\_ (B) RESIDENCE: (CITY and STATE OR COUNTRY) \_\_\_\_\_

Please check the appropriate assignee category or categories (will not be printed on the patent);  individual  corporation or other private group entity  government

4a. The following fee(s) are enclosed:  
 Issue Fee  
 Publication Fee  
 Advance Order - # of Copies \_\_\_\_\_

4b. Payment of Fee(s):  
 A check in the amount of the fee(s) is enclosed.  
 Payment by credit card. Form PTO-2038 is attached.  
 The Director is hereby authorized by charge the required fee(s), or credit any overpayment, to Deposit Account Number \_\_\_\_\_ (enclose an extra copy of this form).

Director for Patents is requested to apply the Issue Fee and Publication Fee (if any) or to re-apply any previously paid issue fee to the application identified above.

(Authorized Signature) \_\_\_\_\_ (Date) \_\_\_\_\_

NOTE: The Issue Fee and Publication Fee (if required) will not be accepted from anyone other than the applicant; a registered attorney or agent; or the assignee or other party in interest as shown by the records of the United States Patent and Trademark Office.

This collection of information is required by 37 CFR 1.311. The information is required to obtain or retain a benefit by the public which is to file (and by the USPTO to process) an application. Confidentiality is governed by 35 U.S.C. 122 and 37 CFR 1.14. This collection is estimated to take 12 minutes to complete, including gathering, preparing, and submitting the completed application form to the USPTO. Time will vary depending upon the individual case. Any comments on the amount of time you require to complete this form and/or suggestions for reducing this burden, should be sent to the Chief Information Officer, U.S. Patent and Trademark Office, U.S. Department of Commerce, Alexandria, Virginia 22313-1450. DO NOT SEND FEES OR COMPLETED FORMS TO THIS ADDRESS. SEND TO: Commissioner for Patents, Alexandria, Virginia 22313-1450.

Under the Paperwork Reduction Act of 1995, no persons are required to respond to a collection of information unless it displays a valid OMB control number.

TRANSMIT THIS FORM WITH FEE(S)



UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

UNITED STATES DEPARTMENT OF COMMERCE
United States Patent and Trademark Office
Address: COMMISSIONER FOR PATENTS
P.O. Box 1450
Alexandria, Virginia 22313-1450
www.uspto.gov

Table with 5 columns: APPLICATION NO., FILING DATE, FIRST NAMED INVENTOR, ATTORNEY DOCKET NO., CONFIRMATION NO.
Row 1: 10/167,851, 06/12/2002, Joseph L. Jones, DP-5 US, 7777
Row 2: 24390, 7590, 03/22/2004, [EXAMINER], [ ]
Row 3: [LUCASH, GESMER & UPDEGROVE, LLP], [40 BROAD ST], [SUITE 300], [ART UNIT], [PAPER NUMBER]
Row 4: [BOSTON, MA 02109], [2837]

DATE MAILED: 03/22/2004

Determination of Patent Term Adjustment under 35 U.S.C. 154 (b)
(application filed on or after May 29, 2000)

The Patent Term Adjustment to date is 22 day(s). If the issue fee is paid on the date that is three months after the mailing date of this notice and the patent issues on the Tuesday before the date that is 28 weeks (six and a half months) after the mailing date of this notice, the Patent Term Adjustment will be 22 day(s).

If a Continued Prosecution Application (CPA) was filed in the above-identified application, the filing date that determines Patent Term Adjustment is the filing date of the most recent CPA.

Applicant will be able to obtain more detailed information by accessing the Patent Application Information Retrieval (PAIR) system (http://pair.uspto.gov).

Any questions regarding the Patent Term Extension or Adjustment determination should be directed to the Office of Patent Legal Administration at (703) 305-1383. Questions relating to issue and publication fee payments should be directed to the Customer Service Center of the Office of Patent Publication at (703) 305-8283.

10

<b>Notice of Allowability</b>	<b>Application No.</b>	<b>Applicant(s)</b>	
	10/167,851	JONES ET AL.	
	<b>Examiner</b>	<b>Art Unit</b>	
	Rita Leykin	2837	

**-- The MAILING DATE of this communication appears on the cover sheet with the correspondence address--**

All claims being allowable, PROSECUTION ON THE MERITS IS (OR REMAINS) CLOSED in this application. If not included herewith (or previously mailed), a Notice of Allowance (PTOL-85) or other appropriate communication will be mailed in due course. **THIS NOTICE OF ALLOWABILITY IS NOT A GRANT OF PATENT RIGHTS.** This application is subject to withdrawal from issue at the initiative of the Office or upon petition by the applicant. See 37 CFR 1.313 and MPEP 1308.

1.  This communication is responsive to amendment after final office action, dated 3/12/04.
2.  The allowed claim(s) is/are 1-42.
3.  The drawings filed on 12 June 2002 are accepted by the Examiner.
4.  Acknowledgment is made of a claim for foreign priority under 35 U.S.C. § 119(a)-(d) or (f).
  - a)  All   b)  Some\*   c)  None   of the:
    1.  Certified copies of the priority documents have been received.
    2.  Certified copies of the priority documents have been received in Application No. \_\_\_\_\_.
    3.  Copies of the certified copies of the priority documents have been received in this national stage application from the International Bureau (PCT Rule 17.2(a)).

\* Certified copies not received: \_\_\_\_\_.

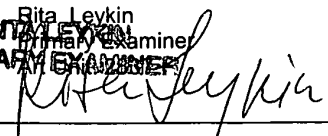
Applicant has THREE MONTHS FROM THE "MAILING DATE" of this communication to file a reply complying with the requirements noted below. Failure to timely comply will result in ABANDONMENT of this application.  
**THIS THREE-MONTH PERIOD IS NOT EXTENDABLE.**

5.  A SUBSTITUTE OATH OR DECLARATION must be submitted. Note the attached EXAMINER'S AMENDMENT or NOTICE OF INFORMAL PATENT APPLICATION (PTO-152) which gives reason(s) why the oath or declaration is deficient.
6.  CORRECTED DRAWINGS ( as "replacement sheets") must be submitted.
  - (a)  including changes required by the Notice of Draftsperson's Patent Drawing Review ( PTO-948) attached
    - 1)  hereto or 2)  to Paper No./Mail Date \_\_\_\_\_.
  - (b)  including changes required by the attached Examiner's Amendment / Comment or in the Office action of Paper No./Mail Date \_\_\_\_\_.

Identifying indicia such as the application number (see 37 CFR 1.84(c)) should be written on the drawings in the front (not the back) of each sheet. Replacement sheet(s) should be labeled as such in the header according to 37 CFR 1.121(d).
7.  DEPOSIT OF and/or INFORMATION about the deposit of BIOLOGICAL MATERIAL must be submitted. Note the attached Examiner's comment regarding REQUIREMENT FOR THE DEPOSIT OF BIOLOGICAL MATERIAL.

**Attachment(s)**

- |   |  |
|---|--|
| <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <input type="checkbox"/> Notice of References Cited (PTO-892)</li> <li>2. <input type="checkbox"/> Notice of Draftsperson's Patent Drawing Review (PTO-948)</li> <li>3. <input checked="" type="checkbox"/> Information Disclosure Statements (PTO-1449 or PTO/SB/08), Paper No./Mail Date <u>1/23/04</u></li> <li>4. <input type="checkbox"/> Examiner's Comment Regarding Requirement for Deposit of Biological Material</li> </ol> | <ol style="list-style-type: none"> <li>5. <input type="checkbox"/> Notice of Informal Patent Application (PTO-152)</li> <li>6. <input checked="" type="checkbox"/> Interview Summary (PTO-413), Paper No./Mail Date <u>3/11/04</u>.</li> <li>7. <input type="checkbox"/> Examiner's Amendment/Comment</li> <li>8. <input checked="" type="checkbox"/> Examiner's Statement of Reasons for Allowance</li> <li>9. <input type="checkbox"/> Other _____.</li> </ol> |
|---|--|

Rita Leykin  
 Primary Examiner  
  
 PRIMARY EXAMINER

### REASONS FOR ALLOWANCE


1. The following is an examiner's statement of reasons for allowance. The application is allowed based on provided amendment after final office action and further search.

Any comments considered necessary by applicant must be submitted no later than the payment of the issue fee and, to avoid processing delays, should preferably accompany the issue fee. Such submissions should be clearly labeled "Comments on Statement of Reasons for Allowance."

Any inquiry concerning this communication or earlier communications from the examiner should be directed to Rita Leykin whose telephone number is (571)272-2066. The examiner can normally be reached on Monday-Friday 8:30-6:00.

If attempts to reach the examiner by telephone are unsuccessful, the examiner's supervisor, Robert Nappi can be reached on (571)272-2071. The fax phone number for the organization where this application or proceeding is assigned is 703-872-9306.

Information regarding the status of an application may be obtained from the Patent Application Information Retrieval (PAIR) system. Status information for published applications may be obtained from either Private PAIR or Public PAIR. Status information for unpublished applications is available through Private PAIR only. For more information about the PAIR system, see <http://pair-direct.uspto.gov>. Should you have questions on access to the Private PAIR system, contact the Electronic Business Center (EBC) at 866-217-9197 (toll-free).

Rita Leykin  


Application/Control Number: 10/167,851  
Art Unit: 2837

Page 3

Primary Examiner  
Art Unit 2837

R.L.

<b>Interview Summary</b>	<b>Application No.</b>	<b>Applicant(s)</b>	
	10/167,851	JONES ET AL.	
	<b>Examiner</b>	<b>Art Unit</b>	
	Rita Leykin	2837	

All participants (applicant, applicant's representative, PTO personnel):

- (1) Rita Leykin. (3) Mr. A Weinstein.  
(2) Mr. Jacobs. (4) \_\_\_\_\_.

Date of Interview: 3/11/04.

Type: a)  Telephonic b)  Video Conference  
c)  Personal [copy given to: 1)  applicant 2)  applicant's representative]

Exhibit shown or demonstration conducted: d)  Yes e)  No.  
If Yes, brief description: robot in claimed modes of operation.

Claim(s) discussed: 1,37 and 42.

Identification of prior art discussed: \_\_\_\_\_.


Agreement with respect to the claims f)  was reached. g)  was not reached. h)  N/A.

Substance of Interview including description of the general nature of what was agreed to if an agreement was reached, or any other comments: Applicant suggested to amend the above claims in order to include the clarification of robot movement "in obstacle following mode, the robot travels adjacent to an obstacle for a distance at least twice the work width of the robot". Additional search will be provided.

(A fuller description, if necessary, and a copy of the amendments which the examiner agreed would render the claims allowable, if available, must be attached. Also, where no copy of the amendments that would render the claims allowable is available, a summary thereof must be attached.)

THE FORMAL WRITTEN REPLY TO THE LAST OFFICE ACTION MUST INCLUDE THE SUBSTANCE OF THE INTERVIEW. (See MPEP Section 713.04). If a reply to the last Office action has already been filed, APPLICANT IS GIVEN ONE MONTH FROM THIS INTERVIEW DATE, OR THE MAILING DATE OF THIS INTERVIEW SUMMARY FORM, WHICHEVER IS LATER, TO FILE A STATEMENT OF THE SUBSTANCE OF THE INTERVIEW. See Summary of Record of Interview requirements on reverse side or on attached sheet.

Examiner Note: You must sign this form unless it is an Attachment to a signed Office action.

**RITA LEYKIN**  
**PRIMARY EXAMINER**  
  
Examiner's signature, if required

## Summary of Record of Interview Requirements

### Manual of Patent Examining Procedure (MPEP), Section 713.04, Substance of Interview Must be Made of Record

A complete written statement as to the substance of any face-to-face, video conference, or telephone interview with regard to an application must be made of record in the application whether or not an agreement with the examiner was reached at the interview.

### Title 37 Code of Federal Regulations (CFR) § 1.133 Interviews Paragraph (b)

In every instance where reconsideration is requested in view of an interview with an examiner, a complete written statement of the reasons presented at the interview as warranting favorable action must be filed by the applicant. An interview does not remove the necessity for reply to Office action as specified in §§ 1.111, 1.135. (35 U.S.C. 132)

#### 37 CFR §1.2 Business to be transacted in writing.

All business with the Patent or Trademark Office should be transacted in writing. The personal attendance of applicants or their attorneys or agents at the Patent and Trademark Office is unnecessary. The action of the Patent and Trademark Office will be based exclusively on the written record in the Office. No attention will be paid to any alleged oral promise, stipulation, or understanding in relation to which there is disagreement or doubt.

The action of the Patent and Trademark Office cannot be based exclusively on the written record in the Office if that record is itself incomplete through the failure to record the substance of interviews.

It is the responsibility of the applicant or the attorney or agent to make the substance of an interview of record in the application file, unless the examiner indicates he or she will do so. It is the examiner's responsibility to see that such a record is made and to correct material inaccuracies which bear directly on the question of patentability.

Examiners must complete an Interview Summary Form for each interview held where a matter of substance has been discussed during the interview by checking the appropriate boxes and filling in the blanks. Discussions regarding only procedural matters, directed solely to restriction requirements for which interview recordation is otherwise provided for in Section 812.01 of the Manual of Patent Examining Procedure, or pointing out typographical errors or unreadable script in Office actions or the like, are excluded from the interview recordation procedures below. Where the substance of an interview is completely recorded in an Examiners Amendment, no separate Interview Summary Record is required.

The Interview Summary Form shall be given an appropriate Paper No., placed in the right hand portion of the file, and listed on the "Contents" section of the file wrapper. In a personal interview, a duplicate of the Form is given to the applicant (or attorney or agent) at the conclusion of the interview. In the case of a telephone or video-conference interview, the copy is mailed to the applicant's correspondence address either with or prior to the next official communication. If additional correspondence from the examiner is not likely before an allowance or if other circumstances dictate, the Form should be mailed promptly after the interview rather than with the next official communication.

The Form provides for recordation of the following information:

- Application Number (Series Code and Serial Number)
- Name of applicant
- Name of examiner
- Date of interview
- Type of interview (telephonic, video-conference, or personal)
- Name of participant(s) (applicant, attorney or agent, examiner, other PTO personnel, etc.)
- An indication whether or not an exhibit was shown or a demonstration conducted
- An identification of the specific prior art discussed
- An indication whether an agreement was reached and if so, a description of the general nature of the agreement (may be by attachment of a copy of amendments or claims agreed as being allowable). Note: Agreement as to allowability is tentative and does not restrict further action by the examiner to the contrary.
- The signature of the examiner who conducted the interview (if Form is not an attachment to a signed Office action)

It is desirable that the examiner orally remind the applicant of his or her obligation to record the substance of the interview of each case. It should be noted, however, that the Interview Summary Form will not normally be considered a complete and proper recordation of the interview unless it includes, or is supplemented by the applicant or the examiner to include, all of the applicable items required below concerning the substance of the interview.

A complete and proper recordation of the substance of any interview should include at least the following applicable items:

- 1) A brief description of the nature of any exhibit shown or any demonstration conducted,
- 2) an identification of the claims discussed,
- 3) an identification of the specific prior art discussed,
- 4) an identification of the principal proposed amendments of a substantive nature discussed, unless these are already described on the Interview Summary Form completed by the Examiner,
- 5) a brief identification of the general thrust of the principal arguments presented to the examiner,  
(The identification of arguments need not be lengthy or elaborate. A verbatim or highly detailed description of the arguments is not required. The identification of the arguments is sufficient if the general nature or thrust of the principal arguments made to the examiner can be understood in the context of the application file. Of course, the applicant may desire to emphasize and fully describe those arguments which he or she feels were or might be persuasive to the examiner.)
- 6) a general indication of any other pertinent matters discussed, and
- 7) if appropriate, the general results or outcome of the interview unless already described in the Interview Summary Form completed by the examiner.


Examiners are expected to carefully review the applicant's record of the substance of an interview. If the record is not complete and accurate, the examiner will give the applicant an extendable one month time period to correct the record.

### Examiner to Check for Accuracy

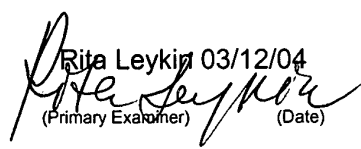
If the claims are allowable for other reasons of record, the examiner should send a letter setting forth the examiner's version of the statement attributed to him or her. If the record is complete and accurate, the examiner should place the indication, "Interview Record OK" on the paper recording the substance of the interview along with the date and the examiner's initials.





<b>Issue Classification</b> 	Application No. 10/167,851	Applicant(s) JONES ET AL.	
	Examiner Rita Leykin	Art Unit 2837	

ISSUE CLASSIFICATION										
ORIGINAL					CROSS REFERENCE(S)					
CLASS	SUBCLASS				CLASS	SUBCLASS (ONE SUBCLASS PER BLOCK)				
318	568.12				318	568.16	568.17			
INTERNATIONAL CLASSIFICATION					700	245				
B	2	5	J	5/00						
				/						
				/						
				/						
				/						

(Assistant Examiner) (Date) <i>Dawkins</i> 3.18.04 (Legal Instruments Examiner) (Date)	Rita Leykin 03/12/04  (Primary Examiner) (Date)	<b>Total Claims Allowed: 42</b>
		O.G. Print Claim(s) 1
		O.G. Print Fig. 2

<input checked="" type="checkbox"/> Claims renumbered in the same order as presented by applicant		<input type="checkbox"/> CPA		<input type="checkbox"/> T.D.		<input type="checkbox"/> R.1.47	
Final	Original	Final	Original	Final	Original	Final	Original
	1		31		61		91
	2		32		62		92
	3		33		63		93
	4		34		64		94
	5		35		65		95
	6		36		66		96
	7		37		67		97
	8		38		68		98
	9		39		69		99
	10		40		70		100
	11		41		71		101
	12		42		72		102
	13		43		73		103
	14		44		74		104
	15		45		75		105
	16		46		76		106
	17		47		77		107
	18		48		78		108
	19		49		79		109
	20		50		80		110
	21		51		81		111
	22		52		82		112
	23		53		83		113
	24		54		84		114
	25		55		85		115
	26		56		86		116
	27		57		87		117
	28		58		88		118
	29		59		89		119
	30		60		90		120
							121
							122
							123
							124
							125
							126
							127
							128
							129
							130
							131
							132
							133
							134
							135
							136
							137
							138
							139
							140
							141
							142
							143
							144
							145
							146
							147
							148
							149
							150
							151
							152
							153
							154
							155
							156
							157
							158
							159
							160
							161
							162
							163
							164
							165
							166
							167
							168
							169
							170
							171
							172
							173
							174
							175
							176
							177
							178
							179
							180
							181
							182
							183
							184
							185
							186
							187
							188
							189
							190
							191
							192
							193
							194
							195
							196
							197
							198
							199
							200
							201
							202
							203
							204
							205
							206
							207
							208
							209
							210



**Index of Claims**



Application No.

10/167,851

Applicant(s)

JONES ET AL.

Examiner

Rita Leykin

Art Unit

2837

√	Rejected
=	Allowed

-	(Through numeral) Cancelled
+	Restricted

N	Non-Elected
I	Interference

A	Appeal
O	Objected

Claim		Date						
Final	Original	3/12/04						
1	1	=						
2	2	=						
3	3	=						
4	4	=						
5	5	=						
6	6	=						
7	7	=						
8	8	=						
9	9	=						
10	10	=						
11	11	=						
12	12	=						
13	13	=						
14	14	=						
15	15	=						
16	16	=						
17	17	=						
18	18	=						
19	19	=						
20	20	=						
21	21	=						
22	22	=						
23	23	=						
24	24	=						
25	25	=						
26	26	=						
27	27	=						
28	28	=						
29	29	=						
30	30	=						
31	31	=						
32	32	=						
33	33	=						
34	34	=						
35	35	=						
36	36	=						
37	37	=						
38	38	=						
39	39	=						
40	40	=						
41	41	=						
42	42	=						
	43							
	44							
	45							
	46							
	47							
	48							
	49							
	50							

Claim		Date						
Final	Original							
	51							
	52							
	53							
	54							
	55							
	56							
	57							
	58							
	59							
	60							
	61							
	62							
	63							
	64							
	65							
	66							
	67							
	68							
	69							
	70							
	71							
	72							
	73							
	74							
	75							
	76							
	77							
	78							
	79							
	80							
	81							
	82							
	83							
	84							
	85							
	86							
	87							
	88							
	89							
	90							
	91							
	92							
	93							
	94							
	95							
	96							
	97							
	98							
	99							
	100							

Claim		Date						
Final	Original							
	101							
	102							
	103							
	104							
	105							
	106							
	107							
	108							
	109							
	110							
	111							
	112							
	113							
	114							
	115							
	116							
	117							
	118							
	119							
	120							
	121							
	122							
	123							
	124							
	125							
	126							
	127							
	128							
	129							
	130							
	131							
	132							
	133							
	134							
	135							
	136							
	137							
	138							
	139							
	140							
	141							
	142							
	143							
	144							
	145							
	146							
	147							
	148							
	149							
	150							

10/167851

**PATENT APPLICATION FEE DETERMINATION RECORD**  
Effective October 1, 2001

Application or Docket Number

DP-5 115

**CLAIMS AS FILED - PART I**

	(Column 1)	(Column 2)
TOTAL CLAIMS	41	
FOR	NUMBER FILED	NUMBER EXTRA
TOTAL CHARGEABLE CLAIMS	41 minus 20 =	* 21
INDEPENDENT CLAIMS	3 minus 3 =	* 0
MULTIPLE DEPENDENT CLAIM PRESENT	<input type="checkbox"/>	

\* If the difference in column 1 is less than zero, enter "0" in column 2

**SMALL ENTITY TYPE**  OR **OTHER THAN SMALL ENTITY**

RATE	FEE	OR	RATE	FEE
BASIC FEE	370.00	OR	BASIC FEE	740.00
X\$ 9=	189	OR	X\$18=	
X42=		OR	X84=	
+140=		OR	+280=	
TOTAL	559	OR	TOTAL	

**CLAIMS AS AMENDED - PART II**

	(Column 1)	(Column 2)	(Column 3)
<b>AMENDMENT A</b>	CLAIMS REMAINING AFTER AMENDMENT	HIGHEST NUMBER PREVIOUSLY PAID FOR	PRESENT EXTRA
	Total *	Minus **	=
	Independent *	Minus ***	=
FIRST PRESENTATION OF MULTIPLE DEPENDENT CLAIM <input type="checkbox"/>			

**SMALL ENTITY** OR **OTHER THAN SMALL ENTITY**

RATE	ADDITIONAL FEE	OR	RATE	ADDITIONAL FEE
X\$ 9=		OR	X\$18=	
X42=		OR	X84=	
+140=		OR	+280=	
TOTAL ADDIT. FEE		OR	TOTAL ADDIT. FEE	

	(Column 1)	(Column 2)	(Column 3)
<b>AMENDMENT B</b>	CLAIMS REMAINING AFTER AMENDMENT	HIGHEST NUMBER PREVIOUSLY PAID FOR	PRESENT EXTRA
	Total * 41	Minus ** 41	= 0
	Independent * 3	Minus *** 3	= 0
FIRST PRESENTATION OF MULTIPLE DEPENDENT CLAIM <input type="checkbox"/>			

RATE	ADDITIONAL FEE	OR	RATE	ADDITIONAL FEE
X\$ 9=		OR	X\$18=	
X42=		OR	X84=	
+140=		OR	+280=	
TOTAL ADDIT. FEE		OR	TOTAL ADDIT. FEE	

	(Column 1)	(Column 2)	(Column 3)
<b>AMENDMENT C</b>	CLAIMS REMAINING AFTER AMENDMENT	HIGHEST NUMBER PREVIOUSLY PAID FOR	PRESENT EXTRA
	Total *	Minus **	=
	Independent *	Minus ***	=
FIRST PRESENTATION OF MULTIPLE DEPENDENT CLAIM <input type="checkbox"/>			

RATE	ADDITIONAL FEE	OR	RATE	ADDITIONAL FEE
X\$ 9=		OR	X\$18=	
X42=		OR	X84=	
+140=		OR	+280=	
TOTAL ADDIT. FEE		OR	TOTAL ADDIT. FEE	

\* If the entry in column 1 is less than the entry in column 2, write "0" in column 3.  
 \*\* If the "Highest Number Previously Paid For" IN THIS SPACE is less than 20, enter "20."  
 \*\*\* If the "Highest Number Previously Paid For" IN THIS SPACE is less than 3, enter "3."  
 The "Highest Number Previously Paid For" (Total or Independent) is the highest number found in the appropriate box in column 1.

RECEIVED  
CENTRAL FAX CENTER

MAR 12 2004

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicants:	Joseph L. Jones et al.	Examiner:	Rita Leykin
Serial No.:	10/167,851	Art Unit:	2837
Filed:	June 12, 2002		
Title:	Method and System for Multi-Mode Coverage for an Autonomous Robot		
Atty. Dkt:	DP-5 US		

OFFICIAL

\*\*\*\*\*

Certificate of Facsimile Transmission

I hereby certify that this correspondence is being transmitted via facsimile, on this date, March 12, 2004, to: Commissioner for Patents, Mail Stop Amendment After Final, Alexandria, VA 22313. *Facsimile No. 703-872-9306 (9 pages)*

Paul L. Spindel

Paul L. Spindel

Name of Person Sending Fax

Signature

\*\*\*\*\*

Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-2450

AMENDMENT AFTER FINAL OFFICE ACTION (37 CFR 1.116(b))

Sir:

In response to the Final Office Action mailed December 29, 2003 and an in-person interview between and among the undersigned, Mr. Glen Weinstein, Esq. and Examiner Leykin on March 11, 2004, please amend the above-identified application as follows to place this application in condition for allowance.

### Amendments to the Claims

Please amend the claims, without prejudice, as follows, wherein underlining identifies added material and strikethroughs identify deleted material:

#### Listing of Claims:

1. (Currently Amended) A mobile robot comprising:
  - (a) means for moving the robot over a surface;
  - (b) an obstacle detection sensor;
  - (c) and a control system operatively connected to said obstacle detection sensor and said means for moving;
  - (d) said control system configured to operate the robot in a plurality of operational modes and to select from among the plurality of modes in real time in response to signals generated by the obstacle detection sensor, said plurality of operational modes comprising: a spot-coverage mode whereby the robot operates in an isolated area, an obstacle following mode whereby said robot travels adjacent to an obstacle, and a bounce mode whereby the robot travels substantially in a direction away from an obstacle after encountering the obstacle, and wherein, when in the obstacle following mode, the robot travels adjacent to an obstacle for a distance at least twice the work width of the robot.
2. (Original) A mobile robot according to claim 1 in which said control system is configured to operate first in said spot-coverage mode, then alternate operation between said obstacle following mode and said bounce mode.
3. (Original) A mobile robot according to claim 2 in which said spot-coverage mode comprises substantially spiral movement.
4. (Previously Amended) A mobile robot according to claim 2 in which the control system is configured to return to said spot-coverage mode after a predetermined traveling distance.
5. (Previously Amended) A mobile robot according to claim 2 in which the control system is configured to return to said spot-coverage mode after a predetermined elapsed time.
6. (Previously Amended) A mobile robot according to claim 2 in which the control system is configured to return to said spot-coverage mode if the average distance between obstacle interactions is above a predetermined threshold.

7. (Original) A mobile robot according to claim 1, whereby said obstacle detection sensor comprises a tactile sensor.

8. (Original) A mobile robot according to claim 7, whereby said obstacle detection sensor further comprises an IR sensor.

9. (Previously Amended) The mobile robot according to claim 1, whereby said obstacle following mode comprises alternating between decreasing the turning radius of the robot as a function of distance traveled such that the robot turns towards the obstacle until the obstacle detection sensor detects the obstacle, and decreasing the turning radius of the robot as a function of distance traveled such that the robot turns away from the obstacle until the obstacle detection system no longer detects the obstacle.

10. (Previously Amended) The mobile robot according to claim 1, whereby the robot operates in said obstacle following mode for a distance greater than twice the work width of the robot and less than approximately ten times the work width of the robot.

11. (Previously Amended) The mobile robot according to claim 10, whereby the robot operates in said obstacle following mode for a distance greater than twice the work width of the robot and less than five times the work width of the robot.

12. (Original) The mobile robot according to claim 1, further comprising a means for manually selecting an operational mode.

13. (Currently Amended) A mobile robot comprising:

(a) means for moving the robot over a surface;

(b) an obstacle detection sensor;

(c) and a control system operatively connected to said obstacle detection sensor and said means for moving;

(d) said control system configured to operate the robot in a plurality of operational modes and to select from among the plurality of modes in real time in response to signals generated by the obstacle detection sensor, said plurality of operational modes comprising: an obstacle following mode whereby said robot travels adjacent to an obstacle for a distance at least twice the work width of the robot, and a bounce mode whereby the robot travels substantially in a direction away from an obstacle after encountering the obstacle;

(e) whereby said control system is configured to alternate into said obstacle following mode after a predetermined number of sensor interactions.



14. (Original) A mobile robot according to claim 13, wherein said predetermined number of sensor interactions is randomly determined.

15. (Original) A mobile robot according to claim 13, wherein said predetermined number of sensor interactions is between approximately 5 and approximately 15.

16. (Original) A mobile robot according to claim 13, wherein said control system is configured to alternate into said bounce mode after the robot travels a predetermined distance in said obstacle following mode.

17. (Original) A mobile robot according to claim 13, wherein said control system is configured to alternate into said bounce mode upon either the robot has traveled a maximum distance or the robot has traveled a minimum distance and an obstacle has been encountered.

18. (Original) A mobile robot according to claim 17, wherein said minimum distance is at least 115 cm.

19. (Original) A mobile robot according to claim 18, wherein said maximum distance is less than 520 cm.

20. (Original) A mobile robot according to claim 13, wherein the control system alternates operational modes based on the distance traveled by said robot.

21. (Previously Amended) A mobile robot comprising:

(a) means for moving the robot over a surface;

(b) an obstacle detection sensor;

(c) a control system operatively connected to said obstacle detection sensor and said robot moving means; and wherein

(d) said control system is configured to operate the robot in a plurality of operational modes, said plurality of operational modes including an obstacle following mode wherein the robot travels adjacent to an obstacle, and a bounce mode wherein the robot travels substantially in a direction away from an obstacle after encountering the obstacle;

(e) said control system being further configured to alternate into said obstacle following mode after a predetermined number of sensor interactions; and

(f) a means for determining a level of clutter associated with the surface over which the robot moves.

22. (Original) A mobile robot according to claim 21, wherein said means for determining the level of clutter comprises tracking the number of interactions with obstacles over time.

23. (Original) A mobile robot according to claim 22, further comprising a means for imputing the approximate area of the surface, wherein said means for determining the level of clutter further relates to the approximate area of the surface.

24. (Original) A mobile robot according to claim 22, wherein the level of clutter is correlated to the frequency at which the controller alternates operational modes.

25. (Previously Amended) A mobile robot according to claim 21, wherein the level of clutter is positively correlated to a minimum obstacle following distance.

26. (Previously Amended) A mobile robot comprising:

- (a) means for moving the robot over a surface;
- (b) an obstacle detection sensor; and
- (c) a control system operatively connected to said obstacle detection sensor and said robot moving means; and wherein
- (d) said control system is configured to operate the robot in a plurality of operational modes, said plurality of operational modes including an obstacle following mode wherein the robot travels adjacent to an obstacle, and a bounce mode wherein the robot travels substantially in a direction away from an obstacle after encountering the obstacle;
- (e) said control system being further configured to alternate into said obstacle following mode after a predetermined number of sensor interactions; and further
- (f) wherein the control system alternates between said operational modes based upon a lack of sensor input.

27. (Original) A mobile robot according to claim 1, wherein said control system further comprises memory wherein an operational system program is stored, said operational system program comprising a plurality of behaviors and an arbiter to select which behavior is given control over the means for moving.

28. (Original) A mobile robot according to claim 27, further comprising an escape behavior.

29. (Original) A mobile robot according to claim 28, wherein said obstacle detection sensor comprises a tactile sensor, and wherein said escape behavior comprises operating in said obstacle following mode.

30. (Original) A mobile robot according to claim 28, wherein said escape behavior is triggered by the rate of a motor stall event.

31. (Original) A mobile robot according to claim 30, wherein said escape behavior is triggered by an increase in said rate of a motor stall event.

32. (Original) A mobile robot according to claim 28, wherein said escape behavior is triggered by the duration of sensor input.

33. (Original) A mobile robot according to claim 28, wherein said escape behavior comprises shutting off the robot.

34. (Original) A mobile robot according to claim 28, wherein said escape behavior is triggered by a lack of sensor input.

35. (Original) A mobile robot according to claim 13, further comprising a cliff detector, whereby said control system is configured to reduce the robot's velocity upon detection of a cliff.

36. (Currently Amended) A mobile robot [according to claim 13, further] comprising:

(a) means for moving the robot over a surface;

(b) an obstacle detection sensor;

(c) and a control system operatively connected to said obstacle detection sensor and said means for moving;

(d) said control system configured to operate the robot in a plurality of modes, said plurality of modes comprising: an obstacle following mode whereby said robot travels adjacent to an obstacle, and a bounce mode whereby the robot travels substantially in a direction away from an obstacle after encountering the obstacle;

(e) whereby said control system is configured to alternate into said obstacle following mode after a predetermined number of sensor interactions, and further comprising:

(f) a wheel drop sensor, whereby said robot utilizes the rate of wheel drop sensor events as input to said control system.

37. (Currently Amended) A method of controlling a mobile-robot equipped with a sensor for detecting an obstacle, said method comprising the steps of:

- a. moving in a spiral running motion;
- b. discontinuing said spiral running motion after the earlier of sensing an obstacle or traveling a predetermined distance;
- c. running in a substantially forward direction until an obstacle is detected;
- d. turning and running along the detected obstacle for a distance at least twice the work width of the robot;
- e. turning away from the detected obstacle and running in a substantially forward direction; and
- f. thereafter repeating said step of running along a detected obstacle and said step of turning away from the detected obstacle, wherein changes in movement are selected in real time in response to any of calculated distance or signals generated by the sensor.

38. (Original) The mobile-robot steering method according to claim 37, further comprising the step of repeating the spiral running motion after a predetermined number of sensor events.

39. (Original) The mobile-robot steering method according to claim 37, whereby the robot runs along said obstacle for at least a minimum distance but less than a maximum distance.

40. (Original) The mobile-robot steering method according to claim 39, whereby said obstacle sensor comprises an IR sensor able to detect said boundary.

41. (Original) The mobile-robot steering method according to claim 40, whereby said obstacle sensor further comprises a tactile sensor.

42. (New) A mobile robot comprising:

- (a) means for moving the robot over a surface;
- (b) an obstacle detection sensor;
- (c) a cliff sensor; and

(d) a control system operatively connected to said obstacle detection sensor, said cliff sensor, and said means for moving;

(e) said control system configured to operate the robot in a plurality of operational modes, said plurality of operational modes comprising: a spot-coverage mode whereby the robot operates in an isolated area, an obstacle following mode whereby said robot travels adjacent to an obstacle for a distance at least twice the work width of the robot, and a bounce mode whereby the robot travels substantially in a direction away from an obstacle after encountering the obstacle.

**REMARKS**

The present Amendment, responsive to the Final Office Action mailed December 29, 2003 and an in-person interview between and among the undersigned, Mr. Glen Weinstein, Esq. and Examiner Leykin on March 11, 2004, is believed to place all claims in this application in condition for allowance. Previously rejected claims 1, 13 and 37 are amended to add a recitation of a distance the robot travels adjacent to an obstacle, a recitation also included in new independent claim 42. Claim 36, which the December 29 Action indicated to be allowable, has been amended to be in independent form.

The Applicants respectfully submit that the claims, as amended herein, are patentably distinguishable over the cited references and in condition for allowance. The Examiner is therefore respectfully requested to allow the claims and pass the application through to issuance. Should any questions arise, the Examiner is respectfully invited to contact the undersigned.

Respectfully submitted,

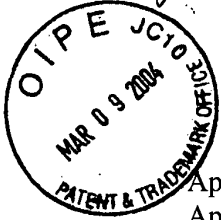


David A. Jacobs  
Reg. No. 31,770  
Gesmer Updegrove, LLP  
40 Broad Street  
Boston, MA 02109  
Tel: (617) 350-6800  
Fax: (617) 350-6878

Image

03-10-04

AF 2837



IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicant: Joseph L. Jones et al.  
 Application Number: 10/167,851  
 Filing Date: June 12, 2002  
 Title: Method and System for Multi-Mode Coverage for an Autonomous Robot  
 Group Art Unit: 2837  
 Examiner: Rita Leykin  
 Attorney Docket: DP-5 US (ISR-017-US)

\*\*\*\*\*

Certificate of Express Mailing

I hereby certify that the above correspondence is being deposited under 37 C.F.R. 1.10 with the United States Postal Service, Express Mail Post Office to Addressee Service, Label No. EL 384 959 248 US on March 9, 2004, addressed to Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450.

Signature of person mailing correspondence: Sunshine S.E. Limanni  
 Sunshine S.E. Limanni

\*\*\*\*\*

TRANSMITTAL OF SUPPLEMENTAL INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT AND PTO FORM 1449

Commissioner for Patents  
 P.O. Box 1450  
 Alexandria, VA 22313-1450

Dear Sir,

Pursuant to the duty of disclosure (37 C.F.R. 1.97 and 1.98), please find attached hereto for filing in the referenced application:

1. An Information Disclosure Statement by Applicant (PTO 1449) listing one document for consideration by the Office (1 documents total);
2. A copy of the cited document; and
3. A return postcard.

**Payment of Fees by Deposit Account:** The USPTO is hereby authorized to charge \$180: the submission fee for an Information Disclosure Statement, and any other required fee, to the Lucash, Gesmer & Updegrove PTO Deposit Account No. 122315. A duplicate copy of this response letter is attached.

03/12/2004 MAHHE1 00000157 122315 10167851

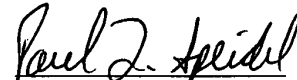
01 FC:1806 180.00 DA

Serial No. 10/167,851  
Filing Date: June 12, 2002

If additional information is required, you are invited to immediately contact the undersigned via telephone or facsimile at the numbers listed below. Thank you for your attention to this matter.

Respectfully submitted,

Date: March 9, 2004



Paul L. Speidel  
Reg. No. 52,239  
Lucash, Gesmer & Updegrove, LLP  
Boston, MA 02109  
Tel: (617) 350 6800  
Fax: (617) 350 6878





RECEIVED  
CENTRAL FAX CENTER

FEB 27 2004

OFFICIAL

PTO/SB/87 (08-03)

Approved for use through 07/31/2006. OMB 0651-0031  
U.S. Patent and Trademark Office; U.S. DEPARTMENT OF COMMERCE

Under the Paperwork Reduction Act of 1995, no persons are required to respond to a collection of information unless it contains a valid OMB control number.

### Certificate of Transmission under 37 CFR 1.8

I hereby certify that this correspondence is being facsimile transmitted to the United States Patent and Trademark Office to Facsimile Number: 703-872-9306

on February 27, 2004  
Date



Signature

Sunshine Limanni

Typed or printed name of person signing Certificate

Note: Each paper must have its own certificate of transmission, or this certificate must identify each submitted paper.

re: Application Number: 10/167,851; Filing Date: June 12, 2002  
Art Unit: 2837  
Examiner Name: Rita Leykin

---

Number of Pages submitted in this transmission: 3 (including cover)

- Power of Attorney and Correspondence Address Indication Form (1 page)
- Statement under 37 CFR 3.73(b) (1 page)

This collection of information is required by 37 CFR 1.8. The information is required to obtain or retain a benefit by the public which is to file (and by the USPTO to process) an application. Confidentiality is governed by 35 U.S.C. 122 and 37 CFR 1.14. This collection is estimated to take 1.8 minutes to complete, including gathering, preparing, and submitting the completed application form to the USPTO. Time will vary depending upon the individual case. Any comments on the amount of time you require to complete this form and/or suggestions for reducing this burden, should be sent to the Chief Information Officer, U.S. Patent and Trademark Office, U.S. Department of Commerce, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450. DO NOT SEND FEES OR COMPLETED FORMS TO THIS ADDRESS. SEND TO: Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450.

If you need assistance in completing the form, call 1-800-PTO-9199 and select option 2.

# OFFICIAL

PTO/SB/81 (06-03)  
 Approved for use through 11/30/2005. OMB 0651-0034  
 U.S. Patent and Trademark Office, U.S. DEPARTMENT OF COMMERCE

Under the Paperwork Reduction Act of 1995, no persons are required to respond to a collection of information unless it displays a valid OMB control number.

<b>POWER OF ATTORNEY and CORRESPONDENCE ADDRESS INDICATION FORM</b>	Application Number	10/167,851
	Filing Date	June 12, 2002
	First Named Inventor	Jones, Joseph L. et al.
	Title	Method and System for Multiple Coverage for an Autonomous Robot
	Art Unit	2637
	Examiner Name	Rita Loykin
	Attorney Docket Number	DP-5 US (ISR-017 US)

**RECEIVED**  
 NATIONAL FAX CENTER

I hereby appoint:

Practitioner(s) at Customer Number: 24390 FEB 27 2004

OR

Practitioner(s) named below:

Name	Registration Number

as my/our attorney(s) or agent(s) to prosecute the application identified above, and to transact all business in the United States Patent and Trademark Office connected therewith.

Please recognize or change the correspondence address for the above-identified application to:

The above-mentioned Customer Number:

OR

The address associated with Customer Number:

OR

<input checked="" type="checkbox"/> Firm or Individual Name	Lucash, Gesmer & Updegrave, LLP		
Address	40 Broad Street		
City	Boston	State	MA
Country	USA	Zip	02109
Telephone	617-350-6800	Fax	617-350-6878

I am the:

Applicant/Inventor.

Assignee of record of the entire interest. See 37 CFR 3.71. Statement under 37 CFR 3.73(b) is enclosed. (Form PTO/SB/80)

**SIGNATURE of Applicant or Assignee of Record**

Name	GLEN WEINSTEIN, VP & GENERAL COUNSEL, ROBOT CORPORATION		
Signature	<i>[Handwritten Signature]</i>		
Date		Telephone	781-345-0200

NOTE: Signatures of all the inventors or assignees of record of the entire interest or their representative(s) are required. Submit multiple forms if more than one signature is required, see below.

Total of \_\_\_\_\_ forms are submitted.

This collection of information is required by 37 CFR 1.31 and 1.33. The information is required to obtain or retain a benefit by the public which is to rise (and by the USPTO to process) an application. Confidentiality is governed by 35 U.S.C. 122 and 37 CFR 1.14. This collection is estimated to take 3 minutes to complete, including gathering, preparing, and submitting the completed application form to the USPTO. Time will vary depending upon the individual case. Any comments on the amount of time you require to complete this form and/or suggestions for reducing this burden, should be sent to the Chief Information Officer, U.S. Patent and Trademark Office, U.S. Department of Commerce, P.O. Box 1480, Alexandria, VA 22313-1450. DO NOT SEND FEES OR COMPLETED FORMS TO THIS ADDRESS. SEND TO: Commissioner for Patents, P.O. Box 1459, Alexandria, VA 22313-1450.

If you need assistance in completing the form, call 1-800-PTO-8199 and select option 2.

Approved for use through 04/30/2003. OMB 0951-0031  
U.S. Patent and Trademark Office; U.S. DEPARTMENT OF COMMERCE  
Under the Paperwork Reduction Act of 1995, no persons are required to respond to a collection of information unless it displays a valid OMB control number.

**STATEMENT UNDER 37 CFR 3.73(b)**

Applicant/Patent Owner: iRobot Corporation

Application No./Patent No.: 10/167,851 Filed/Issue Date: June 12, 2002

Entitled: Method and System for Multi-Mode Coverage for an Autonomous Robot

iRobot Corporation, a corporation  
(Name of Assignee) (Type of Assignee, e.g., corporation, partnership, university, government agency, etc.)

states that it is:

- 1.  the assignee of the entire right, title, and interest; or
- 2.  an assignee of less than the entire right, title and interest.  
The extent (by percentage) of its ownership interest is \_\_\_\_\_ %  
in the patent application/patent identified above by virtue of either:

A.  An assignment from the inventor(s) of the patent application/patent identified above. The assignment was recorded in the United States Patent and Trademark Office at Reel 014249, Frame 0705, or for which a copy thereof is attached.  
Reel 014249, Frame 0711.

OR

B.  A chain of title from the inventor(s), of the patent application/patent identified above, to the current assignee as shown below:

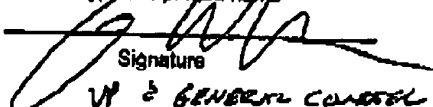
- 1. From: \_\_\_\_\_ To: \_\_\_\_\_  
The document was recorded in the United States Patent and Trademark Office at Reel \_\_\_\_\_, Frame \_\_\_\_\_, or for which a copy thereof is attached.
- 2. From: \_\_\_\_\_ To: \_\_\_\_\_  
The document was recorded in the United States Patent and Trademark Office at Reel \_\_\_\_\_, Frame \_\_\_\_\_, or for which a copy thereof is attached.
- 3. From: \_\_\_\_\_ To: \_\_\_\_\_  
The document was recorded in the United States Patent and Trademark Office at Reel \_\_\_\_\_, Frame \_\_\_\_\_, or for which a copy thereof is attached.

Additional documents in the chain of title are listed on a supplemental sheet.

Copies of assignments or other documents in the chain of title are attached.  
(NOTE: A separate copy (i.e., the original assignment document or a true copy of the original document) must be submitted to Assignment Division in accordance with 37 CFR Part 3, if the assignment is to be recorded in the records of the USPTO. See MPEP 302.08)

The undersigned (whose title is supplied below) is authorized to act on behalf of the assignee.

2/12/04  
Date  
781-345-0200  
Telephone number

GLEN WEINSTEIN  
Typed or printed name  
  
Signature  
V & GENERAL COUNSEL  
Title

This collection of information is required by 37 CFR 3.73(b). The information is required to obtain or retain a benefit by the public which is to file (and by the USPTO to process) an application. Confidentiality is governed by 35 U.S.C. 122 and 37 CFR 1.14. This collection is estimated to take 12 minutes to complete, including gathering, preparing, and submitting the completed application form to the USPTO. Time will vary depending upon the individual case. Any comments on the amount of time you require to complete this form and/or suggestions for reducing this burden, should be sent to the Chief Information Officer, U.S. Patent and Trademark Office, U.S. Department of Commerce, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450. DO NOT SEND FEES OR COMPLETED FORMS TO THIS ADDRESS. SEND TO: Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450.

If you need assistance in completing the form, call 1-800-PTO-9199 and select option 2.



1-26-04  
Imafe

2837  
\$

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicants: Joseph L. Jones  
 Application Number: 10/167,851  
 Filing Date: June 12, 2002  
 Title: Method And System For Multi-Mode Coverage For An Autonomous Robot  
 Group Art Unit: 2837  
 Examiner: R. Leykin  
 Attorney Docket: DP-5 US

\*\*\*\*\*

**Certificate of Express Mailing**

I hereby certify that the above correspondence is being deposited under 37 C.F.R. 1.10 with the United States Postal Service, Express Mail Post Office to Addressee Service, Label No. EV 064497897 US on January 23, 2004, addressed to Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450.

Signature of person mailing correspondence: Sunshine Limanni  
Sunshine Limanni

\*\*\*\*\*

**TRANSMITTAL OF SUPPLEMENTAL INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT AND PTO FORM 1449**

Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

Dear Sir,

Pursuant to the duty of disclosure (37 C.F.R. 1.97 and 1.98), attached hereto are:

1. An Information Disclosure Statement (PTO 1449) (2 pages) listing documents (14 documents total);
2. A copy of the cited documents; and
3. A return postcard.

**Payment of Fees by Deposit Account: The USPTO is hereby authorized to charge \$180: the submission fee for an Information Disclosure Statement, and any other required fee, to the Lucash, Gesmer & Updegrave PTO Deposit Account No. 122315. A duplicate copy of this response letter is attached.**

01/29/2004 HGUTEMA1 00000051 122315 10167851

01 FC:1806 180.00 DA



Serial No. 10/167,851  
Filing Date: June 12, 2002

If additional information is required, you are invited to immediately contact the undersigned via telephone or facsimile at the numbers listed below. Thank you for your attention to this matter.

Respectfully submitted,

Date: January 23, 2004

Handwritten signature of Paul Speidel in cursive script.

Paul Speidel  
Paul Speidel  
Reg. No. 52,239  
Lucash, Gesmer & Updegrove, LLP  
Boston, MA 02109  
Tel: (617) 350 6800  
Fax: (617) 350 6878







(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2002-204768  
(P2002-204768A)

(43) 公開日 平成14年7月23日 (2002.7.23)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	7-71-1* (参考)
A 4 7 L 9/28		A 4 7 L 9/28	E 3 B 0 5 7 K M

審査請求 未請求 請求項の数12 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願2001-4657(P2001-4657)  
 (22) 出願日 平成13年1月12日 (2001.1.12)

(71) 出願人 000005821  
 松下電器産業株式会社  
 大阪府門真市大字門真1006番地  
 (72) 発明者 土師 雅代  
 大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
 産業株式会社内  
 (72) 発明者 大久保 日出男  
 大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
 産業株式会社内  
 (74) 代理人 100097445  
 弁理士 岩橋 文雄 (外2名)

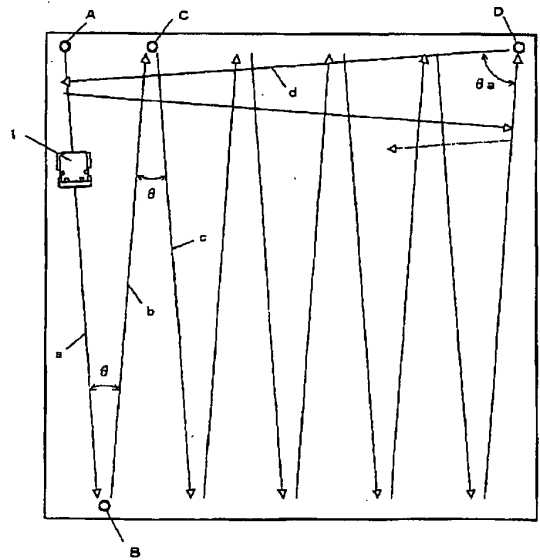
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 自走式掃除機

(57) 【要約】

【課題】 清掃領域全体を隈なく塗りつぶすように移動経路をあらかじめ決定することは難しく、複雑な制御が必要であった。

【解決手段】 本体1を上下線と左右線とで囲まれる四角形の清掃領域を移動させる場合、対向し合う上下線間を蛇行走行させる。この蛇行走行は清掃残しが発生するように蛇行する往路と復路の間隔を設定しておき、短時間で広範囲を移動できるようにしておく。本体1が対向し合う上下線で方向を転換して蛇行走行を行い、清掃領域内を左から右側へ移動する。そして、蛇行走行が進行していくと最終的に本体1は右線に当たり進行を阻まれてしまう。この場合には、右線から遠ざかる方向、すなわち、左方向に方向を転回する。すると、今度は、対向し合う左右線間を本体が蛇行走行し、清掃領域内を上下方向に移動していく。このように、清掃領域内を塗りつぶすように本体を移動させる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 本体に設け床面のゴミを清掃する清掃手段と、前記本体を移動させる走行手段と、前記本体の移動方向を転換する移動方向転換手段と、前記走行手段および移動方向転換手段を制御して前記本体の移動を制御する移動制御手段を備え、前記移動制御手段は、前記本体が清掃領域の対向し合う領域線間を蛇行走行するように制御すると共に、前記蛇行走行による進行が阻まれる場合には、前記本体の進行方向を前記蛇行走行の進行を阻む領域線から遠ざかる方向に転換する広範囲移動制御を実施する自走式掃除機。

【請求項2】 本体の進行方向に位置する障害物を検知する障害物検知手段を設け、移動制御手段は、広範囲移動制御中に、前記障害物検知手段が障害物を検知した場合には、前記障害物を回避する方向に前記本体の進行方向を転換する障害物検知移動制御を有した請求項1記載の自走式掃除機。

【請求項3】 清掃手段によって清掃されるゴミの量を検知するゴミ検知手段を有し、移動制御手段は、広範囲移動制御中に、前記ゴミ検知手段が所定量以上のゴミを検知した場合には、あらかじめ設定された移動パターンで本体を移動させるパターン移動制御を有した請求項2記載の自走式掃除機。

【請求項4】 移動制御手段の広範囲移動制御は、蛇行走行の往路と復路のなす角度が所定の角度とした請求項1～3のいずれか1項に記載の自走式掃除機。

【請求項5】 移動制御手段の広範囲移動制御は、蛇行走行による往路と復路の間隔が所定幅とした請求項1～3のいずれか1項に記載の自走式掃除機。

【請求項6】 移動制御手段のパターン移動制御は、前進または後退を繰り返しながら本体をジグザグに移動させる請求項3～5のいずれか1項に記載の自走式掃除機。

【請求項7】 移動制御手段のパターン移動制御は、渦巻き状に内側から外側に本体を移動させる請求項3～5のいずれか1項に記載の自走式掃除機。

【請求項8】 移動制御手段の障害物検知移動制御は、複数の移動パターンを有する請求項2～7のいずれか1項に記載の自走式掃除機。

【請求項9】 移動制御手段の広範囲移動制御と障害物検知移動制御とで、本体の移動速度を切り替える請求項2～8のいずれか1項に記載の自走式掃除機。

【請求項10】 移動制御手段の広範囲移動制御と障害物検知移動制御とパターン移動制御とで、本体の移動速度を切り替える請求項3～8のいずれか1項に記載の自走式掃除機。

【請求項11】 移動制御手段の広範囲移動制御と障害物検知移動制御とで、清掃手段が吸い込みによりゴミを収集することを特徴とし、前記清掃手段の吸引力を切り替える請求項2～8のいずれか1項に記載の自走式掃除機。

【請求項12】 移動制御手段の広範囲移動制御と障害物検知移動制御とパターン移動制御とで、清掃手段が吸い込みによりゴミを収集することを特徴とし、前記清掃手段の吸引力を切り替える請求項3～8のいずれか1項に記載の自走式掃除機。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、清掃機能と移動機能とを備え、自動的に清掃を行う自走式掃除機に関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来より掃除機に移動手段やセンサ類および移動制御手段を付加して自動的に清掃領域を移動して清掃を行う、いわゆる自立誘導型の自走式掃除機が開発されている。例えば、清掃機能として本体底部に吸い込み具や塵埃掻き上げ用の回転ブラシなどを備え、自在に移動するために走行機能としての駆動輪と移動方向を転換するための操舵手段と、移動時の障害物を検知する障害物検知手段と、位置確認手段とを備え、この障害物検知手段によって清掃領域の障害物を迂回しつつ、位置認識手段によって清掃した清掃領域を認識し、まだ清掃していない清掃領域を移動して清掃領域全体を清掃するものである。

【0003】さらに例えば、特開昭62-236519号公報、特開昭62-236520号公報、特開昭63-222726合公報に記載されているように、吸い込み具と集塵室をつなぐ空気通路にゴミ検出部を設け、この信号によって走行速度を切り換えたり、通常の走行パターンから別の走行パターンに切り換えて清掃をより念入りに行うものも開発されている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、前記従来の自走式掃除機では、駆動輪の回転センサやジャイロなどを用いて行う位置認識の累積誤差のためにあらかじめ決められた移動経路からずれて清掃を行い、その結果清掃のやり残しが生じることがあった。また、清掃領域に多くの障害物が存在する場合には、障害物を回避しながら清掃領域全体を隈なく塗りつぶすように移動経路をあらかじめ決定することは難しく、複雑な制御が必要であった。

【0005】また、あらかじめ決定された移動経路を移動している間にゴミ量センサの信号により走行パターンを切り換える場合でも、ゴミの多い場所をゆっくりと走行したり、あるいはその周辺を複数回走行するといった動作を追加するにとどまっていた。

【0006】本発明は、前記従来の課題を解決するもので、複雑な制御を行うことなく清掃領域を効率よく清掃する自走式掃除機を提供することを目的としている。

【0007】

【課題を解決するための手段】前記従来の課題を解決す

のために本発明の自走式掃除機は、本体を移動させる走行手段と、前記本体の移動方向を転換する移動方向転換手段と、前記走行手段および移動方向転換手段を制御して前記本体の移動を制御する移動制御手段を備え、前記移動制御手段は、前記本体が清掃領域の対向し合う領域線間を蛇行走行するように制御すると共に、前記蛇行走行による進行が阻まれる場合には、前記本体の進行方向を前記蛇行走行の進行を阻む領域線から遠ざかる方向に転換する広範囲移動制御を実施するものである。

【0008】この構成によれば、まず、本体を清掃領域を仕切る壁などの領域線で、且つ対向し合う領域線間を蛇行走行させる。この蛇行走行は清掃残しが発生するように蛇行する往路と復路の間隔を設定しておき、短時間で広範囲を移動できるようにしておく。例えば、清掃領域を上下線と左右線とで囲まれる四角形として考えると、まず、本体が対向し合う上下線で方向を転換して蛇行走行を行い、清掃領域内を左から右側へ移動する。そして、蛇行走行が進行していくと最終的に本体は右線に当たり進行を阻まれてしまう。この場合には、右線から遠ざかる方向、すなわち、左方向に方向を転回する。すると、今度は、対向し合う左右線間を本体が蛇行走行し、清掃領域内を上下方向に移動していく。このように、清掃領域内を塗りつぶすように本体を移動させることで、簡単な構成で効率よく清掃領域を清掃する自走式掃除機が実現できる。

【0009】

【発明の実施の形態】請求項1に記載の発明は、本体に設け床面のゴミを清掃する清掃手段と、前記本体を移動させる走行手段と、前記本体の移動方向を転換する移動方向転換手段と、前記走行手段および移動方向転換手段を制御して前記本体の移動を制御する移動制御手段を備え、前記移動制御手段は、前記本体が清掃領域の対向し合う領域線間を蛇行走行するように制御すると共に、前記蛇行走行による進行が阻まれる場合には、前記本体の進行方向を前記蛇行走行の進行を阻む領域線から遠ざかる方向に転換する広範囲移動制御を実施するものである。

【0010】この構成によれば、まず、本体を清掃領域を仕切る壁などの領域線で、且つ対向し合う領域線間を蛇行走行させる。この蛇行走行は清掃残しが発生するように蛇行する往路と復路の間隔を設定しておき、短時間で広範囲を移動できるようにしておく。例えば、清掃領域を上下線と左右線とで囲まれる四角形として考えると、まず、本体が対向し合う上下線で方向を転換して蛇行走行を行い、清掃領域内を左から右側へ移動する。そして、蛇行走行が進行していくと最終的に本体は右線に当たり進行を阻まれてしまう。この場合、右線が蛇行走行の進行を阻む領域線に該当し、この右線から遠ざかる方向、すなわち、左方向に本体の方向を転回する。すると、今度は、対向し合う左右線間を本体が蛇行走行し、

清掃領域内を上下方向に移動していく。このように、清掃領域内を塗りつぶすように本体を移動させることで、簡単な構成で効率よく清掃領域を清掃する自走式掃除機が実現できる。なお、本体の蛇行走行が阻まれる場合には、右線（蛇行走行を阻む領域線）に対して略直交する方向に本体の進行方向を転換するようにしても良く、この場合でも、本体は右線から遠ざかる方向に移動することとなるが、清掃領域が四角形などの場合には上下方向の次に左右方向の蛇行走行となり、清掃領域内を効率よく移動することができる。

【0011】請求項2に記載の発明は、請求項1記載の発明において、本体の進行方向に位置する障害物を検知する障害物検知手段を設け、移動制御手段は、広範囲移動制御中に、前記障害物検知手段が障害物を検知した場合には、前記障害物を回避する方向に前記本体の進行方向を転換する障害物検知移動制御を有したものである。

【0012】この構成によれば、清掃領域内に障害物がある場合にも、その障害物を回避することができ、また、障害物の周囲の清掃も可能とすることができる。

【0013】請求項3に記載の発明は、請求項2記載の発明において、清掃手段によって清掃されるゴミの量を検知するゴミ検知手段を有し、移動制御手段は、広範囲移動制御中に、前記ゴミ検知手段が所定量以上のゴミを検知した場合には、あらかじめ設定された移動パターンで本体を移動させるパターン移動制御を有したものである。

【0014】この構成によれば、ゴミ検知手段で所定量以上のゴミを検知した場合には、あらかじめ設定された移動パターンで本体を移動させる、つまりゴミのあるところを重点的にゴミを収集できるような移動パターンを実施することで、清掃領域内のゴミを効率よく清掃することができる。

【0015】請求項4に記載の発明は、請求項1～3のいずれか1項に記載の発明において、移動制御手段の広範囲移動制御は、蛇行走行の往路と復路のなす角度が所定の角度としたものである。

【0016】請求項5に記載の発明は、請求項1～3のいずれか1項に記載の発明において、移動制御手段の広範囲移動制御は、蛇行走行による往路と復路の間隔が所定幅としたものである。

【0017】請求項6に記載の発明は、請求項3～5のいずれか1項に記載の発明において、移動制御手段のパターン移動制御は、前進または後退を繰り返しながら本体をジグザグに移動させるもので、この本体のジグザグ移動では清掃残しが発生しないように往路と復路の間隔を設定する必要がある。具体的に述べると、本体に設けた清掃手段が清掃できる領域（幅）内に往路と復路との間隔を抑える必要があり、往路と復路とで清掃手段による清掃領域の一部が重なり合うようにしても良い。

【0018】請求項7に記載の発明は、請求項3～5の

いずれか 1 項に記載の発明において、移動制御手段のパターン移動制御を、渦巻き状に内側から外側に本体を移動させることにより、複雑な制御を行うことなくゴミを効率よく収集することが出来る。この場合の移動パターンにおいても隣り合う内側と外側の渦巻きの間隔は、本体に設けた清掃手段が清掃できる領域（幅）内に抑える必要があり、また、清掃手段による清掃領域の一部が重なり合うようにしても良い。

【0019】請求項 8 に記載の発明は、請求項 2～7 のいずれか 1 項に記載の発明において、移動制御手段の障害物検知移動制御が複数の移動パターンを有することにより、簡単な構成で清掃領域を効率よく移動することが出来る。

【0020】請求項 9 に記載の発明は、請求項 2～8 のいずれか 1 項に記載の発明において、移動制御手段の広範囲移動制御と障害物検知移動制御とで、本体の移動速度を切り替えることにより、簡単な構成で複雑な制御を行うことなく、ゴミを効率よく収集することが出来る。

【0021】請求項 10 に記載の発明は、請求項 3～8 のいずれか 1 項に記載の発明において、移動制御手段の広範囲移動制御と障害物検知移動制御とパターン移動制御とで、本体の移動速度を切り替えることにより、簡単な構成で複雑な制御を行うことなく、ゴミを効率よく収集することが出来る。

【0022】請求項 11 に記載の発明は、請求項 2～8 のいずれか 1 項に記載の発明において、移動制御手段の広範囲移動制御と障害物検知移動制御とで、清掃手段が吸い込みによりゴミを収集することを特徴とし、前記清掃手段の吸引力を切り替えることにより、簡単な構成で複雑な制御を行うことなく、ゴミを効率よく収集することが出来る。

【0023】請求項 12 に記載の発明は、請求項 3～8 のいずれか 1 項に記載の発明において、移動制御手段の広範囲移動制御と障害物検知移動制御とパターン移動制御とで、清掃手段が吸い込みによりゴミを収集することを特徴とし、前記清掃手段の吸引力を切り替えることにより、簡単な構成で複雑な制御を行うことなく、ゴミを効率よく収集することが出来る。

【0024】

【実施例】以下、本発明の実施例について、図面を参照しながら説明する。

【0025】（実施例 1）図 1 は、本発明の第 1 の実施例における自走式掃除機の全体図を示すものである。図において、1 は移動しながら清掃を行う自走式掃除機の本体で、清掃領域を移動する。2、3 は本体 1 の後方左右に配した左右の駆動モータで、それぞれの出力軸は左右の減速機 4、5 を介して本体 1 の両側面に配した左右の走行輪 6、7 を駆動する。この左駆動モータ 2 と右駆動モータ 3 を独立に回転制御することにより本体 1 を移動させると共に、移動方向も転換することができるもの

で、走行手段および移動方向転換手段を兼ねている。

【0026】8 は本体 1 内に配され、各種入力に応じて左右の駆動モータ 2、3 を制御し、本体 1 の移動制御を行う移動制御手段で、マイクロコンピュータおよびその他制御回路からなる。13 は本体 1 の前部に設けた床面を掃除する清掃ノズルで、清掃ノズル 13 の下面には吸い込み口が開口しており、また、清掃ノズル 13 内には前記吸い込み口に臨む回転ブラシなどからなるアジテータ 14 が回転自在に設けられている。また、本体 1 内には電動送風機を構成するファンモータ 15 が配され、ファンモータ 15 で発生させた真空圧により清掃ノズル 13 の吸い込み口を介して床面上のゴミを吸引する。前記アジテータ 14 は本体 1 内に配したノズルモータ 16 により伝動ベルト 17 を介して回転駆動される。20 は電池などからなる電源で、本体 1 内に電力を供給する。

【0027】上記構成による、本体 1 の走行動作について説明する。まず左右の駆動モータ 2、3 を駆動して、予め決められた広範囲移動制御を行うように本体 1 を前進させる。本実施例での広範囲移動制御は、図 2 に示すように、四角形の上下線と左右線とで囲まれた清掃領域内を移動する場合を例に挙げ、開始点 A から矢印 a の方向に開始するものとする。本体 1 は前進できなくなった地点 B（領域線である下線）で左方向に方向転換し、角度  $\theta$  の方向である矢印 b の方向へ再び前進する。また前進できなくなればその地点 C（領域線である上線）で今度は右方向に方向転換し、角度  $\theta$  の方向、つまり矢印 c の方向へ前進する。このように対向し合う領域線間を前進とターンを繰り返しながらジグザグ移動を繰り返す、すなわち蛇行走行を実施するようにしている。

【0028】このときに地点 D のように移動方向を転換しても前進できない地点へ達したとき、すなわち、蛇行走行を阻む領域線である右線に到達したときは、今までの進行方向と略直交する方向あるいは右線と略直交する方向、すなわち、右線から離れる方向となるような矢印 d の方向（角度  $\theta_a$  の方向）へ移動方向を転換した後、前進とターンを繰り返しながらジグザグ移動を繰り返す。再び移動方向を転換しても前進できないと判断したときは、清掃を終了して前記本体 1 の走行動作を停止する。なお、方向転換角度  $\theta$  および  $\theta_a$  は、予め最適な値を実験的に決定するものである。

【0029】また、本実施例での別の広範囲移動制御を図 3 を用いて説明する。開始点 A1 から開始し、前進できなくなった地点 B1 で左方向に  $90^\circ$  移動方向を転換し、所定距離  $w$  だけ前進した後、再び左方向に  $90^\circ$  移動方向を転換して前進する。前進できなくなった地点 C1 で今度は右方向に  $90^\circ$  移動方向を転換して所定距離  $w$  だけ前進し、再び右方向に  $90^\circ$  移動方向を転換して前進する。このように前進とターンを繰り返して往路と復路の間隔が所定幅になるように前記本体 1 を移動させる蛇行走行を実施する。このとき地点 D1 のように移動

方向を転換しても前進できないとき、すなわち、蛇行走行を阻む領域線である右線に到達したときは、今までの進行方向と略直交する方向あるいは右線と略直交する方向、すなわち、右線から離れる方向となるような矢印  $d_1$  の方向へ移動方向を転換した後、同様の往復運動を繰り返す。再び移動方向を転換しても前進できないと判断したときは、清掃を終了して前記本体 1 の走行動作を停止する。なお所定距離  $w$  は、予め最適な値を実験的に決定するものである。

【0030】（実施例 2）次に、本発明の第 2 の実施例を説明する。本体 1 の前方および側方の障害物までの距離を測距する光センサ等により構成された障害物検知手段 9、10、11、12 を本体 1 に付加する以外は実施例 1 と同様の構成である。

【0031】図 4 に示すような中央に障害物がある清掃領域を、実施例 1 で説明したジグザグ移動するような広範囲移動制御を用いて清掃する場合、障害物 W に対して矢印  $a_2$  の方向に進行中に接触した時に、方向転換角度  $\theta$ 、すなわち矢印  $b_2$  の方向へ移動方向を転換してしまい、障害物 W に接触する場所によっては清掃領域を限なく清掃できない場合があった。

【0032】本実施例はこの問題を解決するものであり、図 5 に示すように矢印  $a_3$  の方向へ進行中に障害物 W を検出した場合には、障害物 W に沿うような矢印  $b_3$  の方向へ移動方向を転換する。障害物を検出している間は矢印  $b_3$  の方向へ移動するといった、障害物移動検知制御を行い、障害物を検出しなくなれば矢印  $c_3$  の方向へ移動方向を転換して再び広範囲移動制御を用いて清掃を行う。

【0033】次に、図 6 を用いて移動制御手段 8 での走行制御アルゴリズムの一例を示す。

【0034】ステップ 1 において、左右の駆動モータ 2、3 を駆動して本体 1 を前進させ、広範囲移動制御を実行する。ステップ 2 において、障害物検知手段 9、10、11、12 の入力を見て障害物があるかどうかを判断し、障害物がなければステップ 1 に戻り、障害物があればステップ 3 に進んで障害物検知移動制御を実行する。

【0035】障害物検知移動制御として本実施例では、図 7～図 10 に示すような動作を行う。すなわち、図 7 に示すように矢印  $e_1$  の方向に移動中に P 1 地点で障害物 W 1 を検出した場合は直ちに停止し、障害物検知手段 9、10、11、12 の測距データを比較して障害物 W 1 が本体 1 の左右どちら側にあるのかを判断する。この図の場合、障害物 W 1 は障害物検知手段 10 の近くに検出されるので、本体 1 の右側に障害物 W 1 があると判断して本体 1 を左向きに所定角度  $\theta_1$  だけ方向転換し、矢印  $f_1$  の方向に直進する。

【0036】一方、図 8 に示すような場合は矢印  $e_2$  の方向に移動中に P 2 地点で障害物 W 2 を検出して停止し

たとき、障害物 W 2 は障害物検知手段 9 の近くに検出されるので、本体 1 の左側に障害物 W 2 があると判断して本体 1 を右向きに所定角度  $\theta_2$  だけ方向転換し、矢印  $f_2$  の方向に直進する。さらに、図 9 に示すような場合は矢印  $e_3$  の方向に移動中に P 3 地点で障害物 W 3 を検出して停止したとき、障害物 W 3 は障害物検知手段 10 および 12 の近くに検出されるので、本体 1 の左斜め側に障害物 W 3 があると判断して本体 1 を左向きに所定角度  $\theta_3$  だけ方向転換し、矢印  $f_3$  の方向、つまり障害物 W 3 に沿うような方向に直進する。また、図 10 に示すような場合は矢印  $e_4$  の方向に移動中に P 4 地点で障害物 W 4 を検出して停止したとき、障害物 W 4 は障害物検知手段 9 および 11 の近くに検出されるので、本体 1 の右斜め側に障害物 W 4 があると判断して本体 1 を右向きに所定角度  $\theta_4$  だけ方向転換し、矢印  $f_4$  の方向、つまり障害物 W 4 に沿うような方向に直進する。

【0037】ここで、本体 1 が障害物に沿うような方向に直進しているときの動作切り換えの一例を図 11 および図 12 を用いて説明する。図 11 に示すように、本体 1 が障害物に沿って直進している時に P 5' 地点で障害物検知手段 9、10、11、12 のいずれからも測距データが得られなかった場合、本体 1 は前記障害物が中央障害物であると判断して広範囲移動制御に切り換える。この場合本体 1 は、P 5 地点で障害物に沿うように方向転換したときの角度  $\theta_5$  だけ左方向へ方向転換した後矢印  $f_5$  の方へ向かって前進し、広範囲移動制御を実行する。

【0038】また、図 12 に示すように、P 6' 地点で障害物検知手段 9 および 11 から障害物が検出された場合、本体 1 は清掃領域の隅に到達したと判断して広範囲移動制御に切り換える。この場合本体 1 は進行方向  $d_6$  と  $e_6$  が略直交するような角度  $\theta_6$  だけ方向転換した後、広範囲移動制御を実行する。

【0039】なお、方向転換角度  $\theta_1$ 、 $\theta_2$ 、 $\theta_6$  は予め最適な値を実験的に決定するものである。また、この説明では本体から見て左側に障害物がある時を説明したが、右側にある場合も同様に行き、その場合は方向転換の向きを逆にすればよい。

【0040】（実施例 3）次に、本発明の第 3 の実施例を説明する。清掃ノズル 13 で清掃されるゴミの量を検知できるように、吸引されたゴミが通過する空気通路 19 にフォトセンサなどからなるゴミ検知手段 18 を本体に付加する以外は実施例 2 と同様の構成である。

【0041】以下、図 13 を用いて移動制御手段 8 での走行制御アルゴリズムの一例を示す。ステップ 11 において、左右の駆動モータ 2、3 を駆動して本体 1 を前進させ、広範囲移動制御を実行する。ステップ 12 において、障害物検知手段 9、10、11、12 の入力を見て障害物があるかどうかを判断し、障害物がなければステップ 13 に進み、障害物があればステップ 17 に進んで

障害物検知移動制御を実行する。

【0042】ステップ13において、ゴミ検知手段18の入力より吸引されたゴミの量が所定量以上かどうかを判断し、所定量未満であればステップ11に戻り、所定量以上であればステップ14に進んでパターン移動制御を実行する。ステップ15において、パターン移動制御を実行中に障害物検知手段9、10、11、12の入力より障害物があると判断した場合、ステップ17に進んで障害物検知移動制御を実行する。

【0043】ステップ16において、パターン移動制御が終了したかどうかを判断し、終了していればステップ11に戻って広範囲移動制御を実行し、終了してなければステップ14に戻ってパターン移動制御を実行する。

【0044】パターン移動制御として本実施例では、図14に示すように、開始点AAから矢印aaの方向に所定距離L1だけ前進して停止点BBで一旦停止する。次に左方向に方向転換して角度 $\theta d$ の方向、すなわち矢印bbの方向へ所定距離L1だけ前進して停止点CCで停止する。そして右方向に方向転換して角度 $\theta d$ の方向、つまり矢印ccの方向に前進する。このように前進と方向転換を繰り返しながらジグザグ移動し、本体1の横方向への移動距離が所定距離wd以上になったと判断した時点でパターン移動制御を終了し、最初の停止点BBへ移動する。

【0045】なお方向転換角度 $\theta d$ および所定距離L1、wdは、予め最適な値を実験的に決定するものである。また、本体1が往復したときの横方向への移動距離が清掃ノズル13の幅以下になるように回転角度を設定しておくこと、パターン移動制御で移動した床面は隈なく清掃ノズル13が通過して清掃することになるので、効率の点で有効である。

【0046】なお、以上の説明ではパターン移動制御は本体1を所定距離L1だけ前進させた後、方向転換して再び所定距離L1だけ前進させる、という動作を繰り返すことによってジグザグ移動しているが、所定距離前進した後方向転換して後退し、所定距離後退したら再び方向転換して前進させるという動作を交互に繰り返すことによってジグザグ移動させても良い。この場合、後退時に障害物を検出する手段を付加する必要があるが、方向転換時間が短くなるため清掃時間を短縮することが出来る。

【0047】また以上の説明では、前進時の移動距離は一定であるが、所定距離以内にゴミ検知手段18によるゴミの検出が所定量未満になれば方向転換して前進させるようにしてもよい。この場合、ゴミの集中しているところをより重点的に清掃することが出来、効率の点で有効である。

【0048】さらに以上の説明では、横方向への移動距離は一定であるが、所定距離以内にゴミ検知手段18によるゴミの検出が所定量未満になればパターン移動制御

を終了してもよい。この場合、ゴミの集中しているところをより重点的に清掃することが出来、効率の点で有効である。

【0049】また、図15に示すように、開始点AA1から矢印aa1のように右旋回を始め、徐々に回転半径が大きくなるように移動させ、この螺旋状移動動作の開始から所定時間Tを経過した時点でパターン移動制御を終了する。

【0050】なお所定時間Tは予め最適な値を実験的に決定するものである。また、本体1の螺旋状移動の移動幅が清掃ノズル13の幅以下になるように設定しておくこと、パターン移動制御で移動した床面は隈なく清掃ノズル13が通過して清掃することになるので、効率の点で有効である。

【0051】なお、以上の説明では右旋回しているが、左旋回でももちろん良いものである。また、以上の説明では、所定時間経過後に終了することになっているが、ゴミ検知手段18によるゴミの検出が所定量未満になればパターン移動制御を終了してもよい。この場合、ゴミの集中しているところをより重点的に清掃することが出来、効率の点で有効である。

【0052】（実施例4）本実施例は広範囲移動制御と障害物検知移動制御とで左右の駆動モータ2、3の出力を切り換えるものであり、これ以外は実施例2と同様に出来るものである。

【0053】本体1が広範囲移動制御で移動しているときの移動速度を速くすればするほど清掃時間は短くなるが、逆に清掃ノズル13が通過してもゴミの取り残しが多くなる。一方、本体1が障害物検知移動制御で移動している時は障害物を回避するような動作のみを行えばよく、またゴミの量が少ない所を移動している場合であるから移動速度が速くても問題はない。

【0054】このことにより、広範囲移動制御と障害物検知移動制御とで本体1の移動速度を切り換えることにより、短時間で効率よく清掃することが可能である。

【0055】なお、以上の説明では広範囲移動制御と障害物検知移動制御で切り換えるのは本体1の移動速度であるが、ファンモータ15およびノズルモータ16の出力を切り換えることによってゴミの吸引力を切り換えても良く、この場合はゴミの集中しているところをより重点的に清掃することが出来、効率の点で有効である。

【0056】また、本体1の移動速度とゴミの吸引力を組み合わせて切り換えても良く、この場合はさらに効率よく清掃することが出来る。

【0057】（実施例5）本実施例は広範囲移動制御と障害物検知移動制御とパターン移動制御とで左右の駆動モータ2、3の出力を切り換えるものであり、これ以外は実施例3と同様に出来るものである。

【0058】実施例4と同様、広範囲移動制御では本体1の移動速度を速くすればするほど清掃時間が短くなる

が、逆に清掃ノズル 13 が通過してもゴミの取り残しが多くなる。また、本体 1 が障害物検知移動制御で移動している時は障害物を回避するような動作のみを行えばよく、またゴミの量が少ない所を移動している場合であるから移動速度が速くても問題はない。一方、本体がパターン移動制御で移動しているときは、ゴミが多い所を移動している場合であるから、移動速度を遅くすればゴミを効率的に収集することが出来る。

【0059】このことにより広範囲移動制御と障害物検知移動制御とパターン移動制御とで本体 1 の移動速度を切り換えることにより、短時間で効率よく清掃することが可能である。

【0060】なお、以上の説明では広範囲移動制御と障害物検知移動制御とパターン移動制御とで切り換えるのは本体 1 の移動速度であるが、ファンモータ 15 およびノズルモータ 16 の出力を切り換えることによってゴミの吸引力を切り換えても良く、この場合はゴミの集中しているところをより重点的に清掃することが出来、効率の点で有効である。

【0061】また、本体 1 の移動速度とゴミの吸引力を組み合わせると切り換えても良く、この場合はさらに効率よく清掃することが出来る。

【0062】

【発明の効果】以上のように、本発明によれば、簡単な構成で複雑で精密な制御を行うことなく、隈なく清掃領域を清掃することが出来る。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の一実施例の自走式掃除機の内部透視斜視図

【図 2】本発明の一実施例の広範囲移動制御の動作説明図

【図 3】本発明の一実施例の広範囲移動制御の動作説明図

【図 4】本発明の一実施例の障害物がある場合の広範囲移動制御の動作説明図

【図 5】本発明の一実施例の障害物検知移動制御の動作説明図

【図 6】本発明の一実施例の移動制御手段での処理内容を示す流れ図

【図 7】本発明の一実施例の障害物検知移動制御の動作説明図

【図 8】本発明の一実施例の障害物検知移動制御の動作説明図

【図 9】本発明の一実施例の障害物検知移動制御の動作説明図

【図 10】本発明の一実施例の障害物検知移動制御の動作説明図

【図 11】本発明の一実施例の障害物検知移動制御の動作説明図

【図 12】本発明の一実施例の障害物検知移動制御の動作説明図

【図 13】本発明の一実施例の移動制御手段での処理内容を示す流れ図

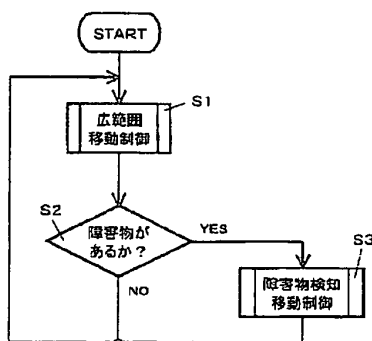
【図 14】本発明の一実施例のパターン移動制御の動作説明図

【図 15】本発明の一実施例のパターン移動制御の動作説明図

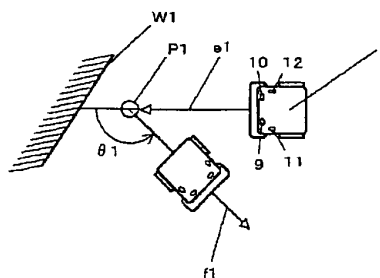
【符号の説明】

- 1 本体
- 2, 3 駆動モータ
- 4, 5 減速機
- 6, 7 走行輪
- 8 移動制御手段
- 13 清掃ノズル
- 15 ファンモータ

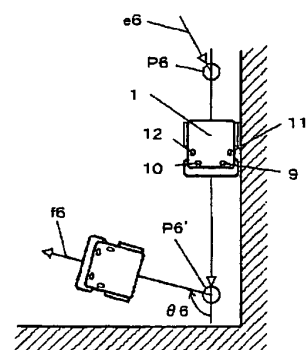
【図 6】



【図 7】

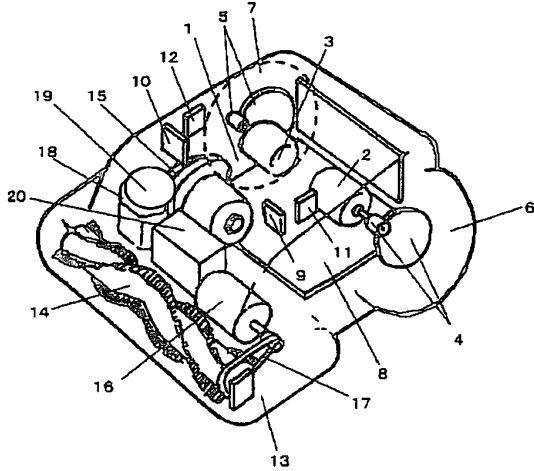


【図 12】

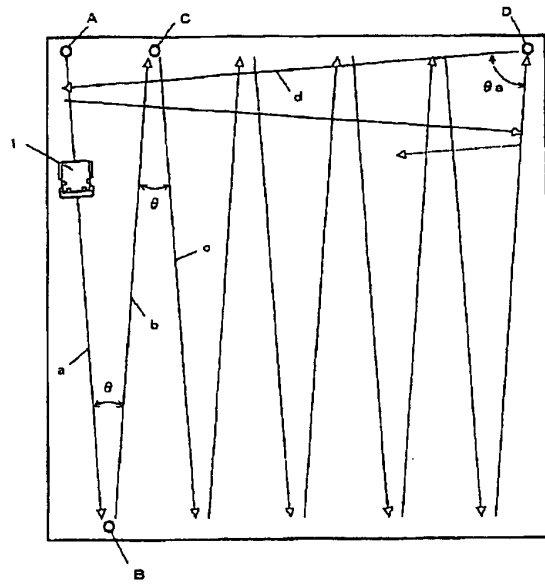


【図1】

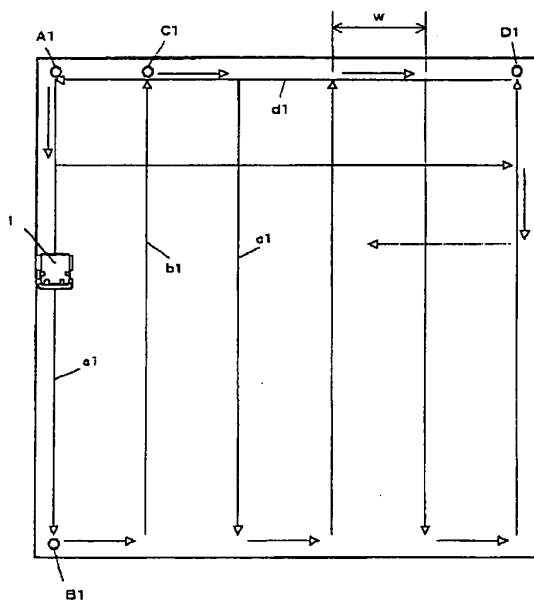
- 1 本体
- 2, 3 駆動モータ
- 4, 5 減速機
- 6, 7 走行輪
- 8 移動制御手段
- 13 清掃ノズル
- 15 ファンモータ



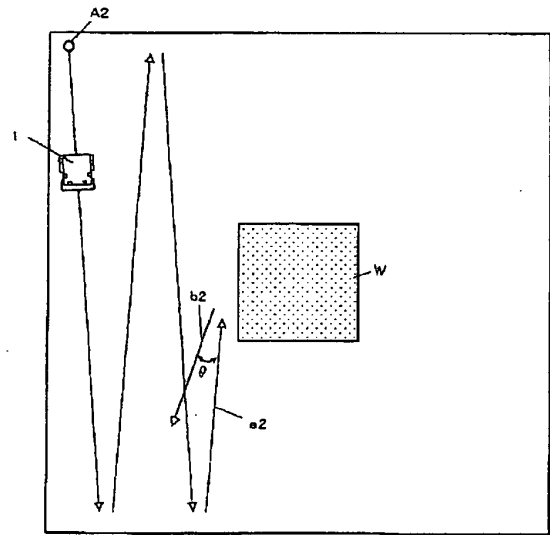
【図2】



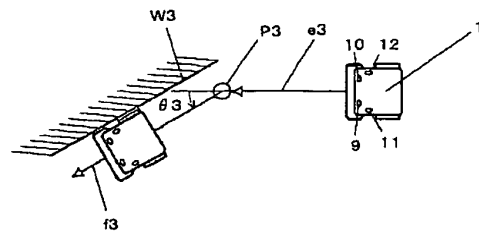
【図3】



【図4】

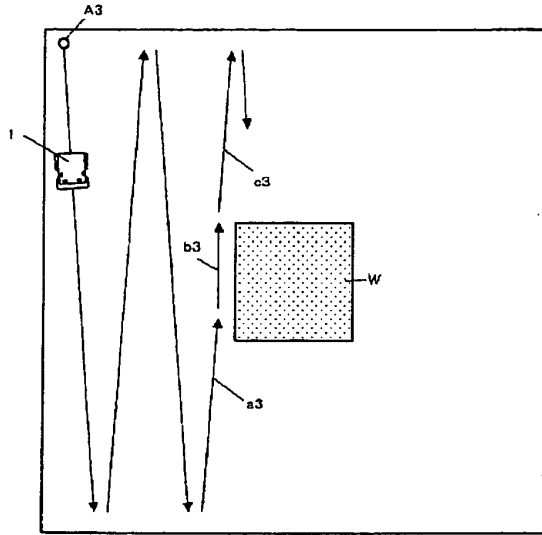


【図9】

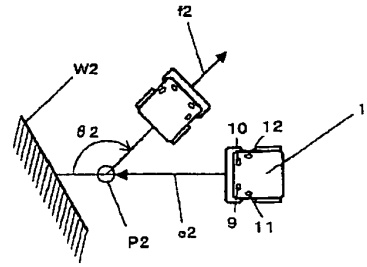




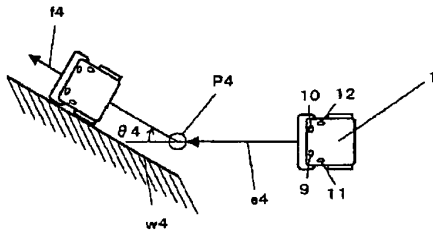
【図5】



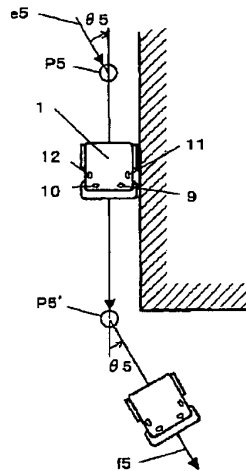
【図8】



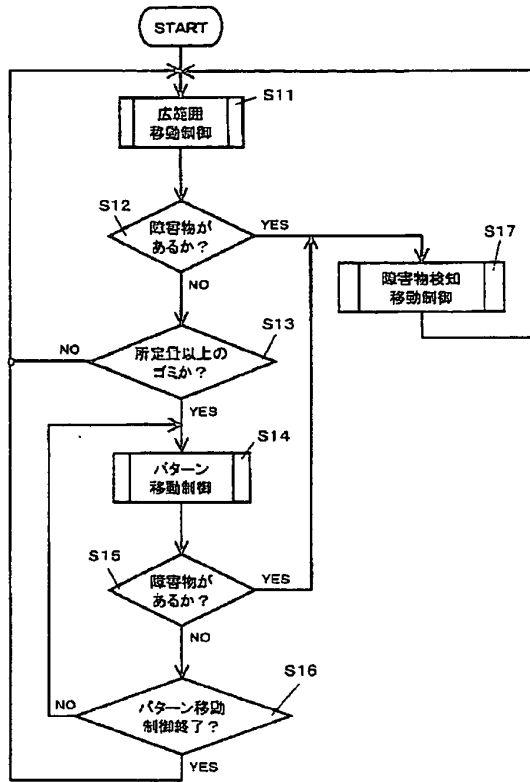
【図10】



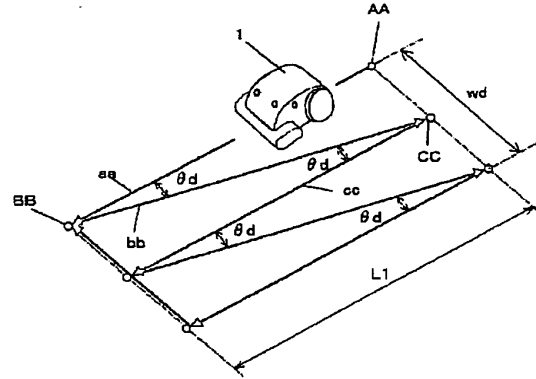
【図11】



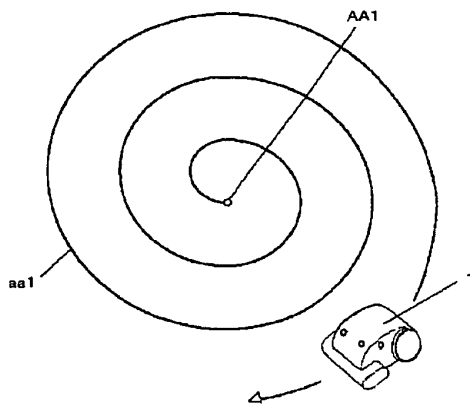
【図13】



【図14】



【図15】



フロントページの続き

(72) 発明者 山口 誠二  
 大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
 産業株式会社内

(72) 発明者 藪内 秀隆  
 大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
 産業株式会社内

(11)

特開 2002-204768

(72) 発明者 高木 祥史  
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

(72) 発明者 保野 幹  
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

Fターム(参考) 3B057 DA03 DA05 DA07

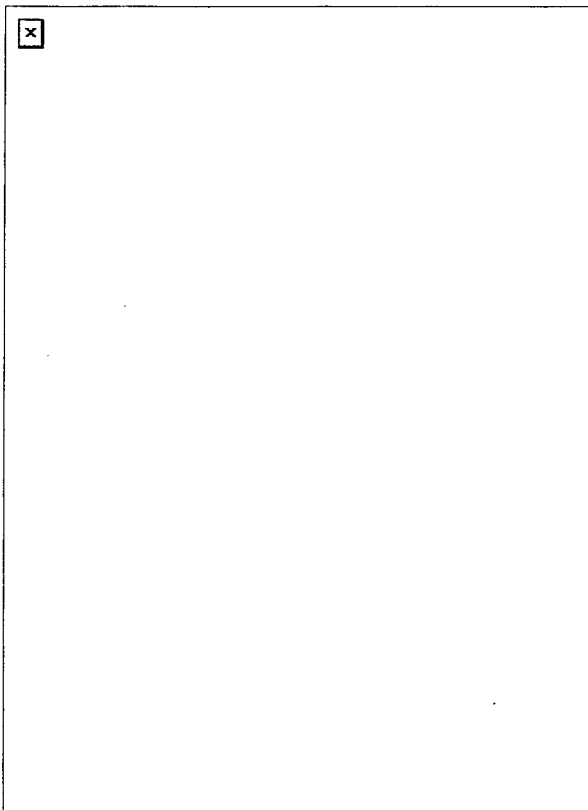
**SELF-PROPELLED CLEANER**

**Patent number:** JP2002204768  
**Publication date:** 2002-07-23  
**Inventor:** HAJI MASAYO; OKUBO HIDEO; YAMAGUCHI SEIJI;  
YABUUCHI HIDETAKA; TAKAGI YOSHIFUMI; YASUNO  
MIKI  
**Applicant:** MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD  
**Classification:**  
**- international:** A47L9/28  
**- european:**  
**Application number:** JP20010004657 20010112  
**Priority number(s):**

**Abstract of JP2002204768**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To solve the problem of difficulty in previously determining a movement route as if to cover an entire cleaning area.

**SOLUTION:** When moving a body 1 all over a square cleaning area surrounded by vertical lines and horizontal lines, the body 1 is made to wind its way between opposing vertical lines. For this winding, a clearance between a forward winding route and a backward winding route is set so as to leave some parts uncleaned and the cleaner may move all over a wide area in a short time. The body 1 changes the course and travels windingly on opposing horizontal lines, moves from the left to the right in a cleaning area. With the progress of winding travel, finally the body 1 hits against the right vertical line and hindered from progressing. In this case, the direction of departing from the right vertical line, namely, it makes a turnabout leftwards. The body windingly travels between the opposing right and left vertical lines and moves horizontally in the cleaning area. Thus, the body is moved in the cleaning area as if to cover the entire area.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

Japanese Kokai No. 2002-204768  
Title of the Invention: Autonomous Cleaner  
Publication Date: July 23, 2002  
Application No. 2001-4657  
Filing Date: January 12, 2001  
Applicant: Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.

Claims 1, 3, 7, and 8 of JPP '768 read as follows.

<Claim 1> An autonomous cleaner comprising a cleaning means provided in a main body, for removing dust on a floor surface traveling means for moving the main body, a travel direction changing means for changing the direction of movement of the main body, and a movement control means for controlling the movement of the main body by controlling the traveling means and the travel direction changing means, wherein said movement control means performs a wide area movement control in which the main body moves in a zigzag fashion between opposed area lines defining an area to be cleaned, and if the movement of the main body in the zigzag fashion is obstructed, the direction of the movement of the main body is changed to a direction away from the area line which obstructs the zigzag movement of the main body.

<Claim 3> An autonomous cleaner according to any one of claims 2, further comprising a dust detecting means for detecting the amount of dust to be cleaned by the cleaning means, said movement control means being provided with a pattern movement control in which if the dust detecting means detects a larger amount of dust than a predetermined value during the wide area movement control, the main body is moved in accordance with a predetermined pattern.

<Claim 7> An autonomous cleaner according to any one of claims 3 through 5, wherein in the pattern movement control of the movement control means, the main body is moved spirally from the inside to the outside.

<Claim 8> An autonomous cleaner according to any one of claims 2 through 7, wherein the obstacle detection movement control includes a plurality of movement patterns.

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-36116

(P2003-36116A)

(43) 公開日 平成15年2月7日(2003.2.7)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テ-マ-ト*(参考)
G 0 5 D 1/02		G 0 5 D 1/02	H 3 B 0 5 7
A 4 7 L 9/28		A 4 7 L 9/28	E 3 B 1 1 6
B 0 8 B 13/00		B 0 8 B 13/00	3 C 0 0 7
B 2 5 J 5/00		B 2 5 J 5/00	A 5 H 3 0 1
	13/00	13/00	Z

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願2001-224703(P2001-224703)

(22) 出願日 平成13年7月25日(2001.7.25)

(71) 出願人 000003562

東芝テック株式会社

東京都千代田区神田錦町1丁目1番地

(72) 発明者 村上 和則

静岡県三島市南町6番78号 東芝テック株

式会社三島事業所内

(72) 発明者 飯坂 仁志

静岡県三島市南町6番78号 東芝テック株

式会社三島事業所内

(74) 代理人 100058479

弁理士 鈴江 武彦 (外6名)

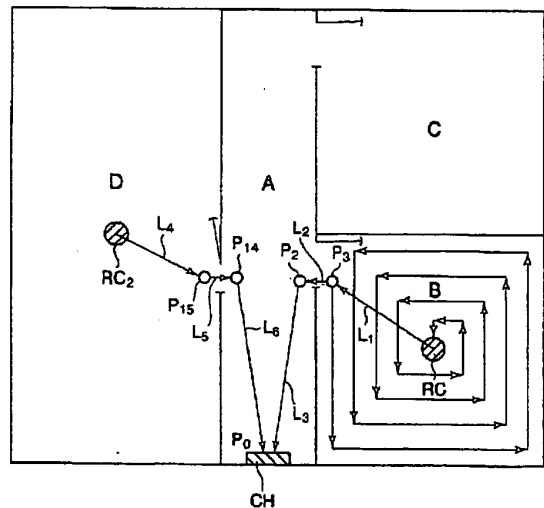
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 自律走行ロボット

(57) 【要約】

【課題】 基準位置から出発して複数の部屋を移動した後、基準位置に戻らせるときの走行経路を求めて帰巢させ、しかも、この時の走行経路を短くする。

【解決手段】 自律走行ロボットRCの現在位置を含む部屋が部屋B、充電台CHがある部屋が部屋Aであれば、部屋Bの出入口位置P<sub>3</sub>と部屋Aの部屋Bとの出入口位置P<sub>2</sub>を読み出す。そして、現在位置と部屋Bの出入口位置P<sub>3</sub>を結ぶ最短走行経路L<sub>1</sub>、部屋Bの出入口位置P<sub>3</sub>と部屋Aの出入口位置P<sub>2</sub>を結ぶ走行経路L<sub>2</sub>及び部屋Aの出入口位置P<sub>2</sub>と充電台CHのある基準位置P<sub>0</sub>を結ぶ最短走行経路L<sub>3</sub>をそれぞれ算出し帰巢経路として設定し、この設定した帰巢経路に従って自律走行ロボットRCを現在位置から充電台CHへ帰巢させる。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 走行手段と、複数の部屋の配置、この各部屋が有する出入口の位置及びいずれかの部屋に設置された基準位置を記憶した記憶手段と、現在位置を特定する特定手段と、この特定手段が特定した現在位置から現在位置を含む部屋の出入口までの走行経路、現在位置を含む部屋の出入口から前記基準位置を含む部屋の出入口までの走行経路及び前記基準位置を含む部屋の出入口から前記基準位置までの走行経路を算出する算出手段と、前記走行手段を駆動し、前記算出手段が算出した走行経路に従って前記特定手段が特定した現在位置から前記基準位置まで自律走行させる走行駆動手段を備えたことを特徴とする自律走行ロボット。

【請求項 2】 走行手段と、複数の部屋の配置、この各部屋が有する出入口の位置及びいずれかの部屋に設置された基準位置を記憶した記憶手段と、現在位置を特定する特定手段と、この特定手段が特定した現在位置から現在位置を含む部屋の出入口までの走行経路、現在位置を含む部屋の出入口から、現在位置を含む部屋と前記基準位置を含む部屋の間配置された部屋の出入口を通過して、前記基準位置を含む部屋の出入口に至る走行経路及び前記基準位置を含む部屋の出入口から前記基準位置までの走行経路を算出する算出手段と、前記走行手段を駆動し、前記算出手段が算出した走行経路に従って前記特定手段が特定した現在位置から前記基準位置まで自律走行させる走行駆動手段を備えたことを特徴とする自律走行ロボット。

【請求項 3】 算出手段は、現在位置から現在位置を含む部屋の出入口までの最短走行経路と基準位置を含む部屋の出入口から基準位置までの最短走行経路を算出することを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の自律走行ロボット。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、自律移動走行する自律走行ロボットに関する。

【0002】

【従来の技術】 自律して移動しながら所定の作業を行う自律走行ロボットが各種提案されているが、自律走行ロボットはバッテリーを搭載して移動を行うためバッテリーの残量が少なくなったときには充電台を使用して充電する必要がある。そして、自律走行ロボットにおいてはバッテリーの残量が少なくなったときに自ら同じ部屋に設置されている充電台まで戻るようになってきているものもある。例えば、清掃作業を行う自律走行ロボットの場合は、清掃範囲の情報、例えば、部屋の大きさと部屋に設置されている充電台の位置が記憶された地図情報を有しており、作業が終了した後に、あるいは作業中に充電台まで戻る必要が生じた場合は、現在の位置から地図情報に記憶されている充電台までの経路を算出し、その算出した

経路に従って充電台まで戻ってバッテリーの充電を行うことになる。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】 ところで、清掃作業を行う自律走行ロボットにおいて、複数の部屋を掃除する場合には、充電台から出発し、この充電台が設置されている部屋を出て他の部屋に移動して掃除を行うことになる。他の部屋での掃除終了後または掃除途中で充電台に戻る場合、例えば、充電台が置かれた部屋の大きさと部屋に設置されている充電台の位置が記憶された地図情報のみでは、他の部屋から充電台が設置された部屋へ移動して充電台に戻る経路を求めることができない。すなわち、上述した従来のものでは自律走行ロボットを使用して複数の部屋を掃除した場合には自律走行ロボットを充電台に戻らせる制御ができないという問題があった。

【0004】 そこで、本発明は、基準位置から出発して複数の部屋を移動した後に基準位置に戻らせるときの走行経路の算出ができ、これにより基準位置に戻らせることができ、しかも、この時の走行経路を短くできる自律走行ロボットを提供する。

【0005】

【課題を解決するための手段】 請求項 1 記載の発明は、走行手段と、複数の部屋の配置、この各部屋が有する出入口の位置及びいずれかの部屋に設置された基準位置を記憶した記憶手段と、現在位置を特定する特定手段と、この特定手段が特定した現在位置から現在位置を含む部屋の出入口までの走行経路、現在位置を含む部屋の出入口から基準位置を含む部屋の出入口までの走行経路及び基準位置を含む部屋の出入口から基準位置までの走行経路を算出する算出手段と、走行手段を駆動し、算出手段が算出した走行経路に従って特定手段が特定した現在位置から基準位置まで自律走行させる走行駆動手段を備えた自律走行ロボットにある。

【0006】 請求項 2 記載の発明は、走行手段と、複数の部屋の配置、この各部屋が有する出入口の位置及びいずれかの部屋に設置された基準位置を記憶した記憶手段と、現在位置を特定する特定手段と、この特定手段が特定した現在位置から現在位置を含む部屋の出入口までの走行経路、現在位置を含む部屋の出入口から、現在位置を含む部屋と基準位置を含む部屋の間配置された部屋の出入口を通過して、基準位置を含む部屋の出入口に至る走行経路及び基準位置を含む部屋の出入口から基準位置までの走行経路を算出する算出手段と、走行手段を駆動し、算出手段が算出した走行経路に従って特定手段が特定した現在位置から基準位置まで自律走行させる走行駆動手段を備えた自律走行ロボットにある。

【0007】 請求項 3 記載の発明は、請求項 1 又は 2 記載の自律走行ロボットにおいて、算出手段は、現在位置から現在位置を含む部屋の出入口までの最短走行経路と基準位置を含む部屋の出入口から基準位置までの最短走

行経路を算出することにある。

【0008】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を、図面を参照して説明する。なお、この実施の形態は、本発明を清掃作業する自律走行ロボットに適用したものについて述べる。

【0009】図1及び図2は自律走行ロボットの構成を示す図で、下部が略円形状で上部が略半球形状になっている筐体1の前面上部に出入口指示ボタン等を設けた操作入力部2を配置し、前面から側面に跨った下部に超音波センサからなる複数の障害物検知用の障害物センサ3を配置し、前部底面の中央先端部に超音波センサからなる床面検知用の床面センサ4を配置している。前記障害物センサ3は、例えば、前面から見える位置に所定の間隔をあけて3個配置し、左右の側面に所定の間隔をあけて2個ずつ配置している。

【0010】前記筐体1内には、クリーナモータ5とこのモータ5で回転するファン6とこのファン6の回転により底部に設けた吸込口7から塵を吸込んで集める集塵室8が収納されている。

【0011】また、前記筐体1の底部略中央の左右にそれぞれ左駆動輪9a、右駆動輪9bを取り付け、この各駆動輪9a、9bをそれぞれ左走行モータ10a、右走行モータ10bで回転駆動するようにしている。前記各駆動輪9a、9b及び各走行モータ10a、10bは走行手段を構成している。そして、前記各駆動輪9a、9bの回転をそれぞれ左右のロータリーエンコーダ(以下、単にエンコーダと称する。)11a、11bで検出するようにしている。前記左右のエンコーダ11a、11bは移動距離と移動方向を測定するセンサを構成して

いる。【0012】前記筐体1の底部後端中央には回転自在で方向が左右に自由に旋回する旋回輪12が取り付けられている。また、前記筐体1内には、CPU、ROM、RAM等の制御回路部品を組み込んだ回路基板13及び各部に電源を供給するバッテリー14が収納されている。

【0013】図3は制御部の構成を示すブロック図で、21は制御部本体を構成するCPU、22はこのCPU21が各部を制御するプログラムが格納されたROM、23は各種のデータを格納するメモリを設けたRAMである。また、24は、前記操作入力部2、障害物センサ3、床面センサ4、クリーナモータ5を回転制御するモータ制御部25、左右の走行モータ10a、10bを回転制御するモータ制御部26及び前記左右のエンコーダ11a、11bに対して信号の入出力制御を行うI/Oポートである。前記CPU21と、ROM22、RAM23及びI/Oポート24とはバスライン28を介して電気的に接続されている。

【0014】図4は制御部の構成を機能的に示す機能ブロック図で、このロボットクリーナは、機能的には、前

記障害物センサ3、床面センサ4、左右のエンコーダ11a、11bからなる走行用センサ31、前記RAM23からなり、前記バッテリー14によって電源のバックアップを受けている記憶部32、前記CPU21、ROM22、I/Oポート24の複合体からなる制御部33を有する。

【0015】前記記憶部32には、作業領域である部屋の大きさと形状を示す部屋の角部の位置と各部屋の出入口位置のマップ情報や部屋の掃除のパターン情報等を記憶したマップ情報記憶部321が形成されている。

【0016】前記制御部33は、前記モータ制御部26を制御する走行制御部331、前記左右のエンコーダ11a、11bの出力から移動量と移動方向を算出し、この算出した移動量と移動方向及び前記マップ情報記憶部321に記憶してあるマップ情報から現在位置及び方向を特定する位置・方向特定部332、前記モータ制御部25を制御するクリーナ制御部333、現在位置から前記バッテリー14を充電する充電台の位置までの走行経路を算出する走行経路算出手段334を有する。前記走行制御部331は、現在位置とマップ情報記憶部321に記憶されているマップ情報を基に前記走行手段を制御する。

【0017】前記マップ情報記憶部321にマップ情報を記憶させる方法としては、例えば、この自律走行ロボットを初期的に走行させて記憶する初期設定方法がある。この場合、前記位置・方向特定部332は、進行方向が設定角度以上変わった位置を認識し、その認識した位置をマップ情報記憶部321に記憶するようにする。ここでは、設定角度を略90°程度とする。

【0018】例えば、図5に示すように部屋A、B、C、Dが配置され、部屋Aの基準位置P<sub>0</sub>に自律走行ロボットRCのバッテリー14を充電する充電台CHが設置されているとすると、自律走行ロボットRCは、この充電台CHを基準位置としてスタートし、障害物センサ3が進行方向右側に壁を検出しながら走行するように走行制御部331によりモータ制御部26を制御する。そして、左右のエンコーダ11a、11bの出力から、充電台CHからの距離及び方向を算出し、前記マップ情報記憶部321に記憶する。

【0019】すなわち、前記ロボットクリーナRCは、図6に示すように、まず、ステップS1にて、充電台CHのある基準位置P<sub>0</sub>(X<sub>0</sub>, Y<sub>0</sub>)を設定する。そして、ステップS2にて、図5に矢印で示すように、障害物センサ3が進行方向右側に壁を検出しながら走行を開始する。自律走行ロボットRCは、ステップS3にて、位置P<sub>1</sub>において方向が左へ略90°近く転換することを検出し、その位置(X<sub>1</sub>, Y<sub>1</sub>)をマップ情報記憶部331に記憶する。

【0020】位置P<sub>1</sub>を経由し、ステップS4にて、部屋Aと部屋Bとの出入口に到達し、方向を略90°右側



に転換すると、ユーザは操作入力部2の出入口指示ボタンを操作する。これにより、ステップS5にて、現在位置 $P_2$  ( $X_2$ ,  $Y_2$ ) を出入口としてマップ情報記憶部321に記憶する。

【0021】続いて、ステップS6にて、充電台CHの位置に戻ったか否かを判定し、戻っていなければ再び、ステップS2に戻って障害物センサ3が進行方向右側に壁を検出しながら走行を開始する。すなわち、位置 $P_2$  から位置 $P_3$  に走行する。部屋B内の位置 $P_3$  に到達すると方向を略 $90^\circ$  右側に転換し、その位置 ( $X_3$ ,  $Y_3$ ) をマップ情報記憶部321に記憶する。

【0022】自律走行ロボットRCは、部屋B内の位置 $P_4$ 、 $P_5$ 、 $P_6$ にて方向を略 $90^\circ$  近く転換し、それぞれの位置 ( $X_4$ ,  $Y_4$ )、( $X_5$ ,  $Y_5$ )、( $X_6$ ,  $Y_6$ ) をマップ情報記憶部321に記憶する。そして、部屋Bから出た位置 $P_7$ にて方向を略 $90^\circ$  右側に転換し、その位置 ( $X_7$ ,  $Y_7$ ) をマップ情報記憶部321に記憶する。

【0023】そして、自律走行ロボットRCは、部屋Aと部屋Cとの出入口がある位置 $P_8$ にて方向を略 $90^\circ$  右側に転換する。ここでユーザは操作入力部2の出入口指示ボタンを操作する。これにより、現在位置 $P_8$  ( $X_8$ ,  $Y_8$ ) を出入口としてマップ情報記憶部321に記憶する。

【0024】そして、位置 $P_8$  から位置 $P_9$  に走行する。部屋C内の位置 $P_9$  に到達すると方向を略 $90^\circ$  右側に転換し、その位置 ( $X_9$ ,  $Y_9$ ) をマップ情報記憶部321に記憶する。

【0025】自律走行ロボットRCは、部屋C内の位置 $P_{10}$ 、 $P_{11}$ 、 $P_{12}$ にて方向を略 $90^\circ$  近く転換し、それぞれの位置 ( $X_{10}$ ,  $Y_{10}$ )、( $X_{11}$ ,  $Y_{11}$ )、( $X_{12}$ ,  $Y_{12}$ ) をマップ情報記憶部321に記憶する。

【0026】その後、自律走行ロボットRCは、位置 $P_{12}$  から位置 $P_{13}$ 、 $P_{14}$ 、 $P_{15}$ 、 $P_{16}$ 、 $P_{17}$ 、 $P_{18}$ 、 $P_{19}$ 、 $P_{20}$ 、 $P_{21}$ 、 $P_{22}$  を経由して充電台CHに戻る。そして、それぞれの位置 ( $X_{13}$ ,  $Y_{13}$ )、( $X_{14}$ ,  $Y_{14}$ )、( $X_{15}$ ,  $Y_{15}$ )、( $X_{16}$ ,  $Y_{16}$ )、( $X_{17}$ ,  $Y_{17}$ )、( $X_{18}$ ,  $Y_{18}$ )、( $X_{19}$ ,  $Y_{19}$ )、( $X_{20}$ ,  $Y_{20}$ )、( $X_{21}$ ,  $Y_{21}$ )、( $X_{22}$ ,  $Y_{22}$ ) をマップ情報記憶部321に記憶する。また、途中の部屋Aと部屋Dとの出入口のある位置 $P_{14}$ にてユーザは操作入力部2の出入口指示ボタンを操作してその位置 $P_{14}$  ( $X_{14}$ ,  $Y_{14}$ ) を出入口としてマップ情報記憶部321に記憶する。

【0027】また、この初期設定において、出入口位置 ( $X_2$ ,  $Y_2$ ) に近接する位置 ( $X_3$ ,  $Y_3$ ) と ( $X_7$ ,  $Y_7$ )、出入口位置 ( $X_8$ ,  $Y_8$ ) に近接する位置 ( $X_9$ ,  $Y_9$ )、出入口位置 ( $X_{14}$ ,  $Y_{14}$ ) に

近接する位置 ( $X_{15}$ ,  $Y_{15}$ )、( $X_{20}$ ,  $Y_{20}$ )、( $X_{21}$ ,  $Y_{21}$ ) もそれぞれ出入口と判断する。

【0028】このような初期設定により、壁で区切られた各部屋A、B、C、Dの大きさと形状を示す部屋の角部の位置と、部屋Aの出入口位置 $P_2$ 、 $P_7$ 、 $P_8$ 、 $P_{14}$ 、 $P_{21}$ と部屋Bの出入口位置 $P_3$ と部屋Cの出入口位置 $P_9$ と部屋Dの出入口位置 $P_{15}$ 、 $P_{20}$ が基準位置 $P_0$ からの相対値として記憶される。

【0029】こうして部屋の壁に沿った走行経路が設定される。このような初期設定は自律走行ロボットRCの購入直後に行われ、マップ情報記憶部321にはマップ情報が記憶されることになる。

【0030】次に、自律走行ロボットRCが指定された部屋の掃除作業を行った後、充電台CHに戻る動作について述べる。図8に示すように、自律走行ロボットRCは作業の開始前は充電台CHの基準位置 $P_0$ に位置している。そして、掃除の指示を受けると、自律走行ロボットRCは充電台CHから離れ走行を開始する。例えば、操作入力部2の掃除指定ボタンで部屋Bが指定されると、部屋Aから部屋Bへの出入口位置 ( $X_2$ ,  $Y_2$ ) を目標に走行し、出入口から部屋Bに進入する。部屋Bに進入すると、予め指定された掃除パターンに従って掃除を開始する。例えば、図8の部屋B内に矢印で示すように部屋の壁側から中心へ向かう渦巻き状の掃除パターンで掃除を行う。

【0031】そして、掃除を終了すると、図7に示すように、充電台CHの基準位置 $P_0$ へ戻るための帰巢経路を設定する。位置・方向特定部332は、充電台CHをスタートしてから左右のエンコーダ11a、11bの出力により、充電台CHからの移動量と移動方向を算出しているため、ステップS11にて、掃除終了時の現在位置座標を認識できる。そして、この現在位置座標を含む部屋をマップ情報記憶部321のマップ情報を基に認識する。例えば、自律走行ロボットRCは掃除終了時点で部屋Bの中央にいることを認識する。

【0032】続いて、ステップS12にて、現在位置を含む部屋と充電台CHがある部屋と一致しているか否かを判断する。そして、一致していればステップS13に移行し、一致していなければステップS14に移行する。

【0033】ステップS13では、現在位置座標と充電台CHがある基準座標を結ぶ経路を算出し帰巢経路として設定する。また、ステップS14では、現在位置を含む部屋と充電台CHがある部屋とが異なっているため、現在位置を含む部屋の出入口位置と充電台CHがある部屋の出入口座標をマップ情報記憶部321から読み出す。

【0034】例えば、現在位置を含む部屋が部屋B、充電台CHがある部屋が部屋Aであれば、部屋Bの出入口

位置 $P_3$  ( $X_3, Y_3$ )と部屋Aの部屋Bとの出入口位置 $P_2$  ( $X_2, Y_2$ )を読み出す。そして、図8に示すように、現在位置と部屋Bの出入口位置 $P_3$ を結ぶ最短走行経路 $L_1$ 、部屋Bの出入口位置 $P_3$ と部屋Aの出入口位置 $P_2$ を結ぶ走行経路 $L_2$ 及び部屋Aの出入口位置 $P_2$ と充電台CHのある基準位置 $P_0$ を結ぶ最短走行経路 $L_3$ をそれぞれ算出し帰巢経路として設定する。

【0035】また、現在位置を含む部屋が部屋D、充電台CHがある部屋が部屋Aであれば、部屋Dの出入口位置 $P_{15}$  ( $X_{15}, Y_{15}$ )と部屋Aの部屋Dとの出入口位置 $P_{14}$  ( $X_{14}, Y_{14}$ )を読み出す。そして、図8に示すように、現在位置と部屋Dの出入口位置 $P_{14}$ を結ぶ最短走行経路 $L_4$ 、部屋Dの出入口位置 $P_{14}$ と部屋Aの出入口位置 $P_{15}$ を結ぶ走行経路 $L_5$ 及び部屋Aの出入口位置 $P_{15}$ と充電台CHのある基準位置 $P_0$ を結ぶ最短走行経路 $L_6$ をそれぞれ算出し帰巢経路として設定する。そして、ステップS15にて、設定した帰巢経路に従って自律走行ロボットRCを現在位置から充電台CHへ帰巢動作させる。

【0036】このように、現在位置を含む部屋と充電台CHがある部屋とが異なる場合でも帰巢のための走行経路を求めることができ、自律走行ロボットRCを充電台CHに自律走行により帰巢させることができる。しかも、現在位置と部屋Dの出入口位置 $P_{14}$ を結ぶ最短走行経路 $L_4$ 、部屋Dの出入口位置 $P_{14}$ と部屋Aの出入口位置 $P_{15}$ を結ぶ走行経路 $L_5$ 及び部屋Aの出入口位置 $P_{15}$ と充電台CHのある基準位置 $P_0$ を結ぶ最短走行経路 $L_6$ を算出して帰巢経路を設定するので、帰巢経路を最短距離で設定することができ、バッテリー14の消耗を最小限に抑えることができる。

【0037】また、部屋の間取り及び充電台CHの設置位置によっては現在位置を含む部屋と充電台CHがある部屋とが隣接してなく、その間に他の部屋が介在する場合がある。例えば、図9に示すように、部屋Aと部屋Bが隣接し、部屋Bと部屋Cが隣接し、自律走行ロボットRCの現在位置が部屋Aに含まれ、充電台CHが部屋Cに設置されている場合がある。

【0038】このような場合に、自律走行ロボットRCを部屋Aの現在位置から部屋Bを通して部屋Cの充電台CHへ帰巢させるには、マップ情報から、部屋Aの出入口位置( $X_{A1}, Y_{A1}$ )と部屋Aの出入口に隣接した部屋Bの出入口位置( $X_{B1}, Y_{B1}$ )と部屋Cの出入口に隣接した部屋Bの出入口位置( $X_{B2}, Y_{B2}$ )と部屋Cの出入口位置( $X_{C1}, Y_{C1}$ )を読み出すことになる。

【0039】そして、自律走行ロボットRCのある現在位置と部屋Aの出入口位置( $X_{A1}, Y_{A1}$ )を結ぶ最短走行経路 $L_{11}$ 、部屋Aの出入口位置( $X_{A1}, Y_{A1}$ )と部屋Bの出入口位置( $X_{B1}, Y_{B1}$ )を結ぶ走行経路 $L_{12}$ 、部屋Bの出入口位置( $X_{B1},$

$Y_{B1}$ )とこの部屋Bの別の出入口位置( $X_{B2}, Y_{B2}$ )を結ぶ最短走行経路 $L_{13}$ 、部屋Bの出入口位置( $X_{B2}, Y_{B2}$ )と部屋Cの出入口位置( $X_{C1}, Y_{C1}$ )を結ぶ走行経路 $L_{14}$ 及び出入口位置( $X_{C1}, Y_{C1}$ )と充電台CHを結ぶ最短走行経路 $L_{15}$ をそれぞれ算出し帰巢経路として設定する。そして、この設定した帰巢経路に従って自律走行ロボットRCを現在位置から充電台CHへ帰巢動作させる。

【0040】このように、現在位置を含む部屋と充電台CHがある部屋との間に別の部屋が介在していても帰巢のための走行経路を求めることができ、自律走行ロボットRCを充電台CHに自律走行により帰巢させることができる。そして、この場合も帰巢経路を最短距離で設定することができ、バッテリー14の消耗を最小限に抑えることができる。

【0041】なお、ここでは現在位置を含む部屋と充電台CHがある部屋との間に介在する部屋を1つとして述べたがこれに限定するものではなく、介在する部屋が2つ以上あってもそれぞれの部屋の出入口位置を予めマップ情報として記憶しておけば帰巢のための走行経路を求めることができる。

【0042】また、この実施の形態は本発明を清掃作業を行う自律走行ロボットに適用したものについて述べたが必ずしもこれに限定するものではなく、清掃以外の作業を行う自律走行ロボットにも適用できるものである。

【0043】

【発明の効果】以上詳述したように、本発明によれば、基準位置から出発して複数の部屋を移動した後に基準位置に戻らせるときの走行経路の算出ができ、これにより基準位置に戻らせることができ、しかも、この時の走行経路を短くできる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態に係る自律走行ロボットの外部構成を示す正面図。

【図2】同実施の形態に係る自律走行ロボットの内部構成を示す一部切欠した側面図。

【図3】同実施の形態における制御部のハード構成を示すブロック図。

【図4】同実施の形態における制御部の構成を機能的に示す機能ブロック図。

【図5】同実施の形態に係る自律走行ロボットの初期設定時の走行経路を示す図。

【図6】同実施の形態に係る自律走行ロボットの初期設定時の動作を示す流れ図。

【図7】同実施の形態に係る自律走行ロボットの帰巢経路設定処理を示す流れ図。

【図8】同実施の形態に係る自律走行ロボットの帰巢経路例を示す図。

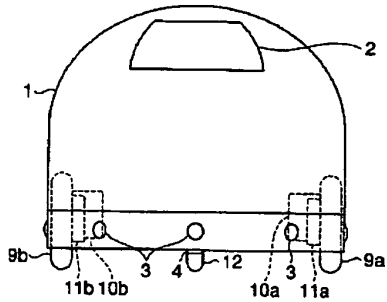
【図9】同実施の形態に係る自律走行ロボットの他の帰巢経路例を示す図。

【符号の説明】

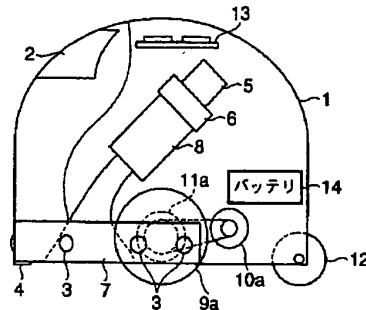
9 a, 9 b…駆動輪  
 10 a, 10 b…走行モータ  
 11 a, 11 b…エンコーダ  
 14…バッテリー

3 2 1…マップ情報記憶部  
 3 3 1…走行制御部  
 3 3 2…位置・方向特定部  
 3 3 4…走行経路算出手段

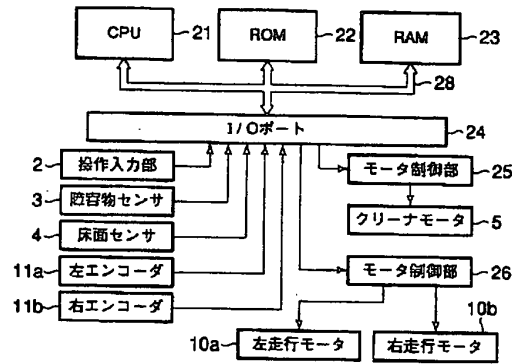
【図1】



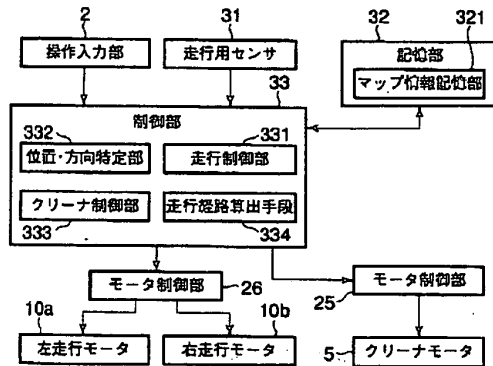
【図2】



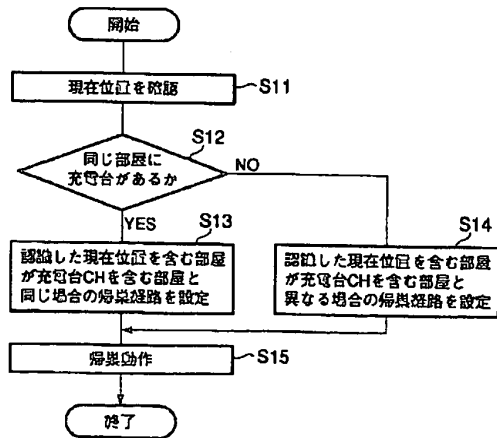
【図3】



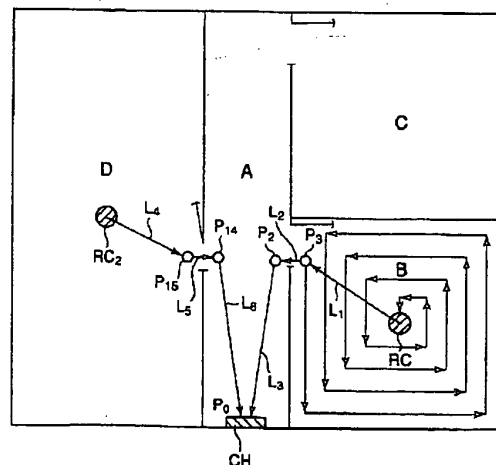
【図4】



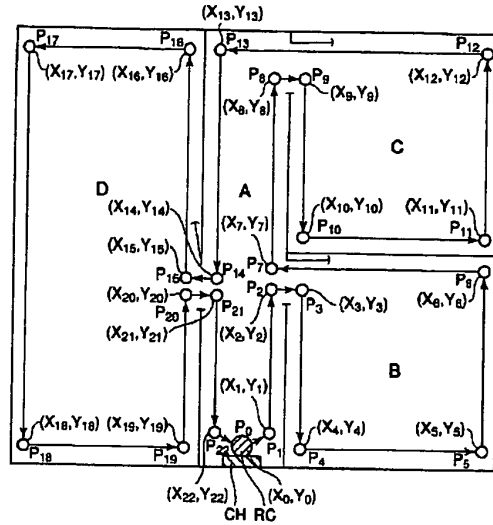
【図7】



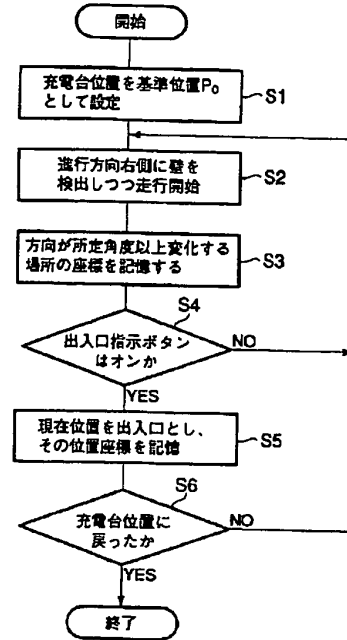
【図8】



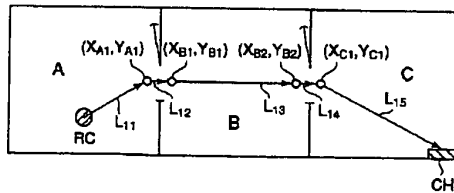
【図5】



【図6】



【図9】



フロントページの続き

(72)発明者 佐野 雅仁  
 静岡県三島市南町6番78号 東芝テック株式会社三島事業所内

Fターム(参考) 3B057 DA00  
 3B116 AA31 AB51 CD41  
 3C007 AS15 CS08 CY02 HS09 HS27  
 KS12 KS16 KS19 KS20 KS27  
 KS36 KV01 KV18 MT06 WA16  
 WB15 WB22  
 5H301 AA02 AA10 BB11 BB14 DD02  
 GG10 GG12 GG16 GG28 GG29  
 QQ04



(11) Publication number: 2003036116 A

(19)

Generated Document.

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(51) Intl. Cl.: G05D 1/02 A47L 9/28 B08B 13/00 B25J 5/00 B25J 13/00

(21) Application number: 2001224703

(22) Application date: 25.07.01

(30) Priority:

(43) Date of application publication: 07.02.03

(84) Designated contracting states:

	<p>(71) Applicant: TOSHIBA TEC CORP</p> <p>(72) Inventor: MURAKAMI KAZUNORI IIZAKA HITOSHI SANO MASAHITO</p> <p>(74) Representative:</p>
--	--

(54) AUTONOMOUS TRAVEL ROBOT

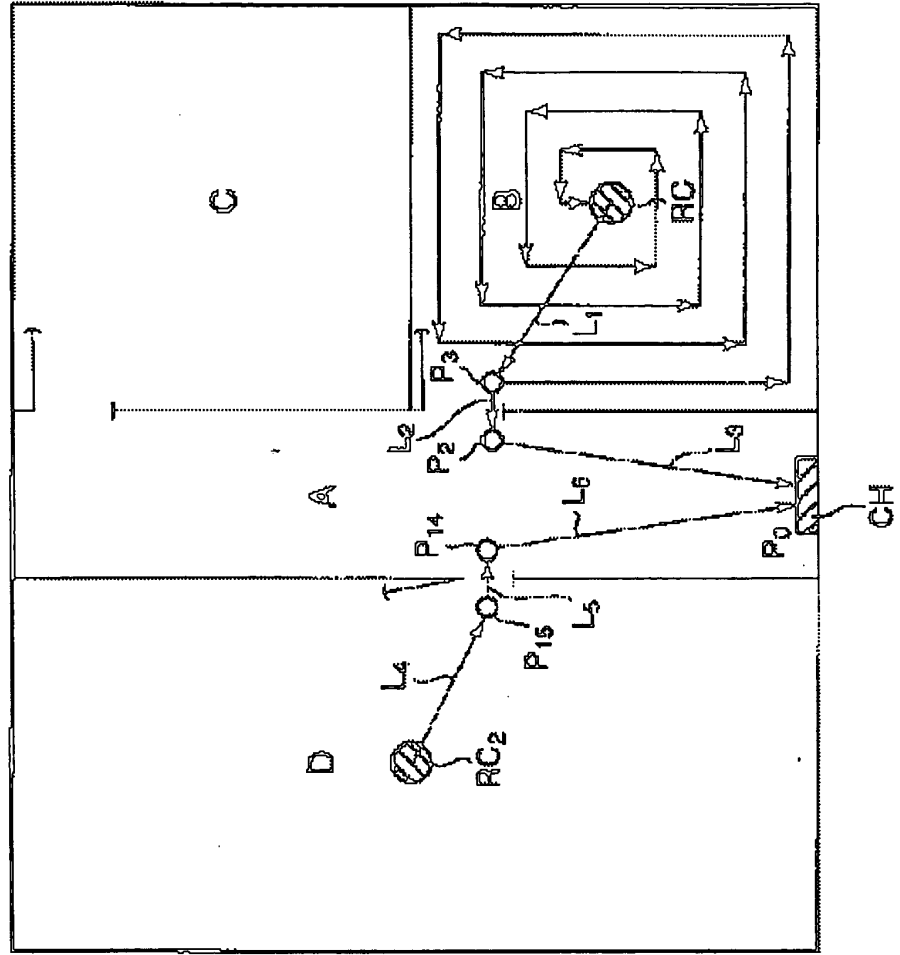
(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To make an autonomous travel robot home by finding a travel path through which the robot returns to a reference position after starting at the reference position and passing through a plurality of rooms and to shorten this travel path.

SOLUTION: When a room including

the current position of the autonomous travel robot RC is a room B and a room where a charging stand is installed is a room A, an entrance/exit position P3 of the room B and an entrance/exit position P2 of the room A for the room B are read out. Then the shortest travel path L1 connecting the current position and the entrance/exit position of the room B, the travel path L2 connecting the entrance/exit position P3 of the room B and the entrance/exit position P2 of the room A, and the shortest travel path L3 connecting the entrance/exit position P2 of the room A and the reference position P0 where the charging stand CH is present are computed and set as a homing path, and according to the set homing path, the autonomous robot RC is made to home from the current position to the charging stand CH.

COPYRIGHT: (C)2003.,JPO



II-6

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-295636

(43) 公開日 平成7年(1995)11月10日

(51) Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 5 D 1/02	J			
	L			
A 4 7 L 11/00				
B 2 5 J 5/00	E			

審査請求 有 請求項の数 9 O L (全 14 頁)

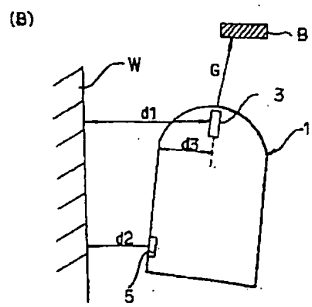
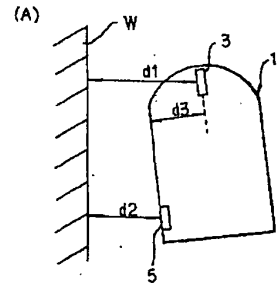
(21) 出願番号	特願平7-75968	(71) 出願人	390019839 三星電子株式会社 大韓民国京畿道水原市八達区梅灘洞416
(22) 出願日	平成7年(1995)3月31日	(72) 発明者	李在峯 大韓民国ソウル特別市城東区聖水洞1街 656-254薔薇アパートメント11-306
(31) 優先権主張番号	1994-6852	(74) 代理人	弁理士 三好 秀和 (外1名)
(32) 優先日	1994年3月31日		
(33) 優先権主張国	韓国 (K R)		

(54) 【発明の名称】 ロボット掃除機の走行制御装置およびその制御方法

(57) 【要約】 (修正有)

【目的】 ロボット掃除機が正常軌道から逸脱せずに壁面に沿って目標地点まで正確に走行できるよう制御する。

【構成】 ロボット掃除機の壁面走行時にナビゲーションセンサにより障害物の有無および障害物までの距離を感知する障害物感知手段3と、この障害物感知手段3により障害物の感知が無の場合に前記ナビゲーションセンサおよび超音波センサによりロボット掃除機が壁面から離隔された距離および走行角度を感知する走行状態感知手段と、この走行状態感知手段により感知された離隔距離および走行角度により左右側動力輪の力を調整してロボット掃除機が壁面に沿って正常軌道を走行するよう制御する走行制御手段とを備える。





## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 自ら移動をしつつ掃除を行うロボット掃除機において、前記ロボット掃除機の壁面走行時にナビゲーションセンサにより障害物の有無および障害物までの距離を感知する障害物感知手段と、この障害物感知手段により障害物の感知が無の場合に前記ナビゲーションセンサおよび超音波センサにより前記ロボット掃除機が壁面から離隔された距離および走行角度を感知する走行状態感知手段と、この走行状態感知手段により感知された離隔距離および走行角度により左右側動力輪の力を調整して前記ロボット掃除機が壁面に沿って正常軌道を走行するよう制御する走行制御手段と、を備えたことを特徴とするロボット掃除機の走行制御装置。

【請求項2】 自ら移動をしつつ掃除を行うロボット掃除機において、前記ロボット掃除機の壁面走行時にナビゲーションセンサにより障害物の有無および障害物までの距離を感知し、前記障害物の感知が無の時に前記ナビゲーションセンサおよび超音波センサにより前記ロボット掃除機が壁面から離隔された距離および走行角度を感知し、感知された離隔距離および走行角度により左右側動力輪の力を調整して前記ロボット掃除機が壁面に沿って正常軌道を走行するよう制御することを特徴とするロボット掃除機の走行制御方法。

【請求項3】 前記障害物感知手段により障害物が感知されると当該障害物との離隔距離Gにより前記ロボット掃除機の進行方向を切換えながらナビゲーションセンサの位置角度を制御することを特徴とする請求項1記載のロボット掃除機の走行制御装置。

【請求項4】 前記走行状態感知手段により感知された壁面からの離隔距離d aが制御手段に既設定された基準距離データd sより大なる場合には、前記制御手段で右側動力輪の力を増加するよう右側走行モータを駆動制御することを特徴とする請求項1記載のロボット掃除機の走行制御装置。

【請求項5】 前記走行状態感知手段により感知された壁面からの離隔距離d aが制御手段に既設定された基準距離データd sより小なる場合には、前記制御手段で左側動力輪の力を増加するよう左側走行モータを駆動制御することを特徴とする請求項1記載のロボット掃除機の走行制御装置。

【請求項6】 前記走行状態感知手段により感知された壁面からの走行角度Aが零より大なる場合には、前記制御手段で右側動力輪の力を増加するよう右側走行モータを駆動制御することを特徴とする請求項1記載のロボット掃除機の走行制御装置。

【請求項7】 前記走行状態感知手段により感知された壁面からの走行角度Aが零より小なる場合には、前記制御手段で左側動力輪の力を増加するよう左側走行モータを駆動制御することを特徴とする請求項1記載のロボット掃除機の走行制御装置。

【請求項8】 前記ナビゲーションセンサは、前記ロボット掃除機の前面に装着されているナビゲーション超音波センサであることを特徴とする請求項1記載のロボット掃除機の走行制御装置。

【請求項9】 前記超音波センサは、前記ロボット掃除機の側面後端に装着されている固定形超音波センサであることを特徴とする請求項1記載のロボット掃除機の走行制御装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、自ら移動をしつつ床面の掃除を行う自走式ロボット掃除機のうち、特に、前記ロボット掃除機が壁面走行時に目標地点まで正確に走行できるよう、制御するロボット掃除機の走行制御装置およびその制御方法に関する。

## 【0002】

【従来技術】一般に、従来によるロボット掃除機においては、特開昭58-221925号公報に開示されている。

【0003】上記同公報に開示されているロボット掃除機は、掃除をすべき床面に高反射率テープを付着して、該高反射率テープに光センサから光を照射する。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】上記特開昭58-221925号公報は、前記高反射率テープから反射される反射光を受信して、該反射テープの付着された軌跡にしたがって移動しつつ床面にあるごみ等の汚物を吸入するようになっているため、限定された領域だけを走行するしかないばかりか、設置が煩雑であるとの問題点があった。

【0005】また、その他の従来掃除機として手動式真空掃除機があるが、そのような真空掃除機はごみ等の汚物を吸入する注入口が使用者が直接持ち歩き回りながら掃除をしなければならず、掃除機内に吸入されるごみ等の汚物を貯蔵室内に誘導するホースの長さも短くすべきであるという制限を受ける。

【0006】このように、ホースの長さを短くすると、狭い空間を掃除する場合には別に問題はないが、広い空間を掃除する場合には、掃除機本体と注入口を随時移動させつつ掃除をすべきであるとの問題点があった。

【0007】さらに、前記真空掃除機に電源を印加するための電源線の長さにより掃除機の走行に制約を受け、広い空間で掃除を行う場合には電源線が短いため、電源線を頻繁に他のコンセントに接続させるか、別途の延長線を利用することにより、使用に不便であるばかりか、

使用者が掃除機を直接持ち歩き回りながら掃除機から生じる騒音をそのまま聞かされるため、使用者に不快感を与えるという問題があった。

【0008】本発明は、このような従来の課題に鑑みてなされたものであり、その第1の目的は、ロボット掃除機が壁面からの離隔距離および走行角度により左右側動力輪の力を調整して前記ロボット掃除機が正常軌道から逸脱せずに壁面に沿って目標地点まで正確に走行できるように制御するロボット掃除機の走行制御装置およびその制御方法を提供することにある。

【0009】本発明の第2の目的は、ロボット掃除機の壁面走行時に前方に存在する障害物の距離にしたがい該ロボット掃除機の進行方向を切換えて障害物の突然の出現に対し迅速、かつ正確な進行方向転換が可能となるばかりでなく、構成を簡単にして安価のロボット掃除機の走行制御装置およびその制御方法を提供することにある。

【0010】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、請求項1記載の第1発明は、自ら移動をしつつ掃除を行うロボット掃除機において、前記ロボット掃除機の壁面走行時にナビゲーションセンサにより障害物の有無および障害物までの距離を感知する障害物感知手段と、この障害物感知手段により障害物の感知が無の場合に前記ナビゲーションセンサおよび超音波センサにより前記ロボット掃除機が壁面から離隔された距離および走行角度を感知する走行状態感知手段と、この走行状態感知手段により感知された離隔距離および走行角度により左右側動力輪の力を調整して前記ロボット掃除機が壁面に沿って正常軌道を走行するよう制御する走行制御手段とを備えたことを要旨とする。

【0011】請求項2記載の第2発明は、自ら移動をしつつ掃除を行うロボット掃除機において、前記ロボット掃除機の壁面走行時にナビゲーションセンサにより障害物の有無および障害物までの距離を感知し、前記障害物の感知が無の時に前記ナビゲーションセンサおよび超音波センサにより前記ロボット掃除機が壁面から離隔された距離および走行角度を感知し、感知された離隔距離および走行角度により左右側動力輪の力を調整して前記ロボット掃除機が壁面に沿って正常軌道を走行するよう制御することを要旨とする。

【0012】請求項3記載の第3発明は、前記障害物感知手段により障害物が感知されると当該障害物との離隔距離Gにより前記ロボット掃除機の進行方向を切換えながらナビゲーションセンサの位置角度を制御することを要旨とする。

【0013】請求項4記載の第4発明は、前記走行状態感知手段により感知された壁面からの離隔距離d aが制御手段に既設定された基準距離データd sより大なる場合には、前記制御手段で右側動力輪の力を増加するよう

右側走行モータを駆動制御することを要旨とする。

【0014】請求項5記載の第5発明は、前記走行状態感知手段により感知された壁面からの離隔距離d aが制御手段に既設定された基準距離データd sより小なる場合には、前記制御手段で左側動力輪の力を増加するよう左側走行モータを駆動制御することを要旨とする。

【0015】請求項6記載の第6発明は、前記走行状態感知手段により感知された壁面からの走行角度Aが零より大なる場合には、前記制御手段で右側動力輪の力を増加するよう右側走行モータを駆動制御することを要旨とする。

【0016】請求項7記載の第7発明は、前記走行状態感知手段により感知された壁面からの走行角度Aが零より小なる場合には、前記制御手段で左側動力輪の力を増加するよう左側走行モータを駆動制御することを要旨とする。

【0017】請求項8記載の第8発明は、前記ナビゲーションセンサは、前記ロボット掃除機の前面に装着されているナビゲーション超音波センサであることを要旨とする。

【0018】請求項9記載の第9発明は、前記超音波センサは、前記ロボット掃除機の側面後端に装着されている固定形超音波センサであることを要旨とする。

【0019】

【作用】上述の如く構成すれば、第1発明は、障害物感知手段によりロボット掃除機の壁面走行時にナビゲーションセンサにより障害物の有無および障害物までの距離を感知する。感知により障害物の感知が無の場合に走行状態感知手段は、ナビゲーションセンサおよび超音波センサにより前記ロボット掃除機が壁面から離隔された距離および走行角度を感知する。

【0020】感知された離隔距離および走行角度により走行制御手段は、左右側動力輪の力を調整して前記ロボット掃除機が壁面に沿って正常軌道を走行するよう制御するので、ロボット掃除機が壁面からの離隔距離および走行角度により左右側動力輪の力を調整して前記ロボット掃除機が正常軌道から逸脱せずに壁面に沿って目標地点まで正確に走行できる。

【0021】第2発明は、前記ロボット掃除機の壁面走行時にナビゲーションセンサにより障害物の有無および障害物までの距離を感知し、前記障害物の感知が無の時に前記ナビゲーションセンサおよび超音波センサにより前記ロボット掃除機が壁面から離隔された距離および走行角度を感知し、感知された離隔距離および走行角度により左右側動力輪の力を調整して前記ロボット掃除機が壁面に沿って正常軌道を走行するよう制御するので、ロボット掃除機が壁面からの離隔距離および走行角度により左右側動力輪の力を調整して前記ロボット掃除機が正常軌道から逸脱せずに壁面に沿って目標地点まで正確に走行できる。

【0022】第3発明は、前記障害物感知手段により障害物が感知されると当該障害物との離隔距離Gにより前記ロボット掃除機の進行方向を切換えながらナビゲーションセンサの位置角度を制御するので、ロボット掃除機の壁面走行時に前方に存在する障害物の距離にしたがい該ロボット掃除機の進行方向を切換えて障害物の突然の出現に対し迅速、かつ正確な進行方向の転換を可能にできる。

【0023】第4発明は、前記走行状態感知手段により感知された壁面からの離隔距離daが制御手段に既設定された基準距離データdsより大なる場合には、前記制御手段で右側動力輪の力を増加するよう右側走行モータを駆動制御するので、ロボット掃除機が壁面からの離隔距離および走行角度により左右側動力輪の力を調整できる。

【0024】第5発明は、前記走行状態感知手段により感知された壁面からの離隔距離daが制御手段に既設定された基準距離データdsより小なる場合には、前記制御手段で左側動力輪の力を増加するよう左側走行モータを駆動制御するので、ロボット掃除機が壁面からの離隔距離および走行角度により左右側動力輪の力を調整できる。

【0025】第6発明は、前記走行状態感知手段により感知された壁面からの走行角度Aが零より大なる場合には、前記制御手段で右側動力輪の力を増加するよう右側走行モータを駆動制御するので、ロボット掃除機が壁面からの離隔距離および走行角度により左右側動力輪の力を調整できる。

【0026】第7発明は、前記走行状態感知手段により感知された壁面からの走行角度Aが零より小なる場合には、前記制御手段で左側動力輪の力を増加するよう左側走行モータを駆動制御するので、ロボット掃除機が壁面からの離隔距離および走行角度により左右側動力輪の力を調整できる。

【0027】第8発明は、前記ナビゲーションセンサは、前記ロボット掃除機の前面に装着されているナビゲーション超音波センサであるので、障害物までの離隔距離および壁面までの離隔距離を感知できる。

【0028】第9発明は、前記超音波センサは、前記ロボット掃除機の側面後端に装着されている固定形超音波センサであるので、障害物までの離隔距離および壁面までの離隔距離を感知できる。

【0029】

【実施例】以下、本発明による一実施例につき、添付画面に沿って詳述する。

【0030】図1、2において、符号1はロボット掃除機の本体（以下、ロボット掃除機という）であり、前記ロボット掃除機1の前面にはモータ等の駆動ユニットから印加される回転力により前方を基準に左右180°回転しつつ、その回転範囲内にある障害物の有無、障害物

Bまでの距離Gおよび壁面Wまでの距離d1を感知するよう超音波を放射し、その放射された超音波が障害物B等の壁面Wに突き当たって反射されてくる信号を受信するナビゲーション超音波センサ（以下、ナビゲーションセンサという）3が装着されている。

【0031】さらに、前記ロボット掃除機1の側面後端には、固定式で法線に存在する物体、具体的には該ロボット掃除機1が壁面Wから離れた離隔距離d2を感知するよう超音波を放射し、その放射された超音波が壁面Wにぶつかって反射されてくる信号を受信する固定形超音波センサ（以下、超音波センサという）5が装着されている。

【0032】また、前記ナビゲーションセンサ3の左右側下端には、前記ロボット掃除機1が前後進および左右側への方向を転換するよう駆動力を生ずる左右側走行モータ33、34が左右対称に装着されており、該左右側走行モータ33、34には左右側動力輪35、36に印加される駆動力を断続する左右側クラッチ37、38が前記左右側走行モータ33、34の軸に装着されている。

【0033】前記ロボット掃除機1の後面には前記左右側動力輪35、36の駆動によりロボット掃除機1の走行時、引出し又は引入れされる電源ケーブル52の巻回されたケーブルアセンブル53が装着されており、該ケーブルアセンブル53の前面には前記ロボット掃除機1の駆動エネルギーを供給するバッテリー10が装着されている。

【0034】また、前記ロボット掃除機1内にはごみ、あるいは汚物を吸入するよう吸込力を生ずる吸入モータ11が装着されており、前記吸入モータ11の前面には吸入口13に吸入されるごみ、あるいは汚物等が収集されるごみ収去袋15を内装している集塵室17が形成されている。

【0035】ここで、図1において、前記ロボット掃除機1の後端床面には、ロボット掃除機1の後端の荷重を支持する車輪39が回転可能に設置され、該車輪39にはモータ等の動力源が連結されておらず、前記ロボット掃除機1の走行径路の変更を容易ならしめるよう360°回転可能なものを用いる。

【0036】図2に示すごとく、前記車輪39と左右側動力輪35、36との間には床面に存在するごみ、あるいは汚物を収集するブラシ9が設置され、該ブラシ9の後側に形成された吸入口13を通して吸入されたごみ等はフード11を経てごみ収去袋15に収集される。

【0037】次に、図3を参照して、本発明の一実施例によるロボット掃除機の制御ブロック図について説明する。

【0038】同図において、制御手段20は前記バッテリー10から供給される直流電圧が印加されて前記ロボット掃除機1の全体的な走行動作を制御するマイクロコン

ピュータである。

【0039】駆動手段30は、前記制御手段20の制御によりロボット掃除機1の前後進および左右側への移動を制御するものである。また、前記駆動手段30は前記制御手段20の制御によりロボット掃除機1を右側に移動させるように左側走行モータ33を駆動する左側モータ駆動部31と、前記制御手段20の制御によりロボット掃除機1を左側に移動させるよう右側走行モータ34を駆動する右側モータ駆動部32とから構成されている。

【0040】走行距離検出手段40は、前記駆動手段30により移動されるロボット掃除機1の走行距離を検出するものである。また、前記走行距離検出手段40は前記左側走行モータ33の駆動により回転する左側動力輪35の回転数、すなわち前記左側走行モータ33の回転数に比例するパルス信号を発生して、前記ロボット掃除機1が右側へ移動した走行距離を検出する左側エンコーダ41と、前記右側走行モータ34の駆動により回転する右側動力輪36の回転数、すなわち、右側走行モータ34の回転数に比例するパルス信号を発生して前記ロボット掃除機1が左側へ移動した走行距離を検出する右側エンコーダ42とから構成されている。

【0041】張力調整手段50は、前記駆動手段30により移動されるロボット掃除機1の掃除走行時に前記制御手段20の制御により引出し又は引入れされる電源ケーブル52の張力を一定に保持するものである。また、張力調整手段50は正逆回転可能なモータ51と、電源ケーブル52を巻回するケーブルアセンブル53と、前記制御手段20の制御によりケーブルアセンブル53に電源ケーブル52を巻回するか、前記ケーブルアセンブル53から電源ケーブル52を巻戻すよう前記モータ51を正逆回転駆動するケーブルモータ駆動部54と、前記ケーブルモータ駆動部54により駆動されるモータ51の軸回転数を感知して前記制御手段20に出力する回転数感知センサ55と、前記モータ51により回転されるケーブルアセンブル53の回転方向および回転数を感知して前記制御手段20に出力する方向感知センサ56とから構成されている。

【0042】障害物感知手段60は、前記駆動手段30により移動されるロボット掃除機1の走行径路に存在する障害物の有無、障害物Bまでの距離Gおよび壁面Wから離れた離隔距離d1を感知するものである。また、障害物感知手段60は前記ロボット掃除機1の走行前方および壁面Wに超音波を放射し、その放射された超音波が壁面Wなど、障害物Bにぶつかって反射される信号を受信して障害物Bまでの離隔距離Gおよび壁面Wまでの離隔距離d1を感知するナビゲーションセンサ3と、該ナビゲーションセンサ3で感知された信号を増幅する増幅部62と、該増幅部62で増幅された信号に含まれているノイズ成分をフィルタリングするフィルタ部63

と、前記ナビゲーションセンサ3が180° 往復回転するよう前記制御手段20の制御によりステップインモータ65を駆動するステップインモータ駆動部64とから構成されている。

【0043】走行方向検出手段70は、前記駆動手段30により移動されるロボット掃除機1の走行方向変化を検出するよう前記ロボット掃除機1の回転時に変化する電圧レベルに従い回転角を感知して前記ロボット掃除機1の走行方向変化を検出するジャイロセンサである。吸入モータ駆動手段80は前記制御手段20の制御によりロボット掃除機1が掃除を行うよう吸入モータ11を駆動制御する。

【0044】メモリ手段90は、前記駆動手段30、張力調整手段50および障害物感知手段60等を制御するためのメモリ容量が不足する場合、前記制御手段20の入出力ポートにバッファ91を介してメモリ容量を拡張させるものであって、前記メモリ手段90はDRAM等を使用する。

【0045】以下、上記した構成のロボット掃除機の走行制御装置およびその制御方法の作用について説明する。

【0046】図4～図6は、本発明によるロボット掃除機の走行動作を示すフローチャートである。なお、図4～図6におけるSはステップを示す。

【0047】まず、使用者がロボット掃除機1の所定位置に装着されている動作スイッチをオンさせると、ステップS1ではバッテリー10から供給される直流電圧が制御手段20に印加されて前記ロボット掃除機1を走行機能に適するよう初期化させる。

【0048】ついで、ステップS2で前記制御手段20は、ロボット掃除機1の壁面走行を制御するための制御信号を駆動手段30に出力する。

【0049】よって、前記駆動手段30の左側モータ駆動部31と右側モータ駆動部32では制御手段20から出力される制御信号が入力されて左側走行モータ33および右側走行モータ34を駆動させることにより、前記ロボット掃除機1が壁面走行を開始する。

【0050】この際、左側エンコーダ41では前記左側走行モータ33の駆動による左側動力輪35の回転数に比例するパルス信号を発生して前記制御手段20に出力し、右側エンコーダ42では前記右側走行モータ34の駆動による右側動力輪36の回転数に比例するパルス信号を発生して前記制御手段20に出力する。

【0051】これにより、前記制御手段20では左右側エンコーダ41、42から出力されるパルス信号が入力されてロボット掃除機1の移動した走行距離を算出する。

【0052】一方、前記走行方向検出手段30では前記左右側走行モータ33、34の動力が印加されて回転する左右側動力輪35、36の回転角速度を感知してその

感知された回転角データを制御手段 20 に出力する。

【0053】したがって、前記制御手段 20 では走行方向検出手段 30 により検出された回転角データを時間に対して積分をしてロボット掃除機 1 の走行方向変化を検出することにより、前記ロボット掃除機 1 が正常軌道から逸脱せずに、壁面 W に沿って目標地点まで正確に走行できるように左右側モータ駆動部 31, 32 を制御する。

【0054】ついで、ステップ S3 ではロボット掃除機 1 の前面に装着されているナビゲーションセンサ 3 がスイング中であるかを判別して、該ナビゲーションセンサ 3 がスイングをしない場合 (NO のとき) には、ロボット掃除機 1 が壁面 W に沿って走行中であるため、ステップ S4 では前記ロボット掃除機 1 が進行方向を転換中であるかを判別する。

【0055】前記ステップ S4 での判別結果、前記ロボット掃除機 1 が進行方向を転換しない場合 (NO のとき) には、該ロボット掃除機 1 が壁面 W に沿って走行を続けている状態であるため、ステップ S5 では前記制御手段 20 で障害物 B を感知するための障害物感知周期 T に 1 を加えて、前記ロボット掃除機 1 の周期変換値 T を増加する。

【0056】したがって、ステップ S6 では前記ステップ S5 で増加された周期変換値 T が前記制御手段 20 に設定されている基本周期データ T<sub>s</sub> (ロボット掃除機の走行時に周期的に障害物を感知するための基本回数) と同一かを判別する。

【0057】前記ステップ S6 での判別結果、前記制御手段 20 で判別された周期変換値 T と不一致の場合 (NO のとき) には、前方に存在の障害物 B を感知する必要がないため、ステップ S7 に進んでナビゲーションセンサ 3 は図 7(a)、(b) に示すごとく、壁面 W に超音波を放射し、その放射された超音波が壁面 W にぶつかって反射された信号を受信する。

【0058】前記ナビゲーションセンサ 3 により受信された信号は、第 1 の増幅器 412 を通して電気的な信号に増幅され、その増幅された信号に含まれている高調波のノイズ成分をフィルタ部 63 によりフィルタリングされつつ、前記ロボット掃除機 1 の前面が壁面 W から離れた離隔距離 d1 を感知して制御手段 20 に出力する。

【0059】したがって、前記制御手段 20 ではナビゲーションセンサ 3 により感知された信号が入力されて前記ロボット掃除機 1 が壁面 W から離れた離隔距離 d1 を算出する。

【0060】ついで、ステップ S8 では図 7(a)、(b) に示すごとく、前記ロボット掃除機 1 の側面後端部に装着されている超音波センサ 5 から壁面 W に超音波を放射し、その放射された超音波が壁面 W にぶつかって反射された信号を受信して前記ロボット掃除機 1 の側面が壁面 W から離れた離隔距離 d2 を感知して制御手段 20 に出力する。

【0061】これにより、ステップ S9 では、前記ナビゲーションセンサ 3 により感知された離隔距離データ d1 と超音波センサ 5 により感知された離隔距離データ d2 を制御手段 20 から入力されて、下記式 (1) に示す公式に従い前記ロボット掃除機 1 が壁面 W から離れた平均離隔距離 d<sub>a</sub> を算出し、下記式 (2) に示す公式に従い前記ロボット掃除機 1 が壁面 W で振られた走行角度 A を算出する。

【0062】

$$\text{【数 1】} \quad d_a = \frac{d_1 + d_2 - d_3}{2} \quad \dots (1)$$

$$A = d_1 - d_2 - d_3 \quad \dots (2)$$

ここで、d3 は、前記ナビゲーションセンサ 3 がロボット掃除機 1 の前面側端から離隔されて装着された距離である。

【0063】したがって、ステップ S10 では前記ステップ S9 で算出された平均離隔距離 d<sub>a</sub> が制御手段 20 にあらかじめ設定されている基準距離データ d<sub>s</sub> (ロボット掃除機の壁面走行時に保持すべき所定の離隔距離) より大であるかを判別し、前記制御手段 20 で判別された平均離隔距離 d<sub>a</sub> が基準距離データ d<sub>s</sub> より大でない場合 (NO のとき) には、ステップ S11 に進んで前記平均離隔距離 d<sub>a</sub> が基準距離データ d<sub>s</sub> より小であるかを判別する。

【0064】前記ステップ S11 での判別結果、前記制御手段 20 で判別された平均離隔距離 d<sub>a</sub> が基準距離データ d<sub>s</sub> より小の場合 (YES のとき) には、前記ロボット掃除機 1 が壁面 W にごく近接された状態であるため、ステップ S12 では前記ロボット掃除機 1 が壁面 W から所定距離を保持するよう前記制御手段 20 から左側モータ駆動部 31 に制御信号を出力する。

【0065】これにより、前記左側モータ駆動部 31 では制御手段 20 から出力される制御信号が入力されて左側走行モータ 33 を駆動させることにより、左側動力輪 35 が動力を受けて駆動を開始する。

【0066】一方、前記ステップ S10 での判別結果、前記制御手段 20 により判別された平均離隔距離 d<sub>a</sub> が基準距離データ d<sub>s</sub> より大の場合 (YES のとき) には、前記ロボット掃除機 1 が壁面 W から遠く離れた状態であるため、ステップ S13 では前記ロボット掃除機 1 が壁面 W から所定距離を保持するよう前記制御手段 20 から右側モータ駆動部 32 に制御信号を出力する。

【0067】これにより、前記右側モータ駆動部 32 では制御手段 20 から出力される制御信号が入力されて右側走行モータ 34 を駆動させることにより、右側動力輪 36 が動力を受けて駆動を開始する。

【0068】このように、前記左右側動力輪 35, 36 の駆動によりロボット掃除機 1 が壁面 W から所定距離を保持するようになると、ステップ S14 では前記ステッ

プS9で算出された走行角度Aが0（ロボット掃除機が壁面に沿ってまっ直ぐに走行する状態の基本角度）より大であるかを判別する。

【0069】前記ステップS14での判別結果、走行角度Aが0（零）より大でない場合（NOのとき）には、ステップS15に進んで前記制御手段20で判別された走行角度Aが0より小であるかを判別する。

【0070】前記ステップS15での判別結果、走行角度Aが0より小の場合（YESのとき）には、前記ロボット掃除機1が反時計方向に走行している状態であるため、ステップS16では前記制御手段20はロボット掃除機1が壁面Wに沿ってまっ直ぐに進行できるよう左側モータ駆動部31に制御信号を出力する。

【0071】したがって、前記左側モータ駆動部31では制御手段20から出力される制御信号が入力されて左側走行モータ33を駆動させることにより、左側動力輪35が動力を受けて駆動を開始する。

【0072】一方、前記ステップS14での判別結果、前記制御手段20により判別された走行角度Aが0より大の場合（YESのとき）には前記ロボット掃除機1が時計方向に走行している状態であるため、ステップS17で前記制御手段20はロボット掃除機1が壁面Wに沿ってまっ直ぐに進行できるよう右側モータ駆動部32に制御信号を出力する。

【0073】これにより、前記右側モータ駆動部32では制御手段20から出力される制御信号が入力されて右側走行モータ34を駆動させることにより、右側動力輪36が動力を受けて駆動を開始する。

【0074】このように、前記左右側動力輪35、36の駆動によりロボット掃除機1が壁面Wに沿ってまっ直ぐに走行するようになると、ステップS18ではロボット掃除機1が壁面走行を終了したかを判別する。

【0075】前記ステップS18での判別結果、ロボット掃除機1が壁面走行を終了していない場合（NOのとき）には、前記ステップS3に復帰してステップS3以下の動作を繰返し行い、ロボット掃除機1が壁面走行を終了した場合（YESのとき）には、前記ロボット掃除機1の壁面走行を停止しつつ動作を終了する。

【0076】一方、前記ステップS4での判別結果、前記ロボット掃除機1が進行方向を転換する場合（YESのとき）には、ステップS20に進んで転換された進行方向への障害物Bの有無を感知するために、前記ロボット掃除機1が進行方向転換を終了したかを判別する。

【0077】前記ステップS20での判別結果、ロボット掃除機1が進行方向転換を終了していない場合（NOのとき）には、障害物Bの有無を感知する必要がないため、前記ステップS18に進んでロボット掃除機1が壁面走行を終了したかを判別して、その判別結果により前記制御手段20でロボット掃除機1の走行を制御する。

【0078】また、前記ステップS20での判別結果、

前記ロボット掃除機1が進行方向転換を終了した場合（YESのとき）には、転換された進行方向に存在する障害物Bとの離隔距離Gに従い前記ロボット掃除機1の走行を制御すべきであるため、ステップS21で前記ナビゲーションセンサ3はロボット掃除機1の移動する前方に超音波を放射し、その放射された超音波が障害物Bにぶつかって反射されてきた信号を受信して障害物Bまでの離隔距離Gを感知して前記制御手段20に出力する。

【0079】したがって、ステップS22では前記ナビゲーションセンサ3により感知された離隔距離Gが制御手段20にあらかじめ設定されている最小距離データCmin（障害物の突然の出現による最小距離）より大であるかを判別して、離隔距離Gが最小距離データより大の場合（YESのとき）には、ステップS23に進んで前記ナビゲーションセンサ3により感知された離隔距離Gが制御手段20にあらかじめ設定されている最大距離データCmax（ナビゲーションセンサの回転可否を決定する最大距離）より小であるかを判別する。

【0080】前記ステップS23での判別結果、前記制御手段20で判別された離隔距離Gが最大距離データより小でない場合（NOのとき）には、前記ロボット掃除機1が障害物Bから遠く離れた状態であるため、ステップS24で制御手段20はナビゲーションセンサ3を回転せずに、障害物Bを感知するための周期変換値Tをクリアさせた後、前記ロボット掃除機1が壁面走行を続けるようにする。

【0081】前記ステップS23での判別結果、前記制御手段20で判別された離隔距離Gが最大距離データより小でない場合（YESのとき）には、前記ロボット掃除機1が障害物Bに近い状態であるためステップS25では障害物Bがノイズによるものであるかを判別するために、前記制御手段20でステップインモータ駆動部64に制御信号を出力する。

【0082】したがって、前記ステップインモータ駆動部64では制御手段20から出力される制御信号が入力されてステップインモータ65を駆動させることにより、ナビゲーションセンサ3を時計方向に180°回転させ、逆に180°回転させつつ前方を監視し、前記ナビゲーションセンサ3の位置角度を1だけ増加させてから、前記ロボット掃除機1が壁面走行を続けるよう制御する。

【0083】また、前記ステップS22での判断結果、前記制御手段20で判別された離隔距離Gが最小距離データより大でない場合（NOのとき）には、前記ロボット掃除機1の前方に障害物Bが突然出現した状態であるため、ステップS26で前記制御手段20はナビゲーションセンサ3を回転させずにロボット掃除機1の進行方向を転換する。

【0084】この際、前記ロボット掃除機1が新たな走

行壁面を探すための最大近接距離になると、ナビゲーションセンサ3が新たな走行壁面との離隔距離を感知するための位置にロボット掃除機1を置いて、障害物Bを感知するための周期変換値Tをクリアさせてから、ロボット掃除機1を時計方向に回転させる。

【0085】このように、前記障害物Bとの離隔距離Gにより制御手段20でロボット掃除機1を制御して移動走行を終了すると、ステップS27では前記ナビゲーションセンサ3の位置角度を1だけ増加させ、ステップS28に進んで前記増加されたナビゲーションセンサ3の位置角度が180°であるかを判別する。

【0086】前記ステップS28での判別結果、前記制御手段20で判別された位置角度が180°でない場合（NOのとき）には、ステップS18に進んでステップS18以下の動作を繰返して行い、位置角度が180°の場合（YESとき）には、ステップS29に進んで前記ロボット掃除機1が反時計方向にあるのかを判別する。

【0087】前記ステップS29での判別結果、ロボット掃除機1が反時計方向にある場合（YESのとき）には、ステップS30に進んでロボット掃除機1を時計方向に回転させ、前記ロボット掃除機1が反時計方向でない場合（NOのとき）には、ステップS31に進んでロボット掃除機1を反時計方向に回転させる。

【0088】前記ロボット掃除機1を反時計または時計方向に回転させてから、ステップS32ではロボット掃除機1が反時計方向にあるのかを再度判別する。

【0089】前記ステップS32での判別結果、ロボット掃除機1が反時計方向にある場合（YESのとき）には、ステップS33に進んで前記制御手段20ではナビゲーションセンサ3の位置角度と障害物Bを感知するための周期変換値Tをクリアさせてから、前記ステップS18に復帰してステップS18以下の動作を繰返し行う。

【0090】一方、前記ステップS32での判別結果、ロボット掃除機1が反時計方向にいない場合（NOのとき）には、ステップS34に進んで前記制御手段20で障害物Bを感知するための周期変換値Tをクリアさせてから、前記ステップS18に復帰してステップS18以下の動作を繰返して行う。

【0091】本発明によれば、ロボット掃除機が壁面から隔離された距離および走行角度により左右側動力輪の力を調整して前記ロボット掃除機が正常軌道から逸脱せずに、壁面に沿って目標地点まで正確に走行できる効果がある。また、ロボット掃除機の壁面走行時に前方に存在の障害物の距離により前記ロボット掃除機の進行方向を転換させて、障害物の突然の出現に対する迅速かつ正確な進行方向転換が可能となるばかりか、構成を簡単に、製造費が安価となる優れた効果を有する。

【0092】

【発明の効果】以上説明したように、第1発明は、障害物感知手段によりロボット掃除機の壁面走行時にナビゲーションセンサにより障害物の有無および障害物までの距離を感知する。感知により障害物の感知が無の場合に走行状態感知手段は、ナビゲーションセンサおよび超音波センサにより前記ロボット掃除機が壁面から隔離された距離および走行角度を感知する。

【0093】感知された離隔距離および走行角度により走行制御手段は、左右側動力輪の力を調整して前記ロボット掃除機が壁面に沿って正常軌道を走行するよう制御するので、ロボット掃除機が壁面からの離隔距離および走行角度により左右側動力輪の力を調整して前記ロボット掃除機が正常軌道から逸脱せずに壁面に沿って目標地点まで正確に走行できる。

【0094】第2発明は、前記ロボット掃除機の壁面走行時にナビゲーションセンサにより障害物の有無および障害物までの距離を感知し、前記障害物の感知が無の時に前記ナビゲーションセンサおよび超音波センサにより前記ロボット掃除機が壁面から隔離された距離および走行角度を感知し、感知された離隔距離および走行角度により左右側動力輪の力を調整して前記ロボット掃除機が壁面に沿って正常軌道を走行するよう制御するので、ロボット掃除機が壁面からの離隔距離および走行角度により左右側動力輪の力を調整して前記ロボット掃除機が正常軌道から逸脱せずに壁面に沿って目標地点まで正確に走行できる。

【0095】第3発明は、前記障害物感知手段により障害物が感知されると当該障害物との離隔距離Gにより前記ロボット掃除機の進行方向を切換えながらナビゲーションセンサの位置角度を制御するので、ロボット掃除機の壁面走行時に前方に存在する障害物の距離にしたがい該ロボット掃除機の進行方向を切換えて障害物の突然の出現に対し迅速、かつ正確な進行方向の転換を可能にできる。

【0096】第4発明は、前記走行状態感知手段により感知された壁面からの離隔距離daが制御手段に既設定された基準距離データdsより大なる場合には、前記制御手段で右側動力輪の力を増加するよう右側走行モータを駆動制御するので、ロボット掃除機が壁面からの離隔距離および走行角度により左右側動力輪の力を調整できる。

【0097】第5発明は、前記走行状態感知手段により感知された壁面からの離隔距離daが制御手段に既設定された基準距離データdsより小なる場合には、前記制御手段で左側動力輪の力を増加するよう左側走行モータを駆動制御するので、ロボット掃除機が壁面からの離隔距離および走行角度により左右側動力輪の力を調整できる。

【0098】第6発明は、前記走行状態感知手段により感知された壁面からの走行角度Aが零より大なる場合に

は、前記制御手段で右側動力輪の力を増加するよう右側走行モータを駆動制御するので、ロボット掃除機が壁面からの離隔距離および走行角度により左右側動力輪の力を調整できる。

【0099】第7発明は、前記走行状態感知手段により感知された壁面からの走行角度Aが零より小なる場合には、前記制御手段で左側動力輪の力を増加するよう左側走行モータを駆動制御するので、ロボット掃除機が壁面からの離隔距離および走行角度により左右側動力輪の力を調整できる。

【0100】第8発明は、前記ナビゲーションセンサは、前記ロボット掃除機の前面に装着されているナビゲーション超音波センサであるので、障害物までの離隔距離および壁面までの離隔距離を感知できる。

【0101】第9発明は、前記超音波センサは、前記ロボット掃除機の側面後端に装着されている固定形超音波センサであるので、障害物までの離隔距離および壁面までの離隔距離を感知できる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例における本体の上部カバーを除去したロボット掃除機の平面図である。

【図2】本発明の一実施例によるロボット掃除機の側断面図である。

【図3】本発明の一実施例によるロボット掃除機の制御ブロック図である。

【図4】本発明の動作を示すフローチャートである。

【図5】本発明の動作を示すフローチャートである。

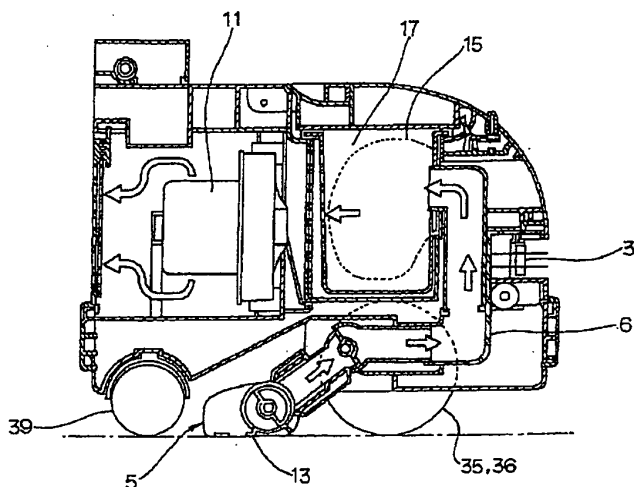
【図6】本発明の動作を示すフローチャートである。

【図7】本発明の一実施例によるロボット掃除機の走行を説明する説明図である。

#### 【符号の説明】

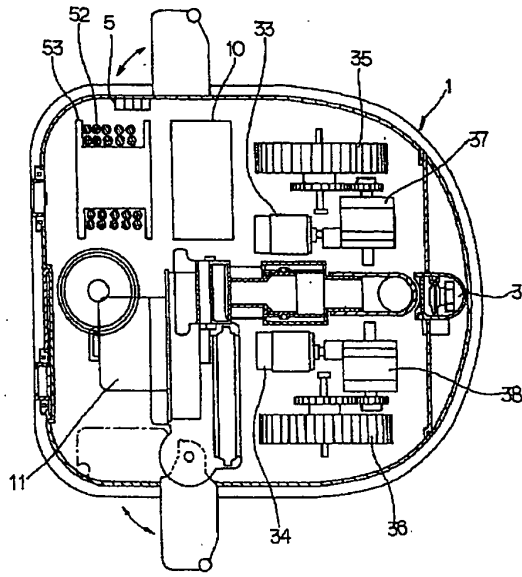
- 1 ロボット掃除機
- 3 ナビゲーション
- 5 超音波センサ
- 10 バッテリ
- 20 制御手段
- 30 駆動手段
- 31 左側モータ駆動部
- 32 右側モータ駆動部
- 33 左側走行モータ
- 34 右側走行モータ
- 35 左側動力輪
- 36 右側動力輪
- 40 走行距離検出手段
- 41 左側エンコーダ
- 42 右側エンコーダ
- 50 張力調整手段
- 53 ケーブルアセンブル
- 54 ケーブルモータ駆動部
- 55 回転数感知センサ
- 56 方向感知センサ
- 60 障害物感知手段
- 62 増幅部
- 63 フィルタ部
- 64 ステップインモータ駆動部
- 65 ステップインモータ
- 70 走行方向検出手段
- 80 吸入モータ駆動手段
- 90 メモリ手段

【図2】

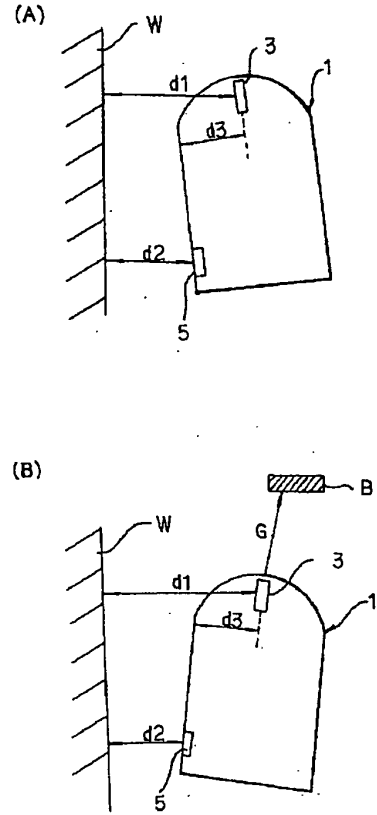




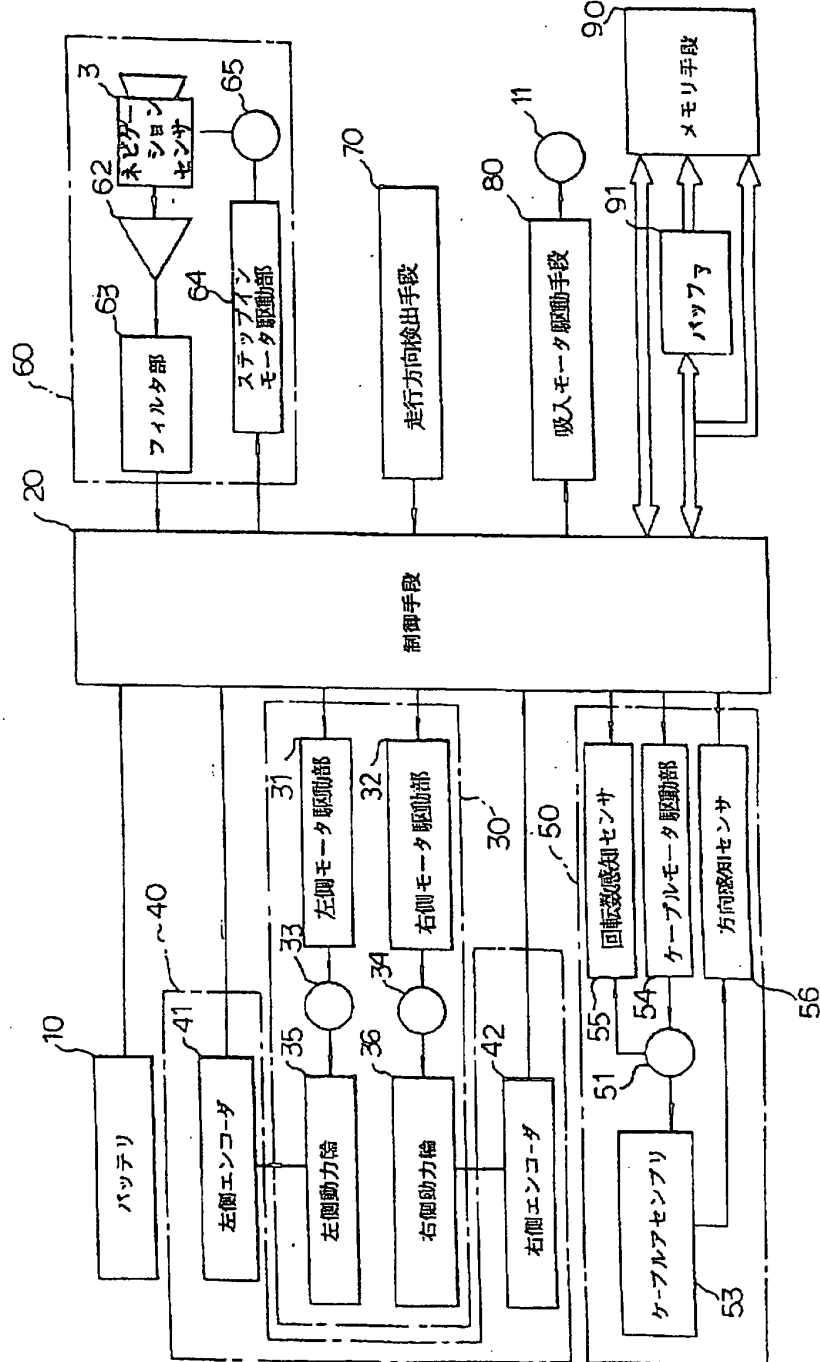
【図1】



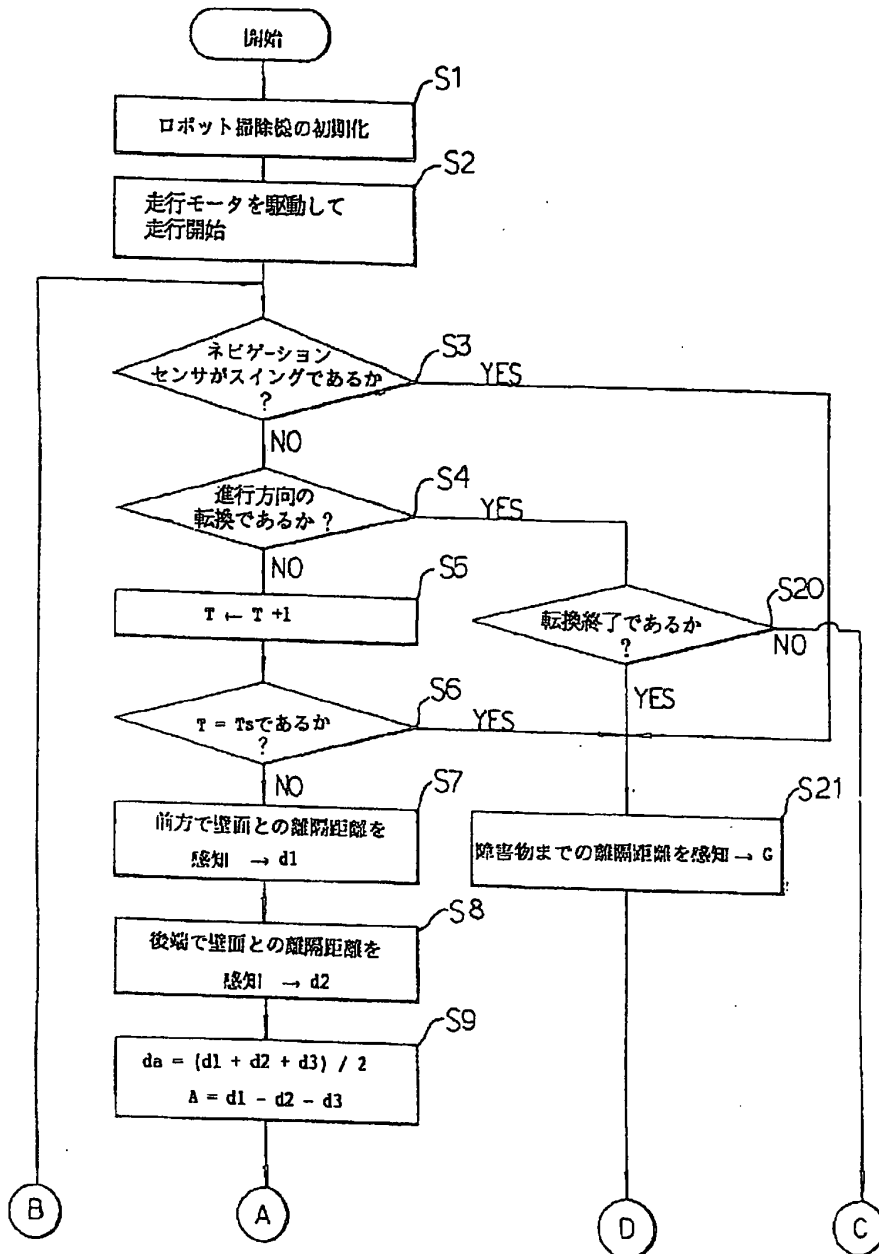
【図7】



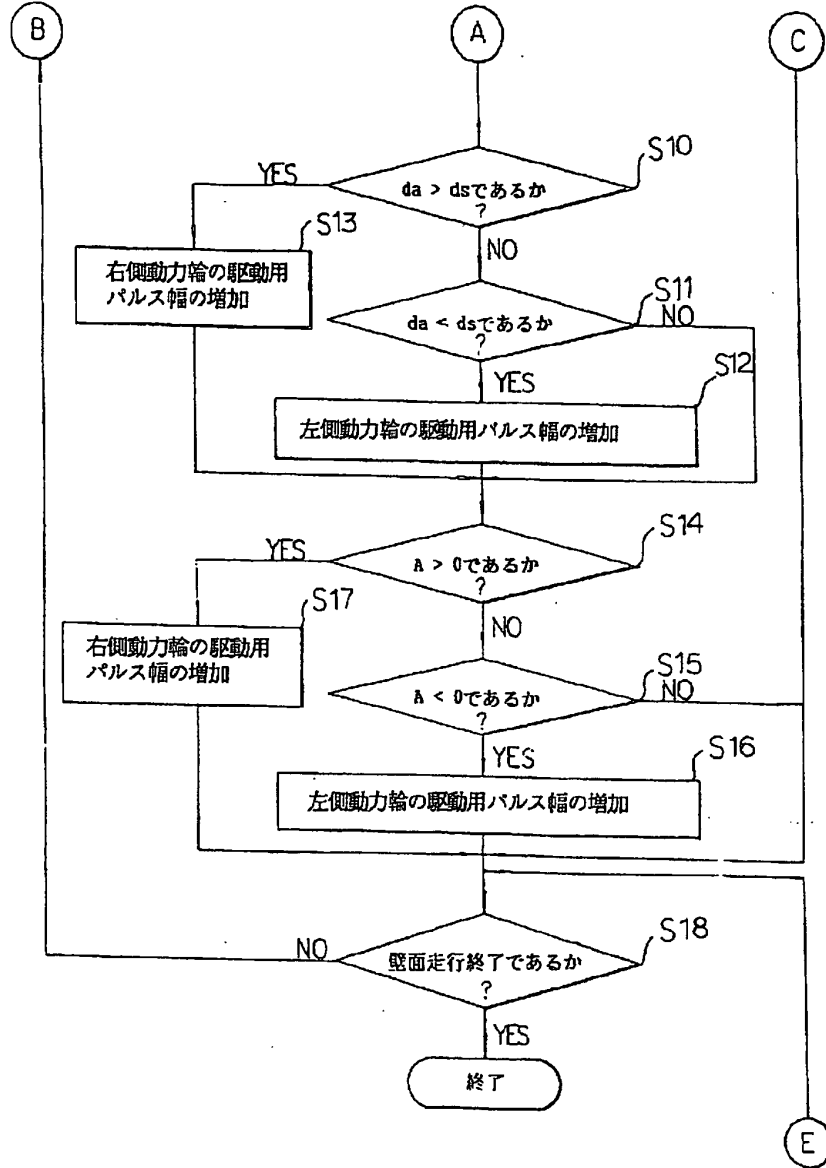
【図3】



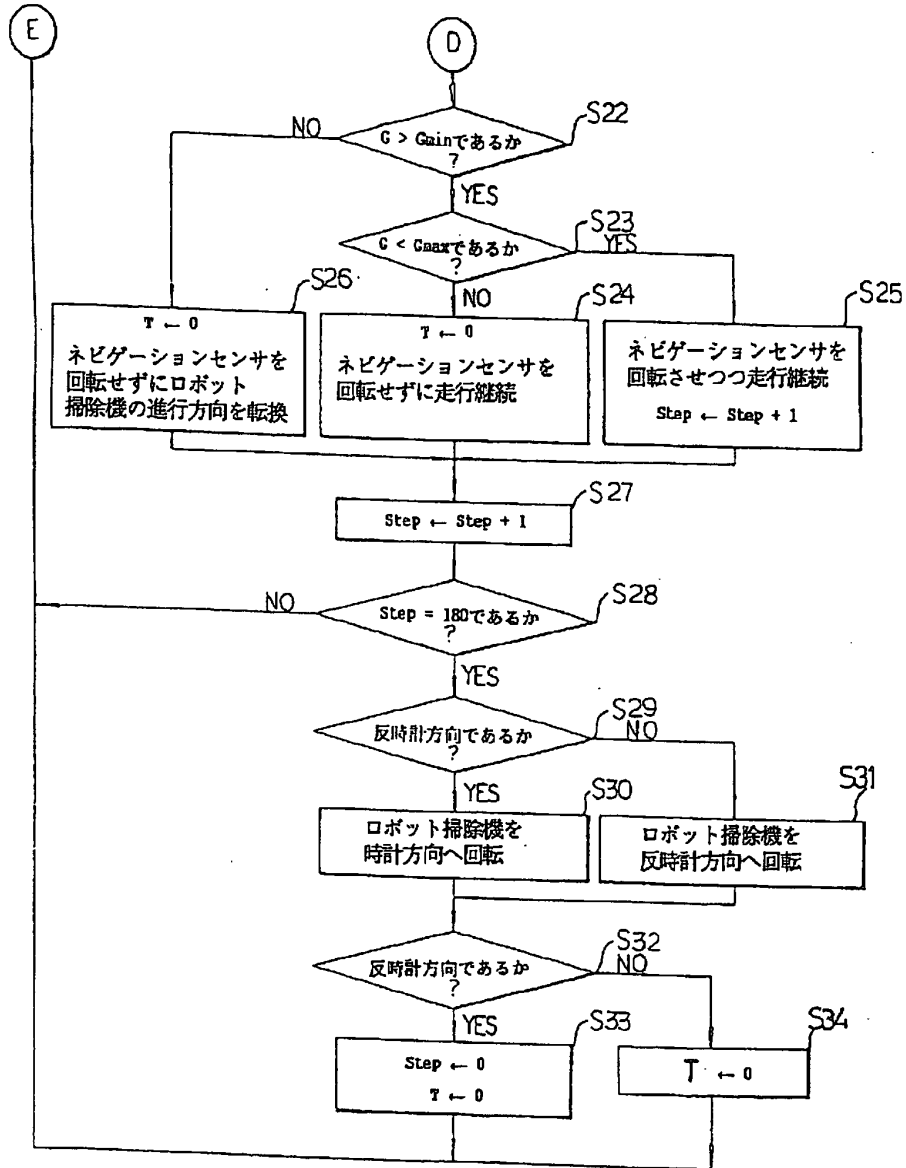
【図4】



【図5】



【図6】



**JP7295636A2: CONTROLLER FOR TRAVELING OF CLEANING ROBOT AND CONTROL METHOD THEREFOR**

<b>Derwent Title:</b>	Movement controller of robot cleaner - has movement perception unit to detect separation distance and transit phase angle based on which robot cleaner moves in normal orbit [ <a href="#">Derwent Record</a> ]	
<b>Country:</b>	JP Japan	
<b>Kind:</b>	A (See also: <a href="#">JP2766461B2</a> )	
<b>Inventor:</b>	LEE JAE-BONG;	<a href="#">High Resolution</a>
<b>Assignee:</b>	SAMSUNG ELECTRON CO LTD <a href="#">News, Profiles, Stocks and More about this company</a>	
<b>Published/ Filed:</b>	1995-11-10 / 1995-03-31	
<b>Application Number:</b>	JP1995000075968	
<b>IPC Code:</b>	G05D 1/02; A47L 11/00; B25J 5/00;	
<b>Priority Number:</b>	1994-03-31 <a href="#">KR1994009406852</a>	
<b>Abstract:</b>	<p>PURPOSE: To control a cleaning robot so that it is traveled accurately up to an object point along a wall face without being deviated from a normal track.</p> <p>CONSTITUTION: This controller is provided with an obstacle sensing means 3 that senses the presence of an obstacle and the distance up to the obstacle with a navigation sensor when the cleaning robot runs on a wall face, a drive state sensing means that uses a navigation sensor and an ultrasonic wave sensor to sense a distance of the cleaning robot from the wall face and the drive angle when the obstacle sensing means 3 indicates the absence of the obstacle, and a drive control means that adjusts a force of left right side power wheels by the parting distance and the drive angle sensed by the drive state sensing means so that the cleaning robot is driven on a normal track along the wall face.</p> <p>COPYRIGHT: (C)1995,JPO</p>	
<b>INPADOC Legal Status:</b>	None	Get Now: <a href="#">Family Legal Status Report</a>
<b>Family:</b>	<a href="#">Show 5 known family members</a>	
<b>Other Abstract Info:</b>	DERABS G96-024497 DERG96-024497	

<https://www.delphion.com/details?pn=JP07295636A2>

II-9

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開実用新案公報 (U)

(11)実用新案出願公開番号

実開平6-3251

(43)公開日 平成6年(1994)1月18日

(51)Int.Cl. <sup>5</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
A 4 7 L 9/00	1 0 2 Z	B 6704-3B		
5/30				

審査請求 未請求 請求項の数 2(全 4 頁)

(21)出願番号 実願平4-3102

(22)出願日 平成4年(1992)1月31日

(71)出願人 000001937  
日本電気ホームエレクトロニクス株式会社  
大阪府大阪市中央区城見一丁目4番24号

(72)考案者 山元 一起  
大阪府大阪市中央区城見一丁目4番24号日  
本電気ホームエレクトロニクス株式会社内

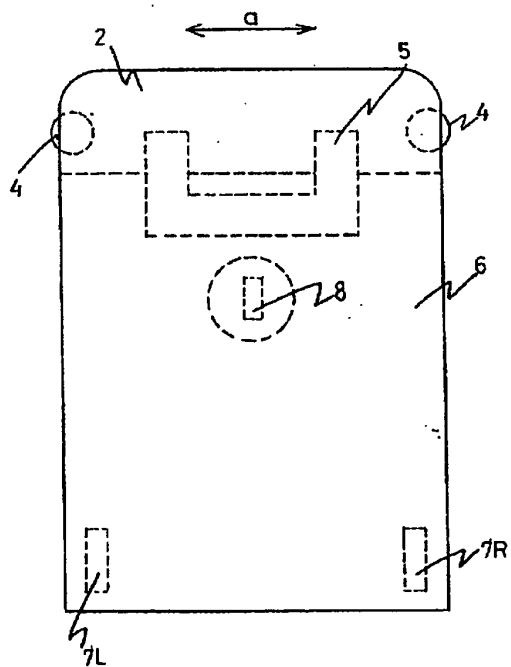
(54)【考案の名称】 掃除ロボット

(57)【要約】

【目的】 従来の掃除ロボットの場合、壁に沿って部屋を一周して部屋の隅を清掃すると、掃除ロボットは壁から少し離れたところを走行するので、壁ぎわに掃除残しが発生する。そこで本発明は、壁ぎわにできる掃除残しをなくすことを目的としている。

【構成】 掃除ロボット1は、シャーシ6に走行用のタイヤ7L、7R、8を備えている。また、床面の塵埃を吸引する吸引ノズル2はシャーシ6に取付けられたノズル駆動手段5によって、シャーシ6に対して矢印a方向に移動可能に取付けられている。さらに、吸引ノズル2の側面には、ローラ4が取付けられている。ローラ4は吸引ノズル2の移動にともない壁面と接触することによりノズル駆動手段5の動作を停止させる。

【効果】 吸引ノズル2を壁面近くまで移動させた後、走行しながら掃除を行うので、壁ぎわの床面の塵埃も吸引掃除することが可能となる。



【実用新案登録請求の範囲】

【請求項1】 吸引手段に接続された吸引ノズルを有し、この吸引ノズルから床面の塵埃を吸引しながら自律走行し、清掃を自動的に行う掃除ロボット本体において、前記吸引ノズルを前記掃除ロボット本体に対して横方向に移動可能に取付けるとともに、前記掃除ロボット本体に取付けられ前記吸引ノズルを掃除ロボット本体に対して横方向に移動させるノズル駆動手段を備えたことを特徴とする掃除ロボット。

【請求項2】 前記ノズル駆動手段として、ボールネジを用いたことを特徴とする請求項1記載の掃除ロボット。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本考案によるロボット掃除機の下面外観図。

【図2】 (a) ローラ取付部拡大図。

(b) ローラ取付部拡大図。

【図3】 ノズル駆動機構透視図

【図4】 本考案による掃除ロボットの動作を表す図。

【図5】 本考案による掃除ロボットの動作フローチャート図。

【図6】 従来の掃除ロボットの簡単な構成を示す側断面図。

【図7】 従来の掃除ロボットの簡単な構成を示す平面図。

【図8】 従来の掃除ロボットの動作フローチャート図。

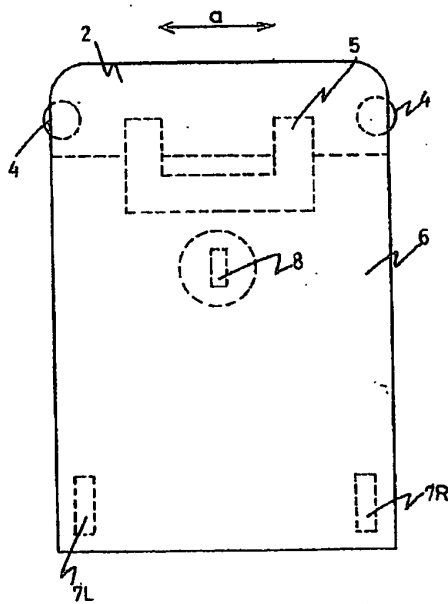
【図9】 従来の掃除ロボットの動作を表す図。

【図10】 従来の掃除ロボットの動作を表す図。

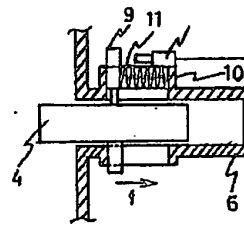
【符号の説明】

- 1 掃除ロボット
- 2 ノズル
- 3 壁
- 4 ローラ
- 5 ノズル駆動機構
- 6 シャーシ
- 7 R 駆動輪
- 7 L 駆動輪
- 8 操舵輪
- 9 シャフト
- 10 シャフトガイド
- 11 スプリング
- 12 スライド
- 13 スライドガイド
- 14 ボールネジ
- 15 ボールネジ支持部
- 16 ボールスクリュー部
- 17 ギヤ
- 18 マイクロスイッチ

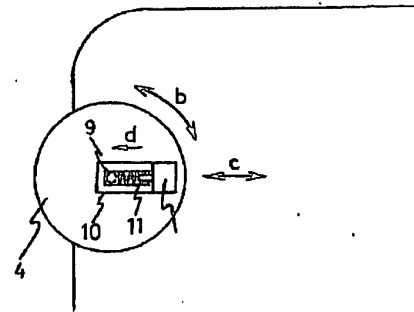
【図1】



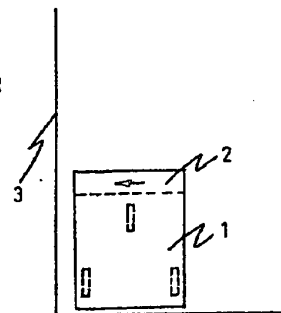
【図2 (a)】



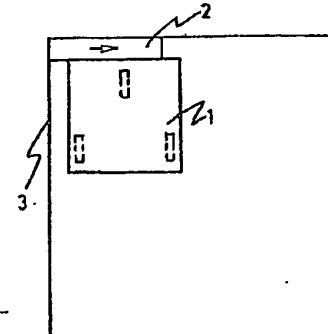
【図2 (b)】



【図4 (a)】

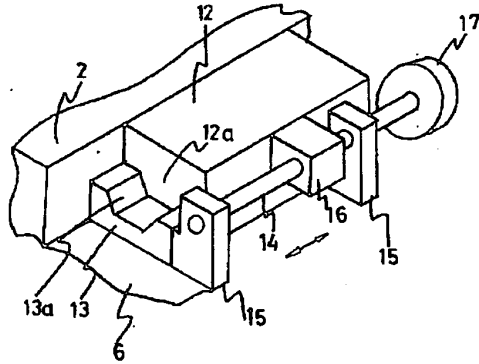


【図4 (c)】





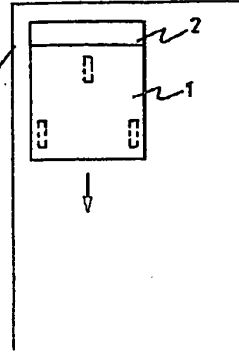
【図3】



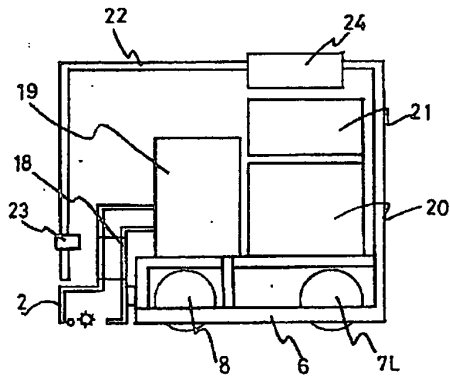
【図4 (b)】



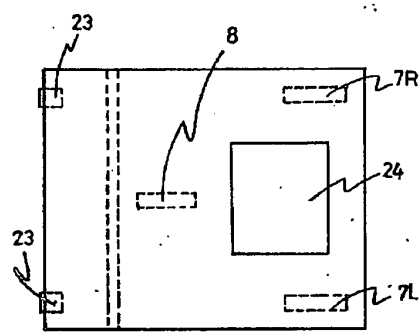
【図4 (d)】



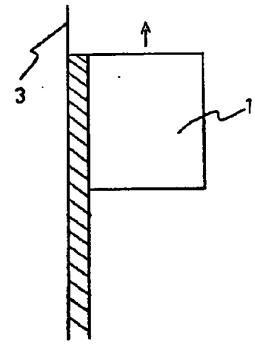
【図6】



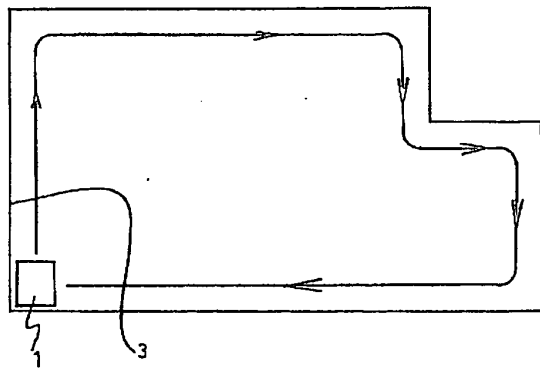
【図7】



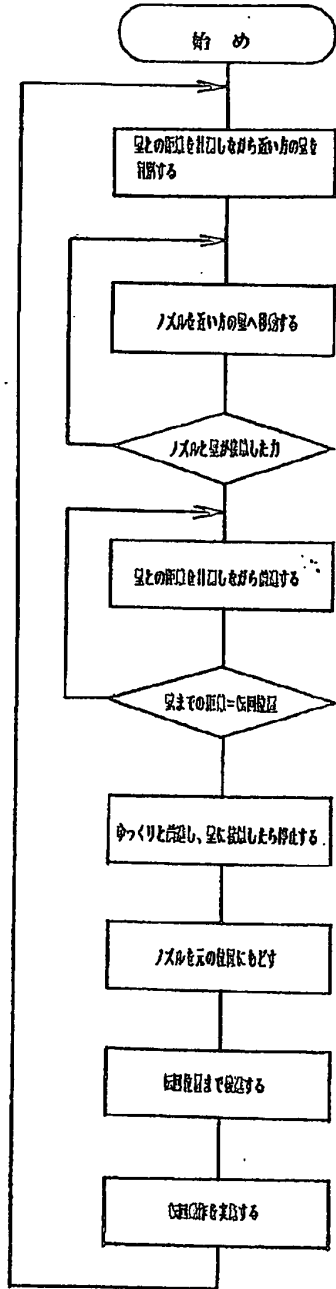
【図10】



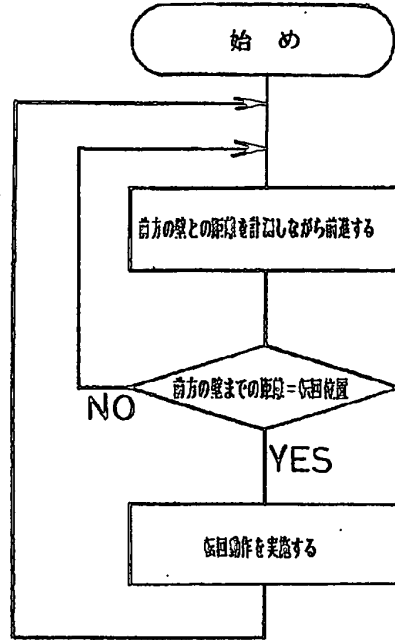
【図9】



【図5】



【図8】



**【考案の詳細な説明】****【0001】****【産業上の利用分野】**

本考案は、自律走行し、清掃を行う掃除ロボットに関して、特に掃除ロボットのノズル駆動機構に関する。

**【0002】****【従来技術】**

まず従来の掃除ロボット1の構成を図6、図7に簡単に示す。掃除ロボット1はシャーシ6にそれぞれ駆動用のモーター（図示せず）の接続された2つの駆動輪7R、7Lと1つの操舵輪8から成る走行部が接続されている。またシャーシ6には、ノズル2、ホース18、集塵部19から構成される吸引部とAC電源用のコードを巻取り、収納した電源コード収納部20、掃除ロボット各部の制御回路部21が接続されている。さらに、シャーシ6には外装22が接続されており、その外装22には超音波センサ等から構成され、壁等の障害物までの距離を測定する障害物センサ23と液晶表示装置等から構成され、清掃の進行状況を表示する清掃状況表示装置24が付けられている。

**【0003】**

次にこのような構成の掃除ロボット1の動作について、図8の動作フローチャートおよび図9を用いて説明する。掃除ロボット1は清掃を開始すると図9に示すように、部屋2を一周する。部屋の隅から次の隅までの動作を図8を用いて説明する。掃除ロボット1が部屋の隅から清掃を開始すると、処理801を実施して壁3との距離を計測しながら前進する。次に処理802を実施して壁3までの距離と転回位置とを比較する。壁3までの距離と転回位置が異なるときは処理801に戻り、等しいときは処理803を実施して転回動作を行う。転回動作終了後、ふたたび先の一連の動作を実施して、部屋を一周する。

**【0004】****【考案が解決しようとする課題】**

従来の掃除ロボットの場合、壁3に沿って部屋を一周して部屋の隅を清掃するとき、図10に示したように掃除ロボット1は壁3から少し離れたところを走行

するので、壁ぎわに掃除残し（斜線部）が発生するという問題点がある。そこで本考案は、壁ぎわにできる掃除残しをなくすことを目的としている。

【0005】

【課題を解決するための手段】

このような目的を達成するために本考案は、掃除ロボットのノズルを横方向に移動する駆動機構を備えたものである。

【0006】

【作用】

本考案の掃除ロボットによれば、清掃時にノズルを壁に近接させて清掃することができる。

【0007】

【実施例】

本考案による一実施例を図1～図5を参照して説明する。尚、従来技術と同様の構成については、符号を同一とし、説明を省略する。

図1はノズル駆動機構5を搭載した掃除ロボット1のシャーシ6とノズル2の構成を下面から見たものである。本実施例のノズル2はノズル駆動機構部5によって、シャーシ6に対して横方向（図中矢印a方向）に移動可能に結合されている。ノズル2には、ローラ4が矢印bに示すように回転可能な状態でシャフトによって支持され、ノズル2の側面から突出している。

【0008】

図2は、ローラ4の構成を示した図である。ローラ4には、シャフト9が通しであり、そのシャフト9をシャフトガイド10で支持している。またシャフト9は、ノズル2に設けられたシャフトガイド10に挿入され、シャフトガイド10内を矢印c方向に摺動可能に取り付けられている。さらにシャフトガイド10にはスプリング11が内蔵してあり、シャフト9を矢印d方向に押している。

【0009】

また、シャフトガイド10にはマイクロスイッチ18が固定されている。このマイクロスイッチ18は、ローラ4がスプリング11に抗して矢印f方向に移動したときに、シャフト9と接触しONとなる。

## 【0010】

図3はノズル駆動機構5の一例を示した図である。ノズル駆動機構5はスライド12、スライドガイド13、ボールネジ14、ボールネジ支持部15、ボールスクリュー部16、ギヤ17から構成されている。スライドガイド13はシャーシ6と結合され、スライド12はノズルと結合している。スライドガイド13に設けられた溝13aにスライド12の凸部が入り12はスライドガイド13上をスライド12が図中矢印e方向に移動可能となっている。ボールネジ14は、スライドガイド13に固定されたボールネジ支持部15に軸受を介して回転可能に取り付けられている。また、ボールネジ14には、ボールネジ14が回転することにより矢印e方向に移動するボールスクリュー部16が取り付けられている。ボールスクリュー部16はスライド12に固定されている。また、ボールネジ14の一方の端にはギヤ17が取り付けられ、シャーシ6に固定されたモータ（図示せず）からの回転がギヤ17を介してボールネジ14に伝えられ、その回転によりボールスクリュー部16が移動してスライド12も移動する。

## 【0011】

掃除ロボット1の動作について、図4 a, b, c, dおよび図5の動作フローチャートを用いて説明する。まず掃除ロボット1は、清掃開始の命令を受けると、障害物センサ23で、両側の側壁までの距離を測定し、どちら側の壁が近いかが判別する（処理201）。そして、近い壁の方にノズル2を横に移動する（処理202）。ノズル2の側面に取付けたローラ4が壁に接触し、マイクロスイッチ18がONされることにより、ノズル2の移動にともなってノズル2が壁3と接触したことを確認し（処理203）、ノズル2の移動を停止する。この状態で掃除ロボット1は、前進を開始する。前進中掃除ロボット1は障害物センサ23により、前方の壁3の有無を監視し、常に転回すべき位置であるかを確認する（処理204、205）。前方に壁を検出し転回すべき位置に達すると、掃除ロボット1は速度を落とし、さらに前方の壁3に接する位置までに前進し、停止する（処理206）。そして掃除ロボット1はノズル2を元の位置に戻し（処理207）、転回位置まで後退する（処理208）。この後転回動作を実施して、部屋の隅で停止する（処理209）。転回動作終了後、掃除ロボット1は、ふたたびこ

の一連の動作を実施して、部屋を一周する。

【0012】

なお本実施例では、ノズル駆動機構5としてスライドガイドとボールネジを使った例を示したが、回転運動を直線運動に変換できるラック&ピニオンやベルト駆動あるいは直接、直線運動を行なうリニアモータ等によりノズルを移動する構成としてもよい。また、本実施例では、ローラ4を壁3に接触させ、それをマイクロスイッチ18で検出することで、ノズル2の移動量を制御する例を示したが、超音波センサなどの距離を測定するセンサを使って、ノズル2の移動量を制御する構成としてもよい。

【0013】

【考案の効果】

本効果は、ノズルを横方向に移動する駆動機構を備えたことによって、壁ぎわに出来る掃除残しをなくすことができるという効果がある。

I-10

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 実用新案登録公報 (Y 2) (11)実用新案登録番号

第2555263号

(45)発行日 平成9年(1997)11月19日

(24)登録日 平成9年(1997)8月1日

(51)Int.Cl. <sup>9</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
A 4 7 L 9/00	1 0 2		A 4 7 L 9/00	1 0 2 Z
				E
	7/04			Z
	9/28			A

請求項の致2 (全 4 頁)

(21)出願番号	実願平3-88335	(73)実用新案権者	000001937
(22)出願日	平成3年(1991)10月28日		
(65)公開番号	実開平5-39451	(72)考案者	南 茂雄
(43)公開日	平成5年(1993)5月28日		
			日本電気ホームエレクトロニクス株式会社 大阪府大阪市中央区城見一丁目4番24号 大阪府大阪市中央区城見一丁目4番24号 日本電気ホームエレクトロニクス株式会社 社内
		審査官	荘司 英史
		(56)参考文献	特開 平3-77515 (J P, A) 特開 平4-97720 (J P, A) 特公 昭63-25772 (J P, B 2)

(54)【考案の名称】 掃除ロボット

(57)【実用新案登録請求の範囲】

【請求項1】 床面の塵埃を吸引する吸引部と吸引部へ吸引圧力を供給する吸引モータと吸引された塵埃を蓄積する塵埃パックとこれらを包囲する外観部とで構成される掃除機本体と、掃除機本体を床面に沿って走行させる車両構造とから構成される掃除ロボットにおいて、外観部周囲に吸引モータの排気によってふくらむタイヤ状ダンパと、タイヤ状ダンパに空気圧によって作動するスイッチ部を備えた掃除ロボット。

【請求項2】 タイヤ状ダンパの空気圧、又は変形によって作動し、車両構造の操舵輪と連結したピストン部を備えたことを特徴とする請求項1記載の掃除ロボット。

【考案の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本考案は、掃除ロボットに関し、

特に掃除ロボットの操舵輪を操作する手段を併せ持った緩衝機構に関する。

【0002】

【従来の技術】 従来、この種の掃除ロボットの緩衝機構は図8に示すようにロボット本体28に中実のゴム状弾性体29を設置したものであった。掃除ロボットが壁などに衝突したときには、このゴム状弾性体29の弾力がクッションとなっていた。

【0003】

【考案が解決しようとする課題】 従来の掃除ロボットの緩衝機構は、中実のゴム状弾性体で作られており、寿命を長くすることから比較的硬い材料で作られていた。従って、掃除ロボットの壁などとの衝突時の衝撃に対して充分なクッション性を持たせることが出来ず、掃除ロボットを損傷させたり壁等を傷つける可能性があった。

【0004】それ故に、本考案の目的は、掃除ロボットがソフトウェアによってコントロールされる場合には、壁等との衝突時において十分なクッション性を持った緩衝機構を、掃除ロボットがソフトウェアでサポートされないノンコントロールの場合には、操舵輪のコントロール機能を持ちなおかつ十分なクッション性を持った緩衝機構を提供することにある。

【0005】

【課題を解決するための手段】従って、本考案は上述の目的を達成するために、掃除ロボットの外観部周囲に吸引モータからの排気によってふくらむタイヤ状ダンパと、タイヤ状ダンパに空気圧によって作動するスイッチ部を備え、又はタイヤ状ダンパの空気圧或いは変形によって作動し車輪構造の操舵輪と連結したピストン部を備えたものである。

【0006】

【作用】この考案によれば、掃除ロボットの外観部周囲に設置されたタイヤ状ダンパは、壁等との衝突による衝撃を弱めるためのクッションの働きをし、タイヤ状ダンパの空気圧又は変形によって作動する車輪構造の操舵輪と連結したピストン部は、掃除ロボットが壁等と衝突したときに操舵輪をある角度回転させて掃除ロボットの走行方向を変化させる働きをし、スイッチは衝突の検知又は掃除ロボットの前後進切換スイッチの働きをし、掃除ロボットが壁等と衝突したときに、十分なクッション性を持たせ、またソフトでコントロールされないノンコントロール方式の掃除ロボットにおいても、ソフトでコントロールされたと同等の掃除効果を持たせることが可能となった。

【0007】

【実施例】次に、本考案の一実施例について図1～図7を参照して説明する。

【0008】図において、ソフトによってコントロールされて走行する掃除ロボット1は、ロボット本体2と、ロボット本体2に設けられた緩衝機構3と、ロボット本体2と緩衝機構3を床面4に沿って走行させる車輪構造5とを備えている。

【0009】緩衝機構3は中空となったタイヤ状ダンパ6（ゴム状弾性体）と、ロボット本体2を構成している吸引モータ7の排気部8とタイヤ状ダンパ6を空気に連結する配管9と、タイヤ状ダンパ6に設置された外界へ開放となった排気逃しノズル10と、タイヤ状ノズル6の中空部11とピストン12を介してつながりスイッチ13及び復元バネ14を有したスイッチ部15を備えている。

【0010】ソフトによってコントロールされないノンコントロール方式の掃除ロボット16は、上記のコントロール方式の構成に新たにタイヤ状ダンパ17の中空部18にバネ19によって支えられたピストン20を設け、ピストン20の他端21を車輪構造5の操舵輪22

と連結し、又は中空部23を構成しているタイヤ状ダンパ24にピストン25を設け、他端26を操舵輪27と連結している。

【0011】次に動作について説明する。図5に見るようなブロック図に従って、掃除ロボット1、16は走行し、ソフトでコントロールされて走行するコントロール方式の掃除ロボット1の場合は、スタート命令によって掃除ロボット1は前進走行し、何らかの原因でコントロール不能となったとき、壁等に衝突する。この時タイヤ状ダンパ6の中空部11の空気圧が瞬間的に上昇し、ピストン12が動作し、スイッチ13が働き、衝突を検知し、掃除ロボット1は停止する。次に、以上状態を解決し（RESET）、再び走行させる。

【0012】ソフトでコントロールされないノンコントロール方式の掃除ロボット16の場合は、スタート命令によって掃除ロボット16は壁等へ衝突するまで走行し続け、壁等へ衝突したときは同じくスイッチ13が働き、同時に図6に示すように中空部23の圧力上昇又はタイヤ状ダンパ24の変形によってピストン20、25が動作し操舵輪22、27の操舵角を操作させ、掃除ロボット16は転回しながら方向転換をする。スイッチ13は前、後進切換スイッチとして働く。掃除ロボット16の転回しながらの方向転換中にバネ19の復元力によってピストン20は戻されていき、操舵輪22、27の操舵角は元に戻る。

【0013】この結果、掃除ロボット16は図7に示すような動作を行なうことになる。

【0014】よって緩衝機構3を吸引モータ7の排気を利用したタイヤ状ダンパ6、17、24とすることにより、クッション性の良いダンパを提供でき、なおかつノンコントロール方式の掃除ロボット16においては、図7に示したように床面4を重複して掃除することがなくなり、コントロール方式の掃除ロボット1に近いより効果的な掃除が可能となった。

【0015】

【考案の効果】以上説明したように本考案は、掃除ロボットの緩衝機構に吸引モータの排気を利用したタイヤ状ダンパを適用し、ノンコントロール方式の掃除ロボットにタイヤ状ダンパと前後進切換スイッチと操舵輪の操舵角操作手段を備えることにより、クッション性の良い緩衝機構を提供でき、なおかつコントロールされた方式の掃除ロボットと同等な掃除効果の期待が出来るノンコントロール方式の掃除ロボットが提供できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本考案の掃除ロボットの実施例の側面図である。

【図2】本考案の緩衝機構の一実施例の上面断面図である。

【図3】本考案の緩衝機構の第二の実施例の上面断面図である。



【図4】本考案の緩衝機構の第三の実施例の上面断面図である。

【図5】本考案の動作を説明するブロック図である。

【図6】本考案の第二、三の実施例の一部分の断面図である。

【図7】本考案の第二、三の実施例の動作を説明する図である。

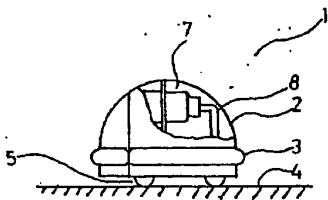
【図8】従来の実施例の側面図である。

【符号の説明】

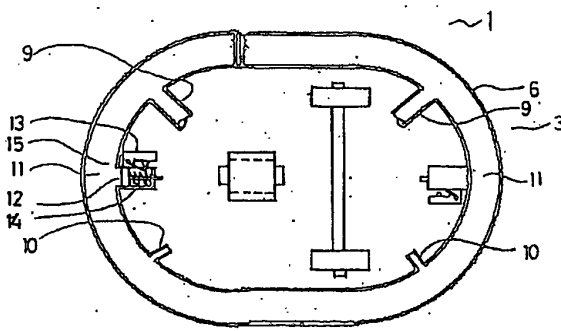
- 1、16 掃除ロボット
- 2、28 ロボット本体
- 3 緩衝機構
- 4 床面
- 5 車輪構造

- 6、17、24 タイヤ状ダンパ
- 7 吸引モータ
- 8 排気部
- 9 配管
- 10 排気逃しノズル
- 11、18、23 中空部
- 12、20、25 ピストン
- 13 スイッチ
- 14 復元パネ
- 15 スイッチ部
- 19 パネ
- 21、26 他端
- 22、27 操舵輪
- 29 ゴム弾性体

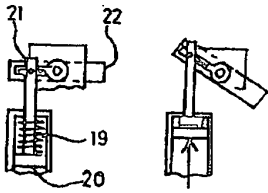
【図1】



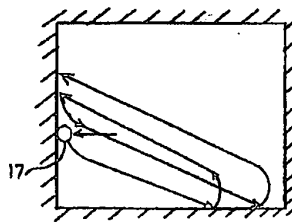
【図2】



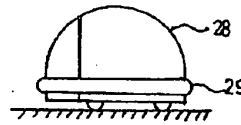
【図6】



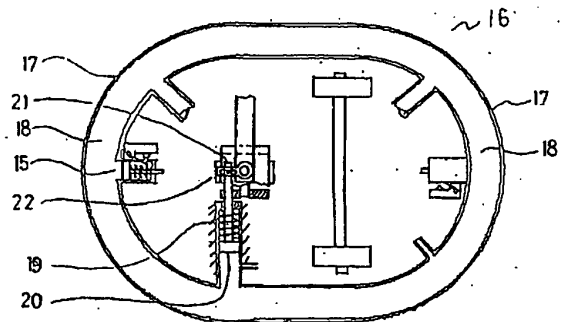
【図7】



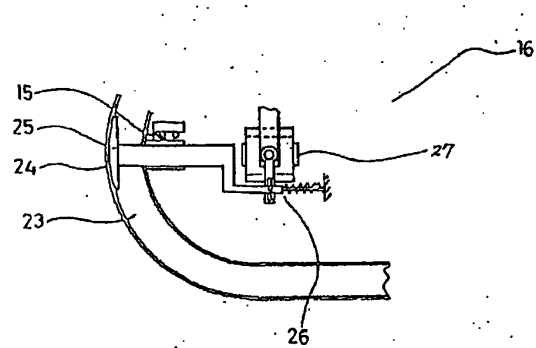
【図8】



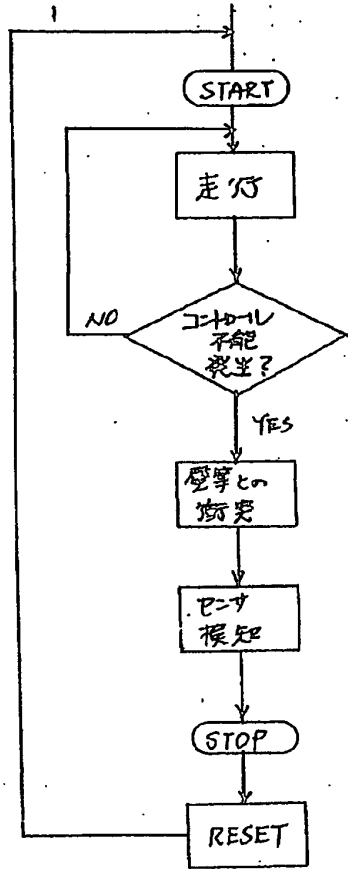
【図3】



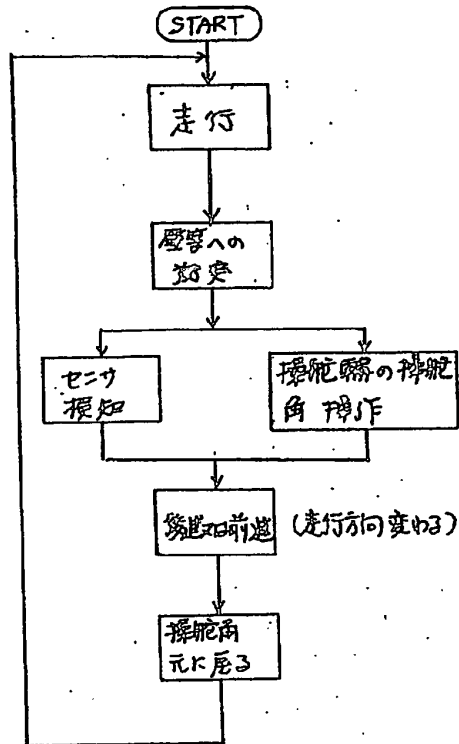
【図4】



【図5】



(コントロール方式の場合)



(ノンコントロール方式の場合)

⑨ 日本国特許庁 (J P)

⑩ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報 (A) 昭63-183032

⑬ Int. Cl. 4	識別記号	庁内整理番号	⑭ 公開
A 47 L 9/28 9/00	1 0 2	A-6864-3B Z-6864-3B	昭和63年(1988)7月28日
			審査請求 未請求 発明の数 1 (全4頁)

⑮ 発明の名称 掃除ロボット

⑯ 特 願 昭62-15502

⑰ 出 願 昭62(1987)1月26日

⑱ 発 明 者	堀 田 稔	大阪府門真市大字門真1006番地	松下電器産業株式会社内
⑲ 発 明 者	是 川 隆	大阪府門真市大字門真1006番地	松下電器産業株式会社内
⑲ 発 明 者	小 林 保 道	大阪府門真市大字門真1006番地	松下電器産業株式会社内
⑲ 発 明 者	菫 内 秀 隆	大阪府門真市大字門真1006番地	松下電器産業株式会社内
⑳ 出 願 人	松下電器産業株式会社	大阪府門真市大字門真1006番地	
㉑ 代 理 人	弁理士 中尾 敏男	外1名	

明 細 書

1、発明の名称

掃除ロボット

2、特許請求の範囲

本体を前後および左右の直交する2方向に駆動する駆動手段と、この2方向の移動距離を測定する測定手段と、前記本体に設置された掃除手段と、掃除する部屋の壁面との距離を検知するセンサーと、前記本体の移動の中で2方向の移動距離によってその基本軌跡を記憶しその軌跡と一定間隔を保ち渦巻状に部屋の中心に本体を移動制御する制御手段とを有する掃除ロボット。

3、発明の詳細な説明

産業上の利用分野

本発明は部屋の掃除をくまなく自動的にこなせる掃除ロボットに関するものである。

従来の技術

従来の掃除ロボットは、一定の動作しかしないもの、目印に向かって動作するもの、基本ラインを引いてそのライン上に沿って動作するものなどが

主であった。又、壁面をセンサーにより常に監視しながら動作するものも知られている。

発明が解決しようとする問題点

上記した従来の掃除ロボットのうち、動作が規制されているものでは部屋内をくまなく掃除することが難しく、又、センサーを用いたものでは、とくに大きな部屋を掃除する場合、遠距離の壁面を確実に検知することができずに誤動作し、満足のゆく部屋の掃除ができないという問題があった。

本発明はこのような従来の問題を解決したものであって、体育館等、大きな部屋でもくまなく確実に掃除することができる掃除ロボットを提供することを目的とするものである。

問題点を解決するための手段

上記目的を達成するために本発明の掃除ロボットは、本体を前後および左右の直交する2方向に駆動する駆動手段と、この2方向の移動距離を測定する測定手段と、前記本体に設置された掃除手段と、掃除する部屋の壁面との距離を検知するセンサーと、前記本体の移動の中で2方向の移動距

## 特開昭63-183032(2)

離によってその基本軌跡を記憶しその軌跡と一定間隔を保ち渦巻状に部屋の中心に本体を移動制御する制御手段とを有するものである。

## 作用

上記構成により、本体の移動は、基本軌跡を描くまではセンサーの検知作用によるが、その後は基本軌跡と一定の間隔を保ちながら渦巻状に自動的に部屋の中心に移動するものであり、部屋の大きさ、形状によらずくまなく掃除が行なえるものである。

## 実施例

以下、添付図面にもとづき本発明の一実施例について説明する。第1図、第2図において、1、2、3、4は、ロボットの本体5の前後左右に位置するホイールであり、それぞれのホイールは第3図に示すように3個の回転体6とその支持体7からなる素子を組合せた構造になっている。前記素子の組合せは、回転体6間に他の素子の回転体が位置するようにして組合せ、各回転体の外周を結ぶことにより円を構成し、前後左右自在に動作

軌跡を記憶しその軌跡と一定間隔を保ち渦巻状に部屋の中心に本体5を移動制御する制御手段である。この制御手段23はマイコンで構成されていて、第4図のように、各センサー14~21および測定手段12、13からの信号を得て各モータ8~11および終了報知部24を制御するものである。

第5図は掃除ロボットの移動時の基本パターンを説明している。ロボットの本体5は、Aの位置を仮にスタート位置として以後の動きを説明する。

スタートにおいて、本体5を中心としてモータ10、11の動作方向をX軸、モータ8、9の動作方向をY軸とし、最初に $X_0$ 、 $Y_0$ の数値を制御手段23に記憶させておく。

Aの位置よりモータ10、11が正回転すると、Bの位置に向かって前進する。その際、本体5が左の壁に近づくときセンサー14がONし、モータ10、11がストップすると同時にモータ8、9が正回転することにより左の壁より離れ、センサー14がOFFする。そして、モータ8、9がス

可能なものである。これは一般に市販されており、オムニホイールと呼ばれている。8、9、10、11は正逆回転可能なモータであり、ホイール1、2、3、4とそれぞれ軸で直結している。これら、ホイール1~4およびモータ8~11により本体5を前後および左右の直交する2方向に駆動する駆動手段を構成している。12、13は本体5の2方向の移動距離を測定する測定手段、たとえばパルス発生器(エンコーダ)である。測定手段12はX軸用、測定手段13はY軸用であって、モータ10と8にそれぞれギヤによって同一回転になるようセットされている。

14~21は掃除する部屋の壁面までの距離を検知するセンサーであり、本体5の各コーナーに本体5の各面と直角にセットされている。

22は本体5上に設置された掃除手段であり、送風機、集塵室、フィルタおよび吸込ノズルを有している。第1図において点線枠内は掃除手段22の吸込口の範囲を示している。23は本体5の移動の中で2方向の移動距離によってその基本

トップすると同時にモータ10、11が正回転して前進する。また移動中に本体5が左の壁より離れると、センサー14と同一位置にセットされているセンサー15がONし、モータ10、11がストップすると同時にモータ8、9が逆回転することにより左の壁に近づく、センサー15がOFFする。そして、モータ8、9がストップすると同時にモータ10、11が正回転して前進する。

このような動作を繰り返しながら本体5は左の壁に沿ってAからBの位置まで前進する。

この行程の中で、測定手段12、13は各モータと直結されているので、カウントを開始している。そして、AからBの距離を進む中で、ある一定数IをX軸用の測定手段12がカウントした時点で、 $X_1$ 、 $Y_1$ の数値を制御手段23に記憶させる。また、一定数IをXにプラスした数値が測定手段12でカウントした時点を $X_2$ 、 $Y_2$ の数値とし、制御手段23に記憶させる。同じように、Bの位置までIが一定数Iの間隔で $X_n$ 、 $Y_n$ まで数値を制御手段23に記憶させる。

## 特開昭63-183032(3)

Bの位置では、前の壁に近づくことによるセンサー16のON信号で、モータ10, 11をストップさせる。次に、前の壁に沿って進む方法は、左の壁に沿って進む方法と同じように、モータ8, 9を正回転し、センサー16, 17の検知により、モータ10, 11を正回転、逆回転しながら前の壁に沿ってCまで移動してゆく。

そしてCの位置で右の壁に近づくことによるセンサー18の信号によりモータ8, 9がストップする。

BからCに進む中で左の壁に沿った移動と同じように、Y軸用の測定手段13のカウントによって、一定数Iの間隔ごとに進んだ位置の $X_n, Y_n$ を制御手段23に記憶させる。

次に右の壁に沿って進む方法は、モータ10, 11を逆回転させ、先の移動と同じように、センサー18, 19の検知により、モータ8, 9を正回転、逆回転しながら右の壁に沿ってDまで移動してゆく。

そしてDの位置で後の壁に近づくことによる

次に、Fの位置を基点とし、前回記憶した $X_1, Y_1, X_2, Y_2 \sim X_n, Y_n$ の位置数値より各Y軸数値( $Y_n - S$ )になるよう $X_n, Y_n - S$ の位置に向い、モータ10, 11とモータ8, 9を動作させながらGの位置に向い。

Gの位置検知は、Bで記憶した $X_n, Y_n$ の数値よりSの値を減算した数値 $X_n - S, Y_n - S$ で、各モータはストップする。

同じように、H, I, J, Kと前回記憶した $X_n, Y_n$ の点より一定数Sを減算しながら渦巻状に部屋の中心に向い、進行してゆく。

そして部屋の中心であるZの位置で、 $X_n, Y_n = 0$ か、 $X_n, Y_n = \text{マイナス}$ かの判断により、各モータをストップさせ終了報知部24で報知する。なお、Fの位置からは、センサー14~21は、本体5の動作と無関係となる。したがって、センサーは短距離検知のものであって十分機能するものである。

また、実施例のような基本軌跡を追いかけるパターンであると、部屋が正方形、長方形はもちろ

センサー20の信号により、モータ10, 11がストップする。

CからDに進行中にも、同じようにX軸用の測定手段12のカウントによって、一定数Iの間隔ごとに進んだ位置の $X_n, Y_n$ を制御手段23に記憶させる。

次に後の壁に沿って進む方法は、モータ8, 9を逆回転させ、前記と同じようにセンサー20, 21の検知によりモータ10, 11を正回転、逆回転しながら後の壁に沿って移動してゆく。

そして、Aの位置と同一位置のBの位置で左の壁に近づくことによるセンサー14の信号によりモータ8, 9がストップする。

次にこの位置で、前回制御手段23に記憶した $X_0, Y_0$ の数値と $X_n, Y_n$ の数値の比較を行ない、同一場所近辺と判断するとFの位置に、一定数SをY軸の数値 $Y_0$ から減算し、モータ8, 9を正回転する。

そして( $Y_0 - S$ )のカウントで、モータ8, 9をストップさせる。この位置をFとする。

んのこと、平行四辺形、丸円形、円形などであってもくまなく掃除することが可能になる。本体5を曲線に沿って移動させるにはモータ制御により各ホイールを同時駆動するかあるいは回転数に変化をもたせることにより可能である。さらに、例えば、ホイール1とホイール2との外径にわずかの差があつて測定手段12, 13で測定した数値上はX軸方向に直進状態であるにもかかわらず、実際には本体5は曲線移動するような場合が生じたとしても、部屋の壁面との距離を検知して得られた基本軌跡を基準に移動するので、この基本軌跡と相似の軌跡を描きながら部屋の中心部に向かって部屋全体をくまなく掃除することができる。

## 発明の効果

以上述べてきたように本発明によれば、本体の基本軌跡を記憶しこれを追いかけて渦巻状に部屋の中心に移動する方式であるため、部屋の大きさ形状いかんにかかわらず、部屋内をくまなく掃除することができるものであり、きわめて実用的な掃除ロボットが提供できるものである。

特開昭63-183032 (4)

4、図面の簡単な説明

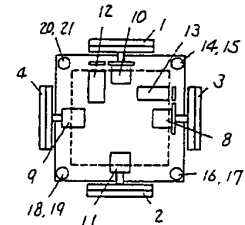
第1図は本発明の一実施例を示す掃除ロボットの内部概略構成を示す平面図、第2図は同掃除ロボットの正面図、第3図はホイールを構成する素子の平面図、第4図は制御ブロック図、第5図は掃除ロボットの基本走行パターンを示す説明図である。

1~4……ホイール、5……本体、8~11……モータ、12, 13……測定手段、14~21……センサー、22……掃除手段、23……制御手段。

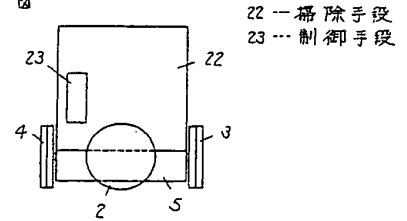
代理人の氏名 弁理士 中尾 敏 男 ほか1名

1~4 ……ホイール  
5 ……本体  
8~11 ……モータ  
12, 13 ……測定手段  
14~21 ……センサー

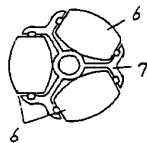
第1図



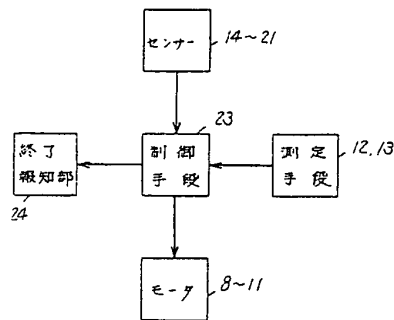
第2図



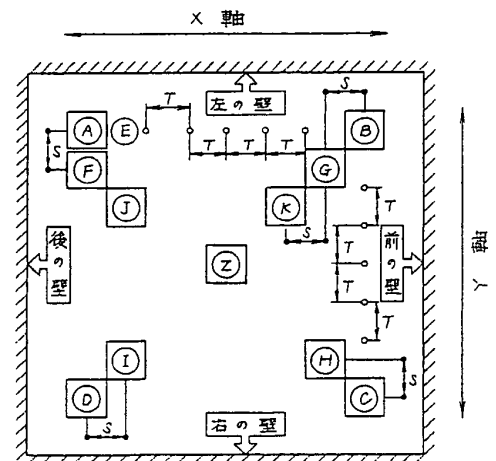
第3図



第4図



第5図



## **CLEANING ROBOT**

**Patent number:** JP63183032  
**Publication date:** 1988-07-28  
**Inventor:** HOTTA MINORU; KOREKAWA TAKASHI; KOBAYASHI  
YASUMICHI; YABUUCHI HIDETAKA  
**Applicant:** MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD  
**Classification:**  
- **international:** A47L9/00; A47L9/28  
- **european:**  
**Application number:** JP19870015502 19870126  
**Priority number(s):** JP19870015502 19870126

Abstract not available for JP63183032

---

Data supplied from the *esp@cenet* database - Worldwide

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号  
特開2003-52596  
(P2003-52596A)

(43)公開日 平成15年2月25日(2003.2.25)

(51)Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テ-マ-ト*(参考)
A 4 7 L	9/28	A 4 7 L	E 3 B 0 5 7
B 2 5 J	5/00	B 2 5 J	E 3 C 0 0 7
	13/08		Z

審査請求 有 請求項の数13 O L (全 9 頁)

(21)出願番号 特願2001-367323(P2001-367323)  
(22)出願日 平成13年11月30日(2001.11.30)  
(31)優先権主張番号 2 0 0 1 - 0 4 7 4 2 6  
(32)優先日 平成13年8月7日(2001.8.7)  
(33)優先権主張国 韓国 (K R)

(71)出願人 595072848  
三星光州電子株式会社  
大韓民国光州廣域市光山区鶯仙洞271  
(72)発明者 宋 貞 坤  
大韓民国光州廣域市光山区月溪洞 鮮京ア  
パート107-503 (番地なし)  
(72)発明者 金 光 秀  
大韓民国光州廣域市光山区月溪洞 成員ア  
パート103-601 (番地なし)  
(74)代理人 100070150  
弁理士 伊東 忠彦

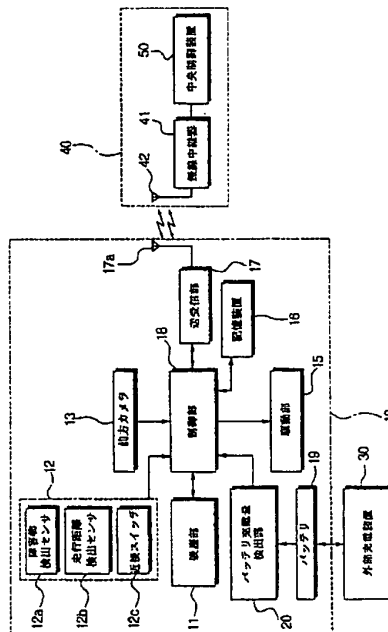
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 ロボット掃除機とそのシステム及び制御方法

(57)【要約】 (修正有)

【課題】 位置認識に対する演算負担を軽減しながら精度よく位置が認識できるロボット掃除機とそのシステム及び制御方法を提供する。

【解決手段】 本発明のロボット掃除機システムは、外部装置と無線で通信しつつ掃除作業を行えるようになったロボット掃除機において、本体上に設けられた複数の輪を駆動する駆動部と、作業対象領域の床面からホコリを吸塵するよう前記本体上に設けられた吸塵部と、前記床面と接する前記本体の底面に相互分離配置され前記床面に向ける方向を検出方向にして金属部材の有無を検出し、検出結果を出力する複数の近接スイッチと、走行時前記近接スイッチの出力信号を用いて移動距離及び移動軌跡を算出し、算出された軌跡情報を用いて所望の作業を行うよう前記駆動部を制御する制御部とを備える。





## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 外部装置と無線で通信しつつ掃除作業を行えるようなロボット掃除機において、本体上に設けられた複数の輪を駆動する駆動部と、作業対象領域の床面からホコリを吸塵するよう前記本体上に設けられた吸塵部と、

前記床面と接する前記本体の底面に相互離隔配置され前記床面に向ける方向を検出方向にして金属部材の有無を検出し、検出結果を出力する複数の近接スイッチと、走行時前記近接スイッチの出力信号を利用して移動距離及び移動軌跡を算出し、算出された軌跡情報を利用して所望の作業を行うよう前記駆動部を制御する制御部とを備えることを特徴とするロボット掃除機。

【請求項 2】 前記近接スイッチは、検出コイルを介して発振する発振器と、前記検出コイルの発振振幅を検出する検波器と、前記検波回路を介して出力される信号を積分して出力する積分器とを備えることを特徴とする請求項 1 に記載のロボット掃除機。

【請求項 3】 前記近接スイッチは、対称位置に設けられた前記輪の旋回中心を連結するラインに沿って列をなして設けられることを特徴とする請求項 1 に記載のロボット掃除機。

【請求項 4】 前記近接スイッチは、前記旋回中心を連結するラインの中心点を中心に対称に奇数個が設けられることを特徴とする請求項 3 に記載のロボット掃除機。

【請求項 5】 前記近接スイッチは、五つが設けられることを特徴とする請求項 4 に記載のロボット掃除機。

【請求項 6】 外部装置と無線で通信しつつ掃除作業を行えるよう設けられており、その本体の底面に近接スイッチが複数個の列をなして設けられたロボット掃除機と、作業領域の床面に設けられ前記近接スイッチが感応できる金属素材よりなるラインが所定パターンに形成されたガイド板とを備えることを特徴とするロボット掃除機システム。

【請求項 7】 前記金属素材よりなるラインは、前記ガイド板の底面に設けられていることを特徴とする請求項 6 に記載のロボット掃除機システム。

【請求項 8】 前記近接スイッチは、前記ロボット掃除機の対称位置に設けられた輪の旋回中心を連結するラインに沿って列をなして設けられることを特徴とする請求項 6 に記載のロボット掃除機システム。

【請求項 9】 前記近接スイッチは、前記旋回中心を連結するラインの中心点を中心に対称に奇数個が設けられることを特徴とする請求項 8 に記載のロボット掃除機システム。

【請求項 10】 前記近接スイッチは、五つが設けられることを特徴とする請求項 9 に記載のロボット掃除機システム。

【請求項 11】 前記金属ラインの幅は、前記近接スイ

ッチそれぞれの感応領域に応ずるよう形成されることを特徴とする請求項 6 に記載のロボット掃除機システム。

【請求項 12】 作業対象領域の床層に所定パターンに金属ラインが形成されており、本体の底面に所定間隔に離隔設置された複数の近接スイッチの前記金属ライン検出信号を利用して走行位置を認識するロボット掃除機の制御方法において、

前記ロボット掃除機を作業領域内に走行させながら前記金属ラインのパターン地図を生成して覚えさせる段階と、

作業要請信号が入力されれば、前記パターン地図と前記近接スイッチで検出された信号を比較しながら前記ロボット掃除機の位置を認識し、認識された位置から目的位置までの走行経路を算出する段階と、算出された走行経路に沿って前記ロボット掃除機を走行させる段階とを備えることを特徴とするロボット掃除機の制御方法。

【請求項 13】 前記近接スイッチは、前記ロボット掃除機の対称位置に設けられた輪の旋回中心を連結するラインに沿って少なくとも三つ以上の奇数個が対称に列をなして設けられており、前記走行段階において最外郭に存する前記近接スイッチにのみ前記金属ラインを検出する信号が受信されれば走行を一時中断し、中央に配列された前記近接スイッチに前記金属ラインが検出されるようにするため求められる方向転換及び直進距離を含む軌道調整座標を算出する段階と、前記軌道調整座標に基づき前記ロボット掃除機を移動させる段階と、前記中央に配列された近接スイッチに前記金属ラインが検出されれば作業を行い続ける段階とを備えることを特徴とする請求項 12 に記載のロボット掃除機の制御方法。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明はロボット掃除機とそのシステム及び制御方法に係り、さらに詳しくは作業対象領域の地理情報を容易に認識出来るようになって所望の位置への移動制御が容易なロボット掃除機とそのシステム及び制御方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 通常、ロボット掃除機は、ユーザの操作なしでも掃除しようとする掃除区域内を自ら走行しつつ床面からホコリ、異物を吸い込む掃除作業を行う機器を指す。

【0003】 ロボット掃除機はセンサを通して掃除区域内に設けられた家具、事務用品、壁のような障害物までの距離を判別し、判別された情報を用いて障害物と衝突しないよう制御しながら掃除区域を掃除する。

【0004】 このようなロボット掃除機は、作業領域を漏れ掃除できるようにするためには作業領域に対する位置を認識すべきである。

【0005】 ロボット掃除機に装着されたカメラで周辺

のイメージを覚えさせ位置を認識する方策に対する研究がなされつつあるが、イメージ認識処理に対する演算負担が大きく、周辺環境の変化により位置認識エラーが発生しうる可能性が高く、現在までイメージ認識処理技術の精度がさほど高くなくて商用化には限界がある。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】本発明は前述したような問題点を改善するために案出されたもので、その目的は位置認識に対する演算処理負担を軽減しつつ精度良く位置が認識できるロボット掃除機とそのシステム及び制御方法を提供することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】前述した目的を達成するために、本発明に係るロボット掃除機は外部装置と無線で通信しつつ掃除作業を行えるようになったロボット掃除機において、本体上に設けられた複数の輪を駆動する駆動部と、作業対象領域の床面からホコリを吸塵するよう前記本体上に設けられた吸塵部と、床面と接する前記本体の底面に相互離隔配置され前記床面に向ける方向を検出方向にして金属部材の有無を検出し、検出結果を出力する複数の近接スイッチと、走行時前記近接スイッチの出力信号を用いて移動距離及び移動軌跡を算出し、算出された軌跡情報を用いて所望の作業を行うよう前記駆動部を制御する制御部とを備える。

【0008】前記近接スイッチは、検出コイルを通して発振する発振器と、前記検出コイルの発振振幅を検出する検波器と、該検波回路を通して出力される信号を積分して出力する積分器とを備える。

【0009】前記近接スイッチは、対称位置に設けられた前記輪の旋回中心を連結するラインに沿って列をなして設けられることが望ましい。

【0010】また、前記近接スイッチは、前記旋回中心を連結するラインの中心点を中心に対称に奇数個が設けられる。

【0011】そして、前述した目的を達成するために本発明に係るロボット掃除機システムは、外部装置と無線で通信しつつ掃除作業を行えるようになっており、その本体の底面に近接スイッチが複数個列をなして設けられたロボット掃除機と、作業領域の床面に設けられ前記近接スイッチが感応できる金属素材よりなるラインが所定パターンに形成されたガイド板とを備える。

【0012】望ましくは、前記金属素材よりなるラインは前記ガイド板の底面に設けられる。

【0013】また、前述した目的を達成するための本発明に係るロボット掃除機の制御方法は、作業対象領域の床面に所定パターンに金属ラインが形成されており、本体の底面に所定間隔に離隔設置された複数の近接スイッチの前記金属ライン検出信号を利用して走行位置を認識するロボット掃除機の制御方法において、前記ロボット掃除機を作業領域内に走行させながら前記金属ラインの

パターン地図を生成して覚えさせる段階と、作業要請信号が入力されれば、前記パターン地図と前記近接スイッチで検出された信号を比較しつつ前記ロボット掃除機の位置を認識し、認識された位置から目的位置までの走行経路を算出する段階と、算出された走行経路に沿って前記ロボット掃除機を走行させる段階とを備える。

【0014】望ましくは、前記近接スイッチは前記ロボット掃除機の対称位置に設けられた輪の旋回中心を連結するラインに沿って少なくとも三つ以上の奇数個が対称に列をなして設けられており、前記走行段階で最外郭に存する前記近接スイッチにのみ前記金属ラインを検出する信号が受信されれば、走行を一時中止し、中央に配された前記近接スイッチに前記金属ラインが検出されうるようにするため求められる方向転換及び直進距離を含む軌道調整座標を算出する段階と、前記軌道調整座標により前記ロボット掃除機を移動させる段階と、前記中央に配された近接スイッチに前記金属ラインが検出されれば作業を行い続ける段階とを備える。

【0015】

【発明の実施の形態】以下、添付した図面に基づき本発明の望ましい実施例によるロボット掃除機とそのシステム及び制御方法を一層詳しく述べる。

【0016】図1は本発明の一実施例によるロボット掃除機のカバーを取り外した状態を示す斜視図であり、図2は図1のロボット掃除機の底面図であり、図3は図1のロボット掃除機が適用されるロボット掃除機システムを示したブロック図である。

【0017】図面を参照するに、ロボット掃除機10は、吸塵部11、センサ部12、前方カメラ13、駆動部15、記憶装置16、送受信部17、制御部18及びバッテリー19と、を備える。

【0018】吸塵部11は、空気を吸い込みながら対向する床のホコリを集塵できるよう本体10a上に設けられている。このような吸塵部11は公知の多様な方式により構成されうる。一例として、吸塵部11は吸込モータ(図示せず)と、吸込モータの駆動により床と対向形成された吸込口または吸込管を通して吸い込まれたホコリを集塵する集塵室を備える。

【0019】センサ部12は、外部に信号を送り出し反射された信号を受信できるよう胴体の側面の回りに所定間隔に配されている障害物検出センサ12aと、走行距離を測定できる走行距離検出センサ12b及び近接スイッチ12cとを備える。

【0020】障害物検出センサ12aは、光を射出する発光素子12a1と、反射された光を受信する受光素子12a2が垂直状に対をなして外周面に沿って多数が配列されている。また、障害物検出センサ12aは超音波を射出し、反射された超音波を受信できる超音波センサが適用されうる。障害物検出センサ12aは障害物または壁との距離を測定するのにも利用される。

【0021】 走行距離検出センサ12bは輪15aないし15dの回転数を検出する回転検出センサが適用される。例えば、回転検出センサはモータ15e、15fの回転数を検出するよう設けられたエンコーダが適用される。

【0022】 近接スイッチ12cは、図2に示した通り、作業領域の床面と接する本体10aの底面に多数設けられている。

【0023】 望ましくは、近接スイッチ12cは対称位置に存する二つの輪15c、15dの中心を連結する線15hに沿って対称に複数個が離隔設置される。望ましくは二つの輪15c、15dを繋ぐ線15hの中間地点15iを中心に奇数個設けられる。望ましくは五つ設けられる。

【0024】 このように近接スイッチ12cが輪15c、15dの旋回中心軸の線15h上に位置されれば、近接スイッチ12cの信号に応じて走行軌跡調整時、元の場所から直交回転/直進/直交回転/をその調整単位にして容易に軌道調整が可能である。

【0025】 近接スイッチ12cは、望ましくは作業領域の床面に向ける方向を検出方向にして所定の感応距離内に存する金属素材を間接式で検出できるものが適用される。

【0026】 一例として、近接スイッチ12cは所定周波数の発振信号を出力し、発振により形成された磁界に反応した金属素材により発振の振幅変化を検出して金属素材の有無を検出する発振型方式、または検出電極と検出対象との近接距離により発生する静電容量変化を検出して検出体の有無を判別する静電容量型がある。

【0027】 望ましくは、近接スイッチ12cは発振方式が適用される。発振型近接スイッチ12cの一般の構造は、図4に示した通り、発振器12ck、検波器12cl、積分器12cmとを備える。信号感応能力により増幅器12cnがさらに備えられる。

【0028】 発振器12ckは、検出面に近接設置された検出コイルを介して高周波発振信号を印加する。

【0029】 検波器12clは、発振器の検出コイルの発振振幅を検出して出力する。

【0030】 積分器12cmは、検波器12clを通して出力される信号を積分して増幅器12cnを介して制御部18に出力する。

【0031】 このような発振型近接スイッチ12cは、検出コイルから発生する高周波磁界内に検出体、すなわち金属素材が近付けば、電子誘導現象により検出体(金属素材)に渦電流が発生する。前記渦電流は検出コイルから発生する磁束の変化を妨害する方向に発生し、発振器12ckの内部発振回路の発振振幅が減衰または停止される。このような反応特性を利用して検出体(金属素材の有無)を検出する。

【0032】 このような近接スイッチ12cの認識でき

る金属ラインが所定パターンに床面の下部に設けられることが望ましい。

【0033】 例えば、図6Aないし図6Dに示した通り、ガイド板60に所定パターンに金属ライン61、63、65、67が形成される。金属ライン61、63、65、67の線幅は前記近接スイッチそれぞれの感応領域に対応するよう形成される。

【0034】 さらに好ましくは、視覚的に金属ライン61、63、65、67パターンが露出されないようガイド板60、例えば通常床敷きと呼ばれる床板の底面に金属ラインを例示されたようなパターンに形成する。また、ガイド板60の金属ラインを除いた残り部分はフレキシブルな絶縁性素材で形成されることが望ましい。

【0035】 ガイド板60の厚さは、ロボット掃除機10の近接スイッチ12cの感応距離内に存するよう決まる。例えばガイド板60の厚さは5cm以下になるものが適用される。

【0036】 望ましくは、図6Aに示したようなマトリックス形の金属ライン61が設けられる。このようなマトリックス形の金属ライン61は近接スイッチ12cが交差点に達すれば、全ての近接スイッチ12c1ないし12c5が金属ライン検出信号を出力するため、交差点位置を容易に判断できて位置判断を一層精度よく下すことができる。

【0037】 前方カメラ13は、前方のイメージを撮像出来るように本体10a上に設けられ撮像されたイメージを制御部18に出力する。

【0038】 駆動部15は、前方の両側に設けられた二つの輪15a、15bと、後方の両側に設けられた二つの輪15c、15d、後方の二つの輪15c、15dをそれぞれ回転させるモータ15e、15f及び後方の輪15c、15dから発生する動力を前方の輪に伝達できるように設けられたタイミングベルト15gとを備える。駆動部15は、制御部18の制御信号に応じて各モータ15e、15fを独立して正逆転駆動させる。方向回転は各モータの回転数を相違に駆動すれば良い。

【0039】 送受信部17は、送信対象データをアンテナ17aを介して送り出し、アンテナ17aを介して受信された信号を制御部18に転送する。

【0040】 バッテリ19は外部充電装置30と着脱自在に本体10aの外側に設けられたバッテリの充電端子(図示せず)を通して充電できるよう本体10a上に設けられている。

【0041】 バッテリ充電量検出部20は、バッテリ19の充電量を検出し、検出された充電量が設定された下限レベルに達すれば充電要請信号を発生する。

【0042】 制御部18は送受信部17を通して受信された信号を処理し、各要素を制御する。本体10a上に機器の機能設定を操作するための多数のキーが備わったキー入力装置(図示せず)が本体上にまたは遠隔制御器4

0に備わった場合、制御部18はキー入力装置から入力されたキー信号を処理する。

【0043】制御部18は、望ましくは非作業時に外部充電装置30と結合された状態で充電しつつ待機できるように各要素を制御する。このように作業を行っていない時、外部充電装置30と結合された状態に待機すれば、バッテリー19の充電量を一定範囲内に維持させようようになる。

【0044】制御部18は外部充電装置30から離脱して作業遂行後外部充電装置30への復帰時、近接スイッチ12cにより走行する時算出された軌跡情報を利用して復帰する。制御部18は復帰時及び作業遂行時カメラ13、14に覚えられているイメージ情報を補助的に利用することもできる。ここで、作業は掃除作業またはカメラ13を通した監視作業を含む。

【0045】ロボット掃除機10の制御部18は、指示された作業を完了したり、作業途中バッテリー充電量検出部20から充電要請信号が入力されれば、外部充電装置30から離脱時覚えさせた移動軌跡情報を用いて、外部充電装置30への復帰軌道を算出し、算出された復帰軌道に沿って走行しつつ近接スイッチ12cから入力された信号を用いて軌道離脱が抑えられるよう駆動部15を制御する。

【0046】望ましくは、ロボット掃除機10の作業制御及びカメラ13により撮像されたイメージの処理及び分析を外で行えるようロボット掃除機システムが構築される。

【0047】このため、ロボット掃除機10はカメラ13により撮像されたイメージを外に無線で送り出し、外部から受信された制御信号に応じて動作するよう構成され、遠隔制御器40は作業制御及び充電装置30への復帰を含んだ一連の制御を無線でロボット掃除機10を制御する。

【0048】遠隔制御器40は無線中継器41と中央制御装置50とを備える。無線中継器41は、ロボット掃除機10から受信された無線信号を処理して有線を介して中央制御装置50に転送し、中央制御装置50から受信された信号をアンテナ42を介して無線でロボット掃除機10に送り出す。

【0049】中央制御装置50は通常のコンピュータで構築され、その一例が図5に示されている。同図を参照すれば、中央制御装置50は、中央処理装置(CPU)51、ロム(ROM)52、ラム(RAM)53、表示装置54、入力装置55、記憶装置56、及び通信装置57とを備える。

【0050】記憶装置56にはロボット掃除機10を制御しロボット掃除機10から転送された信号を処理するロボット掃除機ドライバー56aが設けられている。

【0051】ロボット掃除機ドライバー56aは実行されれば、ロボット掃除機10の制御を設定できるメニュー

ーを表示装置54を通して提供し、提供されたメニューに対してユーザから選択されたメニュー項目がロボット掃除機10により実行されるように処理する。前記メニューは大分類として掃除作業遂行、監視作業遂行を含み、大分類に対するサブ選択メニューとして作業対象領域選択リスト、作業方式など適用される機器において支援できる多数のメニューが提供されることが望ましい。

【0052】望ましくは、ロボット掃除機ドライバー56aには地理情報認識モードメニューを提供し、地理情報認識モードメニューが選択されれば、ロボット掃除機10が外部充電装置30から分離され作業対象領域を走行しつつ近接スイッチ12cから検出され転送された信号を利用して金属ラインのパターンに対する地理情報を生成し記憶させる。このような地理情報生成及び貯蔵はロボット掃除機10内で行われるようにすることもできる。

【0053】ロボット掃除機ドライバー56aは、設定された作業時期またはユーザにより入力装置55を介して作業指示信号が入力されれば、該当作業が行われるようロボット掃除機10を制御する。

【0054】ロボット掃除機10の制御部18は、ロボット掃除機ドライバー56aから無線中継器41を介して受信された制御情報に基づき駆動部15及び/または吸塵部11を制御し、カメラ13により撮像されたイメージを無線中継器41を介して中央制御装置50に転送する。

【0055】このような作業制御中、ロボット掃除機10からバッテリー充電要請信号または作業完了信号が無線中継器41を介して受信されれば、ロボット掃除機ドライバー56aは記憶装置56に覚えられている金属ラインの地理情報を利用して充電装置30への復帰軌道を算出し、算出された軌跡によりロボット掃除機10が外部充電装置30に復帰できるようにロボット掃除機10を制御する。

【0056】以下、ロボット掃除機の制御過程を図7及び図8に基づき詳述する。まず、金属ラインのパターン地図を生成及び生成されたパターン地図を貯蔵する(段階100)。

【0057】金属ラインのパターン地図生成過程は、ロボット掃除機10を設けて使用したい時セットアップする過程において、またはユーザが地理情報の更新が必要であると判断される時、地理情報認識モードを選択する時行われる。また、充電装置30から離脱する時毎回行うよう設定される場合もある。

【0058】その後、作業要請信号が受信されたのかを判断する(段階110)。

【0059】作業要請信号が受信されたと判断されれば、所望の作業を行うために求められる走行経路を覚えられた金属ラインの地理情報を利用して算出する(段階120)。

【0060】次いで、算出された走行経路に沿ってロボット掃除機10を走行させる(段階130)。

【0061】走行経路は中央の近接スイッチ12c3が金属ライン65と対向するよう決定され、正常走行経路に沿って走行する姿が図7のAに示されている。

【0062】その後、走行過程で最外郭近接スイッチ12c1、12c5のうちいずれか一つからのみ金属ライン検出信号が入力されたのかを判断する(段階140)。

【0063】段階140において、最外郭近接スイッチ12c1、12c5のうちいずれか一つからのみ金属ライン検出信号が入力されたと判断されれば、すなわち正常走行経路を離脱して図7のB及びCに示したように位置されれば、ロボット掃除機10の許容制限軌跡に達したと判断し、ロボット掃除機10を一時停止して正常走行軌道に復帰するために求められる軌道調整座標を算出する。

【0064】すなわち、図7のBの場合、一時停止したロボット掃除機を元の場所から左側に90°回転させた後、中央近接スイッチ12c3と最外郭近接スイッチ12c1との離隔距離に該当する距離ほど直進させてから、正常走行方向(矢印で示した方向)に復帰させるために元の場所から90°右側に回転させれば、中央近接スイッチ12c3が金属ラインに対向位置され、このような方向転換及び直進走行距離に対する軌道調整座標が段階150で算出される。

【0065】また、すなわち図7のCの場合、一時停止したロボット掃除機10を元の場所から右側に90°回転させた後、中央近接スイッチ12c3と最外郭近接スイッチ12c5間の離隔距離に該当する距離ほど直進させた後走行方向に復帰させるために次の元の場所から90°左側に回転させれば、中央近接スイッチ12c3が金属ライン61に対向位置され、このような方向転換及び直進走行距離に対する軌道調整座標が段階150で算出される。

【0066】その後、算出された軌道調整座標に基づきロボット掃除機10の駆動部15を制御する正常走行軌道に復帰させた後目的地に移動させる(段階160)。

【0067】一方、図7のD及びEの場合、すなわち最外郭近接スイッチ12c1、12c5と中央近接スイッチ12c3との間に配列された中間近接スイッチ12c2、12c4にのみ金属ライン検出信号が受信されれば、左右輪の回転速度を相互相違にして軌道を調整する。このような走行過程を通して作業終了と判断されれば(段階170)、作業を終了する。

【0068】

【発明の効果】以上述べた通り、本発明に係るロボット掃除機とそのシステム及び制御方法によれば、作業領域内におけるロボット掃除機の位置認識及び走行軌跡判断が容易なので作業遂行能力を向上させることができ、位置認識に対する演算処理負担を軽減させることができ

る。

【0069】本発明は前述した特定の望ましい実施例に限らず、請求の範囲において請求する本発明の要旨を逸脱せず該発明の属する技術分野において通常の知識を持つ者ならば誰でも多様な変形実施が可能なことは勿論、そのような変形は記載された請求の範囲内にある。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係るロボット掃除機のカバーを取り外した状態を示した斜視図である。

【図2】図1のロボット掃除機の概略底面図である。

【図3】図1のロボット掃除機が適用されたロボット掃除機システムを示したブロック図である。

【図4】図3の近接センサの一例を示したブロック図である。

【図5】図3の中央制御装置を示したブロック図である。

【図6A】図1のロボット掃除機に適用される金属ラインの例を示した図である。

【図6B】図1のロボット掃除機に適用される金属ラインの例を示した図である。

【図6C】図1のロボット掃除機に適用される金属ラインの例を示した図である。

【図6D】図1のロボット掃除機に適用される金属ラインの例を示した図である。

【図7】図1のロボット掃除機が金属ラインに沿って走行する際軌道を調整する過程を説明するための図である。

【図8】図1のロボット掃除機の作業遂行時軌道調整過程を示したフローチャートである。

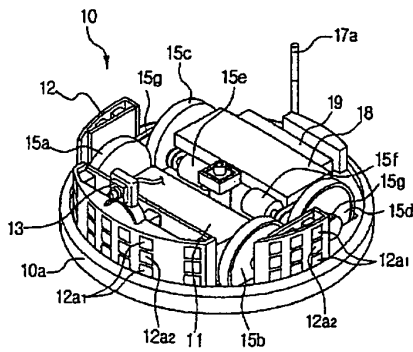
【符号の説明】

- 10 ロボット掃除機
- 10a 本体
- 11 吸塵部
- 12 センサ部
- 12a 障害物検出センサ
- 12b 走行距離検出センサ
- 12c 近接スイッチ
- 12a1 発光素子
- 12a2 受光素子
- 12c1～12c5 近接スイッチ
- 12ck 発振器
- 12cl 検波器
- 12cm 積分器
- 12cn 増幅器
- 13 前方カメラ
- 15 駆動部
- 15a～15d 輪
- 15e、15f モータ
- 15g タイミングベルト
- 15h 線

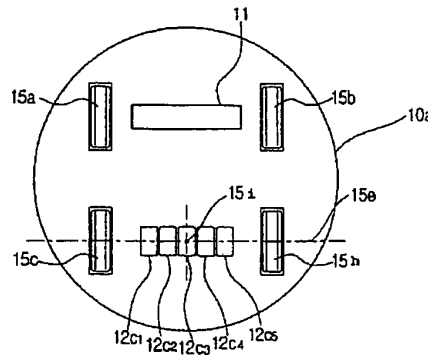
- 15 i 中間地点
- 16、56 記憶装置
- 17 送受信部
- 18 制御部
- 19 バッテリ
- 20 バッテリ充電量検出部
- 30 外部充電装置
- 40 遠隔制御器
- 41 無線中継器
- 50 中央制御装置

- 51 中央処理装置 (CPU)
- 52 ロム (ROM)
- 53 ラム (RAM)
- 54 表示装置
- 55 入力装置
- 56 a ロボット掃除機ドライバー
- 57 通信装置
- 60 ガイド板
- 67 金属ライン

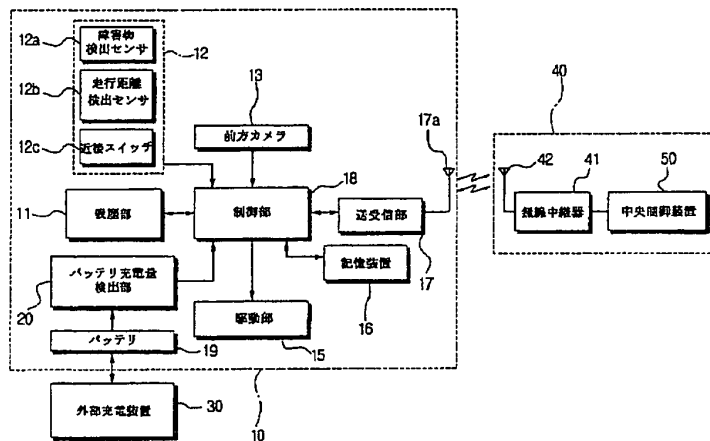
【図1】



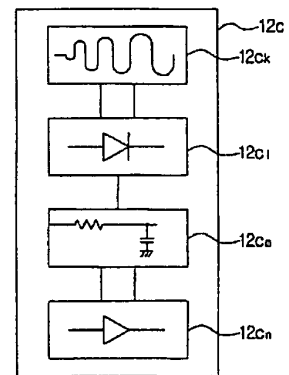
【図2】



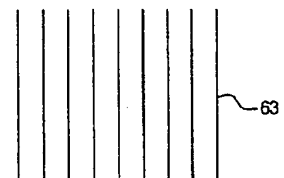
【図3】



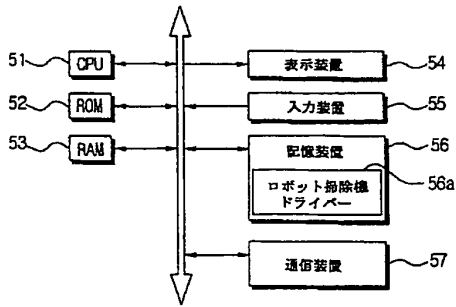
【図4】



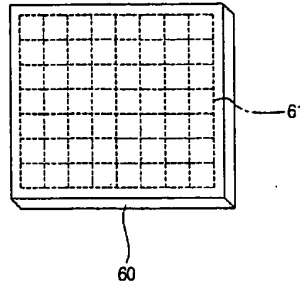
【図6B】



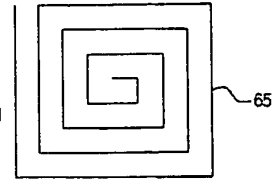
【図5】



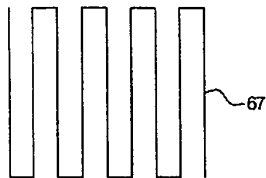
【図6A】



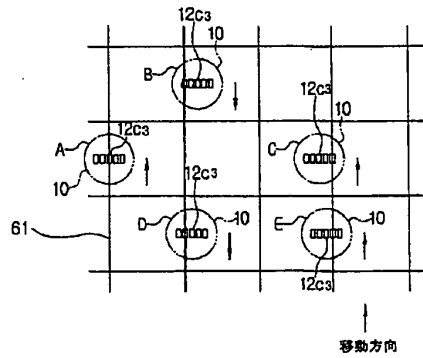
【図6C】



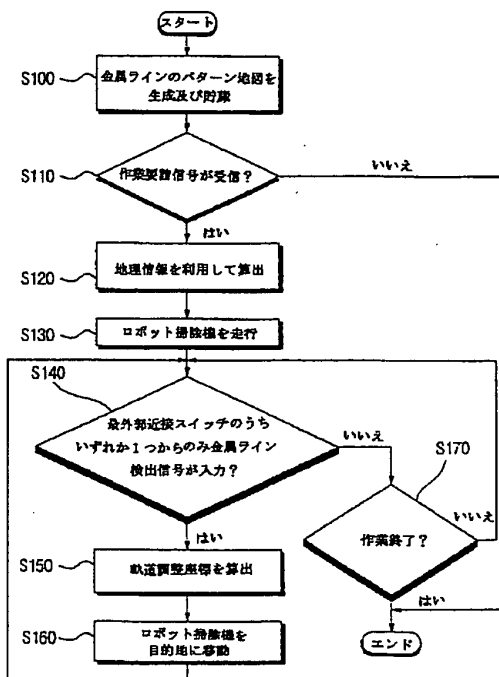
【図6D】



【図7】



【図8】



フロントページの続き

(72)発明者 高 將 然  
大韓民国光州廣域市北区豊郷洞590-42

Fターム(参考) 3B057 DA00  
3C007 AS15 CS08 KS00 KS10 KS36  
KV08 KX02 LS15 LT06 WA16  
WA28 WB16



2003052596 A



(11) Publication number: 2003052596 A

(19)

Generated Document.

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(51) Intl. Cl.: A47L 9/28 B25J 5/00 B25J 13/08

(21) Application number: 2001367323

(22) Application date: 30.11.01

(30) Priority: 07.08.01 KR 2001  
200147426

(43) Date of application publication: 25.02.03

(84) Designated contracting states:

(71) Applicant: SAMSUNG KWANGJU ELECTRONICS CO LTD

(72) Inventor: SONG JEONG-GON  
KIM KWANG-SU  
KO JANG-YOUN

(74) Representative:

(54) ROBOT CLEANER,  
SYSTEM AND CONTROL  
METHOD THEREFOR

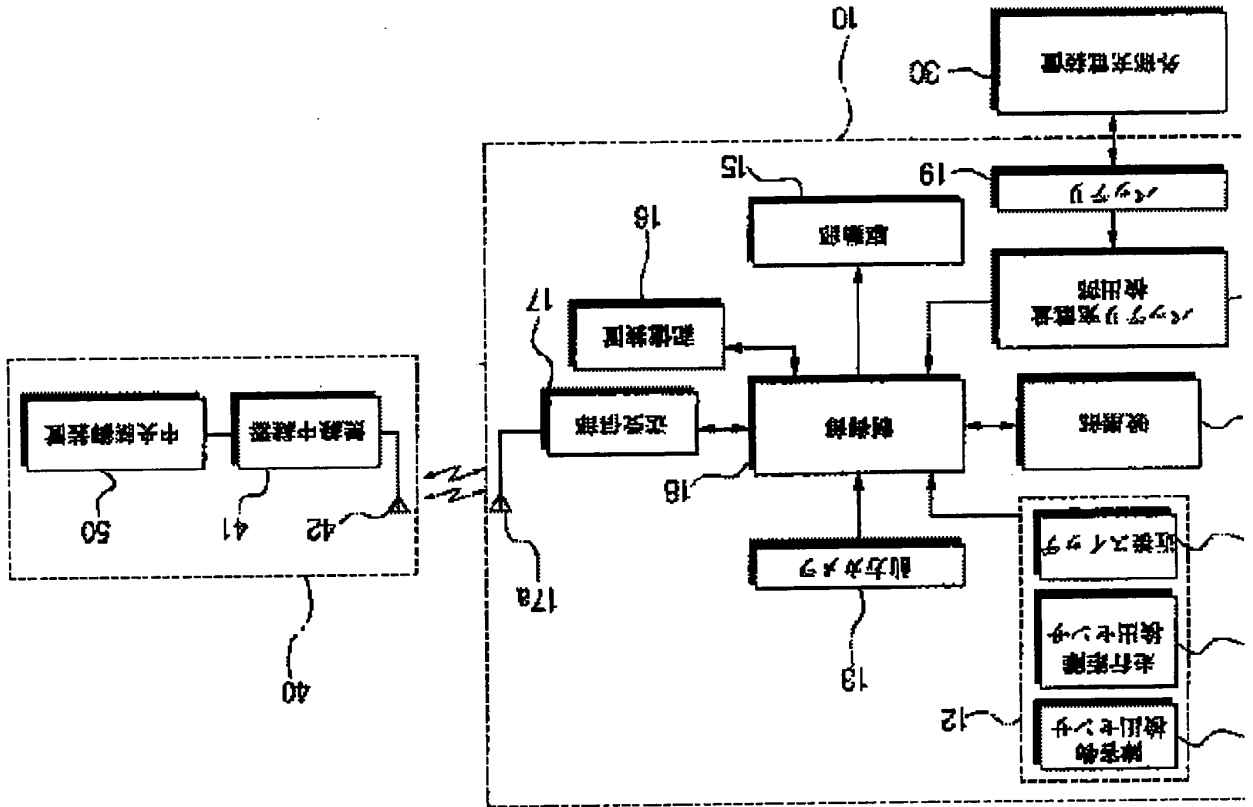
(57) Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a robot cleaner capable of accurately recognizing a position while reducing computation burden for position recognition, and a system and control method thereof.

**SOLUTION:** In the robot cleaner system, a robot cleaner is capable of

wirelessly communicating with external equipment, and has a driving section driving a plurality of wheels provided on a body, a dust suction section provided on the body so as to suck dust from a floor surface in an area as a target of working, a plurality of proximity switches arranged mutually apart at the bottom of the body contacting the floor surface and detecting presence of a metal member in the direction of detection as the direction of facing to the floor surface, and outputting the result of detection, a control section computing the distance and track of movement, using the output signal of the proximity switches and controlling the driving section to ensure that desired work will be performed, using track information computed.

COPYRIGHT: (C)2003, JPO



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 特 許 公 報 (B 2)

(11)特許番号

特許第3375843号  
(P3375843)

(45)発行日 平成15年2月10日(2003.2.10)

(24)登録日 平成14年11月29日(2002.11.29)

(51)Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	
G 0 5 D 1/02		G 0 5 D 1/02	L J S

請求項の数6(全 19 頁)

(21)出願番号	特願平9-29768	(73)特許権者	000005326 本田技研工業株式会社 東京都港区南青山二丁目1番1号
(22)出願日	平成9年1月29日(1997.1.29)	(72)発明者	上野 一朗 埼玉県和光市中央一丁目4番1号 株式 会社 本田技術研究所内
(65)公開番号	特開平10-214114	(72)発明者	加藤 弘宣 埼玉県和光市中央一丁目4番1号 株式 会社 本田技術研究所内
(43)公開日	平成10年8月11日(1998.8.11)	(74)代理人	100079289 弁理士 平木 道人 (外1名)
審査請求日	平成12年9月20日(2000.9.20)	審査官	槻木澤 昌司

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 ロボットの自律走行方法および自律走行ロボットの制御装置

1

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】 領域の境界を検出するセンサを有する移動ロボットの、前記領域内での自律走行方法において、前記領域内の任意の位置から巡回走行を開始してその巡回半径を徐々に大きくしていく渦巻き走行を行い、前記センサによって検出される前記境界までの距離が予定距離以内であると判断したときに、前記渦巻き走行を中止して前記境界から遠ざかるように進行方向に対して予定の折返し角度で折返しして直進し、以後、次々に前記境界を検出する毎に折返しおよび直進を繰り返し、予定の折返し回数だけ折返した後、予定距離だけ直進した位置から再び前記渦巻き走行をすることを特徴とするロボットの自律走行方法。

【請求項2】 前記渦巻き走行に移るまでの折返し回数および最終折返し後、渦巻き走行に移るまでの直進距離

2

は、前記領域をほぼ網羅的に走行するのに要する時間が極小になるようにシミュレーションモデルにより決定したデータによることを特徴とする請求項1記載のロボットの自律走行方法。

【請求項3】 前記折り返し角度が進行方向に対してほぼ135°であることを特徴とする請求項1または2記載のロボットの自律走行方法。

【請求項4】 前記移動ロボットが、前記センサとして進行方向前方左右に少なくとも一対の障害物センサを有するとともに、前記領域の境界が壁面で形成され、前記移動ロボットは障害物センサで前記境界の壁面を検出しつつ自律走行することを特徴とする請求項1～3のいずれかに記載のロボットの自律走行方法。

【請求項5】 右車輪および左車輪のそれぞれの回転方

向および回転速度によって進行方向が決定される自律走行ロボットの制御装置において、本体の前方右側に設けられた右側障害物センサと、本体の前方左側に設けられた左側障害物センサと、前記右側障害物センサで検出された障害物までの距離に対応して前記左右の車輪を駆動するための走行パラメータ、および前記左側障害物センサで検出された障害物までの距離に対応して前記左右の車輪を駆動するための走行パラメータをそれぞれ決定する手段と、前記決定されたそれぞれの走行パラメータのうち、前記障害物を回避するための低速走行優先のルールに基づいて右車輪に対応する走行パラメータおよび左車輪に対応する走行パラメータを選択し、これによって、前記右車輪および左車輪の回転方向および回転速度を決定する手段とを具備したことを特徴とする自律走行ロボット。

【請求項6】 前記走行パラメータは少なくともロボットの走行速度を含み、前記障害物センサで検出された障害物までの距離が短くなるのに相応して前記走行速度が段階的に小さく設定されるように構成したことを特徴とする請求項5記載の自律走行ロボットの制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、ロボットの自律走行方法および自律走行ロボットの制御装置に関し、特に、与えられた領域を、できるだけ短時間でほぼ網羅的に走行できるようにするロボットの自律走行方法および自律走行ロボットの制御装置に関する。

【0002】

【従来の技術】掃除ロボット、芝刈りロボット、左官ロボット、および農業用散布ロボット等、与えられた領域をくまなく自動走行して予め定められた作業をする移動ロボットが知られている。例えば、特開平5-46246号公報に記載された掃除ロボットは、掃除に着手する前に部屋内を周回し、部屋の大きさ、形状および障害物を検出して走行領域つまり掃除領域のマッピングを行う。そして、このマッピング動作によって得られた座標に基づき、ジグザグ走行や周回走行の半径を一周毎に小さくしていく螺旋走行を行って部屋全体を掃除する。このロボットは、接触センサおよび超音波センサで壁面を検知して進路を判定するとともに距離計によって周回の終了を検出するように構成されている。同様に、床面を余すことなく走行させるロボットは、特開平5-257533号公報にも開示されている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】従来のロボットには、次のような問題点がある。上述のように、従来のロボットは多数のセンサを有し、該センサの出力に基づいて走行領域の状況をすべて把握した上で、行うべき動作を決定する。すなわち、前記センサで検出された情報は常時中央制御装置に取り込まれ、この情報に基づいて精度よ

くロボットを走行させるために次に行うべき制御が判断される。そして、この判断に基づいてモータ等の駆動系アクチュエータが制御される。

【0004】このように、多数のセンサの出力をすべて中央制御装置に取り込んで処理をすると、制御システムが極めて複雑化するとともに、処理速度も遅くなる。こうして処理に時間がかかるために、例えば、壁面等の障害物を検出した後、この障害物を回避する処置をとるのが遅れるという問題点がある。さらに、マッピング、ティーチング、および各種処理のためのしきい値の設定等、初期設定に時間がかかったり、この初期設定に熟練を要したりするという問題点があった。

【0005】したがって、従来のロボットは、複雑で大型化するだけでなく、高価にもなるため用途が限定される。例えば、工場内の搬送ロボットや大型の掃除ロボット等のごく限られた用途でしか実用化されていないのが現状である。

【0006】一方、ロボットの用途は、必ずしも対象領域の全体を高精度で走行する必要がある場合だけでなく、対象領域をほぼ網羅的に走行できれば、その走行方向や走行コースが予定のコースにどれだけ正確であるかは大きい問題とならない場合もある。例えば、掃除ロボットでは、用途によっては対象領域全体にわたって未清掃部分がなくなるように高い精度で走行させなくても、ある程度未清掃部分があっても十分という場合も多い。また、同様に、芝刈りロボットなどでは芝刈り跡がきれいに揃っている必要もあるが、単なる草刈りロボットとしてであれば、一定程度のできばえで刈り取られていればそれで十分な場合もある。

【0007】本発明は、上記現状認識に基づき、より簡単な構成で、与えられた領域をほぼ網羅的にロボットを走行させることができるロボットの走行制御装置を提供することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】上記の課題を解決し、目的を達成するための本発明は、センサによって領域の境界を検出しつつ該領域内を走行する移動ロボットの自律走行方法において、前記領域内の任意の位置から巡回走行を開始してその巡回半径を徐々に大きくしていく渦巻き走行を行い、前記境界を検出時の該境界までの距離が予定距離以内であると判断したときに渦巻き走行を中止して前記境界から遠ざかるように進行方向に対して予定の折返し角度で折返して直進し、以後、次々に前記境界を検出する毎に折返しおよび直進を繰り返す、予定の折返し回数だけ折返した後、予定距離だけ直進した位置から再び前記渦巻き走行をする点に第1の特徴がある。

【0009】また、本発明は、前記渦巻き走行に移るまでの折返し回数および最終折返し後、渦巻き走行に移るまでの直進距離は、前記領域をほぼ網羅的に走行するのに要する時間が極小になるようにシミュレーションモデ

ルにより決定したデータによる点に第2の特徴がある。また、本発明は、前記折り返し角度が進行方向に対してほぼ135°である点に第3の特徴がある。

【0010】また、本発明は、移動ロボットが、前記センサとして進行方向前方左右に少なくとも一対の障害物センサを有するとともに、前記領域の境界が壁面で形成され、前記移動ロボットは障害物センサで前記境界の壁面を検出してつつ自律走行する点に第4の特徴がある。

【0011】また、本発明は、右車輪および左車輪のそれぞれの回転方向および回転速度によって進行方向が決定される自律走行ロボットの制御装置において、本体の前方右側に設けられた右側障害物センサと、本体の前方左側に設けられた左側障害物センサと、前記右側障害物センサで検出された障害物までの距離に対応して前記左右の車輪を駆動するための走行パラメータ、および前記左側障害物センサで検出された障害物までの距離に対応して前記左右の車輪を駆動するための走行パラメータをそれぞれ決定する手段と、前記決定されたそれぞれの走行パラメータのうち、前記障害物を回避するための低速走行優先のルールに基づいて右車輪に対応する走行パラメータおよび左車輪に対応する走行パラメータを選択し、これによって、前記右車輪および左車輪の回転方向および回転速度を決定する手段とを具備した点に第5の特徴がある。また、本発明は、前記走行パラメータは少なくともロボットの走行速度を含み、前記障害物センサで検出された障害物までの距離が短くなるのに対応して前記走行速度が段階的に小さく設定されるように構成した点に第6の特徴がある。

【0012】第1ないし第3の特徴によれば、領域内で繰り返される渦巻き走行によって領域内のほぼ全域を網羅するように効率的にロボットを走行させられる。特に、第2の特徴によれば、シミュレーションの結果によって最大の効率を追及して決定された折返し回数と折返し後の最後の直進距離によって、効率を考慮した最適の位置から次の渦巻き走行が開始される。

【0013】また、第4ないし第6の特徴によれば、ロボットの進行方向右側と左側とに設けられたセンサによって検出された障害物までの距離に基づいてロボットの走行が制御され、特に、第5の特徴によれば、ロボットの進行方向右側と左側とに設けられたセンサによって検出された障害物までの距離に基づいて走行のためのパラメータが左右独自に決定され、そのいずれかによって、障害物を回避するのに適したように、低速走行優先のルールに基づいて車輪の速度等は決定される。

【0014】

【発明の実施の形態】以下に、図面を参照して本発明を詳細に説明する。図1は本発明の一実施形態に係る制御装置を含む移動ロボットの概略構成を示す模式図である。同図において、ロボット1は、本体2の両側にそれぞれ配置された無限軌道付の車輪3、4によって前進、

後退、停止および旋回の各動作を行えるように構成されている。各車輪には図示しないモータが個別に結合されている。前記旋回には、左右の車輪3、4の一方を停止させ、片方のみを回転させて行う信地旋回と、両方の車輪3、4を互いに逆転させて行う信地旋回（本願では特に「超信地旋回」という）とが含まれる。本体2の前方に設けられたバンパー5には障害物との接触を、圧力を感知して検出する接触センサ（図示しない）が取り付けられている。

【0015】さらに、ロボット1には、障害物を非接触で検知するための超音波センサが8個設けられている。ロボット1の進行方向前方に設けられたセンサ6R、6L、前方斜めに設けられたセンサ6MR、6ML、前方下部に設けられたセンサ6DR、6DL、ならびに側方に設けられたセンサ6SR、6SLである。これらのセンサは超音波センサからなるのが望ましいが、光学的センサ等の他の障害物センサを使用してもよい。センサ6R、6SR、6MR、6DRは走行方向に対して右側の障害物を検出し、センサ6L、6SL、6ML、6DLは走行方向に対して左側の障害物を検出する。そして、右側のセンサ6R、6SR、6MR、6DRの検出信号に基づいて右側の車輪3の回転を制御し、左側のセンサ6L、6SL、6ML、6DLの検出信号に基づいて左側の車輪4の回転を制御する。

【0016】以下の説明では、センサ6R、6L、6MR、6ML、6DR、6DL、6SR、6SLを総括的に呼称する場合は超音波センサ6という。前記センサ6DR、6DL、6MR、6MLはECU1aに、センサ6SR、6SLはECU2aに、センサ6R、6LはECU3aにそれぞれ接続されている。各ECUはセンサ6の駆動回路および該センサ6の信号の入出力を管理する電子回路装置であり、後述の制御装置7に接続されている。

【0017】上記障害物検知用センサに加えて、前記車輪3、4の回転数を検出するためのセンサ（図示しない）が設けられる。この回転数検出センサは、具体的には、該車輪駆動用のモータに結合されるエンコーダで実現でき、該エンコーダの出力パルス回転数出力として利用できる。

【0018】次に、本実施形態に係る制御装置のハード構成を図2のブロック図を参照して説明する。同図において、制御装置7はCPU8を具備し、超音波センサ6は該超音波センサ6の入出力を管理する超音波センサ駆動回路16（ECU1a、ECU2a、ECU3aを含む）を介してデジタル入力部9に接続される。デジタル入力部9には、超音波センサ6のほか、前記バンパー5に設けられた接触センサ5A、および左右の車輪3、4を駆動するモータの回転数センサ（エンコーダ）10が接続される。この構成により、デジタル入力部9を通じて超音波センサ6、接触センサ5A、回転数センサ10

の検出信号がCPU8に入力される。

【0019】一方、CPU8には、デジタル出力部11を介して右車輪用電磁ブレーキ12、左車輪用電磁ブレーキ13、右車輪モータ（以下、「右モータ」という）14、および左車輪モータ（以下、「左モータ」という）15が接続されている。そして、CPU8での処理に基づく指示は該デジタル出力部11を通じてそれぞれ右車輪用電磁ブレーキ12、左車輪用電磁ブレーキ13、右モータ14、および左モータ15等に入力される。デジタル出力部11を通じて右モータ14および左モータ15に供給されるのは回転方向の指示信号である。また、右モータ14および左モータ15には、D/Aコンバータ17を通じてCPU8から回転速度指示が入力される。

【0020】上記構成により、入力された超音波センサ6および接触センサ5A（以下、総括的には「センサ」と呼ぶ）からの情報に基づき、CPU8は右モータ14および左モータ15等の駆動系の動作を決定する。当該ロボットは上述のように前進、後退、停止、および旋回の各動作を行うが、そのための制御機能はモジュールとして個別にCPU8の機能で実現される。各センサからの情報の入力処理や動作判断処理は常時動作しているが、超信地旋回、停止、後退の各制御モジュールは通常はスリープ状態になっていて、直進制御のみが起動されている。なお、超信地旋回以外の旋回は直進制御モジュールの機能に含まれる。

【0021】CPU8の動作判断部は、各センサからの情報に基づいて予め定められた動作を条件反射的に行わせるように構成している。図3は動作判断部の処理系の概要を示す模式図である。同図に示すように動作判断部18は各センサに対応して階層型に構成されており、該動作判断部18はセンサ6、5Aの状態に応じた行動計画を決定して実行要求を出力する。この実行要求に基づいて右車輪用電磁ブレーキ12、左車輪用電磁ブレーキ13、右モータ14および左モータ15からなる駆動系（アクチュエータ）19が制御される。こうして、各センサからの情報に基づいて個別に決定された行動計画による実行要求が積み重ねられ、ロボット全体の動作が決定付けられている。

【0022】本実施形態では、各センサの状態によって決定された行動計画を直ちに実行するのではなく、予め設定した緊急度に基づいて優先付けをし、緊急度の高い行動計画を優先的に実行するようにした。図4は、本実施形態で実施した動作判断の機能を示すブロック図である。同図において、行動計画AP1、AP2、…、APnが決定された場合に、選択部20は行動計画AP1～APnのうち、壁面との衝突を回避する際に最も緊急度の高い動作をする行動計画を選択する。本実施形態では、後退制御が起動されたときに最も緊急度が高い動作として第1優先にした。続いて、超信地旋回制御を第2

優先にし、その後は、信地旋回、急旋回、緩旋回の順で優先付けをした。信地旋回、急旋回、緩旋回は直進制御の中に含まれ、左右の車輪3、4の速度差で区別される。この優先付けに基づいて、例えば、右方向へ旋回角度 $\theta$ で中速で緩旋回するためには、右車輪3を $V1rpm$ で回転させ左車輪を $V2rpm$ で回転させる（ $V2 > V1$ ）という行動計画が実行される。なお、上記行動計画の優先付けは、超音波センサ6の検出結果に基づくものであり、前記接触センサによる障害物検出のときの停止制御は含んでいない。

【0023】上記行動計画による後退制御は、予め設定された時間だけ後退する動作であり、たいていは、その後、超信地旋回に移る。また、通常の走行状態である直進では、左右のモータ14、15に同様の出力を与えるが、直進の精度を向上させるため、左右のモータ14、15の回転数センサ10からのパルス信号に基づいて、両者が同一となるように補正を行ってもよい。

【0024】なお、停止は、前記回転速度としてゼロの指示をするとともに、右車輪用電磁ブレーキ12、左車輪用電磁ブレーキ13を駆動させることによって行う。さらに、停止制御では必要ならば再生ブレーキをきかせるような動作を指示してもよい。

【0025】続いて、上述の各動作を組み合わせたロボットの走行パターンを説明する。まず、ロボット1の基本的な走行パターンであるランダム走行について説明する。図5において、境界または壁面Bで囲まれた領域Aに置かれたロボット1は直進して壁面Bから予定距離以内に入ると、一時停止して、後退・旋回という順序で折返し動作をした後、再び直進して別の壁面Bに向かう。このとき、壁面Bの近傍での折返し動作の角度つまり旋回角度 $\alpha$ （図5（b）参照）は、折返し動作のつどランダムに選択されて設定される。

【0026】さらに、本発明者等は、ロボット1がなるべく同じ場所を繰り返して走行しないようにしつつ、なるべく領域内の多くを網羅的に走行できるようにする効率（以下、「作業効率」という）の向上を図るためには最適な旋回角度 $\alpha$ があることを、シミュレーションの結果発見した。最適な旋回角度 $\alpha$ は $135^\circ$ である。以下、旋回角度 $\alpha$ を $135^\circ$ にした走行パターンのことをファインチューニングランダム走行と呼ぶ。

【0027】本発明者等は、ファインチューニングランダム走行に加えて、渦巻き走行をさらに付加したところ、作業効率の一層の向上が図られることを見出した。すなわち、前記ファインチューニングランダム走行による角度 $135^\circ$ の旋回を予定回数繰り返した時点で、渦巻きをするという走行パターンである。該渦巻きを含む走行パターンを渦巻き走行と呼ぶ。

【0028】続いて、渦巻き走行の走行パターンを詳細に説明する。図6において、ロボット1を領域A内に置く。この領域Aは壁面Bで囲まれた矩形の部屋を想定す

る。最初にロボット1を置く位置は任意である。図6

(a)のように、ロボット1は置かれた位置で渦巻き走行を開始する。渦巻き走行は、旋回走行において徐々に旋回半径を大きくする走行パターンであり、後で詳述するように、直進、超信地旋回、後退等とは別の動作判断に基づいて制御される。ここでは、走行軌跡に隙間ができないように左右の車輪3、4の速度つまりモータ14、15のそれぞれの回転速度を計算し、これらの速度を更新して旋回半径を決定する。こうして、渦が拡大し、超音波センサ6の出力によって検出された壁面Bとの距離に基づいて、ロボット1が壁面Bに対して予定距離以内に近付いたことが認識されると、渦巻き走行を停止し、次の渦巻き走行開始位置まで移動するための直進走行を開始する(図6(b))。なお、図中影付部分はロボット1の走行軌跡である。

【0029】渦巻き走行を止めて次の渦巻き走行の開始位置まで移動する動作の契機は次のとおりである。ロボット1が壁面Bに接近して、各超音波センサ6による検出距離が予定距離以下になったときには折返し動作をする。例えば、ロボット1は壁面Bを検出したときの該壁面Bまでの距離が予定値以下であったときは、その位置で停止し、予定距離後退をした後、135°の超信地旋回をして向きを変え、該壁面Bから遠ざかるように直進する。また、壁面Bを検出したときの該壁面Bまでの距離が予定値以上であれば、角度の小さい旋回をして壁面Bを回避する。

【0030】こうして、壁面Bで折返して直進し、他の壁面Bに接近すると、再び該壁面Bから遠ざかるように、後退と超信地旋回、または旋回により向きを変えて直進する。こうして予め定められた回数Nだけ壁面Bで折返し動作をしたならば、最後に折返し動作をした壁面から遠ざかるように予定時間T(距離Dに相当)だけ直進した所で停止し、最初の動作と同様の渦巻きを行う(図6(c))。以下、これらの動作を繰り返す。なお、以下の説明では、最後に折返し動作をした壁面から遠ざかるように直進する距離Dは時間Tで代表して説明するが、距離Dおよび時間Tのいずれを使用しても構わない。

【0031】図7は、本発明者等が実験した場合の上記各走行方式によるロボット1の作業時間と作業の進み度合を示したグラフである。同図(a)において、縦軸は与えられた領域においてロボット1が走行して網羅した領域の面積の割合、横軸は走行開始からの経過時間を示す。この場合の諸条件として、走行する領域は4.2m×4.2mの正方形であり、ロボット1の平面積は直径20cmの円で代表させ、ロボット1の走行速度は13cm/秒に設定した。

【0032】なお、座標系走行とは、予め作業領域を網羅して走行するように設定されたコースに沿って走行する方式であり、該走行方式によれば時間の経過に直線的

に比例して網羅した領域の割合は増大する。これと比較して、渦巻き走行を含む他の走行方式では、なだらかな伸びを示すため、領域の完全な網羅を目指すことは困難である。そこで、一例として領域の80%を網羅して走行するのに要した時間で能率の比較をすると、座標系走行を除く3つの走行方式の中では渦巻き走行が最も短時間(約1800秒)で領域の80%を網羅しているのが分かる。また、領域の広さを倍にした(4.2m×8.4m)例を図7(b)に示した。この場合も、ほぼ同じ傾向が得られた。

【0033】ところで、前記回数Nと時間Tとはいずれも適当な回数に設定しておく必要がある。すなわち、回数Nが少なすぎると、前回の渦巻き走行範囲に近すぎるため、同一範囲を走行することになって作業効率がよくないし、逆に、回数Nが多い場合は直進時間が長くなりすぎて効率がよくない。また、前記時間Tが短かすぎても長すぎても、壁面の近くで渦巻き走行を開始することになり、すぐに壁面を認識してしまうので、効率がよくない。

【0034】最も効率のよい時間Tをシミュレーションで見つけた結果を図8に示す。図8において、縦軸に作業効率、横軸に超信地旋回後の走行時間T(秒)を示す。作業効率は、1秒間に全走行領域の何%の領域を平均的に網羅して走行したかで表わしている。ファインチューニングランダム走行とランダム走行の例は、全走行領域の80%を網羅するのに要した走行時間(図7参照)に基づいて算出した値である。但し、走行領域の広さは図8(a)の例が4.2m×4.2m、図8(b)の例が4.2m×8.4mであり、先の実験の場合と同様に、ロボット1の平面積は直径20cmの円で代表させ、ロボット走行速度は13cm/秒とした。

【0035】図示のように、時間Tを変化させると作業効率のよい点(ピーク)が2か所現れるので、より短時間で、高い効率が得られる点を選択して時間Tを設定する。比較のためにランダム走行とファインチューニングランダム走行の場合の作業効率も併せて示している。

【0036】また、最も効率のよい回数Nをシミュレーションで見つけた結果を図9に示す。図9において、縦軸に作業効率、横軸に回数Nを示す。走行領域の広さ、ロボットの平面積、ロボット走行速度は図8の例と同一である。この図のように、回数Nを変化させると作業効率のよい点(ピーク)が数か所現れるが、最も良い回数Nは領域が狭い場合も広い場合も、同様に5回に設定したときである。ここでも、比較のためにファインチューニングランダム走行とランダム走行の場合の作業効率も併せて示している。

【0037】なお、上述の、最も効率のよい時間Tおよび回数Nを見つけるシミュレーションでは、時間Tおよび回数Nは互いに他方に影響を与えない、すなわち傾向に変化はない。したがって、まず時間Tまたは回数Nを



適当な値を選択して一方の最良値を決定し、その後もう1つのパラメータの最良値を決定すればよい。本実施形態では、まず時間Tを決定し、次に回数Nを決定した。

【0038】続いて、制御装置7の動作をフローチャートを参照して説明する。まず、超音波センサ6の入力処理を説明する。図10において、ステップS100では超音波センサ6（超音波センサ駆動回路16）からの処理要求を待つ。処理要求があればステップS110に進み、処理要求が超音波送信処理要求か否か、つまり超音波センサ6が超音波を送信したことをCPU8に通知してきたのか否かを判断する。超音波送信処理要求ならば、ステップS120に進み、予定のカウント値をセットしてダウンカウントをスタートさせる。このカウント値は超音波センサ6の受信能力から考えて受信（反射波）が得られると予想される最大の時間に相当する。

【0039】ステップS130で超音波受信処理要求の有無、つまり超音波センサ6が反射音を受信したか否かを判断する。受信処理要求がなければステップS140に進んでタイムアウトか否か、つまり前記カウント値が「0」か否かを判断し、タイムアウトになるまで受信処理要求を待つ。一方、ステップS130で受信処理要求があったと判断されればステップS150に進み、そのときのカウント値を取得して記憶する。カウント値を取得したならばステップS170でカウンタをクリアする。タイムアウトになるまで受信処理要求がない場合は、ステップS160でカウンタ値「0」を今回検出値として記憶し、ステップS170でカウンタをクリアする。ステップS180では記憶したカウント値の信頼性を向上させるための多数決処理をするのが好ましい。この多数決処理の詳細は図17に関して後述する。以下の説明では、この超音波センサ入力処理で記憶されたカウント値を距離カウンタ値と呼ぶ。

【0040】図11は、接触センサ5Aの入力処理のフローチャートであり、ステップS80で接触センサ5Aから検出信号が入力されたならば、ステップS90で、ロボット1の停止指示すなわち左右のモータ14、15に回転速度「ゼロ」を出力するとともに、右車輪用電磁ブレーキ12および左車輪用電磁ブレーキ13を駆動する。この接触センサ5Aの入力処理は、例えば10秒毎の割り込み処理である。

【0041】次に、上記各センサの出力信号に基づく制御動作を説明する。図12のゼネラルフローにおいて、ステップS1では、渦巻き処理開始指示をする。これによって渦巻き処理が開始される。渦巻き処理の詳細は図14に関して後述する。ステップS2では前記超音波センサ入力処理の結果、つまり前記距離カウンタ値を要求する。ステップS3では、接触センサ入力処理をする。ステップS4では渦巻き中か否かを判断する。最初は、前記渦巻き処理開始指示にตอบสนองして渦巻きが開始されて

いるのでこの判断は肯定となる。渦巻き中であって、判断が肯定であったならば、ステップS5に進み、その動作を継続するか否かの渦巻き継続判断処理をする。この渦巻き継続判断処理は、前記超音波センサ入力処理結果で得られた前記距離カウンタ値に基づき、ロボット1が壁面Bから予定距離以内に近付いたと判断したときに渦巻きを中止して次の渦巻き開始位置に移動するか否かの判断をするための処理である。本実施形態では壁面から30cm以内にまで近付いたか否かで判断している。ステップS6では、ステップS5の処理に基づき、渦巻きを中止するか否かを判断する。渦巻きの中止と判断されなかった場合は、ステップS2に戻る。

【0042】渦巻きの中止と判断された場合は、ステップS8に進んで次の動作を判断する。渦巻きが中止された場合の次の動作は無条件に後退である。壁面Bに近付いているので通常の旋回動作では壁面Bに突き当たってしまうため、後退・超信地旋回・前進という手順をとる必要があるためである。

【0043】ステップS8の次の動作が「後退」のときは、ステップS9に進んで現在後退しているか否かを判断する。渦巻きを中止した直後は後退していないので、この判断は否定となり、ステップS10に進んで瞬時（20～30ms）停止した後、ステップS11に進む。ステップS9の判断が肯定の場合は、ステップS10はスキップしてステップS11に進む。ステップS11では後退処理開始要求をする。後退処理は後述する。ステップS11での後退処理要求にตอบสนองして後退処理が開始されると「渦巻き走行中」ではなくなるので、ステップS4の判断が否定となってステップS7に進む。渦巻き走行中でない場合は、ステップS7の判断処理結果によってステップS8の判別が行われる。

【0044】ステップS7では、各超音波センサ6毎の距離カウンタ値に基づいて次に行うべき動作を判断するための処理（次動作判断処理）を行う。次動作判断処理では、図13の走行パラメータ決定表から得られた走行パラメータをもとに次に行う動作が判断される。図13において、壁面までの距離に対応する各センサの検出値に従い、起動する制御パラメータが渡される。パラメータは、車輪の速度、旋回レベル、および旋回方向である。ロボット1の左右それぞれの車輪の速度は、極低速（毎時0.5km）、低速（毎時1.0km）、中速（毎時2km）、高速（毎時3km）の4段階が設定され、旋回レベルは、緩旋回（角度30°「3」）、急旋回（角度60°「2」）、信地旋回（片輪停止状態での旋回「1」）、超信地旋回（左右車輪逆転「0」）の4段階が設定されている。また、旋回方向には右と左が設定されており、ロボット1の右側半分に設けられている超音波センサ6（6SR, 6R, 6DR, 6MR）で壁面を検出したときは左旋回、左側半分に設けられている超音波センサ6（6SL, 6L, 6DL, 6ML）で壁

面を検出したときは右旋回の判断がなされる。ここで、ロボット1の車輪の速度を表すパラメータは2つ設けられている。1つは各センサが設けられている側の車輪の速度であり、他の1つは各センサが設けられている側とは反対側の車輪の速度である。例えば右側のセンサ6Rの検出値に対応して自分側(右側)のモータおよび相手側(左側)のモータへ出力すべき2つの速度が決定される。但し、パラメータはすべてのセンサ6の検出値に対応して多数得られることになるので、最終的にどのパラメータを採用するかは予め定めたルールに従う。原則的には、より低い速度のものが優先されるようにルールを決定してあるが、例外的に、左右のモータ14、15両方に「停止」が渡された場合は、「極低速」に決定することとする。

【0045】例えば、右前方のセンサ6Rの距離カウンタ値から判断された距離が0.5m~1mであったならば、右モータ速度は「低速」、左モータ速度は「停止」となる。また、起動する制御名は旋回で、旋回レベルは「信地旋回:1」、旋回方向は「左」というパラメータが得られる。一方、このとき、左前方のセンサ6Lの距離カウンタ値から判断された距離が1m~1.5mであったとすると、左モータ速度は「中速」、右モータ速度は「極低速」となる。また、起動する制御名は旋回で、旋回レベルは「急旋回:2」、旋回方向は「右」というパラメータが得られる。これらのパラメータを照合してより低い速度を採用すると、右モータが「極低速」、左モータが「停止」と決定され、結果として、ロボット1は左方向へ極低速で信地旋回していくことになる。

【0046】さらに別の例をあげれば、センサ6Rの距離カウンタ値から判断された距離が1.5m~2mであったならば、右モータ速度は「中速」、左モータ速度は「低速」となる。このとき、センサ6Lの距離カウンタ値から判断された距離が同様に、1.5m~2mであったとすると、左モータ速度は「中速」、右モータ速度は「低速」となる。そして、これらのパラメータを照合してより低い速度を採用すると、右モータが「低速」、左モータが「低速」と決定され、結果として、ロボット1は低速で直進していくことになる。例えばロボット1が壁面に正対して直進していると、左右のセンサ6L、6Rの検出値が同一となり、徐々に速度は低下しながら壁面に近付き、最後は、後退、超信地旋回をして壁面から遠ざかるという動作をする。

【0047】ステップS7の次動作判断処理の結果、ステップS8で超信地旋回の判断がされたならばステップS12に進む。ステップS12では現在超信地旋回が行われているか否かを判断する。最初は判断が否定となり、ステップS13に進んで瞬時(20~30ms)停止する。ステップS14では超信地旋回処理の開始指示が発せられる。ステップS14で超信地旋回処理の開始指示が発せられた後のサイクルではステップS12の判

断が肯定となり、ステップS15に進んで脱出モード処理を行う。ロボット1が領域の隅部にはまってしまうと、通常の後退と超信地旋回では隅部から抜け出せない状態が生じることに鑑み、超信地旋回時にはこの脱出モード処理を行うものである。脱出モード処理は本発明の要部ではないので、詳細の説明は省略する。なお、特願平9-42879号に詳細に記載されている。

【0048】超信地旋回によって予定角度(一例として135°)旋回した後、次のサイクルにおいてステップS8で前進の判断がされたならば、ステップS16に進む。ステップS16では現在前進中か否かが判断され、最初はステップS17に進んで瞬時(20~30ms)停止した後、ステップS18のハンチング防止処理を経てステップS19に進み、前進処理の開始指示が発せられる。この前進処理の開始指示に従ってロボット1は前進し、壁面から予定距離に近付いたときに、距離カウンタ値に従って次に行うべき動作(走行)が決定される。前記ハンチング防止処理は本発明の要部ではないので詳細は省略する。なお、特願平9-42878号に詳細に記載されている。

【0049】次に、上記各センサの出力信号に基づく各制御(ソフト)モジュールの動作説明をする。まず、ロボット1の渦巻き処理を説明する。渦巻き動作は図12に関して説明したように、作業開始時および、壁面を検出して反射する動作のうち超信地旋回を伴う反射をN回繰り返す、最後の反射動作から時間Tを経過したときに開始される。作業開始時には前記ステップS1(図12)におけるオペレータによる処理開始指示で渦巻き処理が開始され、作業中は、超信地旋回をN回実行した後超信地処理モジュールから発せられる処理開始指示(図15ステップS33参照)で渦巻き処理が開始される。ここでは、超信地処理モジュールからの処理開始指示によって起動される場合を説明する。

【0050】図14において、ステップS20では、超信地処理モジュールから渦巻き処理開始指示を受けるまで待つ。すなわち予め設定された回数Nだけ超信地旋回を行った後に超信地処理モジュールから発せられる指示を待つ。渦巻き処理開始指示があったならば、ステップS21で前記時間Tつまり最後の超信地旋回の後、渦巻き開始までの直進時間として、例えば26秒をタイマに設定して該タイマを起動する。なお、渦巻き処理開始指示は最後のつまりN回目の超信地旋回処理開始とほぼ同時に出力される(図15のステップS33参照)ので、ここでの時間Tには、超信地旋回のための後退時間と超信地旋回時間(図15のステップS35参照)とが含まれている。ステップS22では前記時間Tが経過したか否かを判別し、時間Tが経過したならば、ステップS24に進む。時間Tが経過するまではステップS23に進んで処理中止の指示の有無を判断し、時間Tが経過するまでに処理中止の指示があった場合は、ステップS20

に戻る。

【0051】ステップS24では、渦巻きが終了か否かを判断する。この判断が肯定となればステップS20に戻るが、それまではステップS25に進む。ステップS25では、渦巻きの大きさを決定するため左右の車輪3, 4の速度を計算し、セットする。ここでセットされた左右の車輪3, 4の速度に従って、左右モータ14, 15に回転速度の指示が与えられ、渦巻きが走行が実行される。

【0052】ステップS26では渦巻きが滑らかに拡大するように前記各車輪3, 4の速度の更新を行うまでの時間 $t$ を計算し、その時間をタイマに設定して該タイマを起動する。ステップS27では前記時間 $t$ が経過したか否かを判断し、時間 $t$ が経過したならばステップS24に進む。ステップS28では中止指示の有無を監視し、中止の指示がない場合は前記時間 $t$ が経過するまでステップS27, S28を繰り返す。なお、距離カウンタ値に基づき、壁面または障害物までの距離が予定距離以下になるか接触スイッチ5Aの検出信号に基づく停止指示があれば、前記渦巻きが終了したか否かの判断は肯定となる。

【0053】次に、超信地旋回処理を説明する。図15において、ステップS30では処理開始指示を待つ。ステップS31では超信地旋回数(以下、単に「超信地回数」という)  $n$  をインクリメント(+1)する。ステップS31では超信地回数  $n$  が予定の反射回数「 $N$ 」に達したか否かを判別する。超信地回数  $n$  の初期値は「0」に設定してあるので、最初の判断のときは超信地回数  $n$  は「1」であり、該ステップS32の判断は否定となり、ステップS33およびステップS34をスキップしてステップS35にジャンプする。

【0054】ステップS35では旋回時間を算出する。旋回時間で旋回角度を決定しているため、 $135^\circ$ の旋回角度に対応する時間を算出する。旋回時間を計算したならば、ステップS36に進んで、右車輪3および左車輪4が互いに逆転するように指示をする。ここで、右車輪3および左車輪4のいずれを正回転にするか逆回転にするかは、前記走行パラメータの「旋回方向」で決定する。ステップS37では、前記旋回時間が経過するか中止指示があるまで待つ。ステップS38では、超信地旋回終了か否かを判断する。超信地旋回が終了するとステップS39に進み、左右の車輪3, 4に正回転の指示を与える。すなわち、基本の走行モードである直進走行に戻す。

【0055】超信地回数  $n$  が予定の反射回数  $N$  に達したならば、ステップS32からステップS33に進み、渦巻き処理開始指示をする。そして、ステップS34では超信地旋回をするか否かの判断に用いた超信地回数  $n$  をクリアにする。続いて、ステップS35～S39で超信地旋回の処理を終えて、次回の超信地旋回の処理開始指

示を待つ。なお、ステップS33で渦巻き処理開始指示がなされるが、すでに説明した渦巻き処理において、時間 $T$ の経過後に実際の渦巻きが開始されるので、渦巻きと、超信地旋回とが重複することはない。

【0056】続いて、後退処理を説明する。図16において、ステップS50では処理開始指示を待つ。ステップS51では右車輪3および左車輪4を逆転させる指示をする。ステップS52では、予定の後退時間が経過するか、中止指示があるまで待つ。ステップS53では、後退が終了するとステップS54に進み、左右の車輪3, 4に正回転の指示を与える。

【0057】次に、前記超音波センサ入力処理における多数決(センサ信号選択)処理を説明する。超音波センサ6の出力は環境によって不安定になることがあるため、取得データ(距離カウンタ値)の信頼性を向上させるため、多数決処理をするのが好ましい。本実施形態で採用している多数決処理では、新しいデータを取得すると過去の2つのデータとの間で多数決をとる。図17において、前回値MIDの上下にマージン $m$ を設定し、このマージン $m$ 内に今回値NEWが入っていれば、今回値NEWは前回値MIDからかけ離れていないので正常な検出信号であると判断して今回値NEWをそのまま今回の距離カウンタ値として採用する(図17(a)参照)。

【0058】しかし、前記マージン $m$ の範囲外に今回値NEWがある場合は、前々回値OLDがマージン $m$ の範囲内か否かを判断する。そして、前々回値OLDが前回値MIDのマージン $m$ の範囲内にあれば、前回値MIDは前々回値OLDからかけ離れていないので正常な検出信号であると判断して今回値NEWを前回値MIDで置き換えて距離カウンタ値とする(図17(b)参照)。

【0059】さらに、前々回値OLDも前回値MIDのマージン範囲に入っていない場合には3つのデータは互いにかけ離れていて、どの信号が正常かは特定できないので、今回値NEWを信頼性の高いデータとみなし、今回検出した距離カウンタ値として採用する(図17(c)参照)。

【0060】

【発明の効果】以上の説明から明らかなように、請求項1ないし請求項7の発明によれば、予め設定した走行経路情報に従って自己位置を検出しつつ精度良く移動体の操向制御をするのと異なり、走行領域の境界や障害物を検出するまでは渦巻きや直進等の定型的な走行をさせるだけで、領域内をほぼ網羅的に走行させることができる。

【0061】特に、請求項3の発明によれば、シミュレーションの結果に基づき、領域を効率良く網羅的に走行させるための最適の条件に基づいてロボットを走行させることができる。

【0062】また、請求項5, 6の発明によれば、ロ

ボットの進行方向右側と左側とにそれぞれ設けられたセンサによる検出結果に基づいて、それぞれが独自の走行パラメータを決定し、あとは予め設定されているルールに従って最終的な走行パラメータが決定される。したがって、左右のセンサに対応するそれぞれの制御部では、他を考慮しない独自の走行パラメータを決定するだけであり、制御が簡素化される。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の実施形態に係るロボットの構成を示す模式図である。

【図2】 本発明の実施形態に係る制御装置のハード構成を示すブロック図である。

【図3】 動作判断部の処理系の概要を示す模式図である。

【図4】 行動計画の選択動作説明のためのブロック図である。

【図5】 ロボットの基本的走行パターンを示す模式図である。

【図6】 渦巻き走行の走行パターンを示す模式図である。

【図7】 種々の走行パターンによる作業の進み具合を示すシミュレーション結果の図である。

【図8】 作業効率と時間Tとの関係を示すシミュレ-

ーション結果の図である。

【図9】 作業効率と折返し回数Nとの関係を示すシミュレーション結果の図である。

【図10】 超音波センサ入力処理のフローチャートである。

【図11】 接触センサ入力処理のフローチャートである。

【図12】 渦巻き走行の動作判断を示すゼネラルフローチャートである。

【図13】 センサ出力と走行パラメータとの対応を示す走行パラメータ設定表である。

【図14】 渦巻き部分の処理を示すフローチャートである。

【図15】 超信地旋回の処理を示すフローチャートである。

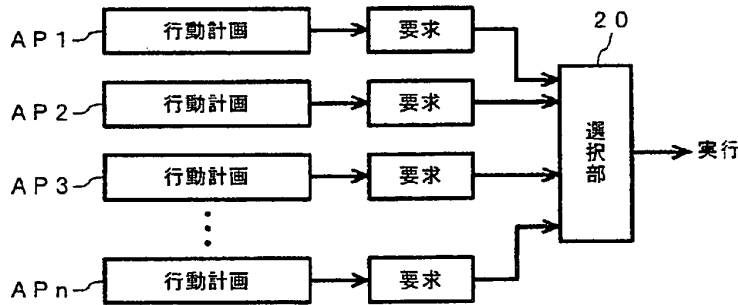
【図16】 後退処理を示すフローチャートである。

【図17】 センサ信号選択処理の概要図である。フローチャートである。

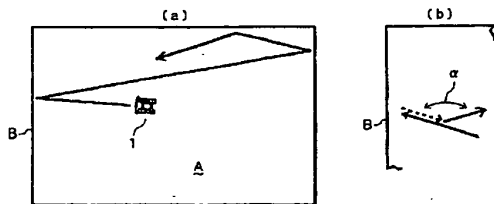
【符号の説明】

1…ロボット、 3…右車輪、 4…左車輪、 5…バンプ、 5A…接触センサ、 6…超音波センサ、 7…制御装置、 18…動作判断部、 20…選択部

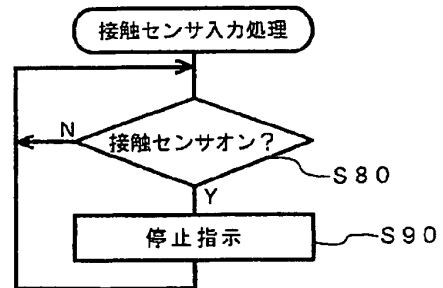
【図4】



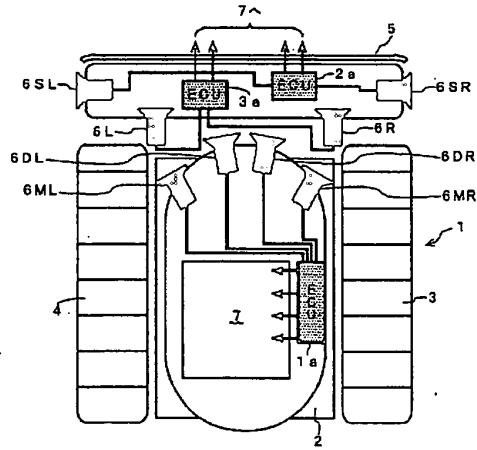
【図5】



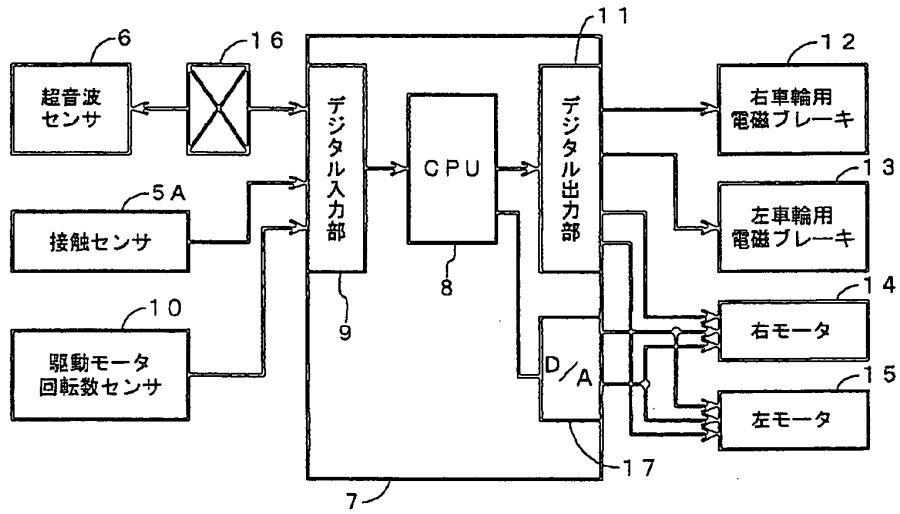
【図11】



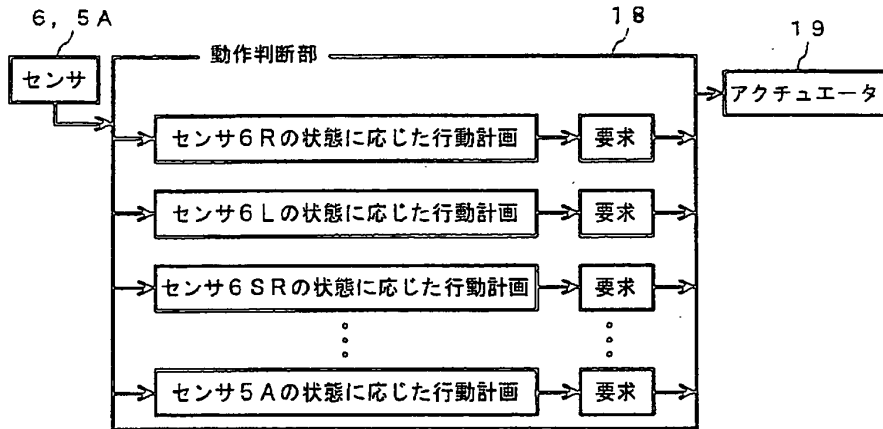
【図1】



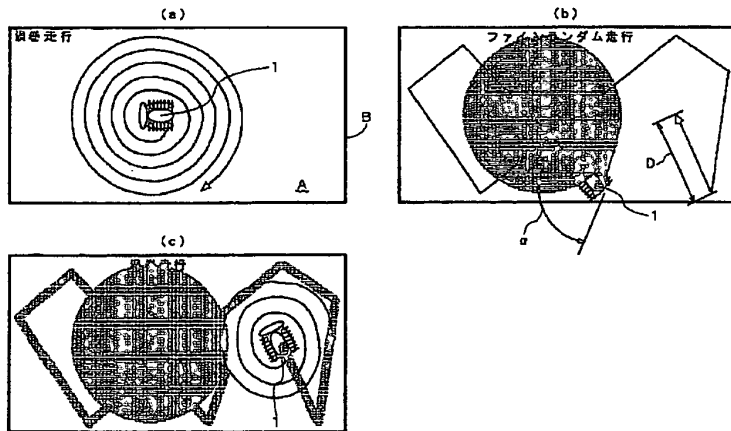
【図2】



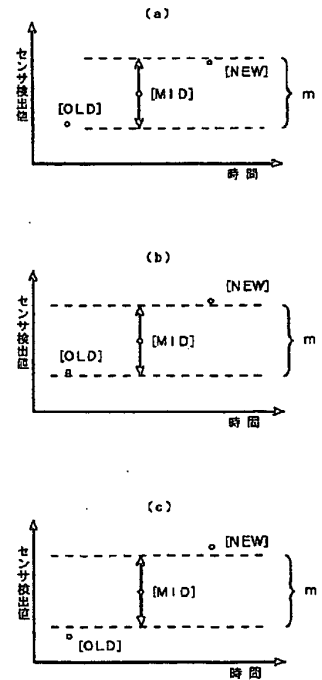
【図3】



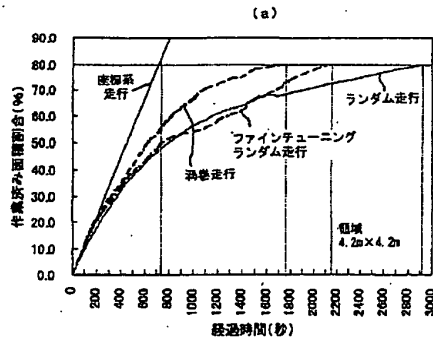
【図6】



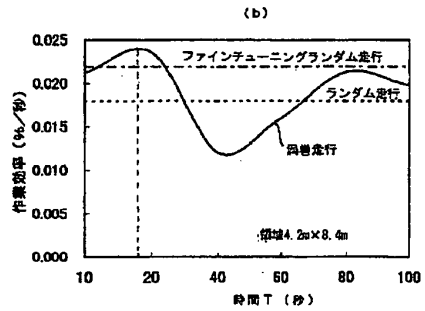
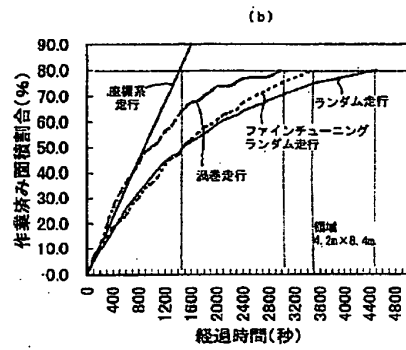
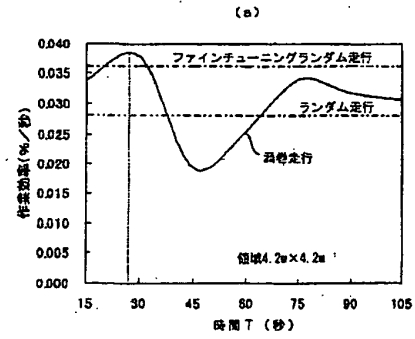
【図17】



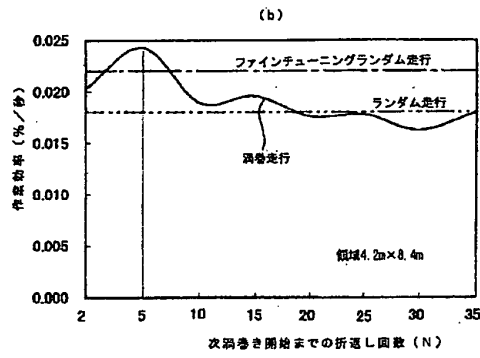
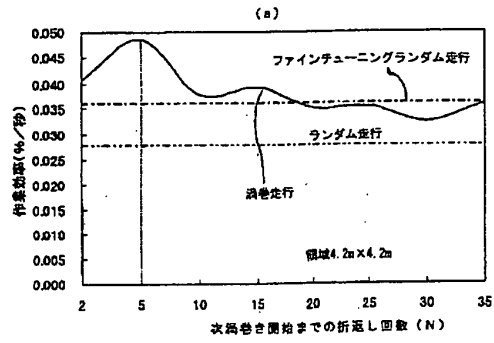
【図 7】



【図 8】

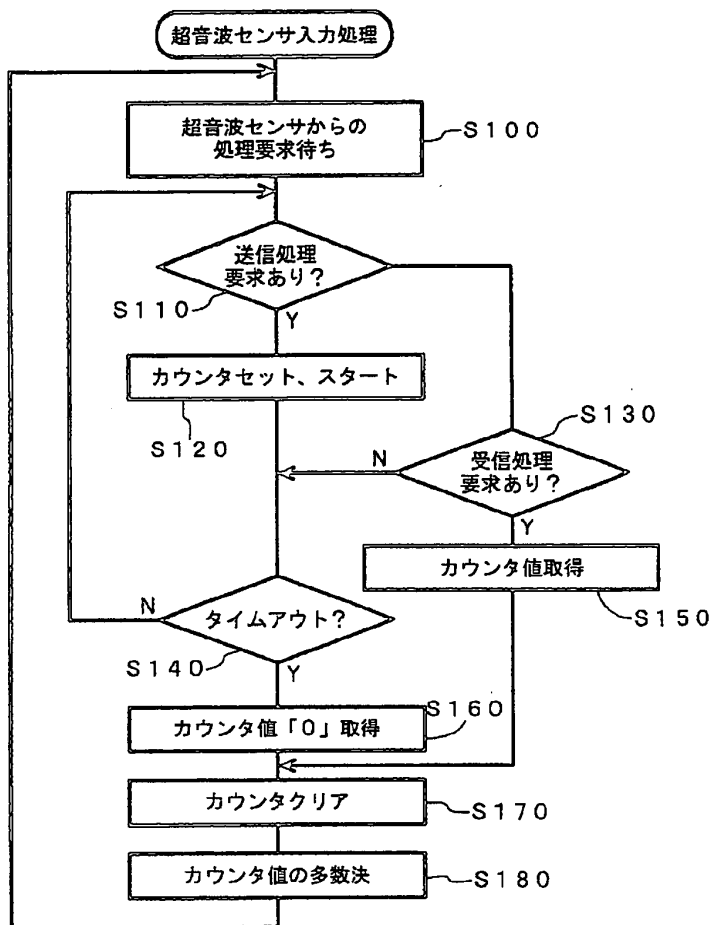


【図9】

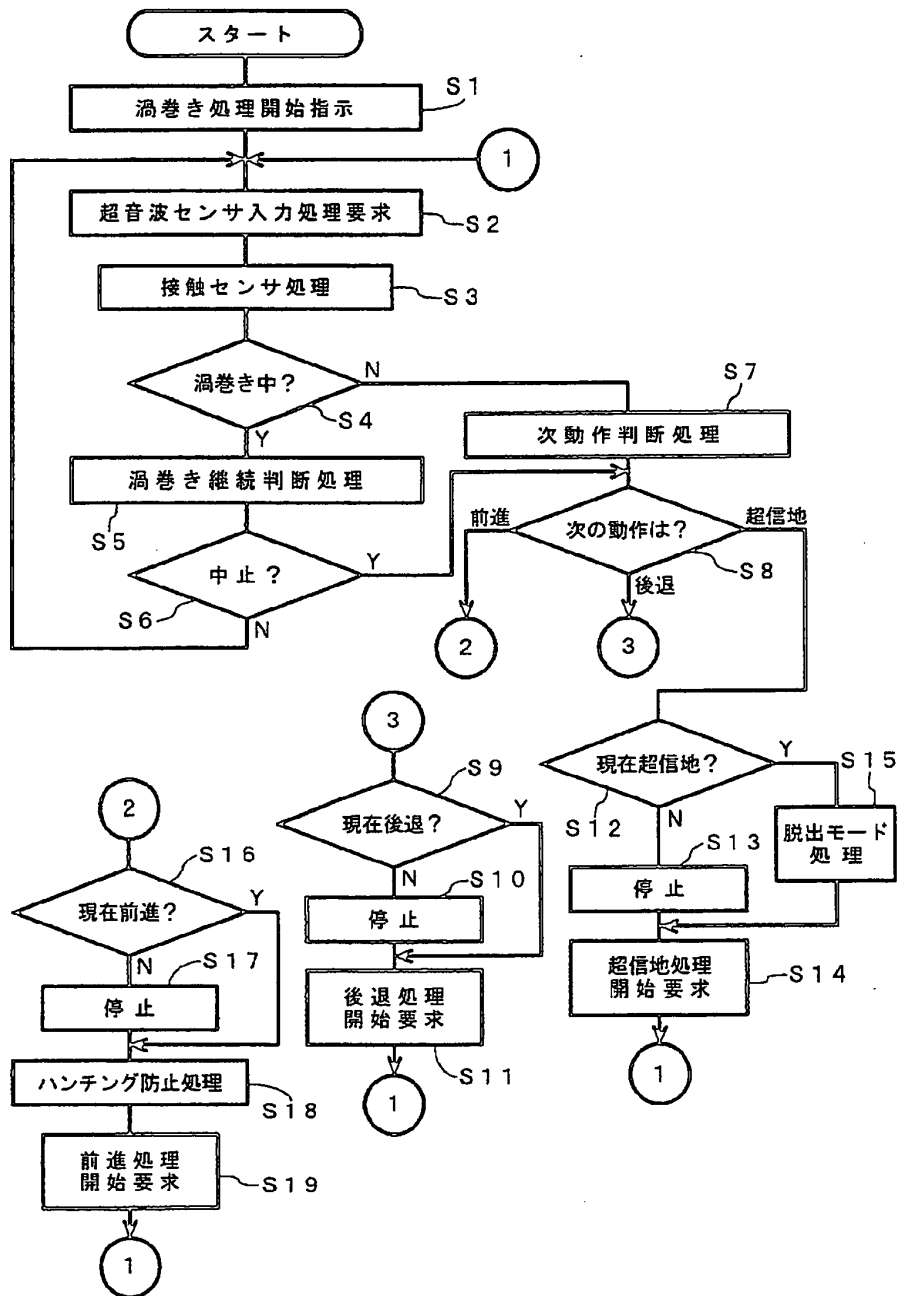




【図10】



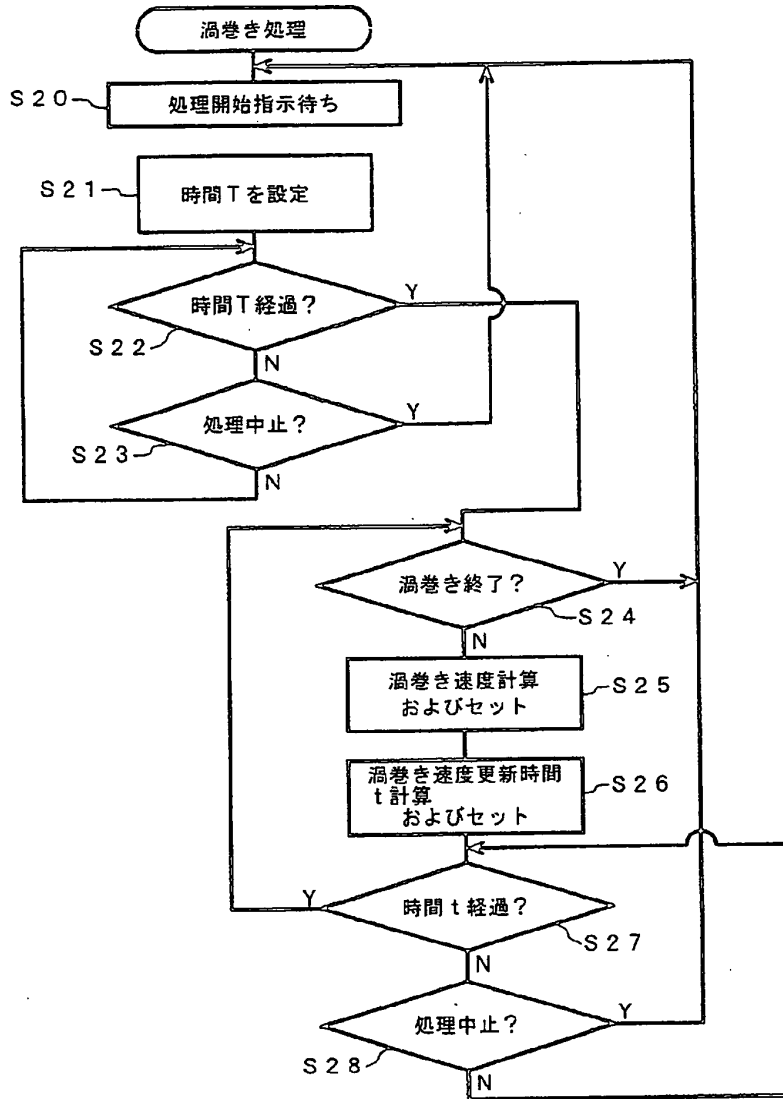
【図12】



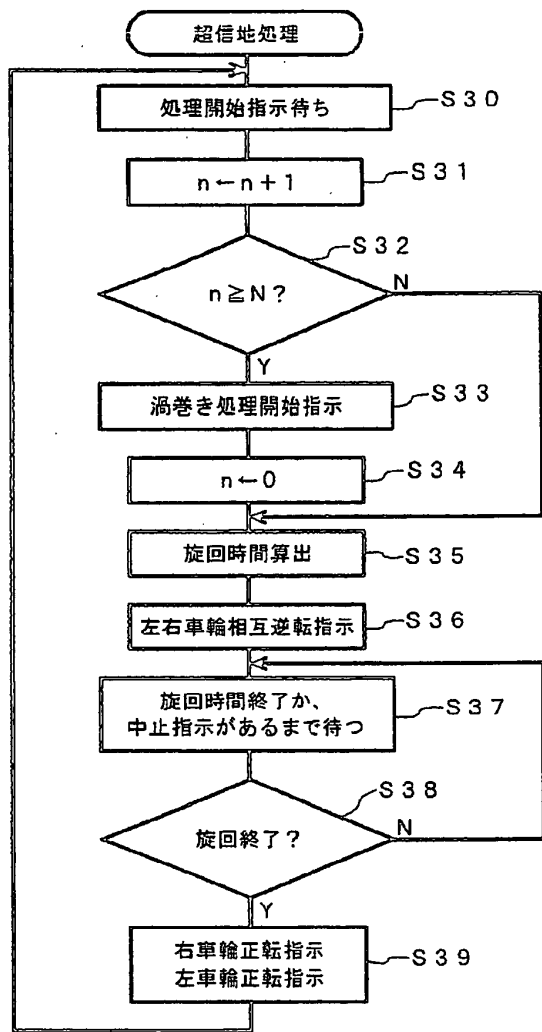
【図13】

センサ名	センサ検出値	起動する制御名	各制御に渡すパラメータ			
			速度		旋回 レベル	左右 方向
			自分方向	相手方向		
6SR	0.5m以上	直進	高速	高速	—	—
	0.3m~0.5m	直進(旋回)	中速	極低速	2	左
	0.3m以下	直進(旋回)	低速	停止	1	左
6R	2m以上	直進	高速	高速	—	—
	1.5m~2m	直進(旋回)	中速	低速	3	左
	1m~1.5m以下	直進(旋回)	中速	極低速	2	左
	0.5m~1m	直進(旋回)	低速	停止	1	左
	0.3m~0.5m	超信地旋回	極低速	極低速	0	左
	0.3m以下	後退	極低速	極低速	—	—
6DR	0.5m以上	直進	高速	高速	—	—
	0.3m~0.5m	直進(旋回)	極低速	停止	1	左
	0.3m以下	超信地旋回	極低速	極低速	0	左
6MR	0.5m以上	直進	高速	高速	—	—
	0.3m~0.5m	直進(旋回)	極低速	停止	1	左
	0.3m以下	超信地旋回	極低速	極低速	0	左
6SL	0.5m以上	直進	高速	高速	—	—
	0.3m~0.5m	直進(旋回)	中速	極低速	2	右
	0.3m以下	旋回	低速	停止	1	右
6L	2m以上	直進	高速	高速	—	—
	1.5m~2m	直進(旋回)	中速	低速	3	右
	1m~1.5m以下	直進(旋回)	中速	極低速	2	右
	0.5m~1m	直進(旋回)	低速	停止	1	右
	0.3m~0.5m	超信地旋回	極低速	極低速	0	右
	0.3m以下	後退	極低速	極低速	—	—
6DL	0.5m以上	直進	高速	高速	—	—
	0.3m~0.5m	直進(旋回)	極低速	停止	1	右
	0.3m以下	超信地旋回	極低速	極低速	0	右
6ML	0.5m以上	直進	高速	高速	—	—
	0.3m~0.5m	直進(旋回)	極低速	停止	1	右
	0.3m以下	超信地旋回	極低速	極低速	0	右

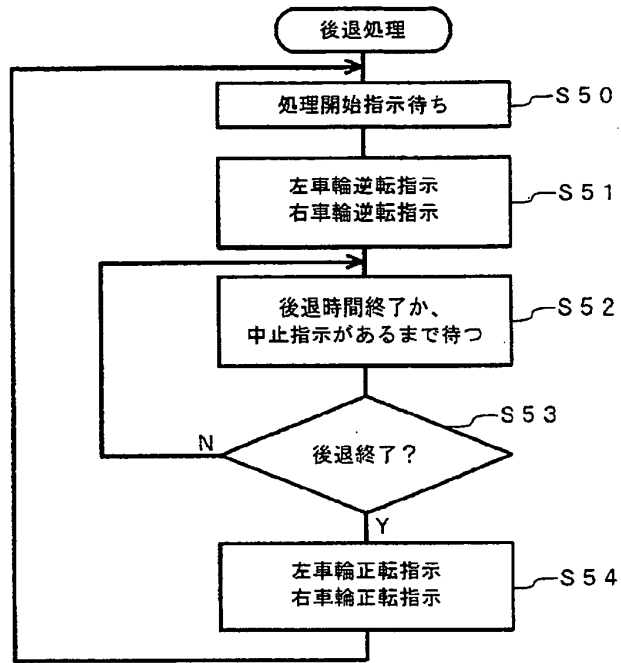
【図14】



【図15】



【図16】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開 平4-160507 (JP, A)
- 特開 昭54-60116 (JP, A)
- 特開 昭50-157116 (JP, A)
- 特開 平3-174607 (JP, A)
- 特開 平3-90915 (JP, A)
- 特開 平3-29010 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl. 7, DB名)
- G05D 1/02

Japanese Patent No. 3,375,843

Title of the Invention: Autonomous Traveling Method for Robot and Control Apparatus for Autonomous Robot

Publication Date: November 29, 2002

Application No. 9-29768

Filing Date: January 29, 1997

Kokai No. 10-214114

Kokai (First Publication) Date: August 11, 1998

Assignee: Honda Motor Co., Ltd.

<Claim 1> An autonomous traveling method for a robot, in which the movement of a mobile robot, equipped with a sensor for detecting a boundary of an given area is controlled in said area, wherein  
a spiral running motion which starts from any desired location in said area is conducted with radius of the turning motion being gradually increased;  
when a distance of the robot to said boundary, detected by said sensor, is smaller than a predetermined distance, said spiral running is stopped and a turning motion from a forward direction through a predetermined angle in a direction away from the boundary is conducted and then a linear running motion is conducted;  
thereafter, a similar turning and a similar linear running motion are repeated whenever said boundary is detected; and  
said spiral running motion is resumed at a location spaced by a predetermined distance of the linear running motion when the turning motion has been repeated a predetermined number of times.



10214114 A

(11) Publication number:

(19)

Generated Document.

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(51) Intl. Cl.: G05D 1/02

(21) Application number: 09029768

(22) Application date: 29.01.97

(30) Priority:

(43) Date of application publication: 11.08.98

(84) Designated contracting states:

	<p>(71) Applicant: HONDA MOTOR CO LTD  (72) Inventor: UENO ICHIRO  KATO HIRONOBU  (74) Representative:</p>
--	--

(54) AUTONOMOUS TRAVELING METHOD FOR ROBOT, AND CONTROLLER THEREFOR

(57) Abstract:

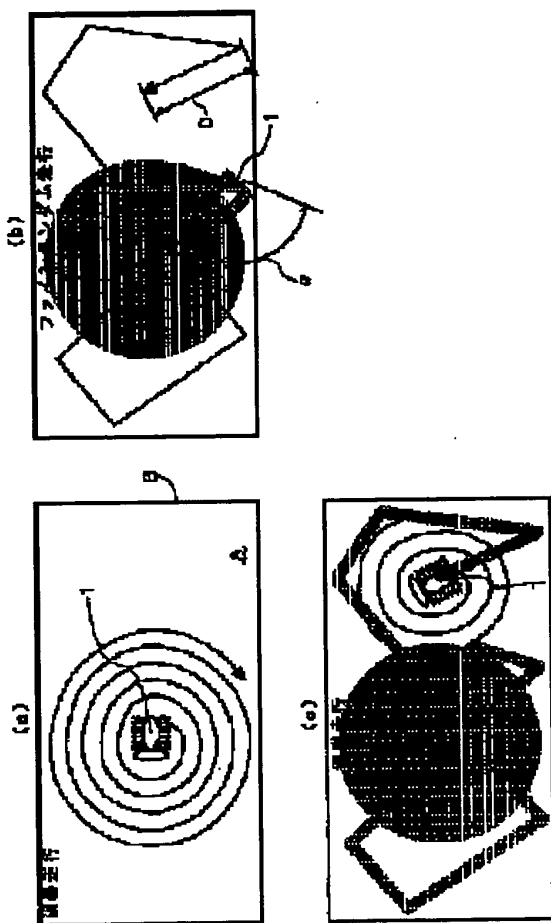
PROBLEM TO BE SOLVED: To allow a robot to travel so that the traveling orbit of the robot can efficiently paint out an area based on the boundary detection of the area.

SOLUTION: Swirl for gradually making larger a turning radius is started from the arbitrary position of



an area A, and the swirl is stopped when a wall face B is detected by an ultrasonic wave sensor. Then, turn and straight drive are repeated for the wall face B, and the turn for the number of times decided by simulations is operated and the swirl traveling is executed again at a position at which the straight drive is operated in a scheduled distance D at last. Thus, a robot can travel efficiently, that is, in a short time in the almost whole area of the area A by repeating the swirl, turn, and straight drive.

COPYRIGHT: (C)1998,JPO



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公表特許公報 (A)

(11) 特許出願公表番号

特表平11-510935

(43) 公表日 平成11年(1999) 9月21日

(51) Int.Cl. <sup>8</sup>	識別記号	F I
G 0 5 D 1/02		G 0 5 D 1/02 J
G 0 1 S 15/93		A 4 7 L 9/00 1 0 2 Z
// A 4 7 L 9/00	1 0 2	9/28 E
		H 0 4 R 17/00 3 3 2 Y
H 0 4 R 17/00	3 3 2	G 0 1 S 15/93
審査請求 未請求 予備審査請求 未請求(全 29 頁)		

(21) 出願番号 特願平9-538789  
 (86) (22) 出願日 平成9年(1997) 4月14日  
 (85) 翻訳文提出日 平成9年(1997) 12月24日  
 (86) 国際出願番号 P C T / S E 9 7 / 0 0 6 2 5  
 (87) 国際公開番号 W O 9 7 / 4 1 4 5 1  
 (87) 国際公開日 平成9年(1997) 11月6日  
 (31) 優先権主張番号 9 6 0 1 6 6 4 - 7  
 (32) 優先日 1996年 4月30日  
 (33) 優先権主張国 スウェーデン (S E)

(71) 出願人 アクティボラゲット エレクトロルクス  
 スウェーデン国 エス-105 45 ストックホルム ルクスバッケン 1  
 (72) 発明者 クライナー、メンデル  
 スウェーデン国 エス-436 51 ホヴァス ヘーガリッド 1  
 (72) 発明者 リーセ、ビョルン  
 スウェーデン国 エス-191 46 ソレンテウナ ヒョルトヴェーゲン 3  
 (74) 代理人 弁理士 三好 秀和 (外1名)

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 自己方向決定装置用のシステムと装置

(57) 【要約】

本発明は、近接検出システム、および1対の独立した従動車(17, 18)を具備する真空掃除機に似た自律装置を開示する。自律装置には、近接順応用、および誘導用としてマイクロプロセッサ・システム、並びに少なくとも1個の超音波送信機と超音波受信機からなるソナー・システムが包含される。さらに機械式タッチセンサも、超音波送信機と受信マイクロフォン・ユニットを保持する順方向指向緩衝器(16)の形態で使用されている。機械式緩衝器は可動装置の順路中で自律装置が障害物に遭遇した場合に少なくとも1個のタッチセンサを作動させる。超音波送信機は自律装置の前方に配置されるストライプ形超音波変換器(10)であって、広セクタ中で狭垂直分布を有する超音波の電波を自律装置の前方で伝送する。受信機には音声用に中空パイプ(12a, 12b)を装備した若干数のマイクロフォン・ユニット(12)が設けてある。マイクロフォン・ユニット(12)は超音波送信機とともに、可動装置の前方順路中に存在する障害物から反射されるエコーを検出する効率のよいソナー・システムを形成している。

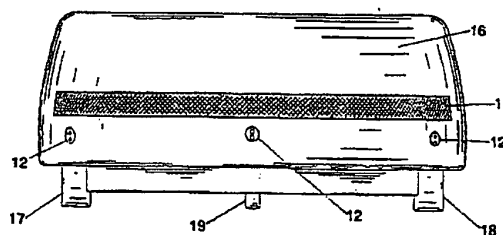


Fig. 2

## 【特許請求の範囲】

1. 前方へ向けられたバンパーの形態で、少なくとも一つの発信部、一つの受信部及び一つの機械的センサ部を有する近接センシングシステムを形成するマイクロプロセッサシステムによる当該装置の方向決定及びガイドを行うための構成部分と、特定の掃除機能を実行するためのモータ駆動車輪（17、18）とを有する自律型の装置のための近接センシングシステムにおいて、

前記発信部は、前記装置の前部周囲表面に配置された細長形状の超音波トランスデューサー（10）であり、前記装置の前方の幅広い範囲内において鉛直方向に狭く分布する超音波を発信する

ことを特徴とする近接センシングシステム。

2. 請求項1に記載の近接センシングシステムにおいて、

前記発信部は、少なくとも3つの超音波マイクロホンユニットを有する前記受信部とともに、前記装置の周囲表面に取り付けられた半円形の静電容量型フィルムトランスデューサーである

ことを特徴とする近接センシングシステム。

3. 請求項2に記載の近接センシングシステムにおいて、

前記発信部は、細長形状の上部超音波トランスデューサーと、細長形状の下部超音波トランスデューサーとの2つの部分に分割されており、

前記受信部は、前記発信部の2つの部分の間に配置されている

ことを特徴とする近接センシングシステム。

4. 請求項2又は請求項3に記載の近接センシングシステムにおいて、

前記発信部は、発信及び受信される信号の鉛直方向分布をさらに制限するために、前記装置の前部に、前記発信部の表面が前記装置の前部の表面より出ないように取り付けられている

ことを特徴とする近接センシングシステム。

5. 請求項1又は請求項3に記載の近接センシングシステムにおいて、

前記受信部は、複数のマイクロホンユニット（12）を有し、

前記マイクロホンユニットは、各々の前記マイクロホンユニットの指向性パタ

ーンをさらに向上するための音響用の中空管（12a, 12b）を有することを特徴とする近接センシングシステム。

6. 請求項5に記載の近接センシングシステムにおいて、前記中空管（12a, 12b）は、鉛直面内の指向性を向上するために、互いに鉛直方向に配列されていることを特徴とする近接センシングセンサ。

7. 請求項5に記載の近接センシングシステムにおいて、他の一つのマイクロホンユニット（12）が、壁のトラッキング動作に使用するために、前記装置の一方の側面の方へ向けられていることを特徴とする近接センシングシステム。

8. 請求項2又は請求項3に記載の近接センシングシステムにおいて、前記発信部は、短い間隔でパルスを連続して発信することを繰り返し行い、発信された前記パルスのエコーは、前記受信システムにより、一定の反射距離からの一つのサンプリングされた反射に統合されることを特徴とする近接センシングシステム。

9. 請求項1から請求項9までのいずれか1項に記載の近接センシングシステムにおいて、前記機械センサ部（16）は、前記装置の移動経路において前記装置が障害物と接触した場合に、少なくとも一つの接触センサを作動させることを特徴とする近接センシングシステム。

10. 前方へ向けられたバンパーの形態で、少なくとも一つの発信部、一つの受信部及び一つの機械的センサ部を有する近接センシングシステム及びマイクロプロセッサシステムによる当該装置の近接方向決定及びガイドを行うための構成部分と、特定の掃除機能を実行するためのモータ駆動車輪（17, 18）とを有する自律型の装置のナビゲーション装置において、

前記発信部は、前記装置の前部に配置された細長形状の超音波トランスデューサー（10）であり、前記装置の前方の幅広い範囲内において鉛直方向に狭く分布する超音波を発信する

ことを特徴とするナビゲーション装置。

11. 請求項10に記載のナビゲーション装置において、

前記発信部は、少なくとも3つの超音波マイクロホンユニットを有する前記受信部とともに、前記装置の周囲表面に取り付けられた半円形の静電容量型フィルムトランスデューサーである

ことを特徴とするナビゲーション装置。

12. 請求項11に記載のナビゲーション装置において、

前記発信部は、細長形状の上部超音波トランスデューサーと、細長形状の下部超音波トランスデューサーとの2つの部分に分割されており、

前記受信部は、前記発信部の2つの部分の間に配置されている

ことを特徴とするナビゲーション装置。

13. 請求項11又は請求項12に記載のナビゲーション装置において、

前記発信部は、発信及び受信される信号の鉛直方向分布をさらに制限するために、前記装置の前部に、前記発信部の表面が前記装置の前部の表面より出ないように取り付けられている

ことを特徴とするナビゲーション装置。

14. 請求項10又は請求項12に記載のナビゲーション装置において、

前記受信部は、複数のマイクロホンユニット(12)を有し、

前記マイクロホンユニットは、各々の前記マイクロホンユニットの指向性パターンをさらに向上するための音響用の中空管(12a、12b)を有する

ことを特徴とするナビゲーション装置。

15. 請求項14に記載のナビゲーション装置において、

前記中空管(12a、12b)は、鉛直面内の指向性を向上するために、互いに鉛直方向に配列されている

ことを特徴とするナビゲーション装置。

16. 請求項14に記載のナビゲーション装置において、

他の一つのマイクロホンユニット(12)が、壁のトラッキング動作に使用するために、前記装置の一方の側面の方へ向けられている

ことを特徴とするナビゲーション装置。

17. 請求項11又は請求項12に記載のナビゲーション装置において、  
前記発信部は、短い間隔でパルスを連続して発信することを繰り返し行い、  
発信された前記パルスのエコーは、前記受信システムにより、一定の反射距離  
からの一つのサンプリングされた反射に統合される

ことを特徴とするナビゲーション装置。

18. 請求項10から請求項16までのいずれか1項に記載のナビゲーション装  
置において、

前記機械センサ部(16)は、前記装置の移動経路において前記装置が障害物  
と接触した場合に、少なくとも

一つの接触センサを作動させる

ことを特徴とするナビゲーション装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 自己方向決定装置用のシステムと装置

技術分野

本発明は、自己方向決定装置、特に（真空）掃除機に関し、より正確には、自律型装置の移動経路中に存在する障害物を有効に検出する超音波ソナー・システムにより隣接環境の中で方向を決定するシステムと装置とに関するものである。

発明の背景

長い間、船舶のレーダなどに類似した、水平方向をスイープするセンシングシステムにより制御される、特に掃除機のような、床面を取り扱う自律型装置などに対する要請があった。

その要望とは、たとえば、あらかじめ決められたパターン、または所定の戦略にしたがって掃除機能を実行でき、同時に室内にある障害物との衝突を回避し、さらに室内の壁との衝突も回避できるように、自律型装置が室内で自己の方向を自身で決定できるということである。

このようなシステムは、国際特許出願 WO 95/26512に同一出願者により開示されており、本明細書に参照用として特に組み入れてある。

このWO 95/26512によるシステムは、まだかなり複雑

で、最初の方向決定に多数の応答装置を余分に使用している。これらの応答装置は掃除されるべき室内のいくつかの場所に配置されており、かつこの応答装置は基準個所として用いられる。WO 95/26512によるシステムの他の特徴は、装置の上部に配置された超音波発信機を利用することである。この発信機は、室内に存在する応答器の位置特定と、近接センシングシステム(proximity sensing system)として可動装置の近くにあり得る障害物を検出することとの双方に使用される。開示された装置の一つの欠点は、帯域幅が制限されているために、死角領域を生じる可能性があることである。

従って、稼動する際に、あいている道を発見するためのより高い能力を示す自動研磨または掃除機の改善された装置を見出す要望がある。この改善装置は、簡単かつ廉価に製作でき、それによって顧客にアピールできる価格が呈示されるよ



うにすべきである。

#### 発明の要約

本発明によれば、自己方向決定装置、特に掃除機、のための近接センシングシステム及び装置が提供される。この近接センシングシステム及び装置は、安価に生産できる発信器システムを備える。発信器システムは、広いバンド幅、高い指向性を有する。このために、受信機の感度が高くなると同時に、非常に丈夫な装置が構成される。

本発明は、前方へ向けられたバンパーの形態で、少なくとも一つの発信部、一つの受信部及び一つの機械的センサ部を有する近接センシングシステムを有する近接超音波センシングシステム及びマイクロプロセッサシステムの形態による、当該装置の近接方向決定及びガイドを行うための構成部分と、特定の掃除機能を実行するためのモータ駆動車輪とを有する自律型の装置のための近接センシングシステム及び装置であって、

機械センサ部は、前記装置の移動経路において前記装置が障害物と接触した場合に、少なくとも一つの接触センサを作動させ、発信部は、装置の前方に配置された細長形状の超音波トランスデューサーであり、装置の前方の幅広い範囲内において鉛直方向に狭く分布する超音波を発信し、受信部は、複数のマイクロホンユニットを有し、マイクロホンユニットは、音響用の中空管を有し、装置の移動経路の前方にある障害物から反射される、装置から発信された超音波のエコーを受信する受信システムの入力部を形成するものを開示している。

本発明の他の目的と利点は従属クレームによって説明される。

#### 図面の説明

本発明は、添付図面を参照することにより好ましい実施態様の形で記述されるものとする。

図1 本発明に取り入れた真空掃除ロボットを具体化し

た自律装置の平面図を示す；

図2 図1の装置の側面図を示す；

- 図 3 図 1 の装置の側面図を示す；
- 図 4 本発明に取り入れた実施態様を図解説明する図 1 による装置のハードウェア・ブロック図を示す；
- 図 5 本発明のシステムに利用したソナートランスデューサーの指向性を図解したグラフを示す；
- 図 6 ソナーシステム用の裸のマイクロフォンの指向性を図解したグラフを示す；
- ；
- 図 7 本発明のソナーシステムに用いた中空管を備えるマイクロフォンの指向性を図解したグラフを示す；
- 図 8 音響受信用の中空管を備えたマイクロフォンの垂直切断図である；
- 図 9 細長形状のトランスデューサーの積層部分の図解である；
- 図 1 0 本発明システムの実施態様に用いるソナー発信器のブロック図を示す；
- 図 1 1 本発明システムの実施態様に用いるソナー受信器のブロック図を示す；
- 図 1 2 障害物が存在しないときの受信信号の例を示す；
- 図 1 3 障害物が 5 c m と 4 5 c m の距離に存在する場合の受信信号の例を示す。

#### 好ましい実施形態

##### 一般的な特徴

図 1 は、自立型電気（真空）掃除機の実施形態を示す平面図である。図示された掃除機は、床の上を独力で移動し、部屋を掃除するものである。掃除機の前部には、超音波発信器が配置されている。発信器は、図 2 に示すように、細長い形状のトランスデューサー 1 0 からなる。トランスデューサー 1 0 は、幅が約 2 5 m m で、本装置の前部の周囲表面を 1 5 0 ° のオーダーでカバーするだけの長さを有する。図 2 に示されるように、細長形状のトランスデューサーは、複数のマイクロホンユニット 1 2 の上方に取り付けられている。マイクロホンユニット 1 2 は、トランスデューサー 1 0 とともに、本装置の方向を定めるための超音波ソナーシステムを構成する。トランスデューサーは、前方方向にある可動のバンパーユニット 1 6 にその表面がバンパーユニットの表面よりも出ないように配置(c

ountersinked)されている。バンパー16は、左右のバンパー接触センサーを制御する。いずれのバンパー接触センサーも、バンパーが障害物と接触したときに作動する。図2及び図3より明らかなように、本装置は、2つの正反対の位置に配置された車輪17、18を有し、後方に第3の車輪を有する。車輪17、18は、ギアボックスを備えた別々のモータにより、それぞれ独立に駆動される。車輪17、18は、ギアボックスから出ている軸に直接取り付けられている。駆動車輪17、18により、本装置は、その対象中心の周りに回

転することも可能である。車輪17、18に結合されたギアボックスからの軸の各々には、スリットディスクとHPスリットディスクエンコーダが取り付けられている。スリットディスクエンコーダからの方形信号は、本装置を制御するマイクロプロセッサに接続されている。第3の車輪19は、本装置の後部を支持する。車輪19は、垂直軸の周りを回転できるので、その向きは、車輪17、18の駆動状態により定まる。本装置は、バッテリー等を載せることにより、3つの車輪全てが常に床と接触するように、本装置の後ろ半分がやや重くなるようにバランスがとられている。このようなバランスをとっていることから、本装置は、フロアカーペット等の縁を簡単に越えることができる。なお、バランスは、本装置内のチルトスイッチによっても検知されている。

上記と異なる実施形態では、細長形状のトランスデューサーは、上側部分と下側部分の2つの細長い形状のトランスデューサーに分割される。この場合には、複数のマイクロホンユニットは、上記ソナー発信器の2つの部分の間に配置される。

図4は、図1、2及び3に示した装置のハードウェアを示すブロック図である。ハードウェアは、基本的には、モトローラ社製のMC68332型データプロセッサの周りに構築されている。スリットディスクエンコーダからの信号は、MC68332の時間処理ユニット(TPU)に入力される。QDECモードで動作するプロセッ

サは、左右の車輪用のモータに、ドライバーを介して、1回転当たり2000ス

リットの精度で位置情報を与える。車輪用のモータは、メインプロセッサ内の時間処理ユニットからのチャネルにより生成される5kHzのパルス幅変調信号により制御される。プロセッサは、2つの他のモータをも制御する。その一方のモータは、ブラシを回転させるためのものであり、他の一方のモータは、掃除機の一般的な機能として必要とされるバキュームを生成するファンを回転させるためのものである。ファン用のモータからの空気は、一般的な方法による冷却にも利用される。また、ファン用モータからのエアは、本装置の上部にある、ひだ状の出口より排気される。

プロセッサは、種々の異なるタイプのメモリに保存されたソフトウェアにより制御される。このようなメモリとしては、コンピュータ技術の当業者によく知られているFPROM、RAM及びEEPROM等がある。制御システムとの通信は、標準的なRS-232インターフェイスで行われる。さらに、プロセッサは、独自のクロックシステムを有する。クロックシステムは、先行技術において、公知のものである。図4に示されたシステムは、さらに3つの接触スイッチ、L-バンパー、R-バンパー及びチルトスイッチを有する。また、図4のシステムは、ソナー位置検出システム用の発信器と受信機とを有する。ソナー位置検出システムは、本発明に係るシステムの一部分を構築するものであり、これについては、

以下に詳細に説明する。

#### ソナー位置測定システム

図示した実施形態では、障害物検出サブシステムは、超音波ソナー及びバンパーからなる。ソナーは、本装置の移動経路上にある障害物を検出することに使用されるもので、最も近くにある障害物の位置を正確に求めるとともに、床の存在を検出するものである。本装置の周囲には、半円形の静電容量型フィルムトランスデューサーが、3つのマイクロホンとともに取り付けられている。このトランスデューサーは、障害物を検出するために設けられており、実質的に縦形状(vertical profile)を有している。床及び階段を検出するために、2つの駆動車輪の前に、2つの圧電性のビーパー(piezoelectric beeper)がマイクロホンとともに

下向きに取り付けられている。バンパーは、各々の側面に接触スイッチを一つずつ有している。この接触スイッチは、検知されなかった障害物にぶつかった場合に、緊急に停止するために使用される。

トランスデューサーの物理的に細長い形状は、そのビームパターンを水平方向に広く、鉛直方向に狭く分布させる。図4には、45度のトランスデューサーについての典型的なビームパターンが示されている。図において、ビームパターンは、前方高さ方向の角度が $-10^{\circ}$  から $+10^{\circ}$  の著しく狭いパターンとなっている。分配され

た音響源を使用することは、デットゾーンを最小限とし、障害物が存在する近傍領域における検出を容易とする。指向性のない音響源を利用ということは、障害物の位置決定の一部を三角測量によらなければならないことを意味する。そして、三角測量を行うということは、全てのマイクロホンのチャンネルが同じレスポンスを有し、また、その位置と特定すべき物体における反射が、全方向において十分に等しくなければならないということを意味する。

利用できる変換器のタイプは、セルタイプ(Sell type)の片面静電型トランスデューサーである。このトランスデューサーは、静電力により動作する。図9は、セル型トランスデューサーの積層部を示すものである。このセル型トランスデューサーは、波形をした電気伝導性のあるバックプレーン30を備える。バックプレーン30は、一般に音響を透過させるものであり、例えばワイヤメッシュ(wire mesh)の形態を有する。波形状によりエアギャップ32が調節され、また、エアギャップの調節により発信器の感度及び最大放射強度が調節される。他方の電極34は、可動のフィルムからなる。このフィルムは、波形状のバックプレーンと接触しない方の面を金属により被覆されている。本実施形態において、細長形状のトランスデューサー10は、まず、内側の基礎曲線構造の周りに波形状の銅フィルムを取り付け、そして、波形状の銅フィルムの上部(Top)に、細長形状の静電型トランス

デューサーの可動部を形成する絶縁された平坦な導電性フィルムを取り付ける。

したがって、導電性フィルムの絶縁部は、波形状の銅フィルムに面している。波形状銅フィルムは、適当なワッフルパターンを有する。なお、本実施形態の装置では、図9に示す一般的なセル型のもので反対の方向に透過することを意図している。トランスデューサーの前には、防護用ワイヤメッシュがさらに配置されている。この防護用ワイヤメッシュは、バンパー16の周りの方形開口に沿って配置されており、150°のオーダーの前方の角度範囲を覆っている。このように、波形状のフィルムは、トランスデューサーの一方の電極となっており、絶縁された他方のフィルムは、他方の電極となっている。トランスデューサーは、非線形なものとなることができる。この場合には、交流信号がバイアス電圧なしで印加されると、その交流信号が整流される。セル型トランスデューサーについてのドキュメンテーションは、例えば、IEE Transactions on Ultrasonics, Ferroelectrics and Frequency control, #1 Vol 42, Jan 1995 にあり、その内容は、ここに引用することにより本明細書に導入したものとす。なお、利用したトランスデューサーについては、後にさらに詳述する。

ソナーシステムにおいて重要な他のものとしてマイクロホンがある。マイクロホンは、音響用に鉛直方向に並べられた2本の中空管構造の後方に取り付けられている。このようにするのは、指向性をマイクロホンにもたせる

ためである。図6は、ソナーシステムに適するマイクロホンの水平方向及び鉛直方向の指向性を示している。この図には、-100°から+100°までの鉛直面内及び-100°から+100°までの水平面内で生じた相対電圧がプロットされている。図6に示されるように、裸のマイクロホンは、ほぼ指向性がない。

鉛直方向に並べられた水平な中空の管（パイプ）又はチューブと、前述した鉛直方向分布が狭い発信器とを用いることにより、床からのエコーや、カーベットの鋭いエッジその他からのエコーを相当に抑制することができる。図7は、図6と同様の図であり、鉛直方向に並べられた2つの水平な中空管（パイプ又はチューブ）とともに用いられたマイクロホンの指向性を示している。図に見られるように、音響用の管を用いることにより、鉛直面内の指向性は大きく改善されている。これにより、床や本装置自身からのエコーが最強となる近傍領域における物

の検出が非常に容易となる。

図8は、2つの中空音響管を有するマイクロホンユニット12の断面図を示している。本実施形態では、2つの管12a及び12bは、直径が2.5mmであり、中心間距離は、4.25mmである。マイクロホンユニットの全体の直径は、8mmのオーダーであり、深さは、約12mmである。このことは、マイクロホン素子12cは、マイクロホンユニット内に約6mm沈んでいることを意味する。

#### 詳細な説明

モトローラのMC68332CPUは、発信器を作動させるために必要なパルス列を直接生成する。トランスデューサー素子は整流を行うので、生成される音の周波数は入力信号の周波数の2倍である。図9は、本システムの実施形態において利用されるソナー発信器の簡単なブロック図である。本実施形態において、信号は、20kHzの信号の3周期からなる。また、そのデューティサイクルは40%である。この信号は、PSP(Position Synchronized Pulse Generator)モードで動作している時間処理ユニット(TPU)のチャンネル0より生成される。タイムリファレンス(time reference)は、PMA(Period Measurement With Additional Transition Detection)モードで動作するチャンネル1で決定される。(PSP及びPMAについてのより詳しい情報は、Application Notes TPUPN14/D及びTPUPN15A/Dにある)。PMAは、E2CLKに入力されるクロック、及び、等間隔のパルスと特定のポイントにおける付加的なパルスからなる入力信号を必要とする。この信号は、キューシリアルモジュール(QSM)からのPCS0信号より生成される。キューシリアルモジュールも、MC68332CPU内の集積デバイスである。発信されたバーストの周波数及びデューティサイクルは、PSP機能のプログラムを変更することで変えることができる。バースト長(パルス数)は、QSMからのPCS0信号のプログラムを変更することで制御できる。上記の全ては、当業者にとって自明のソフトウェアモジュール(不図示)によりなされる。

図10には、MC68332CPUからの信号が電界効果型スイッチ、FET、に出力されているところが示されている。FETは、そのソース電極を設置しており、また、変圧器を介して細長形状の超音波トランスデューサーを駆動している。MC68332CPUによりゲートに鍵をかけられる電界効果型トランジスタのドレインに供給される12ボルトの1次電圧により、変圧器の2次側コイルに600V<sub>pp</sub>のパルスが生じる。トランスデューサーのキャパシタンスと変圧器の2次側コイルのインダクタンスにより、超音波発信器の動作周波数に調整された平行共振回路が構成される。

図11は、受信器の簡単なブロック図である。図11に示されている受信器は、バンドパスフィルターの入力に用いるマイクロホンを、3つのメインマイクロホンの中の一つ又は側面用の特別のマイクロホン（あるいは、駆動輪17、18の前にある2つの床検出マイクロホンの1つ）からマルチプレクサーを用いて選択する。ここで、側面用の特別のマイクロホン（不図示）は、壁を追跡するためのものである。また、バンドパスフィルターの後にはエンベロープディテクターが接続されている。本実施形態におけるマイクロホンは、個別の増幅器に接

続されている。これらの増幅器のゲインは、40dBである。本実施形態のバンドパスフィルターは、6極フィルターであり、40kHzを中心とする15kHzのバンド幅と約40dBのフィルターゲインを有する。プリアンプ等のエンベロープディテクター及びバンドパスフィルターは、当業者にとってよく知られた標準的な構成からなっている。エンベロープディテクターからの信号は、QSMの制御のもと、12ビットのシリアルA/Dコンバータに入力される。サンプリングは、毎秒40キロサンプルの割合で行われる。また、サンプリングは、超音波バーストの発信の1ミリ秒前に開始され、24ミリ秒後に終了される。A/D変換によりクロックされるQSMは、周辺装置のチップ選択PCS0とPCS1を出力する。PCS1は、位置番号8と16で発出され、割り込みをメインCPUに生じさせて、8個のサンプルがQSM受け入れレジスタに準備されていることを知らせる。QSMは、トランスファーを管理する16個の命令語に対応して16個の受信サンプルを保持することができる。16個の命令語の後、QSMはこれ



を終わりにしてコマンドシーケンスを再開する。このようにしてQSMは、A/D変換を自律的に同期化し、CPUに(TPUチャンネル2を介し、個別の入出力(DIO)モードで)必要なときだけ割り込む。CPUが予期したサンプルを全て受け取ると、QSMの割り込みは禁止となる。PCSOはサンプル番号1と9で発出され、PMA機能用にベースク

ロックを供給する。“付加的な”遷移を識別するために、付加パルスがその間のいずれかの位置(この場合はサンプル番号6)にプログラムされる。これがチャンネル0内のPSP機能にトリガーをかけ、音を発生するバーストを起動させる。バーストは、受信サイクルあたり1回だけ生成され、受信A/Dサンプリングクロックと完全に同期し、伝送バーストに関してサンプル数を正確な時間で容易に相互関連させるようにする。

#### 受けたデータの分析

受けた生のデータは、3つの部分に分割し、それぞれ異なる目的に利用する。第1に、バーストが発信される前にサンプルされたデータを用いて、バックグラウンドのノイズレベルが計算される。次に、近傍領域が分析される。本実施形態において、近傍領域とは、本装置の周囲表面から13cmまでの範囲をいう。この範囲は、750ミリ秒に相当する範囲である。この時間窓(time window)内では、受けた信号は、床及び本装置自身からのエコーを多く含んでいる。近傍領域における全ての障害物を識別するために、各マイクロホンの典型的な減衰パターンが維持され、受けた信号からその減衰パターンが差し引かれる。図12は、障害物がないときの本実施形態におけるマイクロホンの相対エコー振幅を示す図である。また、図13には、図12と同じマイクロホンの相対エコー振幅であって、距離5及び45cmの位置に障害物

がある場合の振幅を示す。典型的な減衰パターンを差し引いた後に残ったピークは、一定のしきい値と比較される。ピークが、しきい値より上の場合には、そのピークが障害物の存在を示していると考えられる。最後に、近傍領域より遠い領域が、一定のしきい値及び計算されたバックグラウンドのノイズレベルのオフセッ

トより大きなピークについて調べられる。

障害物の正確な位置は、各マイクロホンからの情報のみからでは知ることができない。なぜならば、検出された物体は、エンエリプシス(en ellipsis)上のいずれかに位置しているかもしれないからである。最も近くにある障害物の位置を正確に特定するために、当業者によく知られている標準的な幾何学的方法に従った三角法が利用される。最も近くにある物体に関する距離及び角度のみが計算される。これは、複雑な計算を即時に行わなければならないという事情による。また、上記計算は、本装置が低速走行を行っているとき又は停止しているときのみ行われる。

高速走行を行っている場合には、異なるマイクロホンから得られた情報は、障害物までのおよその距離を取得し、障害物が十分近くにある場合に低速走行に切り換えることに利用される。

#### ナビゲーション

通常、本装置は、障害物に遭遇するまで、直線走行を

行う。前面から40cm、側面から10cmの範囲内で障害物が検出されない場合は、高速で走行する。本実施形態で高速とは、約40cm/sの速度をいう。上記範囲内で障害物が検出されたときは、低速で走行する。低速とは、約14cm/sの速度をいう。数cm以内で障害物が検出された場合には、本装置を停止する。停止後、最も近くにある障害物が確認され、その障害物への角度が新しい走行方向を計算するのに使用される。もし、障害物がいずれかの側面の方へ大きくよっているときは、小さな基礎角度が用いられる。他方、障害物がまっすぐ前方にある場合には、60度の基礎角度が用いられる。基礎角度には、60度以内のランダムな角度が加えられる。これにより本自律型装置は、小さな方向転換で狭い通路を通り抜けることができ、露出した壁の間を効率的にはね回ることができる。本装置の停止と停止の間の距離及び方向転換の回数は監視され、数回の方向転換の後、走行距離が所定の最小距離を越えない場合には、“自由走行モード”から“スタック、ブレイクアウトモード”へモードが切り換えられる。ソナーが“見えない”ものと現に衝突し、そのものがバンパー接触センサによってのみ

検出された場合には、本装置は、まず数センチ後退し、次に、あたかもその物体がその側面において検出されたかのごとく動作する。

本装置は、本装置が停止と停止との間で十分な距離を走行していないということを検出した場合には、あいて

いる通路が発見されるまで、又は、完全に一周するまで、常に方向転換を行うというものにその戦略を変える。短い距離を走行した後、他の障害物が発見された場合には、同じプロセスが繰り返される。この場合に、方向転換の方向は、前回と同じである。障害物に当たらずに、最小距離を走行した場合には、再び”自由走行モード”が採用される。一方、本装置は、障害物を発見し続けると、方向転換を数回繰り返した後に、動作を停止する。

通常、”スタック・ブレイクアウトモード”において本装置は、回転するブラシや吸引用のファン等の他の作動部のスイッチを全て切る。ただし、本装置のサーキットリーを冷却するために、ファンからの空気流が必要であるときは、温度センサの制御のもと、ファンが作動される。

本装置は、掃除を行う場合には、最初に部屋の壁をトラッキングする。好ましい実施形態では、超音波発信器の下のバンパーの中に4つのソナーマイクロホンユニットがある。マイクロホンユニットのうち3つは、前方方向のナビゲーションに用いられる。右側側面に配置された4つ目のマイクロホンユニットは、壁のトラッキングに用いられる。部屋の周りの壁をトラッキングすることによるおおよその調査がなされた後に、本装置は、ランダムな方法による掃除を始める。掃除は、本装置が、アクセス可能な表面がほぼ全てカバーされたと評価するまで継続される。

乱数の発生には、合同タイプ(congruential type)の標準的な偽似乱数発生器が用いられる。各々の独立したランで異なるシーケンスを用いるために、シードとして11ビットの乱数が用いられる。この乱数は、11のアナログ入力 of 各々をA/D変換した値の最上位ビットを用いて生成される。

種々の修正や変更が付属クレームにおいて定義される本発明の精神と範囲から

逸脱することなくなされることが当業者により理解されよう。

【図1】

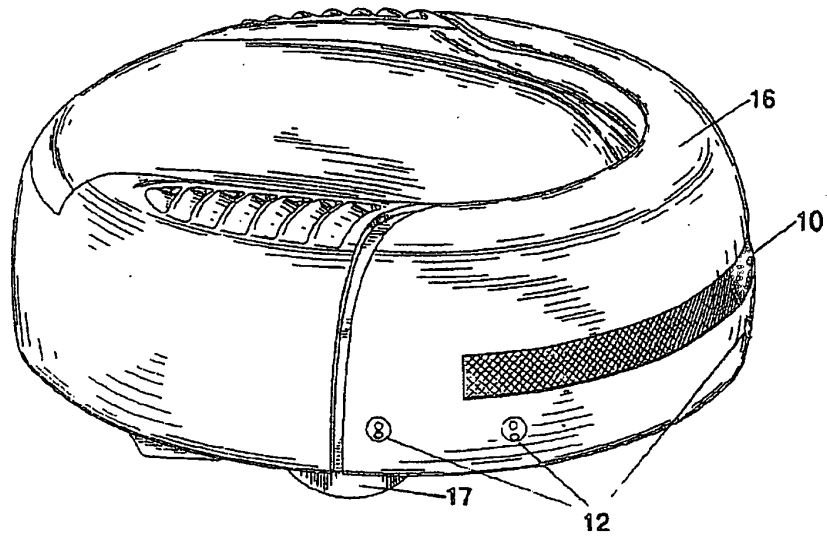


Fig. 1

【図2】

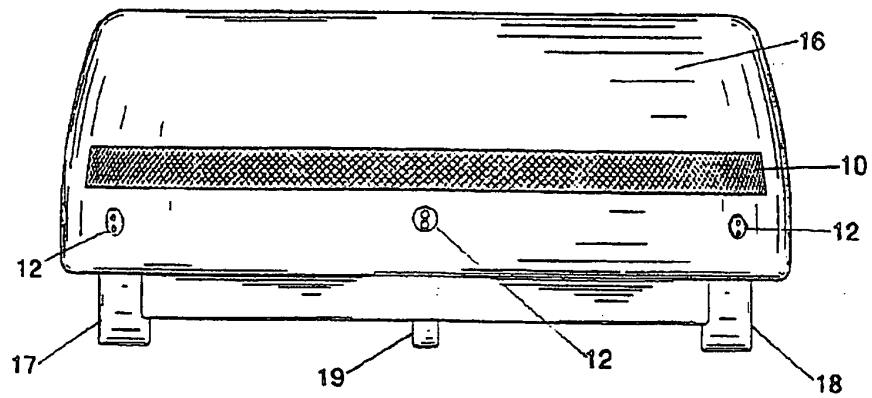


Fig. 2

【图3】

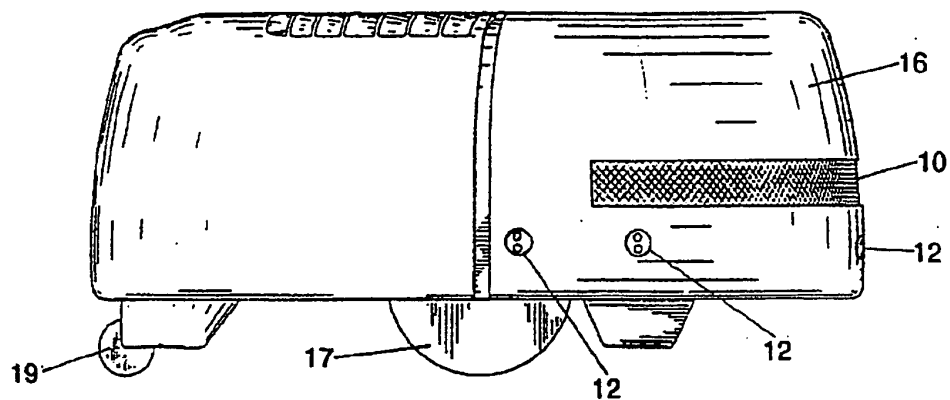


Fig. 3

【图5】

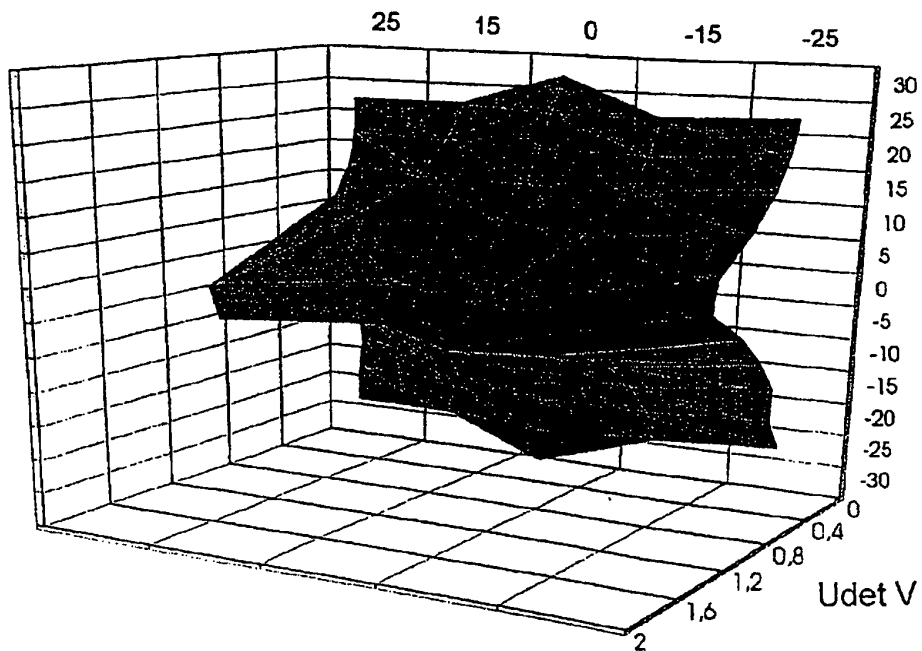


Fig. 5

【図4】

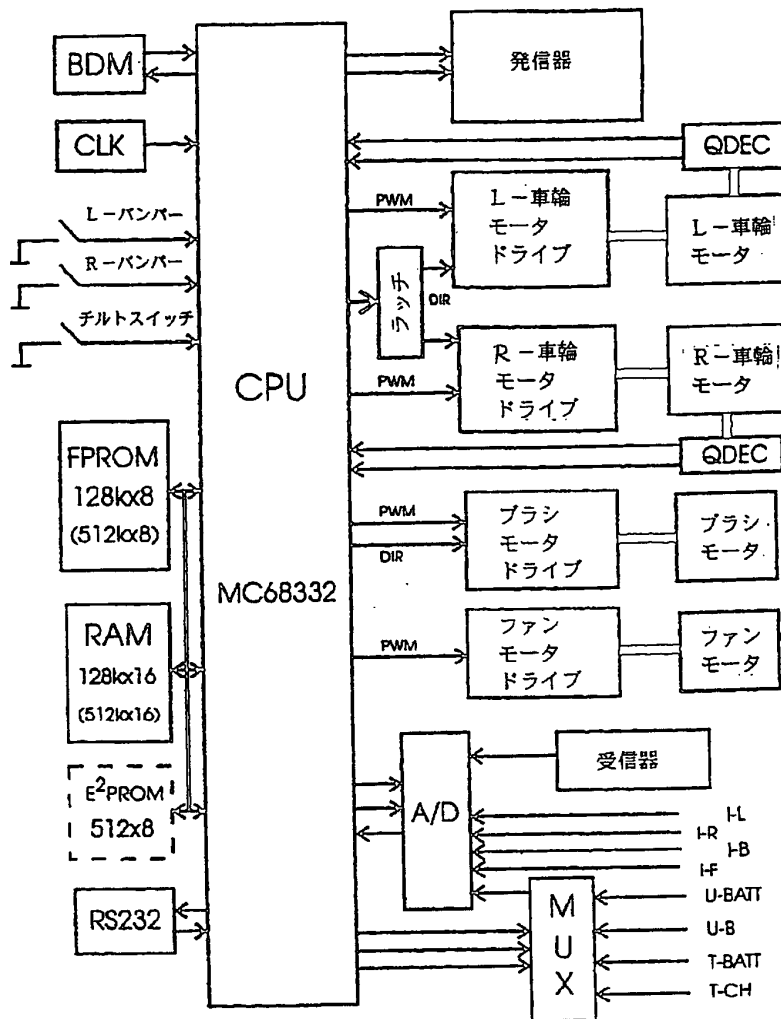


Fig. 4

【图6】

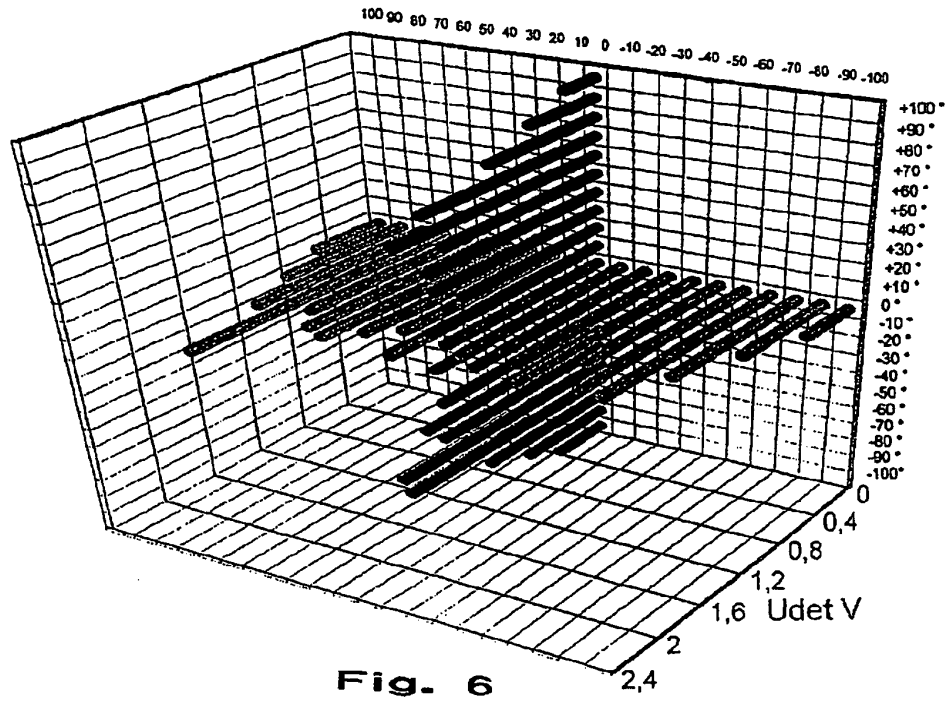


Fig. 6

【図7】

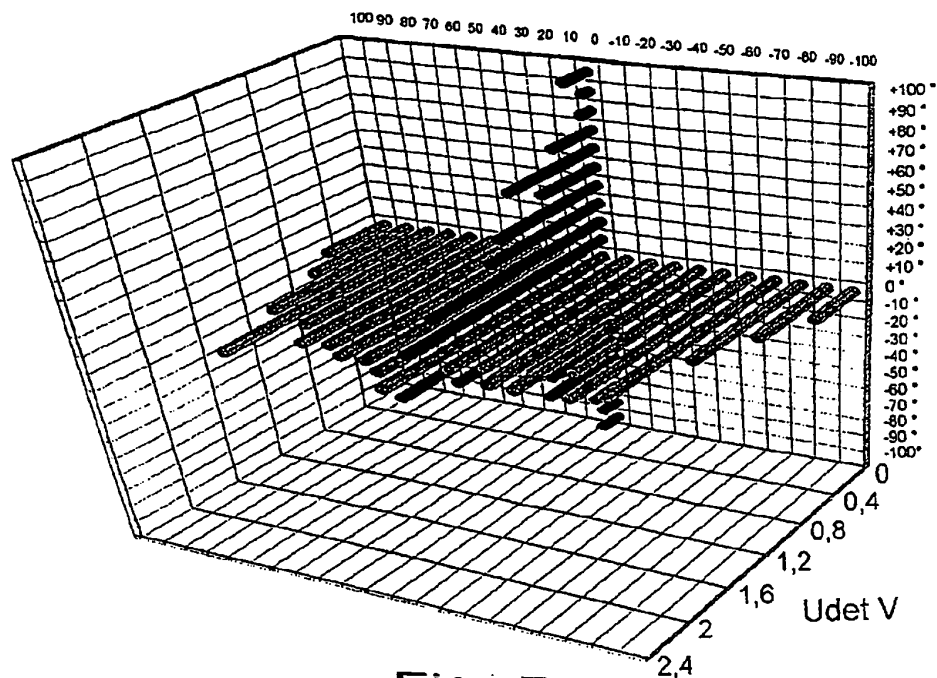


Fig. 7

【図8】

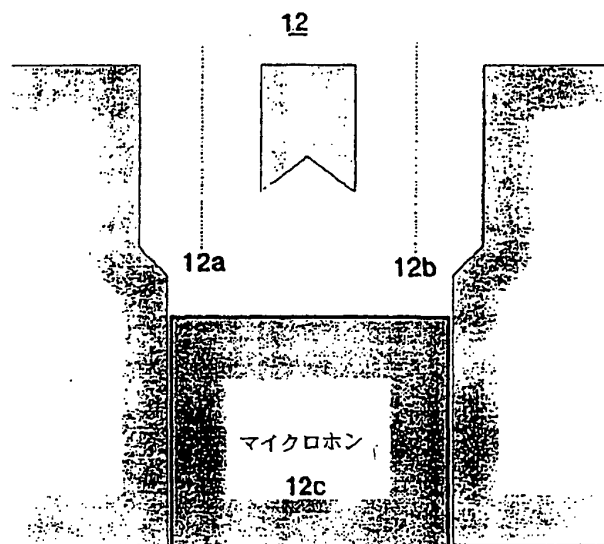


Fig. 8



【図9】

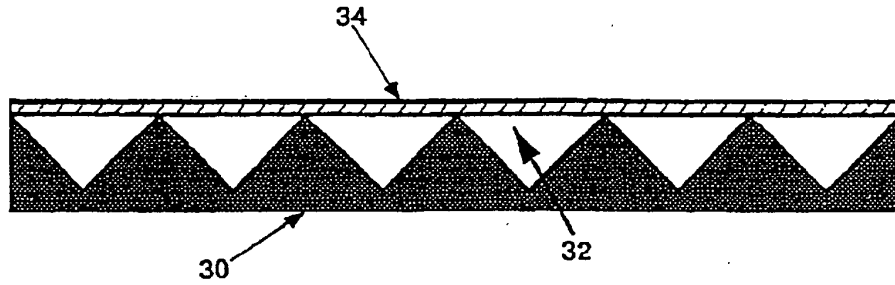


Fig. 9

【図10】

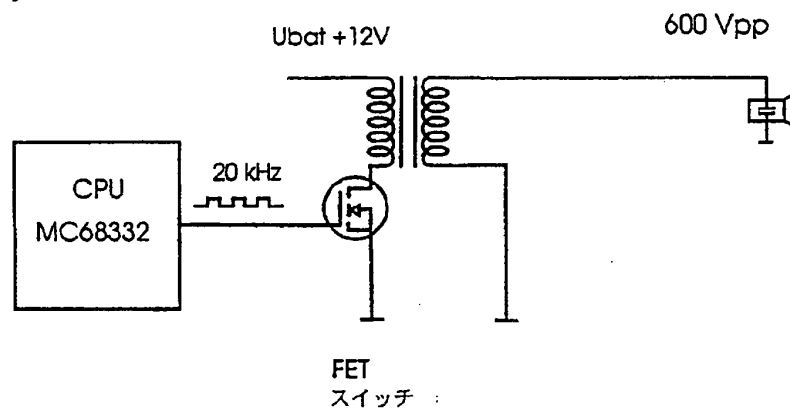


Fig. 10

【图 11】

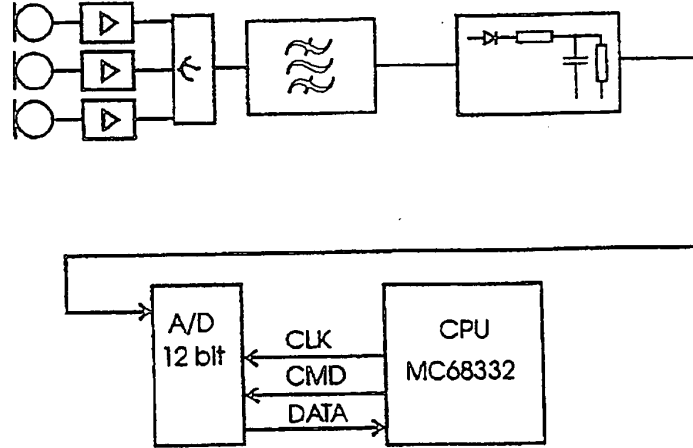


Fig. 11

【图 12】

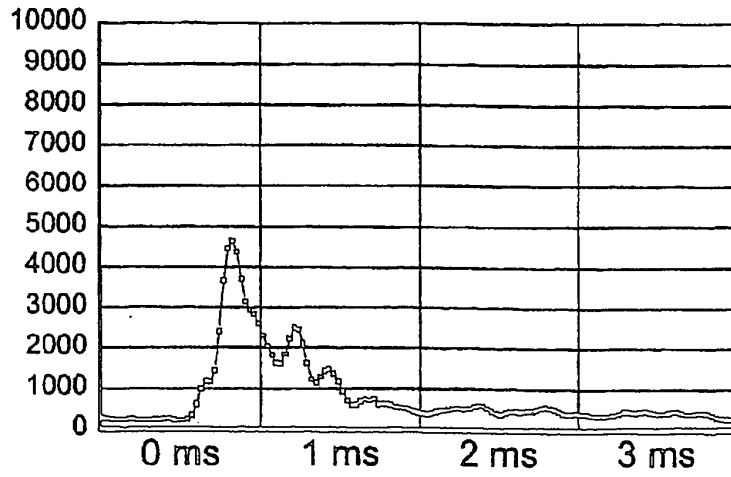


Fig. 12

【图13】

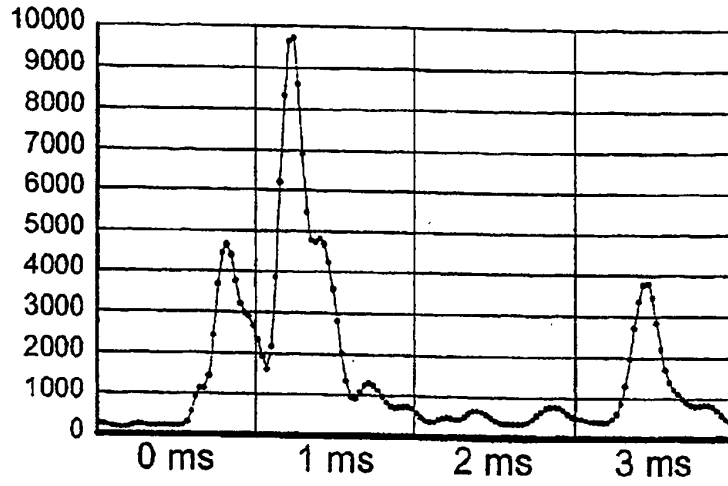


Fig. 13

## 【国際調査報告】

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/SE 97/00625

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
IPC6: G01S 15/93, G05D 1/03 According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)		
IPC6: G01S, G05D		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
SE,DK,FI,NO classes as above		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
WPI		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 5377106 A (GERHARD DRUNK ET AL), 27 December 1994 (27.12.94), figures 11-16, abstract	1-18
	--	
A	US 5276618 A (HOBART R. EVERETT, JR), 4 January 1994 (04.01.94), figure 1, abstract	1-18
	--	
A	US 4751658 A (MARK B. KADDOFF ET AL), 14 June 1988 (14.06.88), figure 1, abstract	1-18
	--	
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance: the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance: the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search		Date of mailing of the international search report
4 Sept. 1997		08-09-1997
Name and mailing address of the ISA/ Swedish Patent Office Box 5055, S-102 42 STOCKHOLM Facsimile No. +46 8 666 02 86		Authorized officer Göran Magnusson Telephone No. +46 8 782 25 00

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 1992)

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.  
PCT/SE 97/00625

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 5170352 A (LOUIS S. MCTAMANEY ET AL), 8 December 1992 (08.12.92), column 2, line 46 - line 51, figure 1 —	1-18
A	US 4638445 A (PAUL J. MATTABONI), 20 January 1987 (20.01.87), figures 1,7, abstract — -----	1-18

Form PCT/ISA/210 (continuation of second sheet) (July 1992)

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
Information on patent family members

06/08/97

International application No.  
PCT/SE 97/00625

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5377106 A	27/12/94	AT 129821 T DE 3709627 A DE 3854649 D EP 0378528 A,B JP 3500098 T WO 8807711 A	15/11/95 13/10/88 00/00/00 25/07/90 10/01/91 06/10/88
US 5276618 A	04/01/94	NONE	
US 4751658 A	14/06/88	AU 7434387 A EP 0271523 A JP 63502227 T WO 8707056 A	01/12/87 22/06/88 25/08/88 19/11/87
US 5170352 A	08/12/92	NONE	
US 4638445 A	20/01/87	NONE	

Form PCT/ISA/210 (patent family annex) (July 1992)

フロントページの続き

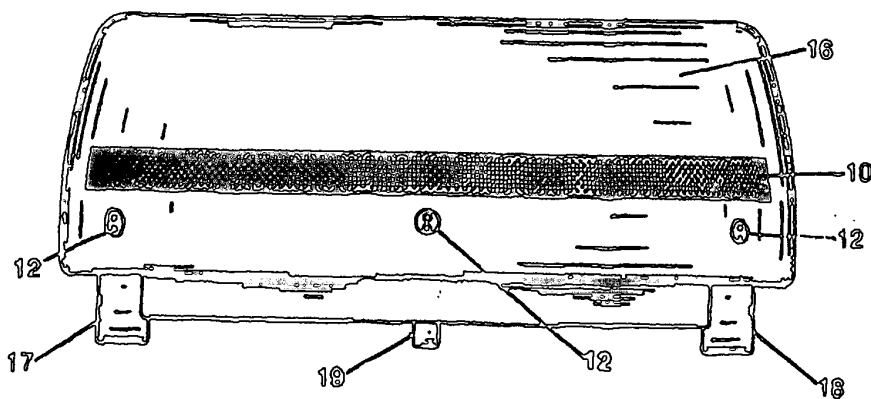
(81)指定国 EP(AT, BE, CH, DE,  
DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, L  
U, MC, NL, PT, SE), OA(BF, BJ, CF  
, CG, CI, CM, GA, GN, ML, MR, NE,  
SN, TD, TG), AP(GH, KE, LS, MW, S  
D, SZ, UG), UA(AM, AZ, BY, KG, KZ  
, MD, RU, TJ, TM), AL, AM, AT, AU  
, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, CA, CH,  
CN, CU, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, G  
B, GE, GH, HU, IL, IS, JP, KE, KG  
, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT,  
LU, LV, MD, MG, MK, MN, MW, MX, N  
O, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG  
, SI, SK, TJ, TM, TR, TT, UA, UG,  
US, UZ, VN, YU



## INTERNATIONAL APPLICATION PUBLISHED UNDER THE PATENT COOPERATION TREATY (PCT)

(51) International Patent Classification <sup>6</sup> : G01S 15/93, G05D 1/03	A1	(11) International Publication Number: WO 97/41451 (43) International Publication Date: 6 November 1997 (06.11.97)
<p>(21) International Application Number: PCT/SE97/00625</p> <p>(22) International Filing Date: 14 April 1997 (14.04.97)</p> <p>(30) Priority Data: 9601664-7 30 April 1996 (30.04.96) SE</p> <p>(71) Applicant (for all designated States except US): AKTIEBOLAGET ELECTROLUX [SE/SE]; Luxbacken 1, S-105 45 Stockholm (SE).</p> <p>(72) Inventors; and (75) Inventors/Applicants (for US only): KLEINER, Mendel [SE/SE]; Högålid 1, S-436 51 Hovås (SE). RIISE, Björn [SE/SE]; Hjortvägen 3, S-191 46 Sollentuna (SE).</p> <p>(74) Agents: HEDBERG, Åke et al.; Dr. Ludwig Brann Patentbyrå AB, P.O. Box 1344, S-751 43 Uppsala (SE).</p>	<p>(81) Designated States: AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CU, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, GB, GE, GH, HU, IL, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MD, MG, MK, MN, MW, MX, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, TJ, TM, TR, TT, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ARIPO patent (GH, KE, LS, MW, SD, SZ, UG), Eurasian patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), European patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), OAPI patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, ML, MR, NE, SN, TD, TG).</p> <p><b>Published</b> With international search report. Before the expiration of the time limit for amending the claims and to be republished in the event of the receipt of amendments.</p>	

(54) Title: SYSTEM AND DEVICE FOR A SELF ORIENTING DEVICE



## (57) Abstract

The invention discloses a proximity sensing system and an autonomous device, like a vacuum-cleaner, being provided with a pair of independent driven wheels (17, 18). The device contains for the proximity orientation and guiding a microprocessor system and a sonar system comprising at least an ultrasonic transmitter and an ultrasonic receiver. An additional mechanical touch sensor is also used in form of a forward directed bumper (16) carrying the transmitter as well as receiving microphone units. The mechanical bumper is actuating at least one touch sensor if the device makes contact to an obstacle in the course of the moving device. The transmitter is a stripe-shaped ultrasound transducer (10) positioned at the front of the device and transmitting ultrasonic waves with a narrow vertical distribution within a wide sector in front of the device. The receiver comprises a number of microphone units (12) provided with hollow pipes (12a, 12b) for the sound. The microphone units (12) together with the transmitter form an efficient sonar system for detecting echoes reflected from objects in the forward course of the moving device.



**FOR THE PURPOSES OF INFORMATION ONLY**

Codes used to identify States party to the PCT on the front pages of pamphlets publishing international applications under the PCT.

AL	Albania	ES	Spain	LS	Lesotho	SI	Slovenia
AM	Armenia	FI	Finland	LT	Lithuania	SK	Slovakia
AT	Austria	FR	France	LU	Luxembourg	SN	Senegal
AU	Australia	GA	Gabon	LV	Latvia	SZ	Swaziland
AZ	Azerbaijan	GB	United Kingdom	MC	Monaco	TD	Chad
BA	Bosnia and Herzegovina	GE	Georgia	MD	Republic of Moldova	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagascar	TJ	Tajikistan
BE	Belgium	GN	Guinea	MK	The former Yugoslav Republic of Macedonia	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Greece	ML	Mali	TR	Turkey
BG	Bulgaria	HU	Hungary	MN	Mongolia	TT	Trinidad and Tobago
BJ	Benin	IE	Ireland	MR	Mauritania	UA	Ukraine
BR	Brazil	IL	Israel	MW	Malawi	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Iceland	MX	Mexico	US	United States of America
CA	Canada	IT	Italy	NE	Niger	UZ	Uzbekistan
CF	Central African Republic	JP	Japan	NL	Netherlands	VN	Viet Nam
CG	Congo	KE	Kenya	NO	Norway	YU	Yugoslavia
CH	Switzerland	KG	Kyrgyzstan	NZ	New Zealand	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	Democratic People's Republic of Korea	PL	Poland		
CM	Cameroon	KR	Republic of Korea	PT	Portugal		
CN	China	KZ	Kazakstan	RO	Romania		
CU	Cuba	LC	Saint Lucia	RU	Russian Federation		
CZ	Czech Republic	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DE	Germany	LK	Sri Lanka	SE	Sweden		
DK	Denmark	LR	Liberia	SG	Singapore		
EE	Estonia						

## SYSTEM AND DEVICE FOR A SELF ORIENTING DEVICE

Technical field

The present invention refers to a self orientating device, particular a vacuum-cleaning device, and more exactly to a system and a device for the orientation in the immediate surroundings by means of an ultrasonic sonar system offering an advantageous sensing of obstacles in the course of the moving autonomous device.

Background of the invention

For many years there has been a desire to provide, for instance, an autonomous apparatus for floor treatment, particularly a vacuum-cleaner, which is controlled by a sensing system sweeping around the horizon in analogy, for example, with a ship radar. Then the desire is, that the apparatus should be able to orientate itself in a room, such that it, for instance, will be able to perform a cleaning function according to a predetermined pattern or a predetermined strategy and at the same time avoid colliding with different obstacles, which may be arranged in the room, besides avoiding collisions with the walls of the room.

Such a system is disclosed in the International Patent Application WO 95/26512 by the same applicant and which is expressly incorporated here by reference.

Still the system according to WO 95/26512 is rather complicated and it additionally utilizes a number of transponder devices for the initial orientation. These transponders are localized at a number of points in the room to be cleaned and the transponders are used as reference points. Another characteristic of the system according to WO 95/26512 is the utilization of an ultrasound transmitter placed on top of the device. This transmitter is used both for localization of the transponders scattered around the room and is simultaneously used as a proximity sensing system for detecting possible obstacles near to the moving apparatus. One disadvantage of the disclosed apparatus is due to limited bandwidth and therefore there will

sometimes be present "dead" sectors.

Therefore there is a desire to find an improved apparatus for automatic polishing or vacuum-cleaning presenting an even better ability to find a clear way when performing its operation. The improved apparatus should also be simple and cheap to produce and thereby be able to present an appealing price to customers.

#### Summary of the invention

According to the present invention a proximity sensing system and device are provided for a self orientating device, particularly a vacuum-cleaner, which comprises a transmitter system cheap in production, which presents a large bandwidth, a high directivity resulting in high sensitivity at the receiver and at the same time constituting a very robust apparatus.

The present invention discloses a proximity sensing system and a device for an autonomous device being provided with a pair of motor driven wheels, the device comprising members for the proximity orientation and guiding of the device in the form of a microprocessor system and a proximity ultrasonic sensing system comprising at least one transmitting member and one receiving member and a mechanical sensing member in form of a forward directed bumper, wherein the mechanical sensing member is actuating at least one touch sensor if the device makes contact to an obstacle in the course of the moving device, the transmitting member is a stripe-shaped ultrasound transducer positioned at the front of the device and transmitting ultrasonic waves with a narrow vertical distribution within a wide sector in front of the device, and the receiving member comprises a number of microphone units provided with hollow pipes for the sound and forming a input portion of a receiving system for receiving echoes of the transmitted ultrasonic waves reflected from objects in the forward course of the moving device.

Further objects and advantages of the present invention are set forth by the dependent claims.

Description of the drawings

The invention will be described in form of a preferred embodiment by making reference to the accompanying drawings, in which:

- Fig. 1 demonstrates a top view of an autonomous device in an embodiment of a vacuum-cleaning robot incorporating the present invention;
- Fig. 2 demonstrates a side view of the device of Fig. 1;
- Fig. 3 demonstrates a side view of the device of Fig. 1;
- Fig. 4 demonstrates a hardware block diagram of the device according to Fig. 1 illustrating an embodiment incorporating the present invention;
- Fig. 5 shows a graph illustrating directivity of a sonar transducer utilized in the present system;
- Fig. 6 shows a graph illustrating directivity of a naked microphone for a sonar system;
- Fig. 7 shows a graph illustrating the directivity of a microphone provided with hollow pipes utilized in the present sonar system;
- Fig. 8 is a vertical cut of a microphone provided with hollow pipes for the received sound;
- Fig. 9 illustrates build-up of a stripe-shaped transducer;
- Fig. 10 shows a simplified sonar transmitter block diagram utilized in an embodiment of the present system;
- Fig. 11 shows a sonar receiver block diagram utilized in an embodiment of the present system;

Fig. 12 shows an example of received signal when no obstacle is present; and

Fig. 13 shows an example of received signal when obstacles are present at distances of 5 cm and 45 cm.

#### An illustrative preferred embodiment

##### General features

Figure 1 illustrates in a top view an illustrative embodiment of an autonomous vacuum-cleaning device, which by itself will move on a floor and vacuum-clean a room. In the front portion there is arranged an ultrasonic transmitter. The transmitter consists of a stripe-shaped transducer 10 about 25 mm wide and a length covering of the order 150° of the front perimeter of the device as illustrated in Fig. 2. As seen in Fig. 2, the strip-shaped transducer 10 is mounted above a number of microphone units 12, which together with the transducer 10 form an ultrasonic sonar system for the orientation of the device. The transducer is countersunk in a forward directed, movable bumper unit 16. The bumper 16 controls a left and a right bumper touch sensor, either one being actuated if the bumper makes contact with an obstacle. From Figs. 2 and 3 it will be seen that the device has two diametrically positioned wheels 17, 18 and a third wheel 19 at the back. The wheels 17, 18 are each independently driven by a separate motor equipped with a gearbox. The wheels 17, 18 are connected directly on the outgoing axis from the gearbox. The driven wheels 17 and 18 enables the device to also rotate around its own symmetry center. On each axis from the gearboxes connected to the wheels 17 and 18 respectively a slotted disc and a HP slotted disc encoder is mounted. The quadrature signals from the slotted disc encoders are connected to a microprocessor controlling the device. The third wheel 19 supports the back of the device. The direction of the wheel 19 will be dependent on the driving of the two wheels 17 and 18 as it may rotate around a vertical shaft. The device is balanced with a slightly larger weight on the rear half of the device, carrying for instance the batteries, such that it will always move with all three wheels

in contact with the floor. Due to this balancing the device may easily climb the edges of floor carpets and the like. The balance is also sensed by a tilt switch in the device.

In another embodiment the stripe-shaped transducer is divided into two stripe-shaped transducers, on upper portion and one lower portion. The number of microphone units then will be positioned between the two portions of the sonar transmitter.

In figure 4 is illustrated a hardware block diagram of the device according to Figures 1, 2 and 3. The hardware is essentially built around a data processor type MC68332 from Motorola Inc. The signals from the slotted disc encoders are connected to Timer Processor Unit (TPU) inputs of the MC68332. The processor (running in QDEC mode) giving position information with an accuracy of 2000 slots per revolution controls, via respective drivers, left and right wheel motors. The wheel motors are separately controlled by pulse-width modulated signals of 5 kHz generated by to more channels from the Timer Processor Unit in the main processor. The processor also controls two additional motors, one for the rotating brush and another for the fan generating the necessary vacuum for the general function of the vacuum-cleaner. Air from the fan motor is additionally in a known manner utilized for cooling purposes and the air is exhausted at a gilled outlet at the top of the device.

The processor is controlled by software stored in a number of different types of digital memories for example of type FPROM, RAM or EEPROM, which are all well known to a person familiar to computer techniques. Communication with the control system may be obtained through a standard RS-232 interface. Additionally the processor has its own clocking system also known from prior art. The system as illustrated in Fig. 4 further comprises three touch switches, L-Bumper, R-Bumper and tilt switch, and a transmitter and a receiver for a sonar localization sensing system, which portions constitutes the part of the system involving the present invention and which will be described more in detail below.

The sonar localization system

In the illustrative embodiment the obstacle detection subsystem consists of an ultrasonic sonar and a bumper. The sonar is used for detection of obstacles in the path of the moving device, pinpointing the exact location of the nearest obstacle and sensing the presence of a floor. There is a semicircular capacitance film-transducer mounted on the perimeter of the device, together with three microphones, for detection of objects having an essentially vertical profile. For sensing floors and staircases there are additionally two piezoelectric beepers mounted in front of the two driven wheels, facing downwards, together with two additional microphones. The bumper has two touch switches, one for each side, and which are used for emergency stopping when an obstacle, still undetected by the sonar, has been hit.

The physical stripe-shape of the transducer gives it a beam pattern with a wide horizontal distribution, while the vertical distribution is rather narrow. A typical beam pattern for a 45 degree transducer is shown in Fig. 4 and demonstrates a pronounced narrowed pattern between  $-10^{\circ}$  to  $+10^{\circ}$  in the forward elevation angle. The use of a distributed sound source will minimize eventual dead zones and at the same time facilitate an easier detection in a near zone where an obstacle exists. Utilizing an omni-directional source implies that a part of the localization must be performed by triangulation which in turn implies that all microphone channels must have the same response and that the object to be located must preferably reflect equally in all directions.

An available transducer type is a single sided electrostatic transducer of Sell type, which works by electrostatic attraction. Fig. 9 shows a build up of a Sell transducer which comprises an electrically conducting corrugated back-plane 30 which is generally acoustically transparent, for instance in form of a wire mesh. The corrugation sets the air gap 32 and thereby both the transmitter sensitivity and its maximum emitted intensity.

The other electrode 34 consists of a movable film which is metallized on the side not in contact with the corrugated back-plane 30. In the preferred embodiment the stripe-shaped transducer 10 is formed by first attaching a corrugated copper film to the perimeter of the inner basic curved structure and on top of the corrugated copper film a plane insulated conductive film forming the moving part of the stripe-shaped electrostatic transducer. Thus the insulation of the conductive film is facing the corrugated copper film. The corrugated copper film has an adequate waffle pattern. Note that this preferred device is intended to transmit in the opposite direction compared to the general Sell type demonstrated in Fig. 9. In front of the transducer is additionally placed a protective wire mesh at a rectangular opening along the perimeter of the bumper 16, covering a forward angle of the order  $150^\circ$ . Thus the corrugated film constitutes one electrode and the insulated conductive film the other electrode of the transducer. The transmitter will be non-linear which implies that it rectifies an applied AC signal if a biasing voltage is not applied together with the AC signal. Documentation on Sell transducers is for instance found in IEE Transactions on Ultrasonics, Ferroelectrics and Frequency Control, #1 Vol 42, Jan 1995, which is expressly incorporated here by reference. The utilized transducer will be further described below.

The other important parts of the sonar system are the microphones. The microphones are mounted behind an arrangement of two vertically aligned hollow pipes for the sound in order to give them a desired directivity. In Fig. 6 is demonstrated the horizontal and vertical directivity of a microphone suitable for a sonar system. The diagram plots the generated relative voltage in a vertical plane  $-100^\circ$  to  $+100^\circ$  and similarly in a horizontal plane  $-100^\circ$  to  $+100^\circ$ . The directivity of a naked microphone is almost omni-directional, as indicated by the diagram of Fig. 6.

Introducing the vertically aligned horizontal hollow pipes or tubes together with the already obtained narrow vertical



distribution of the transmitter, echoes from the floor as well as from sharp edged carpets etc., will be heavily suppressed. Fig. 7 demonstrates the directivity for a microphone provided with two vertically aligned horizontal hollow tubes, or pipes, in a diagram similar to the diagram shown in Fig. 6. With the sound pipes the directivity in the vertical plane is greatly improved as can be seen in the diagram. This gives a much simplified detection of objects in the near zone, where echoes from the floor and the device itself are strongest.

Fig. 8 demonstrates a cross section of a microphone unit 12 with two hollow sound pipes. In the present embodiment the two pipes, 12a and 12b have a diameter of 2.5 mm and a center distance of 4.25 mm. The total diameter of the microphone unit is of the order 8 mm and the depth about 12 mm which means that the microphone element 12c is countersunked about 6mm into the microphone unit.

#### Detailed description

The Motorola central processor unit MC68332 directly generates the necessary pulse train to drive the transmitter. Since the transducer element is rectifying, the frequency of the generated sound is twice the frequency of the input signal. Fig. 9 illustrates a simplified block diagram of the sonar transmitter utilized in an preferred embodiment of the present system. In the presently preferred embodiment of the present invention the signal consists of three periods of 20 kHz with a duty cycle of 40% generated from channel 0 of the Timer Processor Unit (TPU), which is running in a Position-Synchronized Pulse Generator (PSP) mode. The time reference is determined by channel 1 running in Period Measurement With Additional Transition Detection (PMA) mode. (Further information on PSP and PMA is found in Application Notes TPUPN14/D and TPUPN15A/D). PMA requires a clock connected to E2CLK input and an input signal with evenly spaced pulses, plus an additional pulse at a specified point. This signal is generated by the PCS0 signal from the Queued Serial Module (QSM), also an integrated device in the MC68332 CPU. Frequency and duty

cycle of the transmitted burst can be varied by changing the programming of the PSP function. Burst length (number of pulses) is controlled by changing the programming of the PCS0 signal from QSM. All this is done in a software module (not shown) which will be obvious to a person skilled in the art.

In Fig. 10 is illustrated that the signal from the MC68332 CPU is output to a field effect switch, FET, having its source electrode connected to ground and via a transformer is driving the stripe-shaped ultrasound transducer. A primary 12 volts supply to the drain electrode of the field effect transistor, which keyed on its gate by the CPU MC68332, generates pulses of about 600 Vpp in the secondary winding of the transformer. The capacitance of the transducer and the inductance of the secondary winding form a parallel resonance circuit tuned to the operation frequency of the ultrasonic transmitter.

The receiver demonstrated in a simplified receiver block diagram in Fig. 11 uses an analog multiplexer to select one of the three main microphones 12 or an extra side microphone (not shown in the diagram) for a wall tracking, (or one of the two floor sensing microphones in front of the driven wheels 17, 18), as input to a bandpass-filter followed by an envelope detector. The microphones in the present embodiment are connected to individual amplifiers of about 40 dB gain. The bandpass-filter of the present embodiment is a 6 pole filter having a bandwidth of 15 kHz centered at 40 kHz and a filter gain of about 40 dB. The envelope detector like the preamplifiers and the bandpass-filter constitute a standard configuration well known to a person skilled in the art. The signal from the envelope detector is then fed to a 12 bit serial A/D-converter, under control of the QSM. Samples are stored at a rate of 40 kilosamples per second, starting one millisecond before and ending twentyfour milliseconds after the transmitted ultrasonic burst. Clocked by A/D transfers the QSM outputs the peripheral chip selects PCS0 and PCS1. PCS1 is issued at positions number eight and sixteen. triggers an interrupt to the main CPU, indicating that there are

eight samples ready in the QSM receive registers. The QSM can hold sixteen received samples, corresponding to sixteen command words that control the transfer. After sixteen command words the QSM wraps back and restarts the command sequence. In this way the QSM synchronizes A/D conversions autonomously, interrupting the CPU (through TPU channel 2, in Discrete Input Output (DIO) mode), only when necessary. When the CPU has received all expected samples, the QSM is disabled. PCS0 is issued at samples number one and nine, giving the base clock for the PMA function. An additional pulse is programmed at a desired position somewhere in between, (in this case at sample number six), to identify the "additional" transition. This triggers the PSP function in channel 0 to start the burst that generates the sound. The burst is only generated once per reception cycle and perfectly synchronized to the receiver A/D sampling clock, making it easy to correlate a sample number to an exact time relative to the transmitted burst.

#### Analyzing received data

The received raw data is divided in three parts used for different purposes. First the background noise level is calculated by using the data sampled before the burst is transmitted. Then the near zone is analyzed. The near zone in the present embodiment is the range from the perimeter of the device and up to about thirteen centimeters away, corresponding to about 750 microseconds. In this time window the received signal is heavily contaminated by echoes from the floor and from the device itself. In order to distinguish any obstacle in this region, a typical decay pattern for each microphone is maintained and subtracted from the received signal. In Fig. 12 is illustrated the relative echo amplitude for a microphone of the present embodiment with no obstacle present. In Fig. 13 is illustrated the relative echo amplitude of the same microphone with obstacles at distances 5 and 45 cm. After subtraction of the typical decay pattern the remaining peaks are compared to a fixed threshold and, if above this preset threshold, considered to be representing an obstacle. Last, the zone beyond the near zone is scanned

for peaks above a fixed threshold and offset by the calculated background noise level.

The exact location of an obstacle is not known by only using the information from each microphone since the detected object could be located anywhere on an ellipse. To pinpoint the exact location of the nearest obstacle trigonometry is used in a standard geometrical way apparent to a person skilled in the art. Only the distance and angle to the nearest obstacle is calculated due to the complex mathematics that must be performed in real time. Also this is only done when travelling at low speed or stopped.

When traveling at high speed, the information from the different microphones is used as is, to get an approximation of the distance to obstacles, and then switch to low device speed when obstacles are close enough.

#### Navigation

Normally the device moves in a straight line until an obstacle is encountered. If no obstacle is detected within 40 cm from the front, or 10 cm from the sides, high speed is used. High speed for the present embodiment corresponds to about 40 cm/s. If any obstacle is seen within this section, low speed is used. Low speed is then set to about 14 cm/s. Detection of an obstacle within a distance of a few centimeters causes the device to stop. After stopping, the closest obstacle is checked and the angle to the object is used as argument for calculating a new direction for travel. If the obstacle is found far out on either side, a small base angle is used. On the other hand, if the hit is straight ahead, a base angle of 60 degrees is used. To the base angle, a random angle of up to 60 degrees is added. In this way the autonomous device can find its way through a narrow passage with small turns and still bounce efficiently between bare walls. The distance between stops and the number of turns is monitored so that the "free run mode" switches into "stuck, breakout mode" if the travelled distance does not exceed a set minimum after a

number of turns. Actually hitting anything "unseen" by the sonar and detected only by the bumper touch sensors causes the device to first backoff a few centimeters, and then continue as if the object is sensed on the corresponding side.

When the device has detected that it does not travel far enough between stops, it changes strategy into constantly turning and sensing the environment until a free passage is found or a full circle is covered. If after traveling a short distance another obstacle is detected the same procedure is repeated, continuing turning in the same direction. When a minimum distance is traveled without hitting a new obstacle, "free run mode" is reentered. On the other hand, if the device continues to find obstacles, it is turned off after a number of turns.

Normally when in the "stuck, breakout mode" the device switches off all other activities like for instance the rotating brush and the fan producing the vacuum, unless the airstream from this fan is needed for the cooling of the device circuitry as controlled by temperature sensors.

When performing a cleaning task the device starts by tracking the walls defining the room. In the preferred embodiment there are four sonar microphone units in the bumper below the ultrasonic transmitter. Three microphone units are used for the forward navigation while a fourth microphone unit placed at the right side of the bumper takes care of the wall tracking. After the general investigation of the room by doing a wall tracking round the room the device starts the cleaning operation in a random manner and will go on until it estimates that it has covered all the accessible surface.

For a random number generation a standard pseudo-random number generator of the congruential type is used. As seed an 11 bit random number is used in order to use different sequences each separate run. This random number is generated by using the least significant bit of the A/D converted value from each of the 11

analog inputs.

It will be understood by those skilled in the art that various modifications and changes may be made to the present invention without departure from the spirit and scope thereof defined by the appended claims.

## CLAIMS

1. A proximity sensing system for an autonomous device being provided with motor driven wheels (17, 18) for carrying out a specific cleaning function, said device comprising members for the orientation and guiding of the device by means of a microprocessor system forming a proximity sensing system which comprises at least one transmitting member and one receiving member and a mechanical sensing member (16) in form of a forward directed bumper, characterized in that

said transmitting member is a stripe-shaped ultrasound transducer (10) positioned at the front perimeter of the device and transmitting ultrasonic waves with a narrow vertical distribution within a wide sector in front of the device,

2. The system according to claim 1, characterized in that said transmitting member is a semicircular capacitance film-transducer (10) mounted on the perimeter of the device together with said receiving member having at least three ultrasonic microphone units.

3. The system according to claim 2, characterized in that said transmitting member is divided into two portions presenting an upper stripe-shaped ultrasound transducer and a lower stripe-shaped ultrasound transducer having between them the receiving member.

4. The system according to claim 2 or 3, characterized in that said transmitting member is countersunked in the front portion of the device to further limit the vertical distribution of transmitted and received signals.

5. The system according to claim 1 or 3, characterized in that said receiving member comprises a number of microphone units (12) provided with hollow pipes (12a, 12b) for the sound to further improve the directivity pattern for each microphone unit.

6. The system according to claim 5, characterized in that

said hollow pipes (12a, 12b) of the receiving microphone units are aligned vertically in respect to each other to produce an improved directivity in the vertical plane.

7. The system according to claim 5, characterized in that a further microphone unit (12) is pointed to one side of the device to be used in a wall tracking operation.

8. The system according to claim 2 or 3, characterized in that said transmitting member during each repeated transmission transmits a sequence of closely spaced pulses, the echoes of which will be integrated into one sampled reflection at a specific reflection distance by said receiving system.

9. The system according to any of the previous claims, characterized in that said mechanical sensing member (16) is actuating at least one touch sensor if the device makes contact to an obstacle in the course of the moving device,

10. A device for navigation of an autonomous device being provided with motor driven wheels (17, 18) for carrying out some specific cleaning function, said device comprising members for the proximity orientation and guiding of the device by means of a microprocessor system and a proximity sensing system which comprises at least one transmitting member and one receiving member and a mechanical sensing member in form of a forward directed bumper (16), characterized in that said transmitting member is a stripe-shaped ultrasound transducer (10) positioned at the front of the device and transmitting ultrasonic waves with a narrow vertical distribution within a wide sector in front of the device.

11. The device according to claim 10, characterized in that said transmitting member is a semicircular capacitance film-transducer mounted on the perimeter of the device together with said receiving member having at least three microphone units.



12. The device according to claim 11, characterized in that said transmitting member is divided into two portions presenting an upper stripe-shaped ultrasound transducer and a lower stripe-shaped ultrasound transducer having between them the receiving member.

13. The device according to claim 11 or 12, characterized in that said transmitting member is countersunked in the front portion of the device to further limit the vertical distribution of transmitted and received signals.

14. The system according to claim 10 or 12, characterized in that said receiving member comprises a number of microphone units (12) provided with hollow pipes (12a, 12b) for the sound to further improve the directivity pattern for each microphone unit.

15. The device according to claim 14, characterized in that said hollow pipes (12a, 12b) of the receiving microphone units (12) are aligned vertically in respect to each other to produce an improved directivity in the vertical plane.

16. The device according to claim 14, characterized in that a further microphone unit (12) is pointed to one side of the device to be used in a wall tracking operation.

17. The device according to claim 11 or 12, characterized in that said transmitting member during each repeated transmission transmits a sequence of closely spaced pulses, the echoes of which will be integrated into one sampled reflection at a specific reflection distance by said receiving system.

18. The device according to any of the previous claims 10 to 16, characterized in that said mechanical sensing member (16) is actuating at least one touch sensor if the device makes contact to an obstacle in the course of the moving device.

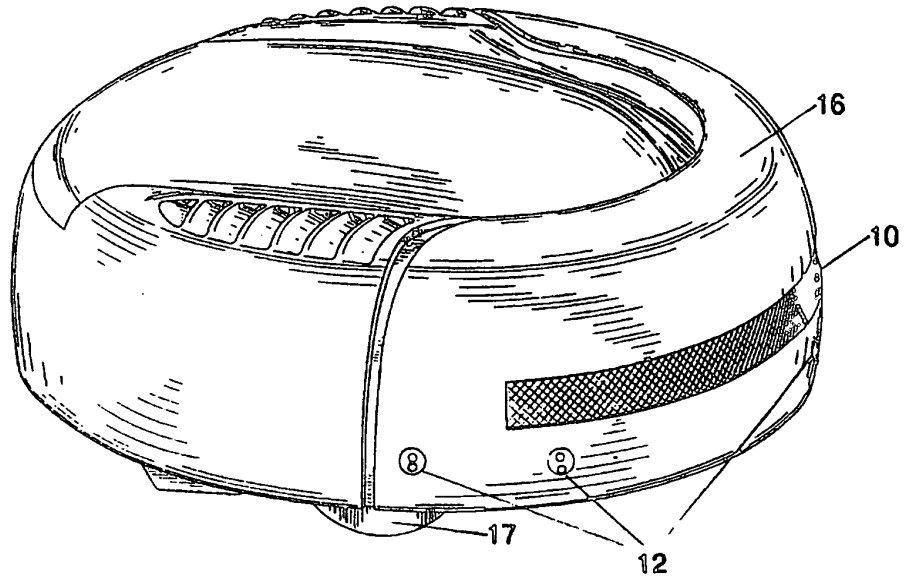


Fig. 1

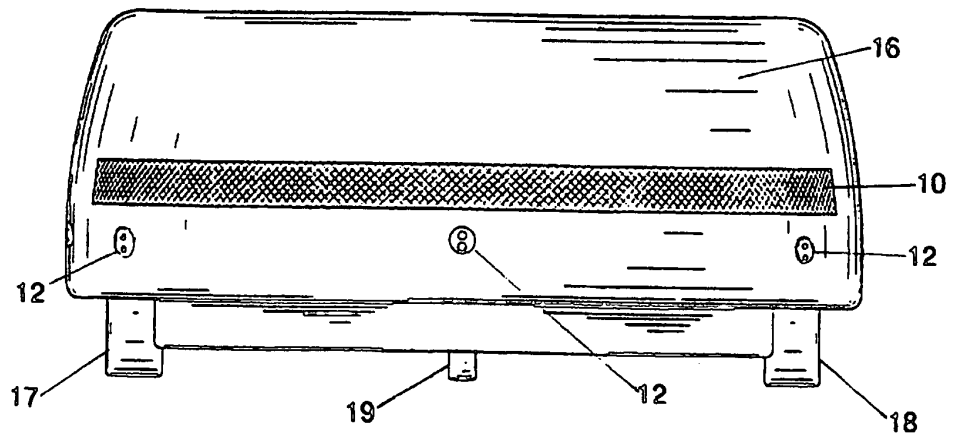


Fig. 2

SUBSTITUTE SHEET

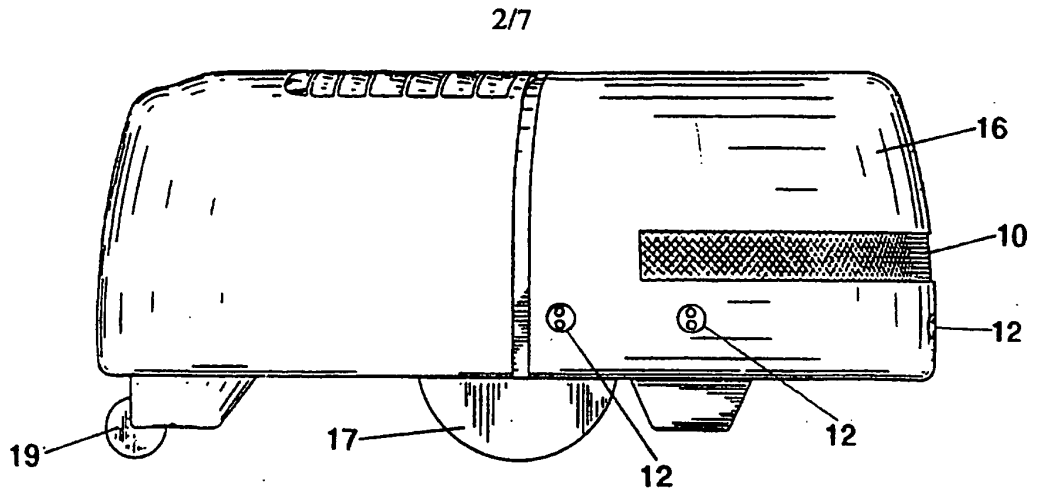


Fig. 3

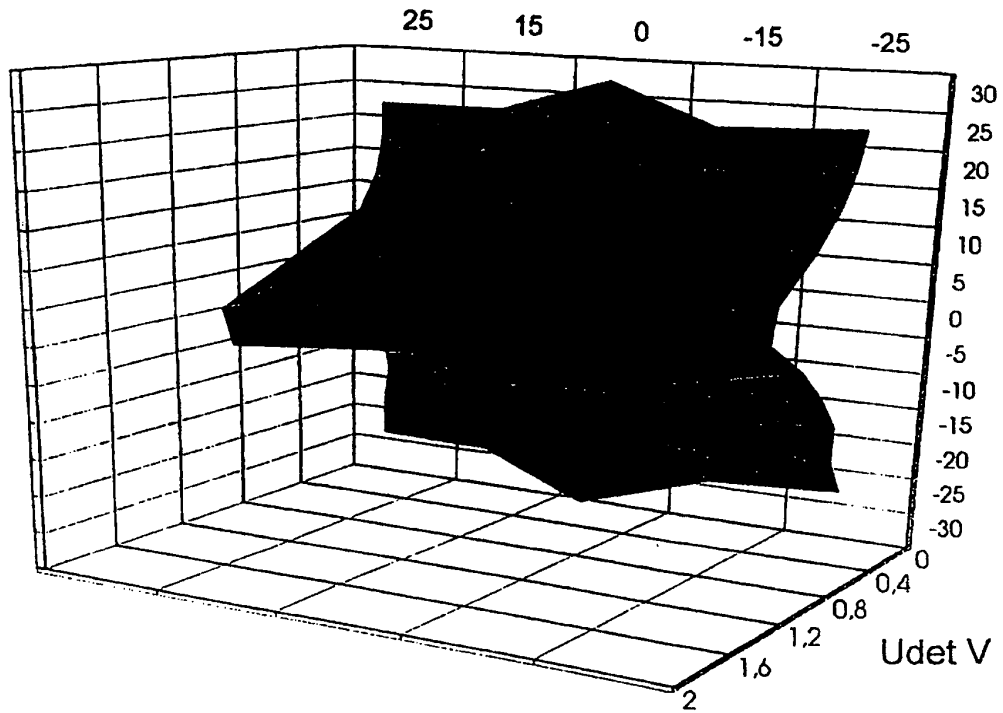


Fig. 5

**SUBSTITUTE SHEET**

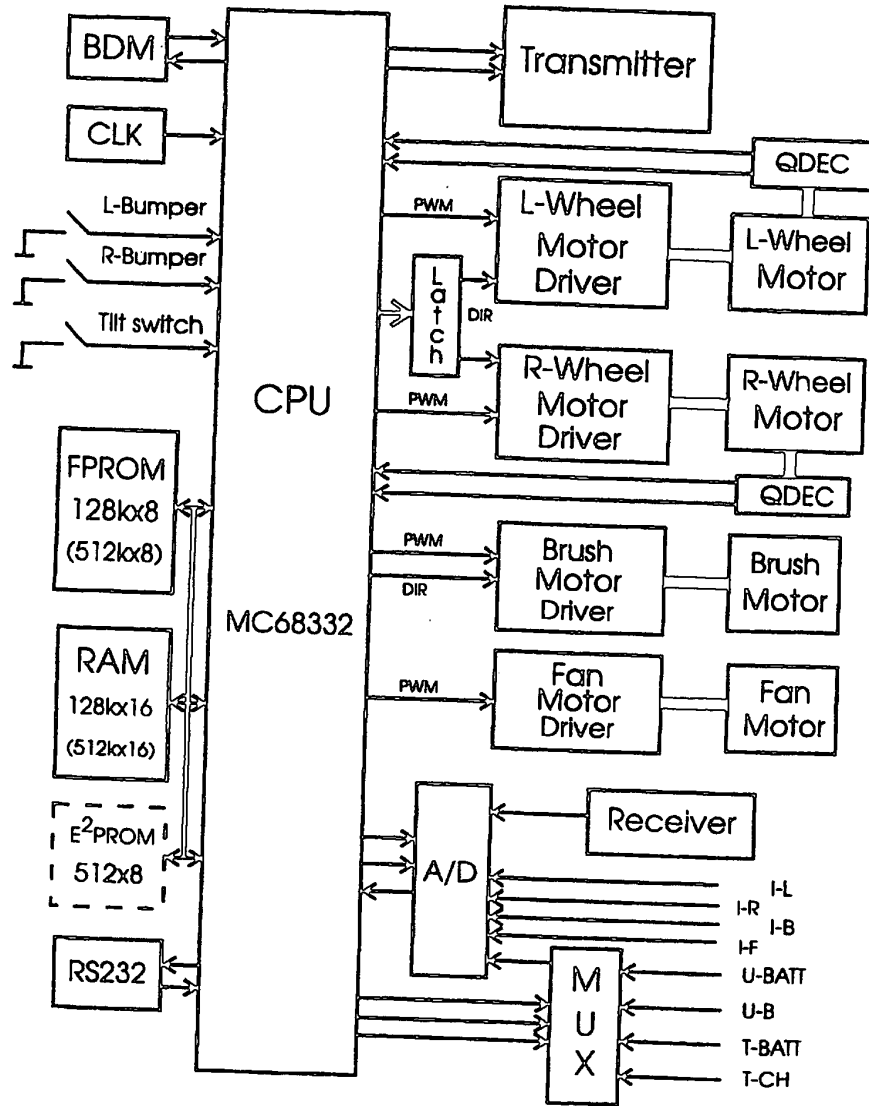
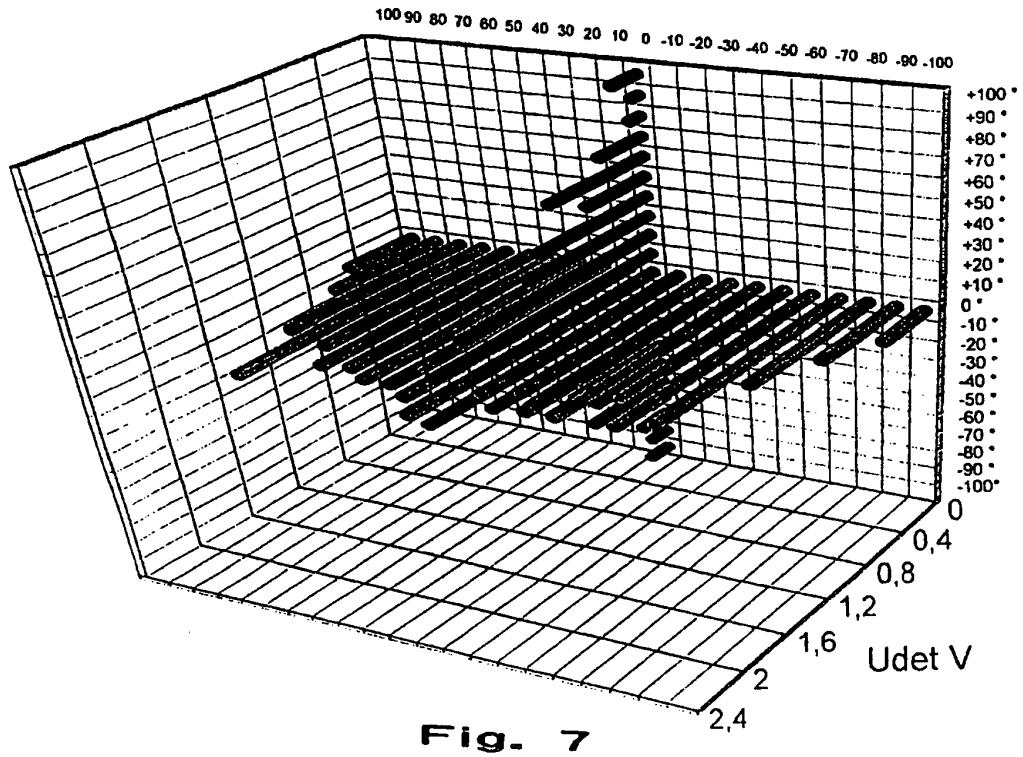
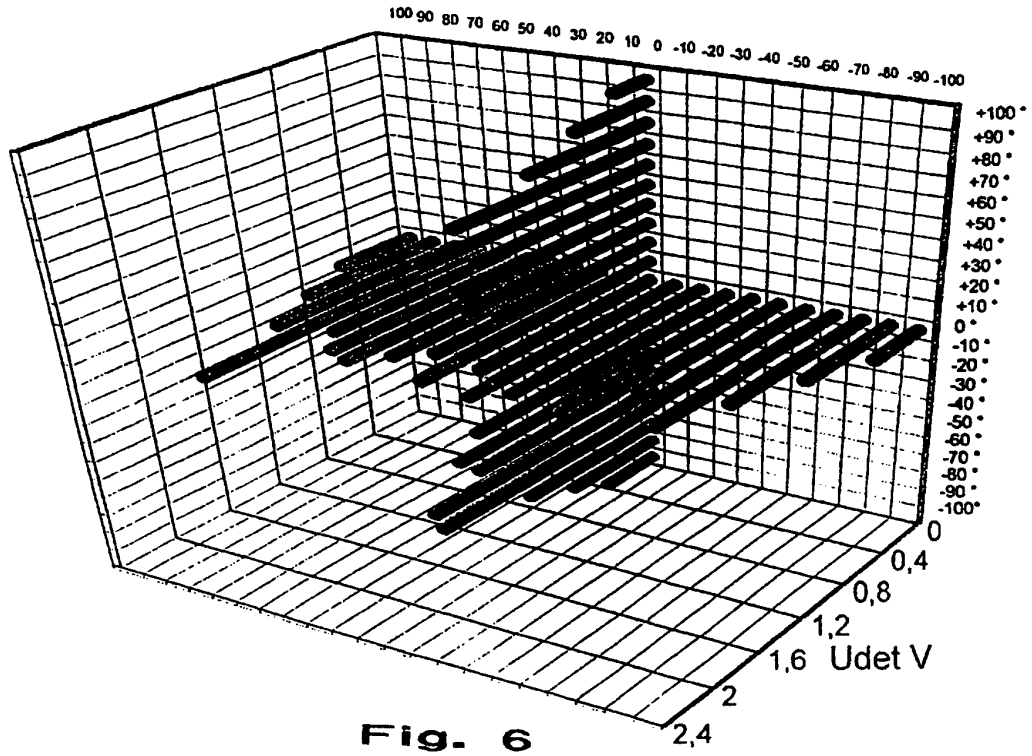


Fig. 4

SUBSTITUTE SHEET

4/7



**SUBSTITUTE SHEET**

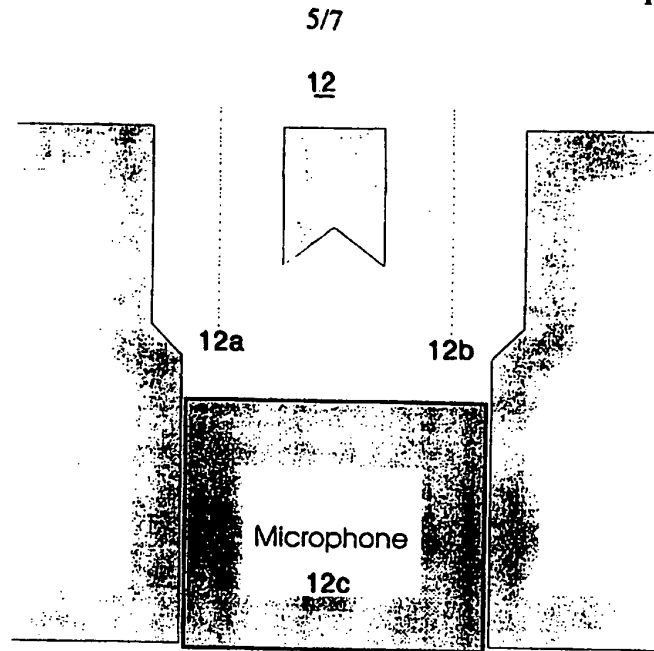


Fig. 8

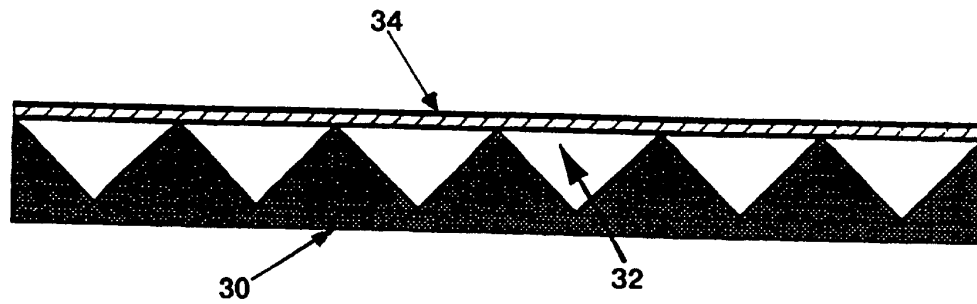


Fig. 9

**SUBSTITUTE SHEET**

6/7

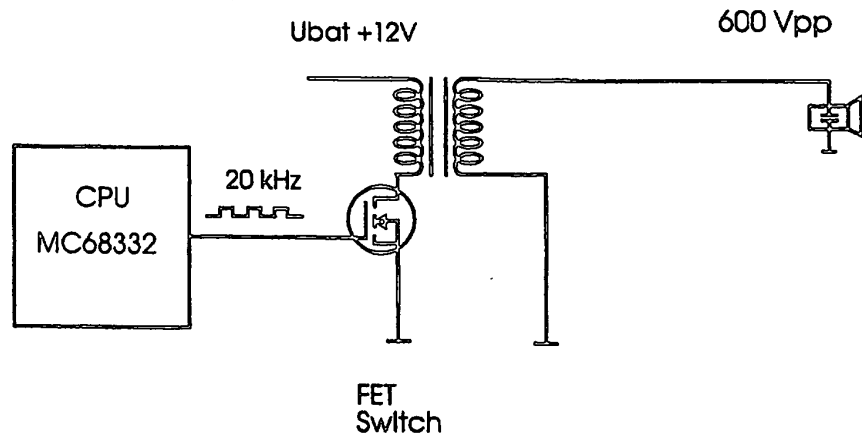


Fig. 10

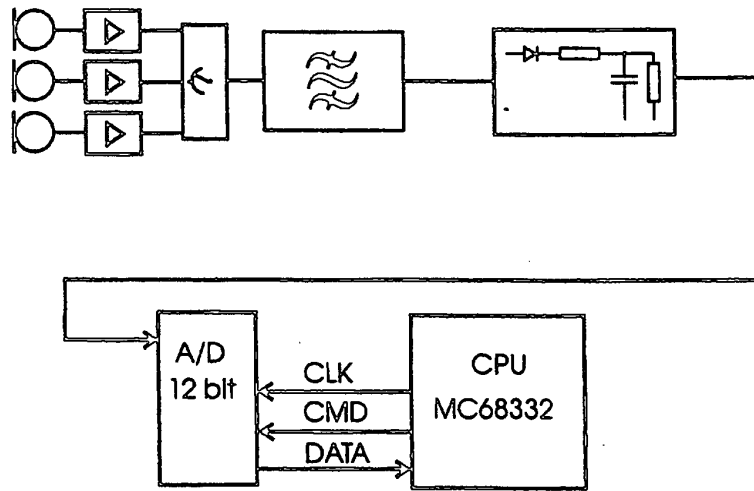


Fig. 11

SUBSTITUTE SHEET

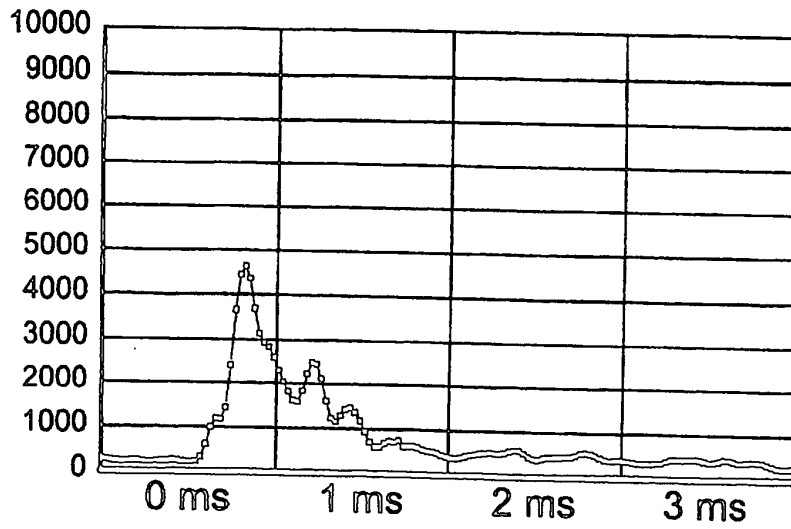


Fig. 12

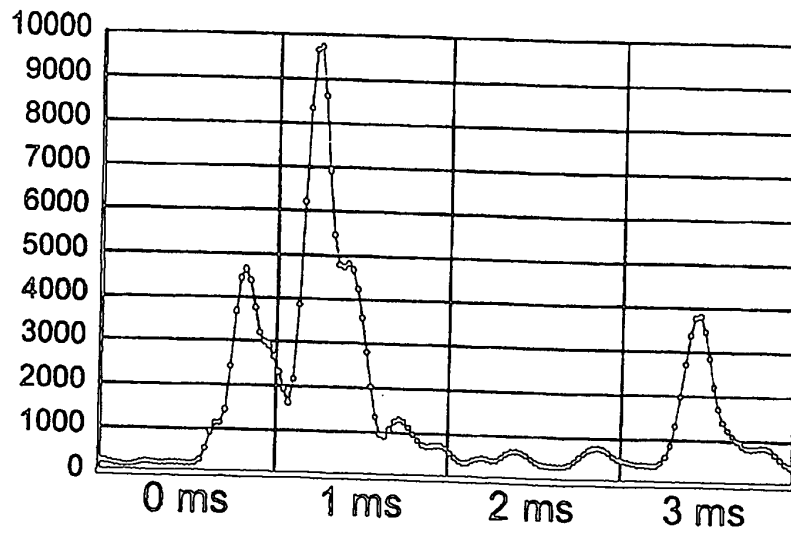


Fig. 13

SUBSTITUTE SHEET



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.  
PCT/SE 97/00625

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC6: G01S 15/93, G05D 1/03

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC6: G01S, G05D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

SE,DK,FI,NO classes as above

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

WPI

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 5377106 A (GERHARD DRUNK ET AL), 27 December 1994 (27.12.94), figures 11-16, abstract --	1-18
A	US 5276618 A (HOBART R. EVERETT, JR), 4 January 1994 (04.01.94), figure 1, abstract --	1-18
A	US 4751658 A (MARK B. KADONOFF ET AL), 14 June 1988 (14.06.88), figure 1, abstract --	1-18

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance: the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance: the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

4 Sept 1997

Date of mailing of the international search report

08 -09- 1997

Name and mailing address of the ISA/  
Swedish Patent Office

Box 5055, S-102 42 STOCKHOLM

Facsimile No. +46 8 666 02 86

Authorized officer

Göran Magnusson

Telephone No. +46 8 782 25 00

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.  
PCT/SE 97/00625

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category <sup>o</sup>	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 5170352 A (LOUIS S. MCTAMANEY ET AL), 8 December 1992 (08.12.92), column 2, line 46 - line 51, figure 1  --	1-18
A	US 4638445 A (PAUL J. MATTABONI), 20 January 1987 (20.01.87), figures 1,7, abstract  -- -----	1-18

Form PCT/ISA/210 (continuation of second sheet) (July 1992)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT  
Information on patent family members

06/08/97

International application No.

PCT/SE 97/00625

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5377106 A	27/12/94	AT 129821 T DE 3709627 A DE 3854649 D EP 0378528 A,B JP 3500098 T WO 8807711 A	15/11/95 13/10/88 00/00/00 25/07/90 10/01/91 06/10/88
US 5276618 A	04/01/94	NONE	
US 4751658 A	14/06/88	AU 7434387 A EP 0271523 A JP 63502227 T WO 8707056 A	01/12/87 22/06/88 25/08/88 19/11/87
US 5170352 A	08/12/92	NONE	
US 4638445 A	20/01/87	NONE	

Form PCT/ISA/210 (patent family annex) (July 1992)

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公表特許公報 (A)

(11) 特許出願公表番号

特表2001-525567

(P2001-525567A)

(43) 公表日 平成13年12月11日 (2001. 12. 11)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テマコード* (参考)
G 0 5 D 1/02		G 0 5 D 1/02	F 3 B 0 0 6 Z 3 F 0 5 9
A 4 7 L 9/00	1 0 2	A 4 7 L 9/00	1 0 2 Z 5 H 3 0 1
B 2 5 J 19/02		B 2 5 J 19/02	

審査請求 未請求 予備審査請求 有 (全 45 頁)

(21) 出願番号 特願2000-523587(P2000-523587)  
 (86) (22) 出願日 平成10年11月27日 (1998. 11. 27)  
 (85) 翻訳文提出日 平成12年5月29日 (2000. 5. 29)  
 (86) 国際出願番号 P C T / B E 9 8 / 0 0 1 8 5  
 (87) 国際公開番号 W O 9 9 / 2 8 8 0 0  
 (87) 国際公開日 平成11年6月10日 (1999. 6. 10)  
 (31) 優先権主張番号 9 7 0 0 9 5 8  
 (32) 優先日 平成9年11月27日 (1997. 11. 27)  
 (33) 優先権主張国 ベルギー (B E)  
 (31) 優先権主張番号 9 7 0 1 0 4 6  
 (32) 優先日 平成9年12月22日 (1997. 12. 22)  
 (33) 優先権主張国 ベルギー (B E)

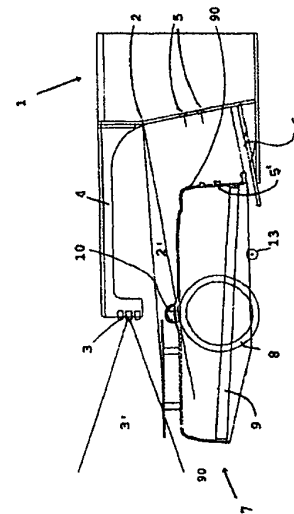
(71) 出願人 ソーラー・アンド・ロボティクス  
 ベルギー国ベ-1050ブリュッセル、リ  
 ューフランメリエ117  
 (72) 発明者 アンドレ・コレン  
 ベルギー国ベ-1330リクセンサール、リ  
 ューデュバヨワ5  
 (74) 代理人 弁理士 高木 千嘉 (外1名)

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 移動性ロボット及びその制御システムの改良

(57) 【要約】

その発明は、固定された再充電ステーションに対して勝手に位置させるシステムに関し、自立して移動するロボットは、再充電可能なバッテリーを含む。そのシステムは、固定されたステーションにより出射される少なくとも1つの指向性のある赤外線ビームの手段により作動する。移動ロボットには、ロボットの一部になっている1つのマイクロコンピュータに接続された赤外線出射方向検出のシステムが備えられている。そのロボットは本質的にランダムに作業表面上を移動し、そのマイクロコンピュータは、赤外線ビームの出射の方向に向かってロボットを移動させることにより固体ステーションへ戻すことを制御することができるアルゴリズムを含んでいる。マイクロコンピュータのアルゴリズムは、バッテリーの充電の状態とは独立して、最小の作業時間後に再供給の固定ステーションに向かって戻りを開始し、移動性ロボットが特定の閾値よりも高い強度の赤外線放射を検出した場合には、及び/又は、バッテリーの充電状態が所定レベルよりも低い場合には、閾値は作業時間の持続時間の増加に伴って減少する。異なる方向に動くいくつかの



**【特許請求の範囲】**

【請求項1】 固定ステーションに対して自立して移動するロボットを誘導し位置させるシステムにおいて、前記固定ステーションから出射される少なくとも指向性のある赤外線ビームを利用し、移動性の前記ロボットは、前記ロボットによって運搬される1つのマイクロコンピュータに接続された、赤外線出射方向検出のシステムを備え、前記ロボットは本質的にランダムに作業表面上を移動し、前記マイクロコンピュータは、前記赤外線ビームの出射の方向に向かって前記ロボットを移動させることにより前記固定ステーションへ戻すことを制御することができるアルゴリズムを含んでいることを特徴とするシステム。

【請求項2】 前記マイクロコンピュータのアルゴリズムは、バッテリーの充電の状態とは独立して、最小の作業時間後に再供給の前記固定ステーションに向かって前記戻りを開始し、前記移動性ロボットが特定の閾値よりも高い強度の赤外線放射を検出した場合には、及び／又は前記バッテリーの充電状態が所定レベルよりも低い場合には、前記閾値は前記作業時間の持続時間の増加に伴って減少することを特徴とする、請求項1に記載のシステム。

【請求項3】 前記マイクロコンピュータの前記アルゴリズムは、前記バッテリーの充電状態が所定レベル以下の場合に、前記固定ステーションに向かう前記戻りを開始することを特徴とする、請求項1又は2に記載のシステム。

【請求項4】 前記固定ステーションに向かう前記戻りの工程の間、及びバッテリーの充電状態及び／又は検出された前記赤外線放射の強度によって、前記ブラシ及び／又は吸引タービンは不活性化することを特徴とする、請求項1～3のいずれか一項に記載のシステム。

【請求項5】 前記固定ステーションから又はその近傍から出射される実質的に異なる指向性の少なくとも2つのビームを利用し、1又は幾つかの少なくとも指向性のビームは前記固定ステーションに向かう接近に用いられ、1又は幾つかの更に指向性のあるビームが前記ロボットを前記固定ステーションに対して正確に位置させる最終工程に用いられることを特徴とする、請求項1～4のいずれか一項に記載のシステム。

【請求項6】 本質的には部屋の平面において、前記固定ステーションは2

つの変調された赤外線ビームを射出し、前記ロボットは、ビームの一方は他方よりもいづれか指向性が高く、最小の指向性のビームの前記送信機は、前記方向を検知することができ、前記複数のビームに感度を有する前記指向性の検出器を運搬する前記移動性ロボットを前記固定ステーションに近づけることができ、複数の前記検出器の信号は、前記移動性ロボットの進行を制御する1つのマイクロコンピュータによって扱われ、前記最小の指向性のビームの送信機は、前記固定ステーション上に、前記固定ステーションにおける望ましい位置にその後部が結合した場合に、前記ロボットの直上にくるように前記固定ステーション上に位置し、指向性のより高いビームはしたがって複数の前記検出器によって集中的に検出することができ、正確な位置合わせは、前記狭いビームの方向に基づくアルゴリズムにしたがって、鉛直軸の回りに前記機械装置が回転することによって、行われることを特徴とする、請求項1～5のいずれか一項に記載の方向検知及び位置合わせのシステム。

【請求項7】 前記固定ステーションは、少なくとも3つの変調された赤外線ビームを射出し、これらのビームの1つは、他の2つよりもいづれか指向性が高く、最小の指向性のビームの送信機によって、前記方向を検知することができ、複数の前記ビームに感度を有する指向性の複数の検出器を運搬する前記移動性ロボットが前記固定ステーションに近づけることができ、複数の前記検出器の信号は前記移動性ロボットの進行を制御する1つのマイクロコンピュータによって扱われ、高い強度の送信機は、前記ステーションのすぐ近くにおいて複数の前記ビームが交差するように方向づけられて前記固定ステーション内に位置しており、指向性のより高い前記ビームは複数の前記検出器によって集中的に検出されることができ、前記狭いビームの検出に基づくアルゴリズムにしたがって鉛直軸の回りに前記機械装置が回転することによって正確な位置合わせが実行されることを特徴とする、請求項1～6のいずれか一項に記載の方向検知及び位置合わせのためのシステム。

【請求項8】 前記指向性のより高い赤外線ビームの前記送信機は、前記指向性のより低い赤外線ビームの送信機よりも出力が低いことを特徴とする、請求項1～7のいずれか一項に記載のシステム。

【請求項9】 マイクロコンピュータを組み込み自立して移動する、請求項1～8のいずれか一項に記載のシステムに適用可能なロボット。

【請求項10】 少なくとも1つの回転ブラシローラーとアルゴリズムによってロボットの速度及び／又は経路を制御するマイクロプロセッサを備え、前記マイクロコンピュータは、前記速度及び／又は前記経路を決定するため、前記回転ブラシローラーの回転速度の測定を考慮するアルゴリズムに関連していることを特徴とする、請求項9記載のロボット。

【請求項11】 自動化された真空掃除機であることを特徴とする、請求項1～10のいずれか一項に記載の清掃用のロボット。

【請求項12】 前記マイクロコンピュータは、吸引力を決定するため、前記回転ブラシローラーの回転数の測定を考慮することを特徴とする、請求項1～11のいずれか一項に記載のロボット。

【請求項13】 前記ロボットのしたがう経路は清掃する表面上の粒子の量に依存し、前記量は前記ロボット真空掃除機の吸引口の近くに配置された粒子分析器によって評価され、前記分析器は前記移動性ロボットによって運搬されるマイクロコンピュータに信号を送出し、前記信号にしたがって前記ロボットの移動を制御することを特徴とする、地面清掃用の誘導を行う技術を有する請求項1～12のいずれか一項に記載のロボット。

【請求項14】 前記マイクロコンピュータは減速、及び／又は直線的前進及び後退移動、及び／又は前記ロボットの扇形の前進及び後退移動を制御することができることを特徴とする、請求項1～13のいずれか一項に記載のロボット。

【請求項15】 前記マイクロコンピュータは長距離上における塵検出器によって検出された塵レベルの全体平均を記憶し、特定の清掃用のアルゴリズムの起動は前記平均を考慮することを特徴とする、請求項13又は14に記載のロボット。

【請求項16】 キャリーニッジ (carriage) のベース部を全部又は一部囲む衝突用の直線状センサを備え、前記センサは、直線状の金属伝導体と、これに平行であって、両端に電位差が設けられ、伝導性プラスチックからなる直線状

の要素、例えば伝導性のゴムと、を備え、プラスチックの前記直線状の要素は、前記ロボットと障害物との衝突の結果生じる一時的な圧力の影響下において伝導性の直線状の前記要素に弾性的に接触可能であり、前記伝導性の要素のレベルにおいて測定される電流の測定は前記キャリアニッジに基づく衝突位置を特定するために前記マイクロコンピュータに送出される信号であることを特徴とする、請求項1～15のいずれか一項に記載のロボット。



## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

本発明は自立して移動するロボット（自走ロボット、自立的移動性ロボット）、好ましくは清掃用ロボット、及びこのロボットを固定ステーションに向けて誘導し、及び／又は汚れの局所的度合いに対する動作を適用し、及び／又は回転ブラシを備えて前記ブラシのブロックの後にロボットを解放できるロボット制御のシステムに関する。

## 【0002】

本発明は、特に、自立的移動性ロボットの軌跡の誘導システムに関し、これはエネルギーの再供給をし又は当該ロボットによって収集された要素を放出するための固定ステーションに接近するための位置制御（ポジショニング）を含む。このロボットは、しばしばではあるがこれに限られるものではないが、地上清掃用のロボット、例えば、自動化された真空掃除機（ロボット真空掃除機）であって、再充電可能なバッテリーを備えている。しかしながら、このロボットは、物質を散布するロボットやモニター用のロボットであってもよい。

## 【0003】

自立的移動性ロボットは、例えば複数のバッテリーを備えており、制限された自立動作を行う。連続的な動作を行わせる場合には、規則的時間間隔で、そのバッテリーを再充電できる必要がある。また、例えば、塵バッグを排出したり（ロボット型真空掃除機）、又は、燃料を再供給したり（熱エンジン）、あるいは、散布される生産物を入れたりするための固定位置に定期的に接近する他の機能も要求される。

## 【0004】

この問題の解決法は既に開示されおり（欧州特許公開公報07744093参照）、この機械装置は、電磁界の勾配に感度を有し、交流電流によって横移動するボビンの垂直線を自分で自動的に再位置合わせしている。

電磁界にとって邪魔となる要素（例えば、鉄補強コンクリート）を備える表面の場合、上述のシステム動作は困難となる。

したがって、固定されたステーションに関連させ、赤外線放射源（送信用LE

D) が、移動性機械装置を離れて位置させることができることが好ましい。

【0005】

本発明の第1の概要によれば、比較的狭いビーム、例えば2φから10φの間で変化するものであって好ましくは約5φのビームが固定ステーションから送出される。これを送出する送信機及びこれに関連するステーションは、好ましくは、ビームがロボットの作業表面の最大長を超えて延びるように方向づけられることが望ましい。この移動性ロボットは、赤外線放射の方向検出のためのシステムを備えており、実質的にランダムに移動し、統計的に周期的な方法で上記狭いビームと交差しそしてこれを検出する。

【0006】

発明の好ましい態様によれば、作業のある持続時間、例えば、15から45分間を超えると、バッテリーの充電状態がどうであれ、このロボットは所定強度の赤外線ビームを横切るとすぐに再供給のサイクルのための固定ステーションに向かって戻る。ロボットが上述の作業時間後に当該ステーションの近傍にいる場合には、これはステーションと結合して再供給を開始する。このプロセスは、バッテリーの状態が所定レベルよりも低下した場合に、ビームを探し求める動作を避けることができる。ビームが狭いので、固定ステーションに対する正確な最終位置合わせが可能となり、したがって、例えば、電磁誘導、あるいは更に単純には伝導体との物理的接触によって、再充電を行うことができる。

【0007】

作業時間が増加するに従って、マイクロプロセッサのアルゴリズムは、上記戻り工程を開始するため、移動性ロボットによって検出される赤外線ビームの強度の閾値が線形又は区分毎に低下するように動作する。

この戻り工程は、当該ロボットの全ての機能を中止させることができるが、これは再供給のステーションを探すことは本質的には関係ない。

【0008】

本発明の他の概要によれば、誘導及び位置合わせのシステムは、前記固定ステーションから送出された異なる指向性の少なくとも2つのビームに基づいており、指向性がより低いビームは固定ステーションに向かう接近のために用いられ、

一方、指向性がより高いビームは、この固定ステーションに対してロボットの位置を正確に合わせる最終工程に用いられる。この二者択一性があると、更に複雑な環境（例えば、幾つかのドアを備え、幾つかのドアを有するアパート）において、ロボットを誘導することができる。

【0009】

上記指向性がより低いビームの送信機は、固定された固定ステーションのレベルにおいて、ロボットの接近及び位置合わせの最終段階で、その影響が低減されるような位置に配置される。この送信機は、望ましいように指向性を有し、そして、固定ステーションの前の上に突き出したアームの終端に配置される。

【0010】

位置合わせの段階において、したがって送信機は有利にもロボットの上に位置することとなり、したがって出射されたビームはロボットの検出器の検出平面から外れることになる。後者は、しかる後、ロボットの複数の検出器の検出平面内に配置された高指向性の送信機の信号自体に基づきながら、その中心の周りの回転移動によって、再供給、例えば物理的接触、の最終的位置合わせを決定する準備ができる。これらのビームの出力は異なっており、最も高出力なビームは、必然ではないが、一般的には少なくとも指向性ビームである。

【0011】

このロボットは、赤外線放射検出の指向性システムを含んでおり、例えば、放射の源に向かう回転を制御するためにマイクロコンピュータによって、公知の手法により、信号の強度が比較されるが、この信号のための少なくとも2つの検出器を備えている。これらの検出器は優先的にロボットの中心において車台上に位置させられ、ロボットの移動方向に方向づけられる。可能であれば、例えば、横側面又は後ろ側面上に、1又は幾つかの他の検出器を備えることとしてもよく、中心の検出器の指向性の方向とは実質的に反対の指向性方向を有するシステムを備えると有利である。更に、ロボットの検出器によって認識されるビームは、バックグラウンドノイズを避けるために、変調されることが有利である。

【0012】

本発明の本概要によれば、部屋の中で移動する自立的移動性ロボットのための

固定ステーションに対する位置及び場所を合わせるシステムが提案されており、この固定ステーションは、主として複数の部屋の平面内において、2つの変調された赤外線ビームを出射し、これらのビームの一方は、他方よりもいづれか指向性が高い。最小の指向性の送信機ビームは、これらのビームに感度を有する方向検出器を備えた移動性ロボットによる固定ステーションへの場所合わせ及び接近を可能とする。

## 【0013】

複数の検出器の信号は1つのマイクロコンピュータによって扱われ、このマイクロコンピュータは移動性ロボットの進行を制御し、より弱い指向性の送信機は、固定ステーション内の望ましい位置に後部が結合する場合に、移動性ロボットに対して垂直となる固定ステーションに位置に設けられており、したがって、より高い指向性のビームは前述の複数の検出器によって、より高い感度で検出することができ、この狭いビーム検出に基づくアルゴリズムにしたがって、鉛直軸の回りの機械装置の回転により、正確な位置合わせが行われる。

## 【0014】

別の発明においては、部屋の中において移動する自立的移動性ロボットのための固定ステーションにおける方向検知及び位置合わせのためのシステムが提案されており、このシステムにおいては、前記固定ステーションは、少なくとも3つの変調された赤外線ビームを出射し、これらのビームの1つは、他の2つよりもいづれか指向性が高く、最小の指向性を有し、一般的にはより高強度のビームの送信機によって、既に知られる複数の前記ビームに指向性の感度を有する指向性の複数の検出器を運搬する前記移動性ロボットが前記固定ステーションに近づくことができることを特徴とする。複数の前記検出器の信号は、前記移動性ロボットの進行を制御する1つのマイクロコンピュータによって扱われ、指向性の小さい送信機は、前記ステーションのすぐ近くにおいて複数の前記ビームが互いに交差するように方向づけられて前記固定ステーション内に位置している。最も指向性の高いビームは、強度を小さくすることもできるが、これは従って複数の前記検出器によってより簡単に検出されることができ、狭いビームの検出に基づくアルゴリズムにしたがって鉛直軸の回りに前記機械装置が回転することによって正

確な位置合わせが実行される。

【0015】

さらに別の実施形態によれば、従ってマイクロコンピュータを含む固定ステーションにより出射されたビームの変調は、幾つかのロボットが同じ中央ステーションと共に使用されている場合、前記ロボットに、又は他の1つのロボットに情報を伝送されることもできる。

この情報は、再充電動作及び又は放電（放出）のためのステーションに利用でき、又は、作業方法、又は、ロボットの停止又は呼び戻し、ロボット等の音による位置合わせ（サウンドローカリゼーション）、に関する情報を構成することができる。

本発明は、塵ある地上の真空清掃のための誘導の技術にも関連しており、清掃に用いられる自立ロボットに適用できる。

【0016】

EP-A-0769923の明細書は、地上の真空清掃のための移動性自立機械装置、低出力で小さいサイズであり、例えば、家具の部品によって妨害される表面を簡単にカバーすることができるものを開示している。

ロボットのバッテリーの再充電は、蓄積された塵の放出と結びつけられるので優位である。

前述の書類の内容は本明細書で参照して取り込む。

【0017】

しかしながら、この吸引ロボットは低出力なので、ただ1つの経路内で完全な清掃を実行することがいつもできるわけではない。

したがって特定の汚れた表面上に機械装置がある場合においては、通過においてはより長い時間を想定することが必要であり（例えば、20cm/secから10cm/secの速度から通過する）、及び/又は表面を完全に清掃するための付加的な経路を有することが必要である。

この終わりに、本発明の別の概要によれば、特定の清掃技術が提供されており、このような技術は真空清掃及び/又はブラッシングに用いられる、いかなる自立的ロボットにも適用できる。

## 【0018】

このロボット真空掃除機による地上の清掃のための誘導の技術は、確かに、前記ロボットのしたがう経路は清掃する表面上の粒子の量に依存し、前記量は前記ロボットの吸引口の近く、又はロボットの1つのブラッシングキャビティ内に配置された粒子分析器によって評価され、前記分析器は前記移動性ロボットによって運搬されるマイクロコンピュータに信号を送出し、前記信号にしたがって前記ロボットの移動を制御することを、確かに特徴とする。

## 【0019】

さらに、前述の粒子分析器は塵タンクの充満の度合いを決定する機能を有することもできる。塵が所定位置を越えて蓄積される場合、すなわち、フィルタよりも前に位置するタンクのレベルにおいて、吸引口の後の位置する同じ赤外線ビームは停止され、マイクロコンピュータはこれに対応する信号として判断する。

立ち上る塵の測定量にしたがって、マイクロコンピュータは、例えば、移動性ロボットの1つの減速及び／又は直線的前進及び後退移動を制御することができる。

## 【0020】

このマイクロコンピュータは、組織的な清掃の移動も制御することができ、例えば、扇形の順序になる前進及び後退移動を制御することができる。

マイクロコンピュータは、粒子分析器によって出力された信号の大きさ（振幅）及び頻度（周波数）によって、粒子の寸法及びその数を考慮することができるのが優位である。収集された塵のタイプの分析すると、粒子の寸法及び数を知るおかげで、その経路、ブラシの回転数、及び／又は、真空掃除機のタービンの出力を補正することにより、ロボットの動作を洗練することができる。

## 【0021】

この塵分析器は、例えば送信機及び受信機、好ましくは赤外線を受信機を備えている。

このマイクロコンピュータは、長距離上における塵検出器によって検出された塵レベルの全体平均を記憶し、特定の清掃用のアルゴリズムの起動は前記平均を考慮することが優位である。

さらに、前記吸引ロボットは塵の検出器を含んでおり、1又は幾つかの要素はその表面に向けて方向づけられた空の流れによって周期的又は定常的に自動的に清掃される。

【0022】

もう1つのこの発明の概要によれば、自立したロボットは回転ブラシを含むロボットである。

本発明は、清掃用の要素、少なくとも回転ブラシを備えた表面清掃ロボットを提案し、このロボットは、少なくともロボットの速度及び/又は経路をアルゴリズムにしたがって制御するマイクロコンピュータを備えており、このマイクロコンピュータは、前述の速度及び/又は前述の経路を決定するため、少なくとも前述の回転ブラシの回転速度を考慮するアルゴリズムに関連する(連携・結合する)。この掃除用のロボットは、典型的にはロボット真空掃除機である。

【0023】

このロボット真空掃除機のマイクロコンピュータは、吸引力を決定するため、前述の回転ブラシの回転速度を考慮するので有利である。この吸引力は、とりわけ、前述のブラシ回転数に依存することができる。

このマイクロコンピュータは、したがって、前述のロボットの動作を決定するため、エンジン(機関)の回転数を測定することを考慮することができる。

しかしながら、回転ブラシがあると、例えば、カーペットのふち(ふさ)が、清掃する表面上に位置する場合において、それ自身のブラシのブロック(回転抑制)見られるという不利益がある。

【0024】

この問題を有する解決法は、特許出願PCT WO 97/40734に記載されており、ブラシを解放するようにブラシの回転の方角を反転することにある。

本出願の解決法の利点は、正確なブラシの制御、また、回転の方法の逆転が要求されないことにある。これはロボットの設計を単純化させる。この更に単純な解決法は実際には更に有効であると思われた。

本発明に係る装置は、エンジン(機関)によって駆動される回転ブラシを備え

るシステムを含み、これは自立的ロボットの全機能を制御するマイクロコントローラ（又はマイクロコンピュータ）によって起動する。この点に関しては特許出願PCT WO96/01072を参照してここに取り込む。

【0025】

ブラシの回転数は、マイクロコントローラによって、好ましくは定常的に解析される。

この測定は幾つかの公知技術によって実行できる（直流モータの場合においては消費電流の測定、ブラシがないエンジンの場合にはインパルスの周波数測定、光学式コーダー）。

この回転数を測定すると、マイクロコントローラは、清掃された表面の性質又は事件の発生に関するある情報を推定し、その結果、ロボットの動作に適用する。

【0026】

例えば、ブラシの軸回りにカーペットのふさを巻き上げることによって、回転ブラシの停止などの事件が発生した時、マイクロコンピュータはブラシの接続を解除し、ロボットに解放のための一連の動作を開始させるであろう。

この動作は、ロボットの設計によれば、1つの機械的解放にできるが、エンジン（原動力となる機関）を電氣的に切断することが好ましい。

例として若干の特に効率的な手法を以下記載する。

【0027】

このロボットはその直径と等しい距離だけ後退する（ブラシは接続解除（制御解除）されている）。これによって、ふさは自由回転するブラシの軸上に展開しようとする。

ブラシは解放される。後退によって、ロボットは、ふさの領域の外側にくる。しかる後、ロボットはブラシを再度接続（制御開始）にして回転する。この段階で、ブラシが依然としてブロックされている場合、これはその回転運動を停止し、ロボットは、ブラシが解放されるまで、ブラシの回転等ができるように再び新たに後退する。

反復の最大数はロボットの後退のための最大自由距離及びプログラムによって固



定される。

【0028】

仮に、この最大距離にブラシの解放なしに達した場合、ロボットは前進移動によって反復を繰り返すであろう。

ブラシを解放する動作に成功しない場合、このロボットは信号に関連した状態で待機し、手動による介入が必要となる。

また、ブラシの回転数の解析によって、清掃された地上の性質が判明することは有用である。

回転数が高い場合は滑らかな地表であり、(回転)速度が遅い場合はカーペットによって覆われた表面である。その速度が遅いと、それだけカーペットがより厚い。この解析によって、ロボットは前進速度及び吸引力を清掃される地上に適応させることができる。

【0029】

本発明は、真空掃除機以外の清掃ロボットに適用することが可能であり、例えば、液体を有する不特定の表面の清掃のロボット、又はワックスを寄せ木張りの床に塗布するロボットに適用することができる。

本発明は、このように清掃ロボットにも適用することができ、このロボットは回転ブラシ及びマイクロコンピュータを備えており、マイクロコンピュータに関連する、回転ブラシのブロックを検出するための1つの手段と、ロボットの解放のアルゴリズムと、関連するモータに対して回転ブラシを解放する手段とを備え、このアルゴリズムは、回転にしたがってロボットの後退移動とロボットの前進移動の再開を生じさせる。

【0030】

解放の手段は、その電源からエンジン(機関)の非接続を行うことに有利な本質がある。

要するに、本発明の1つの概要に係る、表面を清掃するためのロボットは、少なくとも回転ブラシを備えており、前記速度及び/又は前記経路及び/又は可能なタービンの前記吸引力は、前述の回転ブラシの回転数に依存する。

ロボット真空掃除機にとって、特に、家庭内のものにとって、ブラシの回転移

動は、清掃される表面に対して垂直な面内で生じる。

#### 【0031】

本発明は上述の清掃ロボットの動作方法にも関し、前記回転ブラシのブロックは上述のマイクロコンピュータによって検出され、このマイクロコンピュータはしかる後、ロボットの解放のための動作を制御する。前述の解放動作は、少なくとも前記回転ブラシを駆動させるモータに対する前記回転ブラシの解放工程を備え、回転及びロボットの前進の再開にしたがって、ロボットの1つの当該退却移動に結合している。

この動作は、解放—後退—回転—前進移動の幾つかのサイクルを或いは含む。

#### 【0032】

本発明の別の概要によれば、これは如何なる自立的移動性ロボットにも適用でき、大きな寸法（確率誤差：80から250cm）のロボットにもより有用に適用でき、このロボットは、移動平面内におけるキャリーニッジ（careenage）のベース部を全部又は一部囲む直線状の衝突センサを備えている。このセンサは金属性の直線状伝導体と、これと平行に、例えば、伝導性ゴムから作られた、直線状のプラスチック伝導体要素から作られる。

#### 【0033】

このユニットは、本体のエッジに沿って固定された、シース（ケース）又は絶縁性の可撓性の部材内に含まれている。例えば、直線状の要素は、シースの内部の2つの反対面に接着によって固定される。これら2つの要素は微小距離だけ離隔している。前記伝導性プラスチックの両端には、例えば、5V、すなわち、一端に0Vが他端に5Vの電位差が印加される。側面又は前面側にある障害物にロボットが衝突すると、ロボットと障害物の衝突の結果生じる一時的な圧力の影響下で、2つの要素のうちの1つは他方の要素と弾性的に接触可能である。伝導体要素上における、この瞬間の電圧は高い抵抗を有する前記伝導性のプラスチックの一端と、衝突（接触）点との間の距離の関数である。

#### 【0034】

2.5Vの電圧が測定された場合には、センサの中央において衝突が生じたことを示す。伝導性の要素のレベルにおいて、測定された電圧は、したがって、前

記キャリアーニッジに基づく衝突位置を特定するために前記マイクロコンピュータに送出される信号を構成する。

本発明に係る改良は、より特定的には、その通常動作モードにおいては、正確な位置合わせ（ポジショニング）の如何なるシステムも有さずにランダムに移動する移動性ロボットに適用できる。

【0035】

本発明の様々な概要は、以下の追加の記述、例のみとして提供される付属の図面によって更に理解されるであろうが、付加的な記述の範囲に制限されるものではない。それぞれの記述された特徴は、別にとられて、専門家の知識にしたがって一般化されるかもしれない。

【0036】

図中の同一符号は同一同等の要素を示す。

図面において、図1は2つの赤外線送信機を備える固定ステーションの側面を概略的に示し、図2は当該固定ステーションの平面図を概略的に示し、図3は前記固定ステーションの別の実施形態の平面図を概略的に示し、図4はこの固定ステーションと1つの接近中の移動式ロボットを概略的に示し、図5は円形の移動式ロボットの平面図を概略的に示し、図6は本発明に係るブラシを備えたロボットの吸引ユニット前部及び塵検出システムの断面図を示し、図7は本発明に係るブラシを備えたロボットの側面図を示し、図8は清掃技術を例証する図であり、図9はブラシを備えたロボット真空掃除機の側面図であり、図10は図10のロボットの正面図であり、図11はブラシがブロックされた結果として生じる解放アルゴリズムを図示し、図12aから図12cは障害物とのロボットの衝突位置を決定する方法を図示している。

【0037】

図1及び図2を参照すると、固定ステーションは2つの赤外線ビーム発生器2、3を備えている。この赤外光は数キロサイクル（確率誤差、56kHz）の周波数で変調されている。このステーションは低出力で約5φの狭いビームを出射する赤外線送信機2と、高出力で可能な限り無指向性の広いビームを出力する赤外線送信機3とを備えている。

送信機3は、移動式機械装置がその下で自由な位置をとれるように配置されており、その回転の中心はビーム3'の光源に向き合えるようにされ、したがって、この送信機は再充填（供給）ステーションの基部又はロボットの受け入れ用の板に張り出したアーム4の終端部に配置することができる。

## 【0038】

図3に図示される別の実施形態によれば、ビーム3'の光源は、光源3b及び3cからの2つのビームの交差点によって得られる1つの仮想的な光源3aとすることもできる。

この固定ステーションは、その機能に必要な様々な要素を備えており、例えば、コンタクト5を備えたバッテリーを再充電するためのシステム及び真空掃除機のための排出口6を備えている。

## 【0039】

図4及び図5に概略的に図示される移動性ロボット7は、1又は幾つかの再充電可能なバッテリーを備えたロボット真空掃除機（自動化された真空掃除機）である。このロボットは本質的に円形であり、2つの駆動輪8を備え、特にその中心軸の回りに回転する。

## 【0040】

本体90の側面補強用の円形リングがある。

真空掃除機のタービンの排気口16が円形に並んでいるのが示されている。また、モータ12a、12b双方によって動作する2つの駆動輪8a、8bと、吸気口（図示せず）の近くにある小さな遊動輪キャスト13が示されている。

この機械装置は、少なくとも1つの指向性のある赤外線センサ10、好ましくは2つ（10a、10b）を回転の中心に備えており、後者のケースにおいては、好ましくはこれらの間に、これらの検出角度に等しい角度を成している。この1又は幾つかのセンサは、移動性機械装置の前進移動の方向に向いている。

## 【0041】

異なる方向、好ましくは後方に向けられた付加的センサ11a、11bは、かかる装置を有利に完成させる。

この又はこれらの付加的センサの配置場所は、この機械装置の回転の中心又は

その近傍である必要はない。様々なセンサからの信号は、増幅され、フィルターがかけられ、A/D変換器を介して、この機械装置の移動を制御するマイクロプロセッサに入力される。検出感度（指向性）の範囲は、点線によって図示される。

#### 【0042】

この信号は可能な限り多重化され、すなわち、このロボット内で運搬されているマイクロコンピュータによって連続的に解析され、それぞれの信号は順番に電子スイッチを使用して増幅及び変換の回路列に接続される。

強出力3'である赤外線ビームは、この機械装置が移動する場所の一部をカバーする。このビームの経路上に障害物がない場合には直接的に、ある場合には反射又は回折によって間接的に、このビームは上記カバーを行うことができる。これは、当該赤外光が光源から直接臨むものではなくても上記場所の一部を通過することを可能にする。

#### 【0043】

複数の広く高出力なビームを用いれば、複数のドアによって連通した複数の部屋を全てカバーすることができる。非常に複雑な環境においては、複数の反射鏡又は中継器さえ配置することは、加えて、有用である。

この移動性機械装置は本質的にはランダムな方法で移動し、光源から直接又は反射して到達する赤外線信号を2つのセンサのうちの1つが検出する瞬間はいつも移動している。

#### 【0044】

しかる後、マイクロコンピュータは、周知の方法で、2つの前面側のセンサー10a及び10bに同じ信号を、後部において最小の信号を得るために（3以上の検出器、11a、11bを使用する場合）、この機械装置の回転を制御する。

しかる後、マイクロコンピュータは、この機械装置を信号の源、すなわち、固定ステーション1に向かって進行させる。

この「帰投 (homing)」の技術の後者の概要自体は知られている。

#### 【0045】

ある瞬間、信号が反射してきた場合、反射地点に移動している当該機械装置は

、送信機2(図1~4参照)によって出射された直接ビームに、又は、もともと検知されているのよりも少ない反射の度合いの放射に遭遇する。

しかる後、この機械装置は前面側の検出器11a、11bの出力のバランスをとり、源流の信号へ向けて自動的に回転する。

【0046】

固定ステーションの近くに到着すると、この移動式機械装置7は、回転の中心に配置された複数のセンサ(前面側のセンサ11a、11b)が、ビーム3の源の近傍に一致する位置に移動する。

その接近は幾つかの方向からなされ、その位置は多分、コネクタ5、5'を介した充電器との電気的接続を行うには、或いは他のオペレーションをおこなうには適切ではない。この時点において、狭い低出力のビーム2'がその役割を果たす。

【0047】

発生器3のレベルに到着すると、検出器10a、10bによって収集した信号がかなり減少し、狭いビーム2'から来る信号よりも明らかに弱くなる。確かに、これらのセンサは無指向性ではなく、特に、移動表面に対して垂直な方向の赤外線信号を有効に検出ししない。

機械装置7は従ってビーム2'にこれらのセンサを整列させ、固定ステーション上に完全に位置するように再度、発進を始め、そして例えばバッテリーを再充電するためにコネクタ5、5'を介して物理的電気接続ができるように、自身を軸として回転する。

【0048】

この発明の他の概要は図7から図8に示される。

図6は車台35の要素によって支持されるロボットの吸引ユニット前部の断面図であり、これは図4及び図5の変形である。このロボットは軸26の回りを回転する複数のブラシ25からなるブラシローラ24を備えている。

【0049】

図7は、吸引のためのタービン20、駆動輪21、フィルター23、送信機27によって覆われた円形領域29を示しており、この領域は検出器28の中心に

配置されており、同図には赤外線検出器10a、10bが示される。

図7における矢印はロボット真空掃除機における空気の経路を示す。

本発明の実施形態に係る塵検出のための特定の装置は、移動式ロボット内に設けられ、2つの部分を備えている。

#### 【0050】

- 一方に1つの赤外線送信要素27があり、これと赤外線検出要素28から構成される塵の分析器。これら2つの要素は吸引口29の一方及び他方の側に配置されており、これら相互の軸に沿って位置している。塵が吸引されたり回転ブラシローラー24によって突き出された場合、送信要素と検出要素との間の経路において光の回折27'が生じ、検出要素28の出力において信号変化が生じる。

信号変化の大きさは、塵粒子の大きさ、毎秒ビームを通過する塵粒子の数に略比例する。

この信号は、対数増幅器による増幅の後、機械装置を制御しているマイクロコンピュータによって分析される。

当該受信機におけるビームの平均強度の値もマイクロコンピュータに同じく伝達される。

#### 【0051】

一方、マイクロコンピュータはプログラムによって関連づけられ、前述の解析する装置（解析装置）によって伝達されたデータに従って動作する。

この動作モードにおける、本機械装置の動作について、以下記載する。

この機械装置が清掃のために表面上を移動する場合、塵検出器から出力される信号は定常的にマイクロコンピュータによって分析される。

後者は機械装置を、例えば以下の方法で稼働させる。

#### 【0052】

- 汚れた表面が小さい場合（1cmよりも小さい、距離上の粒子の検出）、この機械装置は、当該領域内における清掃時間を増加させるように、その速度を減少する。この速度変化は検出される粒子の頻度及び寸法にもまた関連する。

- 汚れた表面がより重要な場合（例えば1cmから5cmの間の、距離における

粒子の検出)、この機械装置は検出される塵が無くなるまで前進及び後退移動を  
実行する。しかる後、本機械装置は前進移動を再開する。

- 最終的な汚れた表明が十分に重要な場合(例えば5cmよりも大きい)、こ  
の機械装置は、図8に記載されるような1つの組織的な清掃モードに戻る。

図8においては、距離Dは機械装置7の有効な吸引の幅である。

#### 【0053】

この機械装置は、上記マイクロコンピュータによって誘導され、汚れた場所3  
0の全体の長さを決定するために外に向かってスタートして戻ってくる。この装  
置は、スタート位置31に一度戻ってくると、当該場所の長さに依存する角度 $\alpha$   
の右側への回転を実行する。この機械装置は、場所30の端まで進行し、右側へ  
の新たな回転を実行するため、そのスタート位置31に戻ってくる。上記場所の  
右側部分が清掃される(検出される粒子が無くなる)まで実行される。この機械  
装置は、右側に向けて実行された区分の合計に等しい1つの角度だけ左に向きを  
かえながら上記場所における軸の方角を再びとり、中心から始まる同一の筋書き  
の動作を左に向けて反復する。

#### 【0054】

左に粒子が無くなった場合、この機械装置は中心31に戻り、その通常動作を  
再開する。

組織的な清掃の他のアルゴリズムは、好適性は少ないが採用することはできる  
(螺旋状の経路など)。

汚れのレベルが他の部屋に対して大きく異なっている場合には、前述のような  
組織的な清掃プロセスを開始することは、その時の汚れのレベルが部屋の平均レ  
ベルよりもかなり高い場合のみ重要である。これは、長距離を進行した場合の当  
該塵検出器によって検出された塵のレベルの全体平均を記憶することによって実  
現される。

#### 【0055】

塵検出のための配置構成は、速い埃の蓄積を妨げるために、真空清浄化された  
空気又は塵のない空気の流れを上記検出器及び/又は送信機27、28に向ける  
ように組み立てられる。



この流れは、例えば、上記検出器及び／又は送信機の下に配置された排気口における壁の開口内に設けられた複数の通路32によって引き込まれる。あるいは、好適性は低いが、この空気の流れはタービンを出る空気の幾つかを逸らすダクトによって引き込まれる。

## 【0056】

しかしながら汚れの蓄積は生じてしまい、受信信号の大きさが低下する。この汚れの蓄積は、検出器から出力される第2の信号（上記ビームの平均強度）により、マイクロコンピュータによって検出される。

このマイクロコンピュータは、上記読み込まれたデータを自動的に補正することによって、この汚れの蓄積を考慮することができ、あるいは、上記受信機の平均の明るさを一定に保持するように上記赤外線送信機を動作させることができる。

## 【0057】

図9及び図10は、本発明の別の実施形態に係るブラシローラ及び塵検出部を有する自動化された真空掃除機の構成要素を示している。

吸気口29の塵及び空気を吸引するためのモータ41に係合したタービン20が示されている。また、第1フィルタ23a、より目の細かい第2フィルタ23b、駆動輪8a、8b、これに噛合したモータ12a、12b、一对のキャスター13、ブラシローラ24のためのモータ48、塵の収容器42、本体91上の前側赤外線検出器10及び停止部91が示されている。また、マイクロプロセッサ44を支持する集積回路ボード43が示されている。図10においては、モータ12a、12bのための関節のある支持部材52、52a、2つのアーム（軸51a、51bを有する）を有するサスペンションスプリング50a、50bがより詳細に示されている。

## 【0058】

図11は、本発明に係るアルゴリズムの一例を図示しており、このアルゴリズムは当該ロボットのブラシローラがブロックされた場合に動作する。

## 【0059】

図12aから図12cは、当該ロボットの障害物との衝突位置を検出するため

の配置を示している。

図12aは横方向断面、図12bは縦方向断面、図12cはロボット7（ケース60は図示せず）の周囲における要素61、62を示す。

#### 【0060】

ロボットのベース部は、本質的に移動平面内において、中空の直線状絶縁要素60によって囲まれている。この要素60は、ロボットに対して、内側の外部に接着剤63を介して作られ、内部及び縦方向（長手方向）に、可撓性の、直線状抵抗要素61を含んでいる。この要素は、導電性ゴムから構成される抵抗要素である。この抵抗要素の両端には5Vの電位差が印加される。この抵抗要素61の反対に、接合によって同様に60に取り付けられた金属伝導体要素62が設けられている。

#### 【0061】

要素60が障害物65に衝突すると、抵抗要素61と伝導体要素62が弾性的（復元力が働くように）に接触する。この伝導体の張力を測定すると、距離Dを決定することができ、したがって、衝突（接触）位置を推定することができる。

この衝突位置検出の技術は移動性ロボットの分野に広く適用されている。ある特定の適用をするために、異なる平面内において幾つかの要素60を想起することもできる。

#### 【0062】

本発明は、専門家が分離しては結合して適当に理解できる、本明細書において開示された如何なる新規な要素についても参照する。

#### 【図面の簡単な説明】

##### 【図1】

2つの赤外線送信機を備える固定ステーションの側面を概略的に示す。

##### 【図2】

固定ステーションの平面図を概略的に示す。

##### 【図3】

固定ステーションの別の実施形態の平面図を概略的に示す。

##### 【図4】

固定ステーションと1つの接近中の移動式ロボットを概略的に示す。

【図5】

円形の移動式ロボットの平面図を概略的に示す。

【図6】

本発明に係るブラシを備えたロボットの吸引ユニット前部及び塵検出システムの断面図を示す。

【図7】

本発明に係るブラシを備えたロボットの側面図を示す。

【図8】

清掃技術を例証する図である。

【図9】

ブラシを備えたロボット真空掃除機の側面図である。

【図10】

ロボットの正面図である。

【図11】

ブラシがブロックされた結果として生じる解放アルゴリズムを示す。

【図12a】

障害物とのロボットの衝突位置を決定する方法を示す。

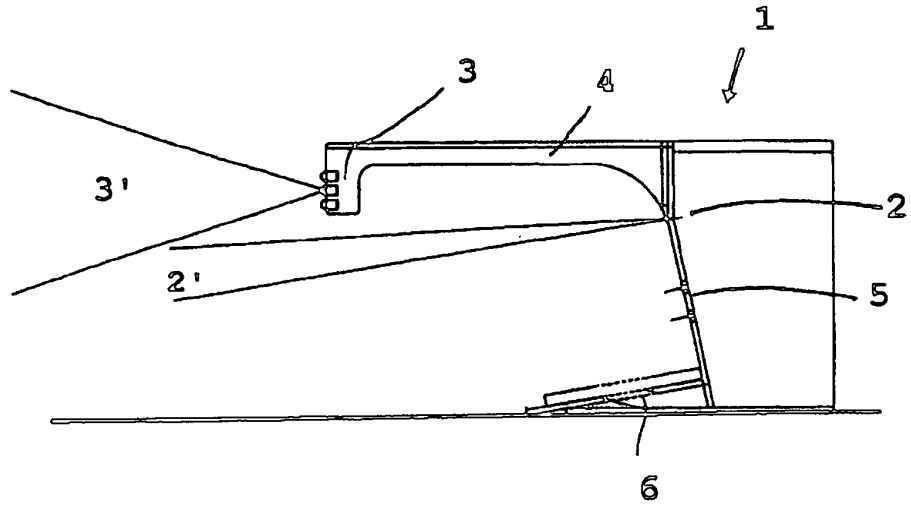
【図12b】

障害物とのロボットの衝突位置を決定する方法を示す。

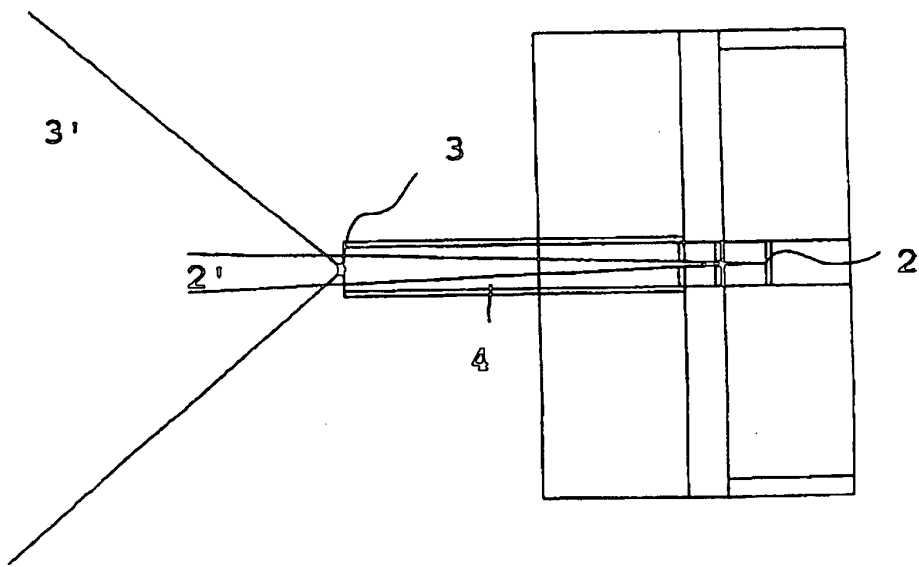
【図12c】

障害物とのロボットの衝突位置を決定する方法を示す。

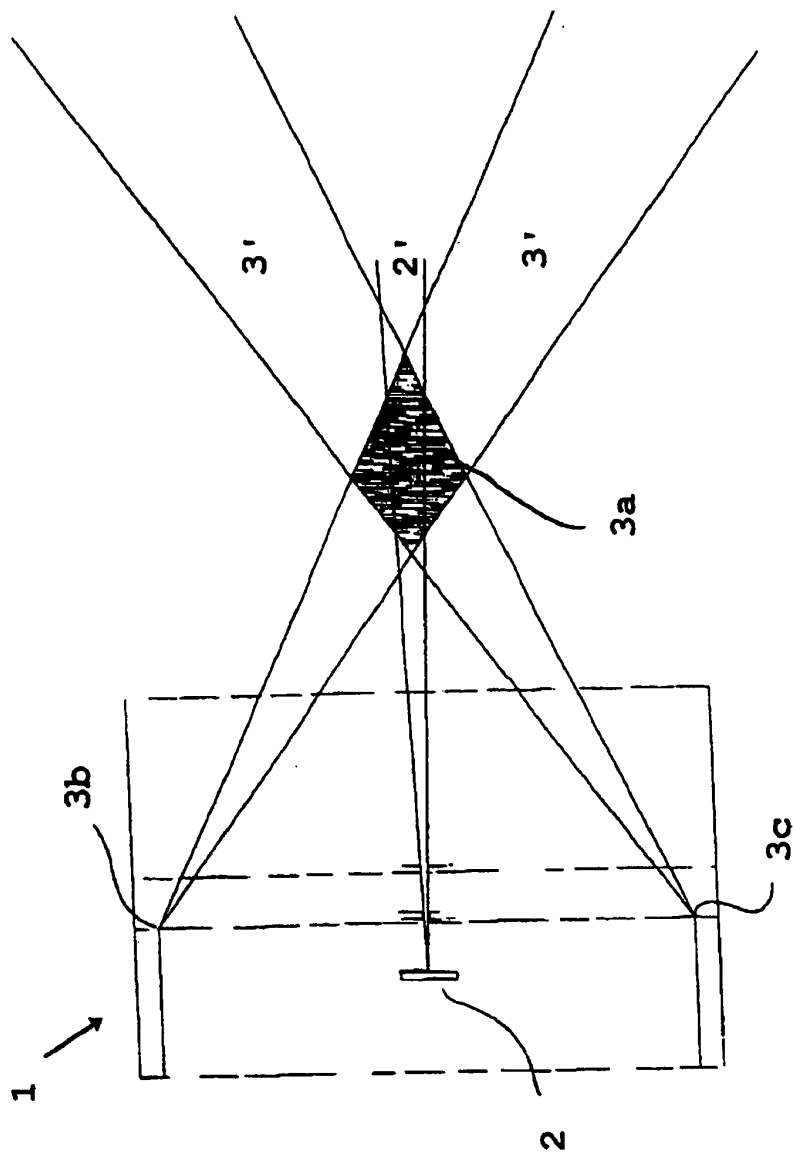
【図1】



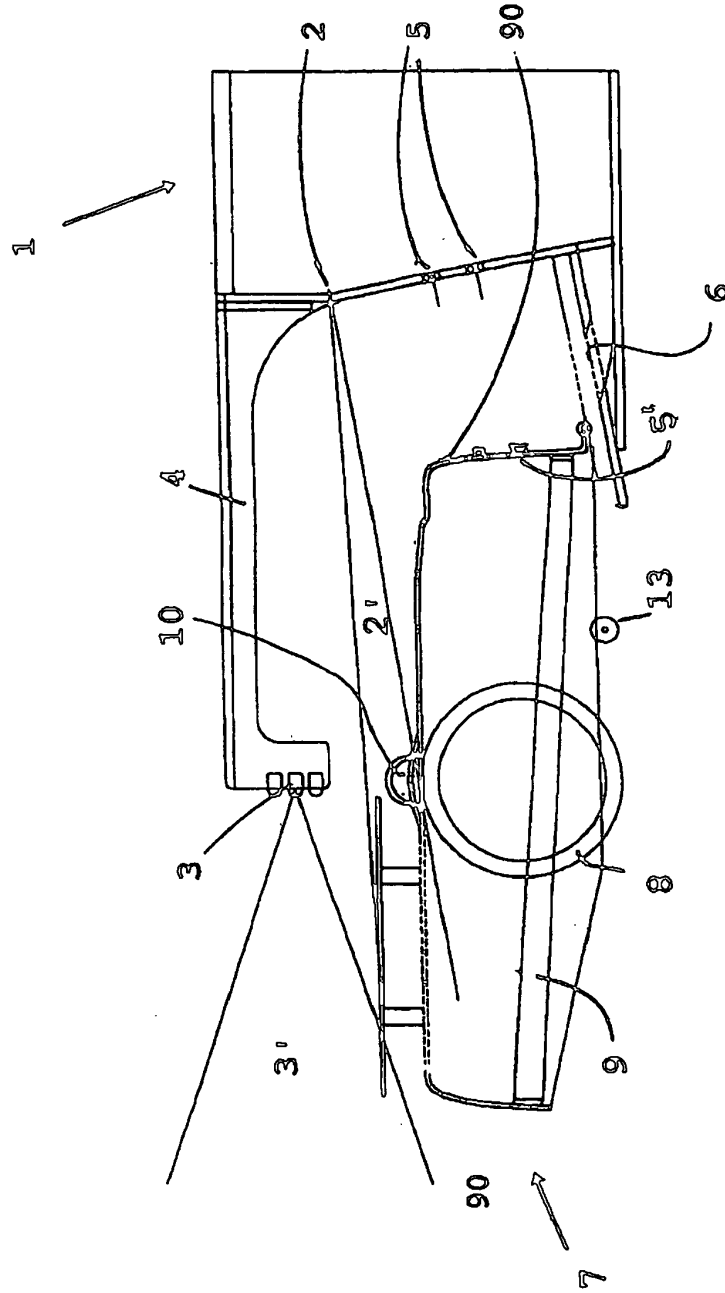
【図2】



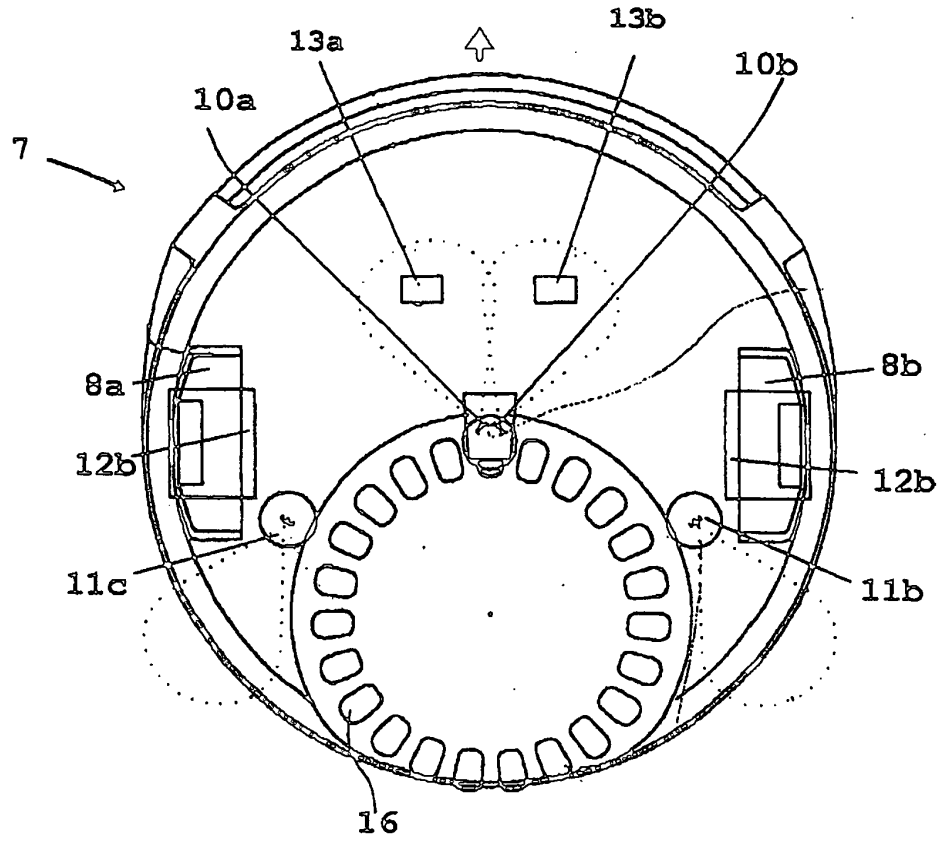
【図3】



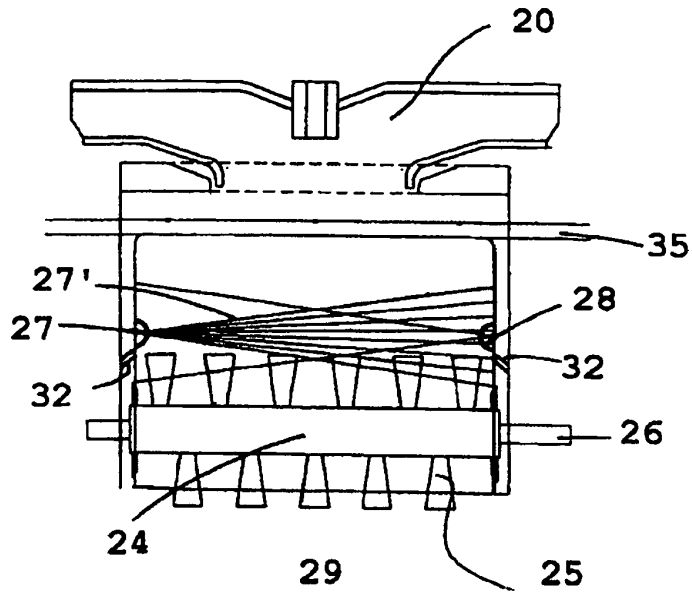
【图4】



【図5】

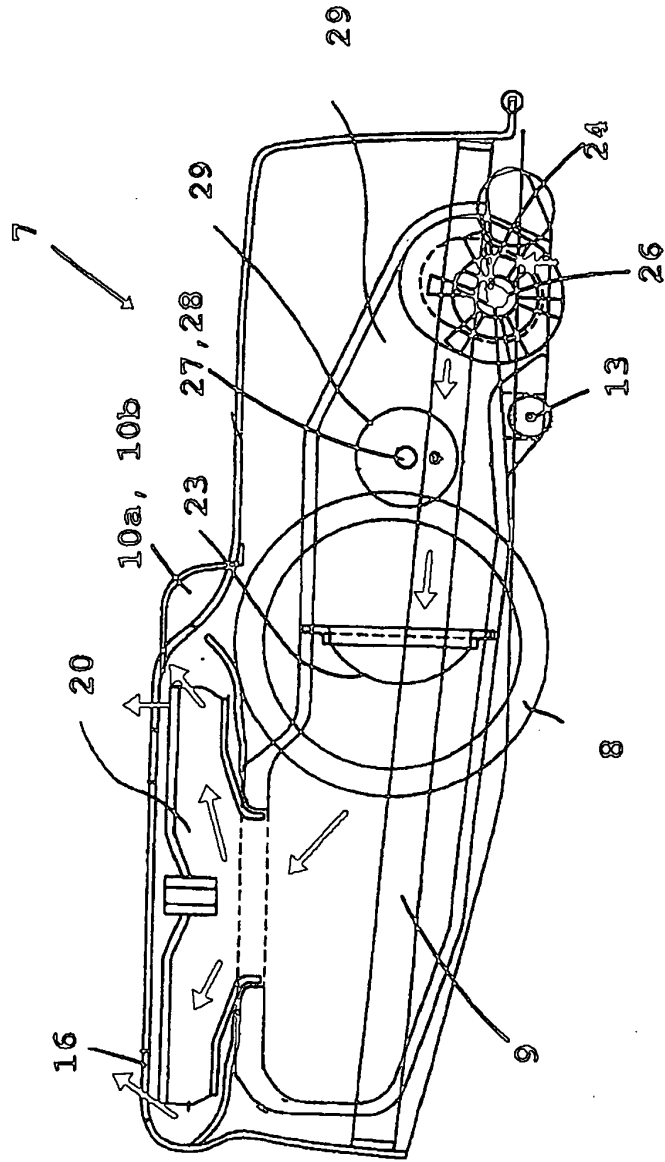


【図6】

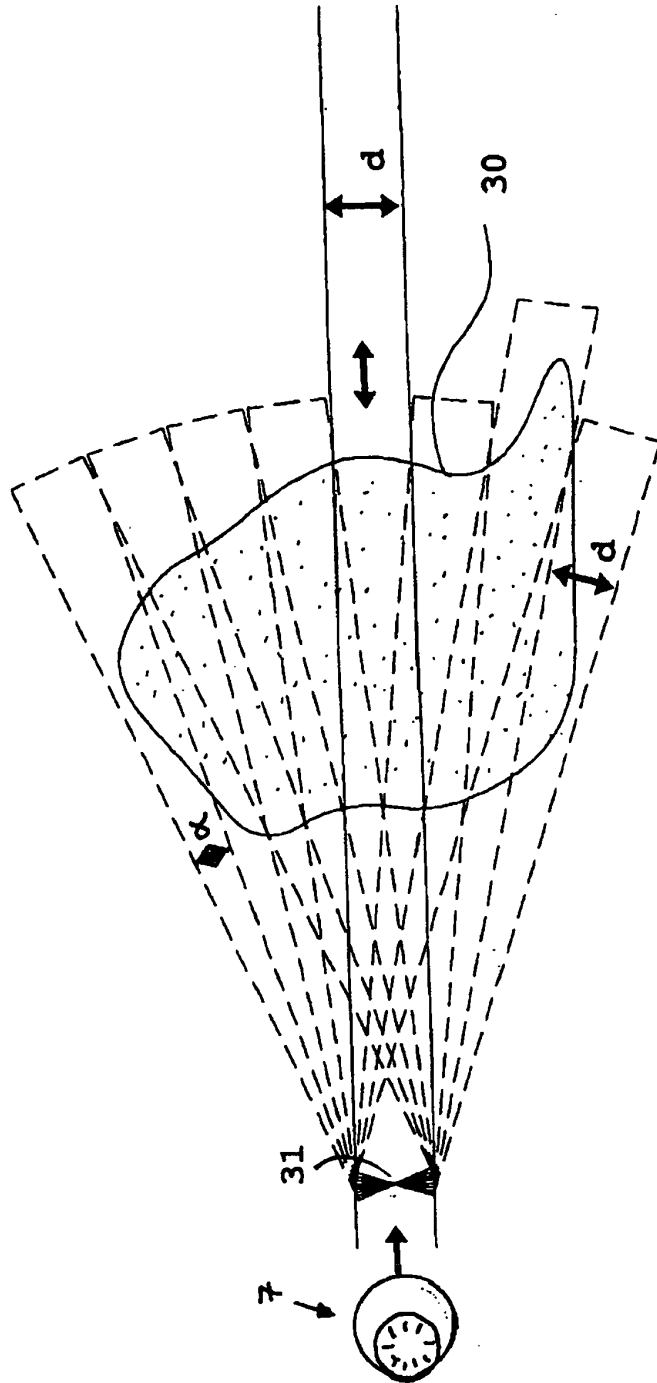




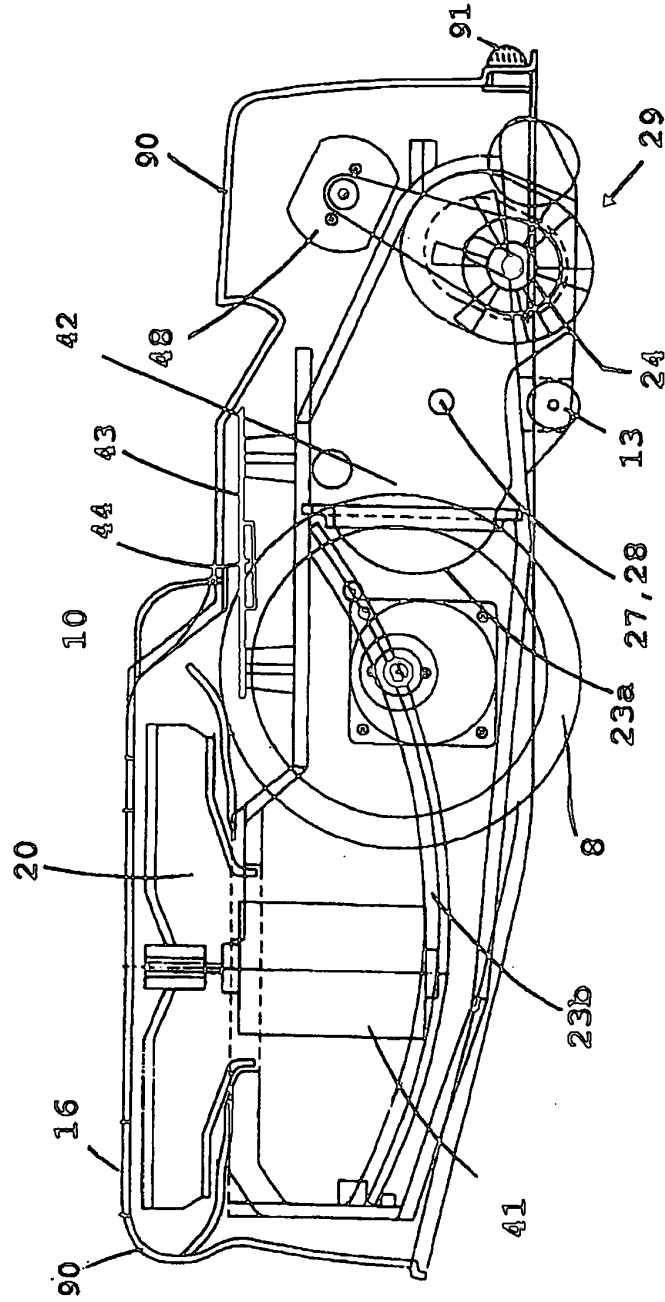
【図7】



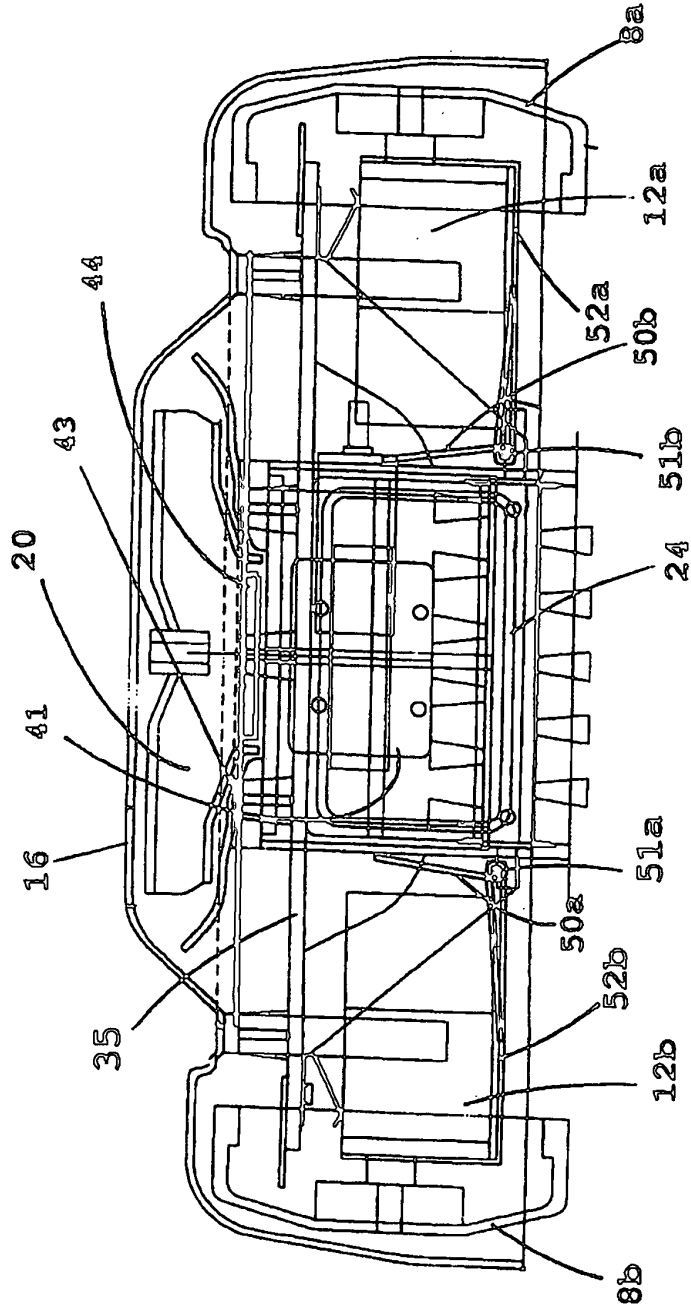
【图8】



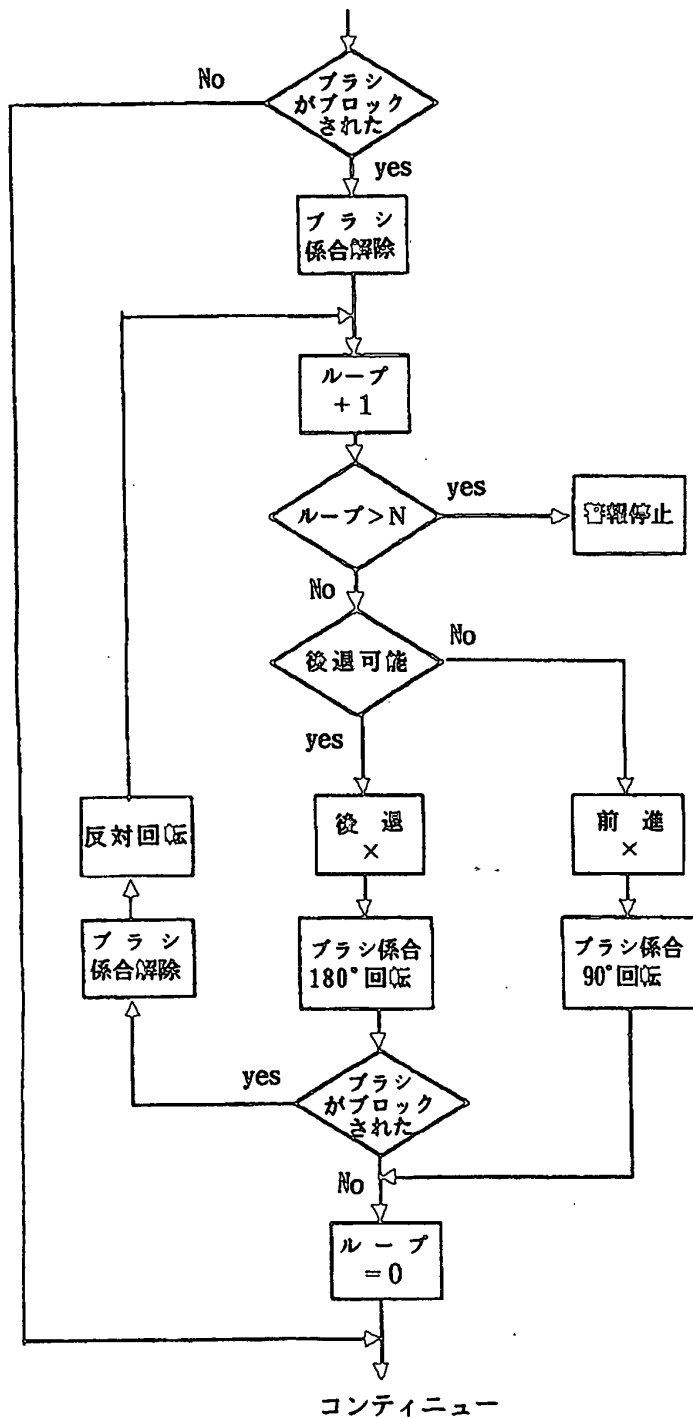
【図9】



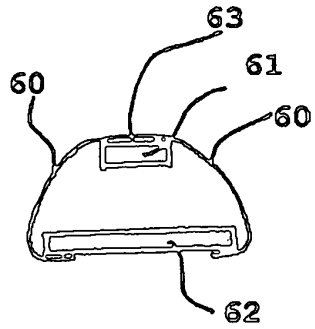
【図10】



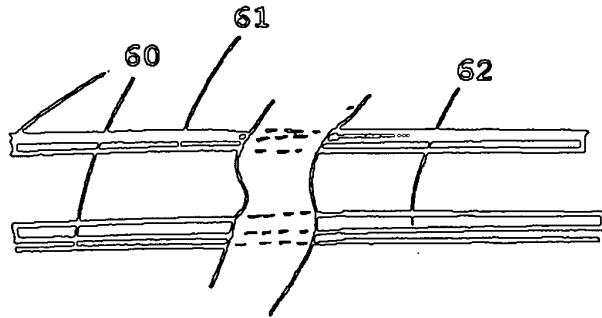
【図11】



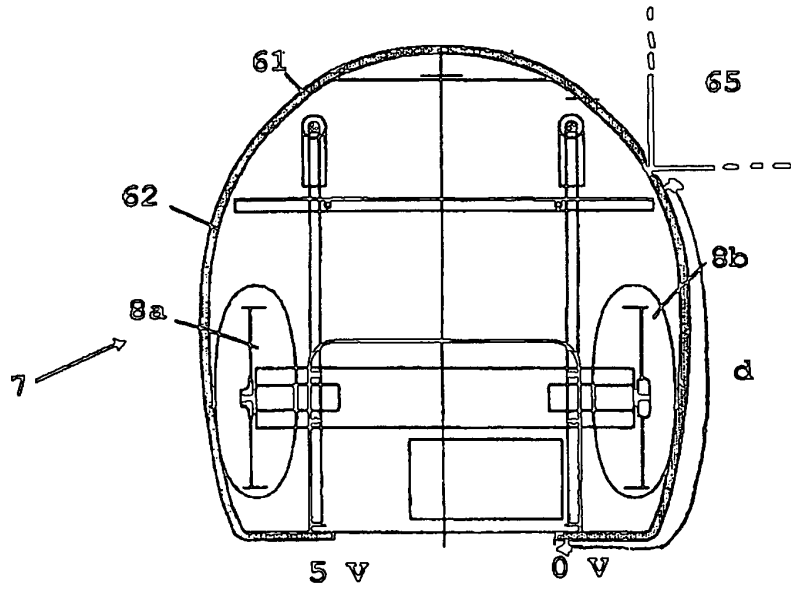
【図12a】



【図12b】



【図12c】



【手続補正書】特許協力条約第34条補正の翻訳文提出書

【提出日】平成12年2月22日(2000. 2. 22)

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】特許請求の範囲

【補正方法】変更

【補正内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】 固定ステーション(1)に対して自立して移動するロボット(7)を誘導し位置させるシステムにおいて、前記固定ステーションから出射される少なくとも指向性のある赤外線ビーム(2')を利用し、移動性の前記ロボットは、前記ロボットに組み込まれた1つのマイクロコンピュータに接続された、赤外線出射の検出器(10a、10b)の指向性システムを備え、前記ロボットは本質的にランダムに作業表面上を移動し、前記マイクロコンピュータ(44)は、前記赤外線ビーム(2')の出射の方向に向かって前記ロボットを移動させることにより前記ロボットを前記固定ステーション(1)へ戻すことを制御することができるアルゴリズムを含んでいるシステムにおいて、

前記赤外線ビーム(2')は狭い指向性のビームであり、前記検出器(10a、10b)のシステムは前記ロボット(7)の回転中心におけるフレーム上に位置し、前記ロボットの移動方向に方向づけられており、固定ステーション(1)における正確な位置合わせが、前記狭いビーム(2')の検出に基づくアルゴリズムにしたがう鉛直軸回りの該機械装置の回転によって実行されるシステム。

【請求項2】 前記狭い指向性のビーム(2')が2°と10°の間の角度を有している、請求項1に記載の誘導のシステム。

【請求項3】 前記固定ステーション(1)から又はその近傍から出射される実質的に異なる指向性の少なくとも2つのビーム(2'、3')を利用し、1又は幾つかの少なくとも指向性のビーム(3')は前記固定ステーション(1)に向かう接近に用いられ、1又は幾つかの更に指向性のあるビーム(2')が前記ロボットを前記固定ステーション(1)に対して正確に位置させる最終工程に

用いられることを特徴とする、請求項1又は2に記載のシステム。

【請求項4】 前記マイクロコンピュータのアルゴリズムは、バッテリーの充電の状態とは独立して、最小の作業時間後に再供給の前記固定ステーションに向かって前記戻りを開始し、前記移動性ロボットが特定の閾値よりも高い強度の赤外線放射を検出した場合には、及び／又は前記バッテリーの充電状態が所定レベルよりも低い場合には、前記閾値は前記作業時間の持続時間の増加に伴って減少することを特徴とする、請求項1～3のいずれか一項に記載のシステム。

【請求項5】 前記マイクロコンピュータの前記アルゴリズムは、前記バッテリーの充電状態が所定レベル以下の場合に、前記固定ステーションに向かう前記戻りを開始することを特徴とする、請求項1又は2に記載のシステム。

【請求項6】 前記固定ステーションに向かう前記戻りの工程の間、及びバッテリーの充電状態及び／又は検出された前記赤外線放射の強度によって、前記ブラシ及び／又は吸引タービンは不活性化することを特徴とする、請求項1～5のいずれか一項に記載のシステム。

【請求項7】 本質的には部屋の平面において、前記固定ステーションは2つの変調された赤外線ビーム(2'、3')を射出し、前記ロボット(7)は、ビームの一方は他方よりもいくらか指向性が高く、最小の指向性のビームの前記送信機は、前記方向を検知することができ、前記複数のビームに感度を有する前記指向性の検出器(10a、10b、11a、11b)を運搬する前記移動性ロボットを前記固定ステーションに近づけることができ、複数の前記検出器の信号は、前記移動性ロボットの進行を制御する1つのマイクロコンピュータ(44)によって扱われ、前記最小の指向性のビームの送信機(3)は、前記固定ステーション上に、前記固定ステーションにおける望ましい位置にその後部が結合した場合に、前記ロボットの直上にくるように前記固定ステーション(1)上に位置し、指向性のより高いビーム(2)はしたがって複数の前記検出器によって集中的に検出することができ、正確な位置合わせは、前記狭いビームの方向に基づくアルゴリズムにしたがって、鉛直軸の回りに前記機械装置が回転することによって行われることを特徴とする、請求項1～5のいずれか一項に記載の方向検知及び位置合わせのシステム。



【請求項8】 前記固定ステーションは、少なくとも3つの変調された赤外線ビーム(2'、3')を射出し、これらのビームの1つ(2)は、他の2つよりもいくらか指向性が高く、最小の指向性のビームの送信機(3b、3c)によって、前記方向を検知することができ、複数の前記ビームに感度を有する指向性の複数の検出器を運搬する前記移動性ロボットが前記固定ステーションに近づくことができ、複数の前記検出器の信号は前記移動性ロボットの進行を制御する1つのマイクロコンピュータ(44)によって扱われ、高い強度の送信機は、前記ステーションのすぐ近くにおいて複数の前記ビーム(2'、3')が交差するように方向づけられて前記固定ステーション内に位置しており、指向性のより高い前記ビームは複数の前記検出器によって集中的に検出されることができ、前記狭いビームの検出に基づくアルゴリズムにしたがって鉛直軸の回りに前記機械装置が回転することによって正確な位置合わせが実行されることを特徴とする、請求項1～6のいずれか一項に記載の方向検知及び位置合わせのためのシステム。

【請求項9】 前記指向性のより高い赤外線ビーム(2)の前記送信機は、前記指向性のより低い赤外線ビーム(3)の送信機よりも出力が低いことを特徴とする、請求項1～8のいずれか一項に記載のシステム。

【請求項10】 マイクロコンピュータ(44)を組み込み自立して移動する、請求項1～8のいずれか一項に記載のシステムに適用可能なロボット。

【請求項11】 少なくとも1つの回転ブラシローラー(24)とアルゴリズムによってロボットの速度及び/又は経路を制御するマイクロコンピュータ(44)を備え、前記マイクロコンピュータは、前記速度及び/又は前記経路を決定するため、前記回転ブラシローラーの回転速度の測定を考慮するアルゴリズムに関連していることを特徴とする、請求項10に記載のロボット。

【請求項12】 自動化された真空掃除機であることを特徴とする、請求項1～11のいずれか一項に記載の清掃用のロボット。

【請求項13】 前記マイクロコンピュータ(44)は、吸引力を決定するため、前記回転ブラシローラー(24)の回転数の測定を考慮することを特徴とする、請求項1～12のいずれか一項に記載のロボット。

【請求項14】 前記ロボット(7)のしたがう経路は清掃する表面上の粒

子の量に依存し、前記量は前記ロボット真空掃除機の吸引口の近くに配置された粒子分析器（27、28）によって評価され、前記分析器は前記移動性ロボットによって運搬されるマイクロコンピュータ（44）に信号を送出し、前記信号にしたがって前記ロボットの移動を制御することを特徴とする、地面清掃用の誘導を行う技術を有する請求項1～13のいずれか一項に記載のロボット。

【請求項15】 前記マイクロコンピュータは減速、及び／又は直線的前進及び後退移動、及び／又は前記ロボットの扇形の前進及び後退移動を制御することができることを特徴とする、請求項1～14のいずれか一項に記載のロボット。

【請求項16】 前記マイクロコンピュータは長距離上における塵検出器（27、28）によって検出された塵レベルの全体平均を記憶し、特定の清掃用のアルゴリズムの起動は前記平均を考慮することを特徴とする、請求項13又は14に記載のロボット。

【請求項17】 キャリーニッジ（carriage）のベース部を全部又は一部囲む衝突用の直線状センサを備え、前記センサは、直線状の金属伝導体（62）と、これに平行であって、両端に電位差が設けられ、伝導性プラスチックからなる直線状の要素（61）、例えば伝導性のゴムと、を備え、プラスチックの前記直線状の要素は、前記ロボットと障害物（65）との衝突の結果生じる一時的な圧力の影響下において伝導性の直線状の前記要素に弾性的に接触可能であり、前記伝導性の要素のレベルにおいて測定される電流の測定は前記キャリーニッジに基づく衝突位置を特定するために前記マイクロコンピュータに送出される信号であることを特徴とする、請求項1～16のいずれか一項に記載のロボット。

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0004

【補正方法】変更

【補正内容】

【0004】

この問題の解決法は既に開示されおり（欧州特許公開公報07744093参

照)、この機械装置は、電磁界の勾配に感度を有し、交流電流によって横移動するボビンの垂直線を自分で自動的に再位置合わせしている。

電磁界にとって邪魔となる要素(例えば、鉄補強コンクリート)を備える表面の場合、上述のシステム動作は困難となる。

したがって、固定されたステーションに関連させ、赤外線放射源(送信用LED)が、移動性機械装置を離れて位置させることができることが好ましい。

米国特許4,679,152号は自立的移動性ロボットを開示している。このロボットはバッテリーの充電レベルが所定の閾値よりも低下した場合に自動的に充電ステーションに戻る。この再充電ステーション及び移動性ロボットは赤外線ビーム送信機及びマイクロコンピュータに接続された検出器を備えている。このロボット及び再充電ステーションはしたがって双方向通信を行うことができる。作業表面上のロボットのランダム移動を有する光音響システムと共に探索プログラムが用いられる。このようなシステムは複雑であり、再充電動作のため再充電ステーションに対して非常に正確なロボットの位置合わせを行うことが要求される場合、非常に有効ではないと思われる。

【手続補正3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0005

【補正方法】変更

【補正内容】

【0005】

本発明の目的は、実施形態の最も単純なものによれば、ロボットの回転中心における車台上に配置された指向性検出器によって検出可能な、再充電ステーションから出射される狭いビームを用いるシステムを用いることによって、この欠点を解消することである。

本発明の第1の概要によれば、比較的狭いビーム、例えば2φから10φの間で変化するものであって好ましくは約5φのビームが固定ステーションから送出される。これを送出する送信機及びこれに関連するステーションは、好ましくは、ビームがロボットの作業表面の最大長を超えて延びるように方向づけられるこ

とが望ましい。この移動性ロボットは、赤外線放射の方向検出のためのシステムを備えており、実質的にランダムに移動し、統計的に周期的な方法で上記狭いビームと交差しそしてこれを検出する。

【手続補正4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0045

【補正方法】変更

【補正内容】

【0045】

ある瞬間、信号が反射してきた場合、反射地点に移動している当該機械装置は、送信機2（図1～4参照）によって出射された直接ビームに、又は、もともと検知されているのよりも少ない反射の度合いの放射に遭遇する。

しかる後、この機械装置は前面側の検出器10a、10bの出力のバランスをとり、源流の信号へ向けて自動的に回転する。

【手続補正5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0046

【補正方法】変更

【補正内容】

【0046】

固定ステーションの近くに到着すると、この移動式機械装置7は、回転の中心に配置された複数のセンサ（前面側のセンサ10a、10b）が、ビーム3の源の近傍に一致する位置に移動する。

その接近は幾つかの方向からなされ、その位置は多分、コネクター5、5'を介した充電器との電氣的接続を行うには、或いは他のオペレーションをおこなうには適切ではない。この時点において、狭い低出力のビーム2'がその役割を果たす。

## 【国際調査報告】

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

		Int'l. Patent Application No. PCT/BE 98/00185
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC 6 G05D1/02 B25J19/00 A47L9/00		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC 6 G05D B25J A47L		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 4 679 152 A (PERDUE TERRY A) 7 July 1987 see column 1, line 15 - column 3, line 4 see column 3, line 41 - column 7, line 16; figures 5-10 ---	1,3,9,11
X	US 4 777 416 A (GEORGE II ROBERT W ET AL) 11 October 1988 see abstract; figure 1 see column 16, line 22 - line 44 see column 17, line 51 - column 21, line 10; figures 22-36B ---	1,9
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 008, no. 089 (P-270), 24 April 1984 & JP 59 005315 A (HITACHI SEISAKUSHO KK), 12 January 1984 see abstract ---	1,9
-/-		
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of box C.		<input checked="" type="checkbox"/> Patent family members are listed in annex.
* Special categories of cited documents:		
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance		"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principles or theory underlying the invention
"E" earlier document but published on or after the international filing date		"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)		"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means		"G" document member of the same patent family
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed		
Date of the actual completion of the international search 19 April 1999		Date of mailing of the international search report 26/04/1999
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.O. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 eponrl, Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer Helot, H

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 1992)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Int. Patent Application No  
PCT/BE 98/00185

C(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 5 440 216 A (KIM TAE-SIG) 8 August 1995 see abstract; figure 1	1,9

4

Form PCT/ISA/210 (continuation of second sheet) (July 1992)

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

Information on patent family members

International Application No  
PCT/BE 98/00185

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 4679152 A	07-07-1987	NONE	
US 4777416 A	11-10-1988	NONE	
US 5440216 A	08-08-1995	DE 4340771 A GB 2278937 A,B GB 2313190 A,B GB 2313213 A,B GB 2313191 A,B JP 7008428 A	15-12-1994 14-12-1994 19-11-1997 19-11-1997 19-11-1997 13-01-1995

Form PCT/ISAR10 (patent family annex) (July 1982)

## フロントページの続き

(31) 優先権主張番号 9800341  
(32) 優先日 平成10年5月7日(1998. 5. 7)  
(33) 優先権主張国 ベルギー (BE)  
(81) 指定国 EP(AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AP(GH, GM, KE, LS, MW, SD, SZ, UG, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CU, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, GB, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MD, MG, MK, MN, MW, MX, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZW  
Fターム(参考) 3B006 KA01  
3F059 AA01 AA12 BB07 DA05 DD11  
DE08 FB11  
5H301 AA02 AA10 BB11 CC03 CC06  
DD07 DD16 FF09 FF11 FF15  
FF21 FF27 GG06 GG23 GG29  
HH20 JJ01 LL01 QQ04

## 【要約の続き】

赤外線ビームを出射して再充電ステーションにロボットが戻るようにすることもできる。



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2002-323925  
(P2002-323925A)

(43) 公開日 平成14年11月8日 (2002.11.8)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	7-73-ト* (参考)
G 0 5 D 1/02		G 0 5 D 1/02	J 5 H 3 0 1
			S

審査請求 未請求 請求項の数14 ○L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願2001-128871(P2001-128871)

(22) 出願日 平成13年4月26日 (2001.4.26)

(71) 出願人 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72) 発明者 高木 祥史

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

(72) 発明者 薮内 秀隆

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

(74) 代理人 100097445

弁理士 岩橋 文雄 (外2名)

最終頁に続く

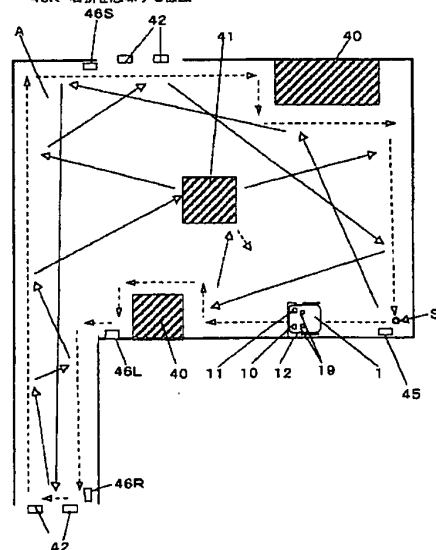
(54) 【発明の名称】 移動作業ロボット

(57) 【要約】

【課題】 従来の移動作業ロボットでは、意図しない領域外に出てしまって器物破損や転落等の危険があったり、作業領域内で起きうる、障害物の見落としによる障害物への衝突、熱源への接近、下り傾斜での加速、段差への衝突・突入等の各種不安な状況があった。

【解決手段】 本体を移動させる走行手段と、前記本体の移動方向を変更する操舵手段と、作業を行う作業手段と、作業領域に設置された標識を検出する標識検出手段19と、本体の移動を制御する移動制御手段9を備え、標識検出手段19が標識41の情報を識別し、移動制御手段9が識別情報に応じて移動パターンを決定することにより、各種標識を作業領域の必要箇所に設置して、領域外に出て行ったり、領域内の各種不安な状況を引き起こすなどの危険を防止できる。移動作業ロボットとしている。

45 作業基点を意味する標識  
46 方向指示を意味する標識  
46S 区画を意味する標識  
46L 左折を意味する標識  
46R 右折を意味する標識



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 本体を移動させる走行手段と、前記本体の移動方向を変更する操舵手段と、前記本体に設けられ作業を行う作業手段と、作業領域に設置された標識を検出する標識検出手段と、前記走行手段および前記操舵手段を制御して前記本体の移動を制御する移動制御手段を備え、前記標識検出手段が前記標識の情報を識別し、前記移動制御手段が前記識別情報に応じて移動パターンを決定する移動作業ロボット。

【請求項 2】 標識検出手段が作業領域境界を意味する標識を識別し、移動制御手段が移動パターンを一旦停止あるいは境界から作業領域内側方向へ操舵する動作とする請求項 1 記載の移動作業ロボット。

【請求項 3】 標識検出手段が回避領域を意味する標識を識別し、移動制御手段が移動パターンを回避領域から回避する動作とする請求項 1 および 2 記載の移動作業ロボット。

【請求項 4】 標識検出手段が走行注意を意味する標識を識別し、移動制御手段が移動パターンを減速移動動作とする請求項 1～3 記載の移動作業ロボット。

【請求項 5】 標識検出手段が作業基点を意味する標識を識別し、移動制御手段が移動パターンを停止あるいは所定の動作切替えとする請求項 1～4 記載の移動作業ロボット。

【請求項 6】 標識検出手段が方向指示を意味する標識を識別し、移動制御手段が移動パターンを前記指示方向に移動する動作とする請求項 1～5 記載の移動作業ロボット。

【請求項 7】 移動方向指示を意味する標識を 3 種類とし、移動制御手段が前記各標識情報に対して移動パターンを左折・右折・直進動作とする請求項 6 記載の移動作業ロボット。

【請求項 8】 本体に壁および障害物までの距離を検出する測距手段を備え、移動制御手段が、前記測距手段の出力に基づき、壁および障害物から所定距離を保持し、本体を移動させる壁沿い移動手段を有する請求項 1～7 記載の移動作業ロボット。

【請求項 9】 標識検出手段が通過方向指示を意味する標識を識別し、移動制御手段が移動パターンを右側通過または左側通過動作とする請求項 1～8 記載の移動作業ロボット。

【請求項 10】 標識を濃淡の二値化模様で区別する請求項 1～9 記載の移動作業ロボット。

【請求項 11】 標識を色で区別する請求項 1～9 記載の移動作業ロボット。

【請求項 12】 標識検出手段が、発光素子と、前記発光素子が照射する光を走査して本体外へ照射する発光走査部と、標識で反射した前記発光走査部が照射する光を受光する受光素子を備えた請求項 10 記載の移動作業ロボット。

【請求項 13】 標識検出手段が、CCD あるいは CMOS センサからなる画像センサを備えた請求項 10 および 11 記載の移動作業ロボット。

【請求項 14】 標識検出手段が、標識に電波を送信する送信手段および前記標識から電波を受信する受信手段を有し、前記標識はアンテナおよび前記標識の意味を記憶する識別情報記憶部を有し、標識は前記送信手段から送信された電波により駆動されて識別情報を前記受信手段に発信する請求項 1～9 記載の移動作業ロボット。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、走行機能を有し移動しながら作業を行なう自走式掃除機や無人搬送車等の移動作業ロボットに関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来より作業機器に走行操舵手段やセンサ類および移動制御手段を付加して、自動的に作業を行なう各種の移動作業ロボットが開発されている。例えば自走式掃除機は、作業機能である清掃機能として本体底部に吸込みノズルやブラシなどを備え、移動機能として走行および操舵手段と、移動時に障害物を検知する障害物検知手段と、位置を認識する位置認識手段とを備え、この障害物検知手段によって清掃場所の周囲壁までを測距してこれに沿って移動しつつ位置認識手段によって清掃領域を認識し、領域内を障害物を回避しながら自律移動して領域全体を清掃するものである。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、このような従来の移動作業ロボットでは、作業領域を認識する基準を周囲壁としているため、例えば広い作業領域を区分けしたり扉や通路など開放された空間がある場合、全部あるいは一部に壁が無いので領域を認識できないものであり、意図しない領域外に出てしまつて器物破損や転落などの危険性があった。また、本体作業領域内で想定される、移動作業ロボットが検知できない各種状況、例えば障害物の見落としによる障害物への衝突、段差への衝突・突入、熱源や危険物への接近、下り傾斜での加速など、不安全な状況があった。

【0004】そこで本発明は、多様な作業領域に対応でき、しかも簡素に作業領域の範囲限定や不安全状況の回避が行える安全な移動作業ロボットを提供することを目的としている。

【0005】

【課題を解決するための手段】前記従来の課題を解決するために、本発明の移動作業ロボットは、本体を移動させる走行手段と、前記本体の移動方向を変更する操舵手段と、作業を行う作業手段と、作業領域に設置された標識を検出する標識検出手段と、前記走行手段および前記操舵手段を制御して前記本体の移動を制御する移動制御手段を備え、前記標識検出手段が前記標識の情報を識別

し、前記移動制御手段が前記識別情報に応じて移動パターンを決定するものである。

【0006】上記構成によって、各種標識を作業領域の必要箇所に設置し、移動作業ロボットが走行しながら標識検出手段がこれを識別して、作業領域およびその各種状況を認識し、対応する移動パターンで移動して作業を行い、領域外に出て行ったり、領域内の様々な不安全状況を引き起こすなどの危険を防止することができる。

【0007】

【発明の実施の形態】請求項1に記載の発明は、本体を移動させる走行手段と、前記本体の移動方向を変更する操舵手段と、作業を行う作業手段と、作業領域に設置された標識を検出する標識検出手段と、前記走行手段および前記操舵手段を制御して前記本体の移動を制御する移動制御手段を備え、前記標識検出手段が前記標識の情報を識別し、前記移動制御手段が前記識別情報に応じて移動パターンを決定するものであり、各種標識を作業領域の必要箇所に設置し、標識検出手段がこれを識別して対応する各種移動パターンを行うことによって、領域外に出て行ったり、領域内の様々な不安全状況を引き起こすなどの危険を防止することができる。

【0008】請求項2に記載の発明は、特に請求項1記載の標識検出手段が領域境界を意味する標識を識別し、移動制御手段が移動パターンを一旦停止あるいは境界から作業領域内側方向へ操舵する動作とするものであり、境界に標識を設置することによって、境界を越えて領域外に出ていき、階段等の段差から転落したり、器物を破損する等の危険を防止することができる。

【0009】請求項3に記載の発明は、特に請求項1および2記載の標識検出手段が回避領域を意味する標識を識別し、移動制御手段が移動パターンを回避領域から回避する動作とするものであり、接触を避けたい障害物や、人間や動物等、進入を禁止し近づきたくない領域に標識を設置することによって、これらを回避して危険を防止することができる。

【0010】請求項4に記載の発明は、特に請求項1～3に記載の標識検出手段が走行注意を意味する標識を識別し、移動制御手段が移動パターンを減速移動動作とするものであり、傾斜や滑りやすい床面、段差乗り越え等、作業を行うが徐行させたい領域に標識を設置することによって、この領域を安全に移動することができる。

【0011】請求項5に記載の発明は、特に請求項1～4に記載の標識検出手段が作業基点を意味する標識を識別し、移動制御手段が移動パターンを停止あるいは所定の動作切替えとするものであり、作業基点に標識を設置することにより、基点から作業を開始して再び基点に戻って停止して作業を終了したり、途中、基点を基準に移動パターンを切り替えたりすることができる。

【0012】請求項6に記載の発明は、特に請求項1～5に記載の標識検出手段が方向指示を意味する標識を識

別し、移動制御手段が移動パターンを前記指示方向に移動する動作とするものであり、必要箇所に標識を設置することにより、本体を意図する方向に誘導することができる。

【0013】請求項7に記載の発明は、特に請求項6に記載の方向指示を意味する標識を3種類とし、移動制御手段が前記各標識情報に対して移動パターンを左折・右折・直進動作とするものであり、左折・右折・直進の3種類を設けることにより、誘導方向を3方向に大別区分することができる。

【0014】請求項8に記載の発明は、特に請求項1～7に記載の発明において、本体に壁および障害物までの距離を検出する測距手段を備え、移動制御手段が、前記測距手段の出力に基づき、壁および障害物から所定距離を保持し、本体を移動させる壁沿い移動手段を有するものであり、壁に沿って移動することにより壁際の作業を行え、外周壁に沿いに移動することにより作業領域を認識できるものである。

【0015】請求項9に記載の発明は、特に請求項1～8に記載の標識検出手段が通過方向指示を意味する標識を識別し、移動制御手段が移動パターンを右側通過または左側通過動作とするものであり、必要箇所に標識を設置することにより、本体を意図する側で通過させることができ、特に複数台の本体同士の衝突を防ぐことができる。

【0016】請求項10に記載の発明は、特に請求項1～9に記載の標識を濃淡の二値化模様で区別するものであり、模様を変えることにより、容易に標識の種類を区別することができる。

【0017】請求項11に記載の発明は、特に請求項1～9記載の標識を色で区別するものであり、色を変えることにより、容易に標識の種類を区別できるとともに、人も識別しやすい標識とすることができる。

【0018】請求項12に記載の発明は、特に請求項10記載の標識検出手段が、発光素子と、前記発光素子が照射する光を走査して本体外へ照射する発光走査部と、標識で反射した前記発光走査部が照射する光を受光する受光素子を備えたものであり、二値化模様の反射光の強弱により、標識の種類を識別できる。

【0019】請求項13に記載の発明は、特に請求項10および11に記載の標識検出手段が、CCDあるいはCMOSセンサからなる画像センサを備えたものであり、画像認識により標識の種類を識別できる。

【0020】請求項14に記載の発明は、特に請求項1～9に記載の発明において、標識検出手段が、標識に電波を送信する送信手段および前記標識から電波を受信する受信手段を有し、前記標識はアンテナおよび前記標識の意味を記憶する識別情報記憶部を有し、標識は前記送信手段から送信された電波により駆動されて識別情報を前記受信手段に発信するものであり、電源不要、小型で

多種類の標識を区別することができる。

【0021】

【実施例】以下本発明の実施例について、自走式掃除機を例にとって図1～14を参照しながら説明する。

【0022】（実施例1）図1は、本発明の第1の実施例における自走式掃除機の全体構成の斜視図である。図1において、1は清掃領域内を移動しながら清掃を行なう自走式掃除機の本体で、床面上を矢印2の方向に前進して移動する。3、4は本体1の後方左右に配した左右の駆動モータで、それぞれの出力軸は左右の減速機5、6を介して本体1の後方両側部に配した左右の走行輪7、8を回転駆動する。この左駆動モータ3と右駆動モータ4を独立に回転制御することにより、本体1を矢印2の方向に移動させることはもとより、左駆動モータ3と右駆動モータ4の回転数を異ならせることにより本体を右旋回あるいは左旋回させることができ、走行手段および操舵手段の機能を有している。9は各種入力に応じて左右の駆動モータ3、4を回転制御し、本体1の移動制御を行なう移動制御手段で、マイクロコンピュータおよびその他制御回路からなる。

【0023】10、11は本体1の上部に左右に設けた測距手段で、本体1の前方および側方の壁および障害物までの距離を測定する光センサ等により構成されている。21は本体1の方向および位置を計測する位置認識手段で、走行輪7、8の回転数から走行軌跡を演算する軌跡計測手段からなるが、本体の方向を計測するジャイロなどの方向計測手段を組み合わせてもよい。12は本体1の前方下部に配され、床面を掃除する清掃ノズルで、清掃ノズル12の下面にはごみを吸引する吸込口が設けられ、この吸込口に臨むように回転ブラシなどからなるアジテータ13が清掃ノズル12内に設けられ、電動送風機を構成するファンモータ14を駆動することで真空圧を発生させ、清掃ノズル12にその真空圧を作用させて吸込口よりゴミを吸引する。前記アジテータ13はノズルモータ15により伝動ベルト16を介して回転駆動される。本実施例では、清掃ノズル12、ファンモータ14およびアジテータ13により清掃手段を構成しているが、アジテータ13は必要に応じて設けるようにすればよい。

【0024】19は本体1の上部に設けた標識検出手段で、詳細は後述するが、清掃領域に設けた標識の識別を行う。20は電池などからなる電源で、本体1内の駆動モータ3、4、ファンモータ14、ノズルモータ15に、また回路部である移動制御手段9、位置認識手段21に、さらにセンサ類である測距手段10、11や標識検出手段19に電力を供給する。

【0025】次に標識検出手段19の構成を図2～3に基づいて説明する。図2は光を走査して発し、反射光の強弱パターンで標識の種類を識別するタイプのものである。31はレーザダイオードあるいはLED等からなる

発光素子である。32はポリゴンミラーあるいは多面体反射鏡等からなる発光走査部であり、発光素子31からの光が標識41の全面に照射されるよう、矢印aに示す回転および、矢印bに示す回動駆動され、光を走査して外部に発する。33はフォトダイオード等からなる受光素子、34はレンズで、標識41で反射されて戻ってきた光を受信する。標識41の濃淡模様により反射光量が強弱の二値化的に変化するので、模様の違いを識別できる。なお、標識41は標識検出手段19と略同高に設置することが望ましいが、同高としても相対的な位置関係は一樣でないので、標識検出手段19全体を筐体ごと走査するか複数設けるかして視野を広げると、より標識41の検出を確実にすることができる。

【0026】図3は、画像センサによる画像認識で標識の種類を識別するタイプのものである。36はレンズで、径と焦点距離が適切に設定されており、CCDあるいはCMOSセンサからなる画像センサ35に結像する。標識が濃淡の二値化模様の場合は、白黒画像で標識を識別できるため、安価な画像センサ35を利用できるという長所がある。標識を色で区別する場合は、カラーの画像センサ35を使用することとなるが、標識を人が識別しやすいという長所がある。標識は標識検出手段19と略同高に設置することが望ましいが、同高としても相対的な位置関係は一樣でないので、レンズ36に広角タイプのものを用いるか、あるいは標識検出手段19全体を筐体ごと走査するか複数設けるかして検出視野を広げると、より標識の検出を確実にすることができる。

【0027】図4に、濃淡の二値化模様で区別する標識41の例を示す。図4の上段のものは、いわゆるバーコードであり1次元の白黒パターンで情報を区別する。図4の下段のものは2次元コードと呼ばれるもので、2次元の白黒パターンで情報を区別する。なお、各種標識については後述するが、本発明の場合、区別すべき種類数は100を越えないと想定されるので、図4に示すほど精細である必要はない。実際には、標識を例えば白黒4区画の16(2の4乗)通りで区別すれば、それぞれの受光あるいは受像パターンを記憶させてこれを参照することにより、受光あるいは受像情報から、まず標識が否か、そして次にどの種類の標識かを識別することができる。なお、濃淡の二値化模様とは、文字もふくむものである。

【0028】図5に本実施例のシステム構成を制御ブロックで示す。移動制御手段9は測距手段10、11と位置認識手段21と標識検出手段19からの入力に応じて、左駆動モータ3および右駆動モータ4と、ファンモータ14およびノズルモータ15への出力を制御する。また、移動制御手段9は、測距手段10、11からの入力に基づいて、壁から一定距離で本体1を移動させる壁沿い移動手段22と、清掃領域の内側部分を移動させる中塗り移動手段23を有している。

【0029】図6に、移動制御手段9による移動制御の概略を移動軌跡で説明する。本体1が清掃対象の床面A（清掃領域）上のスタート点Sから運転を開始する。まず、壁沿い移動手段22により、破線矢印で示すように、壁および障害物40から所定距離（距離0を含む）でこれに沿って領域外周を一周する。この間、清掃手段により壁際の清掃を行う。再びスタート点Sに戻ってくると、次に中塗り移動手段23により、実線矢印で示すように、外周より内側部分を、直進とターンを繰り返しながら移動する。この間、中央の障害物41を測距手段10、11で検出して回避しながら清掃手段は清掃を行う。内側部分の清掃が終了すると、外周壁沿いにスタート点Sまで戻る。なお、中塗り移動手段23の動作を直進とターンの繰り返しに限定するものではない。また、本体1が清掃環境を記憶する記憶部を具備していれば、清掃領域（および標識の位置）を認識して記憶することができる。

【0030】図7～9に基づき、各種の標識を用いた移動パターンを説明する。まず、図7において、42は領域境界を意味する標識であり、壁の切れ目や、解放されたドアなど、本体1が領域外に出てしまう可能性のあるところに設置する。標識検出手段19が領域境界を意味する標識42を検出すると、図示のように本体1は一旦停止し、次に清掃領域内側方向に操舵して、領域外に出ることはない。さらに、本体1に対して標識42が側方に見えた場合は、必ずしも一旦停止する必要はなく、見えた角度に応じて標識とは反対側すなわち領域内側に操舵しながら、移動を続けることも可能である。上記により、本体1が清掃領域外へ出ていって、想定していない環境に遭遇し、器物を破損したり段差や階段から転落したりする等の危険を防ぐことができる。なお、標識42の設置場所および標識42を検出したときの動作は、境界を越えないことを原則として上記のみに限定するものではない。

【0031】図8において、43は回避領域を意味する標識であり、接触を避けたい障害物、人間や動物、ストーブ等の熱源等、進入を禁止し近づくべきでない箇所に設置して、本体1がこれらに接触・進入することを防止する。標識検出手段19が回避領域を意味する標識43を検出すると、図示のように本体1は左に操舵し、そのあと、標識43（回避領域43'）を側方に見ながら、回避、通過する。通過後の移動経路についてはここでは特定しない。図とは逆に右側に回避することとせば、標識43を右側に設置しておけばよい。本体1が接近する方向や回避する方向が確定しない時は、標識43を回避領域43'の全周に設置しておけばよい。いずれにしても、回避領域43'は本体1にとって近づくべきでない領域なので、回避動作する本体1と標識43との距離に余裕を持たせたほうがよい。測距手段10、11が標識43を検出できるよう標識43を大きくする等

とするか、標識検出手段19が標識43との距離を推定できるように入力情報の時間変化を追跡する等とすることが望ましい。上記により、近づくべきでない危険箇所への接近・接触・進入を防止して、不安全な状況を避けることができる。なお、標識43の設置場所および標識43を検出したときの動作は、回避領域43'を距離を置いて回避することを原則として上記に限定するものではない。標識43の重要な意図は、本体1に危険を喚起することである。

【0032】図9において、44は走行注意を意味する標識であり、傾斜や滑りやすい床面、段差乗り越え等、本体1が移動清掃は行うが移動に注意を要する箇所に設置して、徐行により安全に移動作業させる。標識検出手段19が走行注意を意味する標識44を検出すると、図示のように本体1は、破線矢印にて減速徐行で移動する。再び標識44を検出すると、徐行を解除して通常速度にもどり、実線矢印にて移動する。1ヶ所の標識44で、標識検出後、所定の時間あるいは走行距離だけ徐行を継続する方法でもよい。上記により、移動制御に注意を要する箇所に標識44を設置し、予め減速し徐行して安全に移動清掃を続けることができる。なお、標識44の設置場所および標識を検出したときの動作は、注意を要する領域を減速移動させることを原則として上記のみに限定するものではない。

【0033】（実施例2）本発明の第2の実施例における自走式掃除機の全体構成は、前記実施例1と同一であるので説明を省略する。動作パターンについて、異なる点を図10を用いて説明する。

【0034】図10は、清掃領域と移動制御手段9による移動制御の軌跡の概略を示す。本体1が清掃対象の床面A（清掃領域）上のスタート点Sから運転を開始する。スタート点Sの近傍には作業基点を意味する標識45が設置されており、標識検出手段19がこれを認識する。まず、壁沿い移動手段22により、破線矢印で示すように、左側壁沿い時計回りで壁および障害物40に沿って領域外周を一周する。途中、標識検出手段19は方向指示を意味する標識46を認識し、図10下部の廊下の出口で、左折を意味する標識46Lに基づき90度左折したり、右折を意味する標識46Rに基づき90度右折したり、図10上部の壁の切れ目で直進を意味する標識46Sに基づき直進したりする。ちなみに角度の検出は位置認識手段21や測距手段10、11の出力に基づいて行う。この間、清掃手段により壁際の清掃を行う。再びスタート点Sに戻ってくると、標識検出手段19が作業基点を意味する標識45を再度認識して、移動制御手段9は、壁沿い移動手段22を終了させ、次に中塗り移動手段23による内部清掃に切り替える。中塗り移動手段23による動作は、実線矢印で示すように、外周より内側部分を、ランダムな方向への直進とターンを繰り返しながら移動する。途中、標識検出手段19は領域境

界を意味する標識42を認識して、領域から外に出ることはない。また、方向指示を意味する標識46は無視する。この間、中央の障害物41を回避しながら、清掃手段は清掃を行う。内側部分の清掃が終了すると、外周壁沿いにスタート点Sまで戻る。標識検出手段19が作業基点を意味する標識45を再々度認識して、移動制御手段9は清掃終了、作業基点帰還を判断し、次の清掃までこの場所で待機する。上記のように、方向指示を意味する標識46を壁の切れ目に設置することにより、清掃領域外周の壁沿い移動が可能となる。なお、左折・右折の角度は90度に限定するものではない。また、方向指示を壁沿い移動中のみと説明したがこれに限定するものではない。また、中塗り移動手段23の動作をランダムな方向への直進とターンの繰り返しに限定するものではない。

【0035】(実施例3)本発明の第3の実施例における自走式掃除機の全体構成は、前記実施例1、2と同一であるので説明を省略する。動作パターンについて異なる点を図11、図12を用いて説明する。

【0036】本実施例は主に、自走式掃除機が複数台ある場合の離合時の交通整理を想定したものである。図11に示すように、離合が予測される場所あるいは本体1の前部に通過方向指示を意味する標識47を設置しておく。本体1同士が近づいて、標識検出手段19が標識47を検出すると、例えば、ともに通過方向を右側に設定しておけば、移動制御手段9は、相手の本体1を障害物と間違えたり、左右どちらに避けるか等の判断を誤ることなく衝突せず滑らかに離合できる。

【0037】本体1が1台の場合、図12に示す状況に応用することが可能である。本体1が清掃領域移動中に中央障害物41に遭遇し、設置された標識47は左側通過であり、これを標識検出手段19が認識したとする。この時、本体1は一旦左側に進路を変えた後、中央障害物41に沿って壁沿い移動22で周囲を廻るようにしておく。一周して再び標識47を検出すると、左側より中央障害物41を通過する。これにより、清掃領域中の中央障害物41の周囲も清掃できる。

【0038】あるいは、本体1が1台の場合、先述図8の回避領域を意味する標識43に加えて本実施例の標識47を設置しておくことにより、回避動作に加えて標識47の指示に合わせて通過する方向を左右どちらかを選択する、という応用も可能である。

【0039】なお、実施例1～3を通して、標識自体の大きさや形態については実用上問題のないレベルとし、設置形態については、例えば、立て札、床置き、壁等への貼り付け等、様々な考えられるが、特に限定するものではない。しかし、標識検出手段19の本体1への設置条件と、標識およびその設置形態には整合性が必要である。

【0040】(実施例4)本発明の第4の実施例にお

ける自走式掃除機について、全体構成を図13、標識の構成を図14に基づいて説明する。前記実施例と同一部分の説明を省略する。

【0041】図13において、51は電波を送受するアンテナであり、本体1の前後方向の感度がよい横配置のもの、本体1の左右方向の感度がよい前後配置のものを設けている。床面方向の感度がよい水平配置のものを設けてもよい。52は送信回路、53は受信回路で、アンテナ51と送信回路52で送信手段を、アンテナ51と受信回路53で受信手段を構成しており、さらに送信手段と受信手段で標識検出手段19を構成している。送信回路52と受信回路53の制御は移動制御手段9が行い、定期的に送信を繰り返している。受信信号の処理と判断は移動制御手段9が行うものとしている。

【0042】一方、図14において、54はアンテナで標識検出手段19との間で電波を送受する。55は識別情報記憶部で、ICにID番号が記憶されており、前記実施例1～3で説明した各種標識の各意味に対応させて、異なったID番号を付与して種類を区別する。56は周辺回路で、標識検出手段19から送信されアンテナ54が受信した電波から起電力を発生し、この電力をアンテナ54と識別情報記憶部55に供給する。周辺回路56は、識別情報記憶部55からID番号を読み取り、これに対応させた変調信号をアンテナ54に送り、アンテナ54は変調電波を発信する。アンテナ54と識別情報記憶部55、周辺回路56で標識(電波式)48を構成しており、電源を持たない。図14はカード型のものであるが、他にカプセル型、ディスク型等もあり、大きさは数cmと小型である。壁などへの貼り付けや床置きが可能である。

【0043】以上の構成により、本体1が標識48の電波が届く範囲(数十cm)に入ると、標識検出手段19が標識48の情報を識別し、対応する移動パターンを決定する。すなわち、前記実施例1～3とは別構成で、前記各移動パターンを具現化することができる。

【0044】

【発明の効果】以上のように本発明によれば、多様な作業領域に対応して簡潔に、作業領域の限定や回避領域等の各種標識の設定が行え、転落、器物破損、本体破損、火災、人身事故等の、作業中の各種不安全状況を回避する安全な移動作業ロボットを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例1～3における自走式掃除機の内部透視斜視図

【図2】同、反射光の強弱パターンで標識を識別するタイプの標識検出手段の構成図

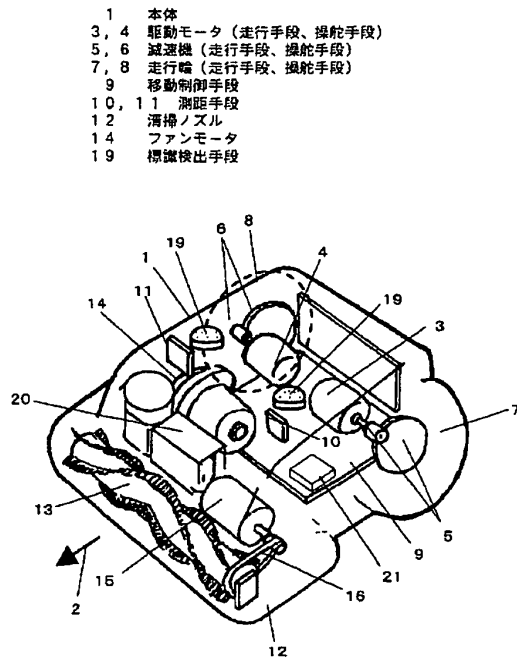
【図3】同、画像認識で標識を識別するタイプの標識検出手段の構成図

【図4】同、濃淡の二値化模様で区別する標識の例を示す図

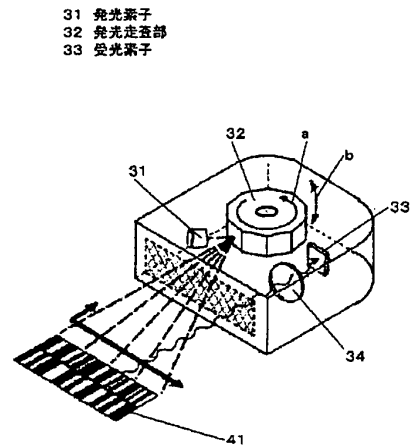
- 【図5】本発明の実施例1～4におけるシステム構成を示す制御ブロック図
- 【図6】同、作業領域での一連動作例を示す図
- 【図7】同、領域境界での動作を説明する図
- 【図8】同、回避領域での動作を説明する図
- 【図9】同、注意領域での動作を説明する図
- 【図10】同、作業基点と方向指示での動作を説明する図
- 【図11】同、通過指示での動作を説明する図
- 【図12】同、通過指示を用いた中央障害物周辺での動作を説明する図
- 【図13】本発明の実施例4における標識検出手段を説明する図
- 【図14】同、標識を説明する図
- 【符号の説明】
- 1 本体
- 3, 4 駆動モータ（走行手段、操舵手段）
- 5, 6 減速機（走行手段、操舵手段）
- 7, 8 走行輪（走行手段、操舵手段）
- 9 移動制御手段
- 10, 11 測距手段
- 12 清掃ノズル
- 14 ファンモータ
- 19 標識検出手段

- 19 標識検出手段
- 22 壁沿い移動手段
- 31 発光手段
- 32 発光走査部
- 33 受光素子
- 35 画像センサ
- 41 標識
- 42 領域境界を意味する標識
- 43 回避領域を意味する標識
- 44 注意を意味する標識
- 45 作業基点を意味する標識
- 46 方向指示を意味する標識
- 46 S 直進を意味する標識
- 46 L 左折を意味する標識
- 46 R 右折を意味する標識
- 47 通過方向指示を意味する標識
- 48 標識（電波式）
- 51 アンテナ（送信手段、受信手段）
- 52 送信回路（送信手段）
- 53 受信回路（受信手段）
- 54 アンテナ
- 55 識別情報記憶部

【図1】

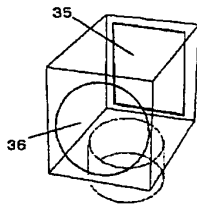


【図2】



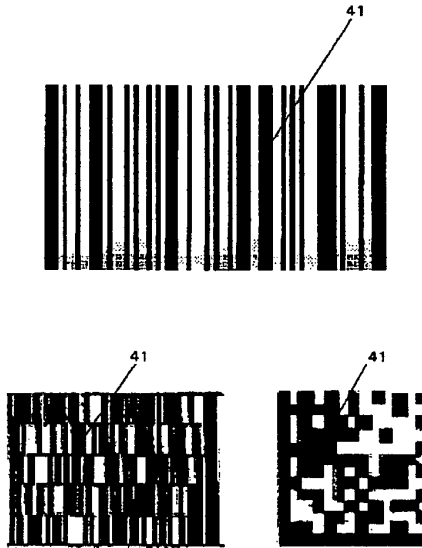
【図3】

35 画像センサ



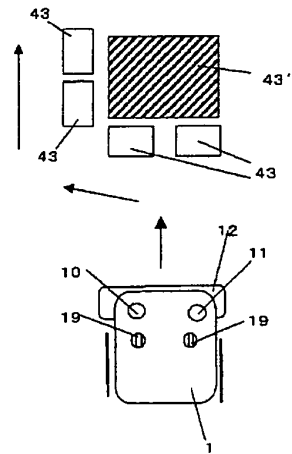
【図4】

41 標識



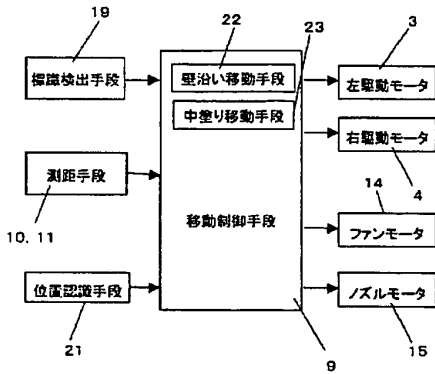
【図8】

43 回避領域を意味する標識

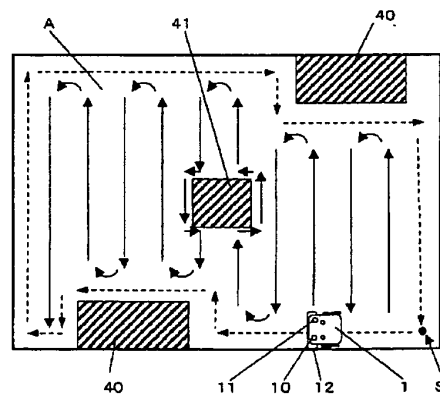


【図5】

22 壁沿い移動手段

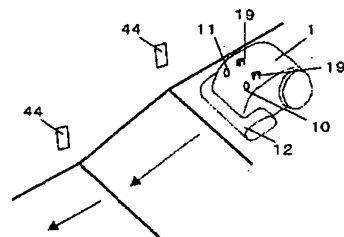


【図6】



【図9】

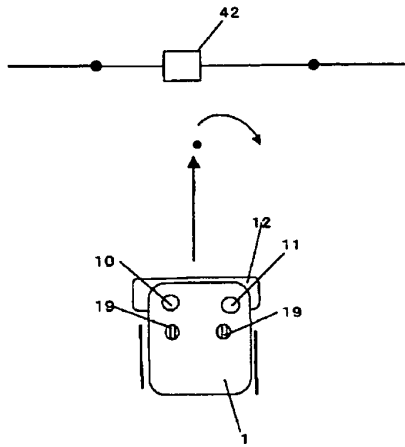
44 走行注意を意味する標識





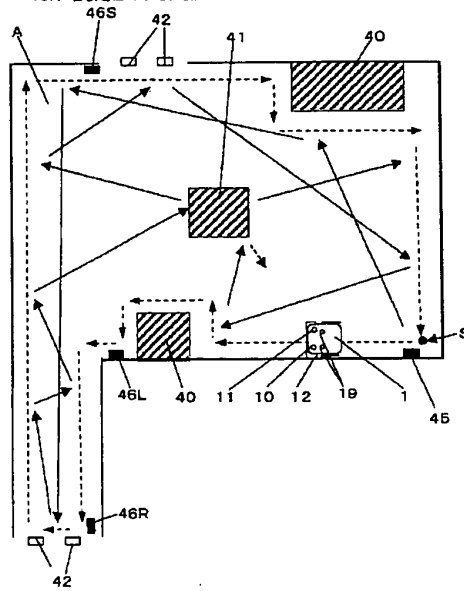
【図7】

42 領域境界を意味する標識



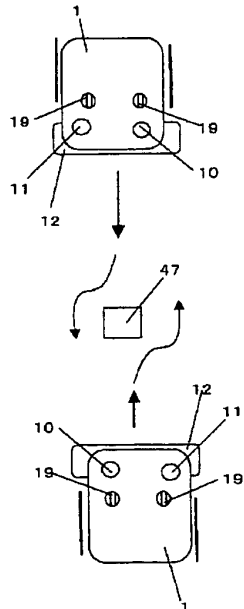
【図10】

45 作業基点を意味する標識  
 46 方向指示を意味する標識  
 46S 直進を意味する標識  
 46L 左折を意味する標識  
 46R 右折を意味する標識

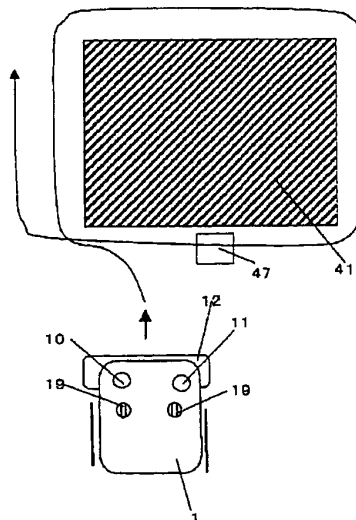


【図11】

47 通過側指示を意味する標識

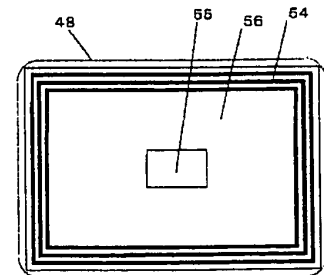


【図12】



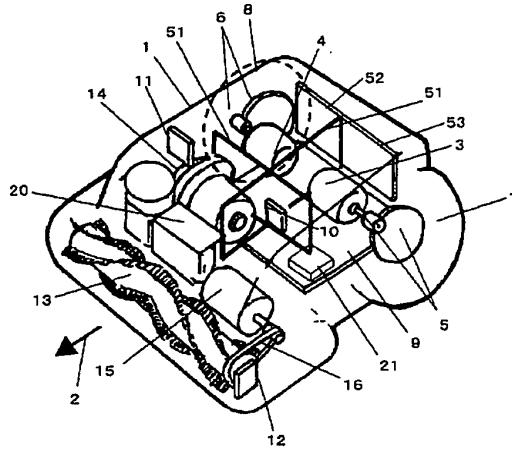
【図14】

48 標識(電波式)  
 54 アンテナ  
 55 識別情報記憶部



【図13】

51 アンテナ  
52 送信回路  
53 受信回路



フロントページの続き

(72)発明者 保野 幹  
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

(72)発明者 土師 雅代  
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

Fターム(参考) 5H301 AA01 BB05 BB11 FF05 FF08  
FF11 FF13 GG08 GG09 LL06  
LL07 LL08



(11) Publication number: 2002323925 A

(19)

Generated Document.

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(21) Application number: 2001128871

(51) Intl. Cl.: G05D 1/02

(22) Application date: 26.04.01

(30) Priority:

(43) Date of application publication: 08.11.02

(84) Designated contracting states:

(71) Applicant: MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD

(72) Inventor: TAKAGI YOSHIFUMI  
YABUUCHI HIDEAKA  
YASUNO MIKI  
HAJI MASAYO

(74) Representative:

(54) MOVING WORKING ROBOT

(57) Abstract:

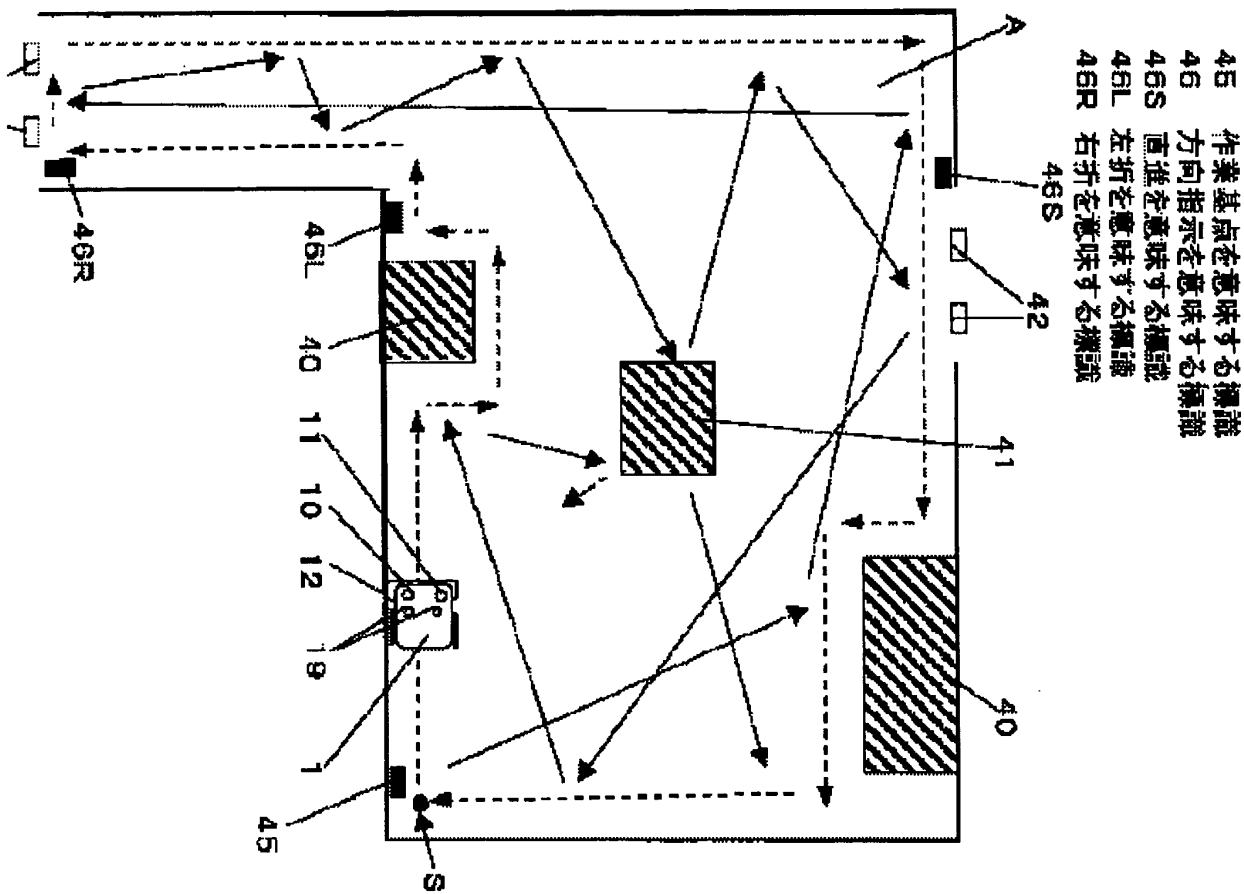
**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a safe moving working robot which is adaptive to a variety of work places and can easily have the range of its work area limited and also avoid an unsafe state.

**SOLUTION:** This robot is equipped with a travel means which moves a

2002323925 A

main body, a steering means which changes the moving direction of the main body, an operation means which performs operation, a marker detecting means 19 which detects markers installed in the work area, and a movement control means 9 which controls the movement of the main body. The marker detecting means 19 discriminates the information of the markers 41 and the movement control means 9 determines a movement pattern according to the discriminated information. Consequently, various markers are installed at necessary places in the work area to enable the moving working robot to prevent the danger that the robot exits from the area or that causes various unsafe states in the area.

COPYRIGHT: (C)2003,JPO



(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号  
特開2003-61882  
(P2003-61882A)

(43)公開日 平成15年3月4日(2003.3.4)

(51)Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テ-マコード(参考)
A 4 7 L 9/28		A 4 7 L 9/28	E 3 B 0 5 7 P 5 H 3 0 1 U J
G 0 5 D 1/02		G 0 5 D 1/02	

審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 7 頁)

(21)出願番号 特願2001-257346(P2001-257346)

(22)出願日 平成13年8月28日(2001.8.28)

(71)出願人 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72)発明者 高木 祥史

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

(74)代理人 100097445

弁理士 岩橋 文雄 (外2名)

Fターム(参考) 3B057 DA00

5H301 AA02 AA10 BB11 CC03 CC06

DD01 FF06 FF13 GG08 GG12

GG17 HH18 LL01 LL11 LL14

LL16 MM09

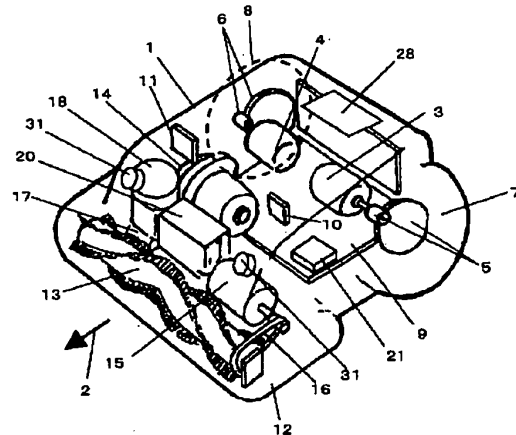
(54)【発明の名称】 自走式掃除機

(57)【要約】

【課題】 従来の自走式掃除機では、移動清掃の開始から終了までを自動で行った場合、必ずしも所望通りの完璧な清掃を行うとは限らないため、途中経過を知ることができず、また、自動のため、ゴミ捨てや充電などのメンテを忘れてたり怠ったりしがちである。

【解決手段】 本体1を移動させる走行手段および本体1の移動方向を変更する操舵手段3~8と、清掃を行う清掃手段12~19と、走行手段および操舵手段3~8を制御して本体1の移動を制御する移動制御手段9と、各種の本体情報および/または清掃情報を音声で報知する音声報知手段31、32を備えることにより、音声を聴くことのできる範囲にいる人が、自走式掃除機本体1に近づいたり機器を操作することなしに、清掃関係や本体状態の情報を確認、認識できる自走式掃除機としている。

- |             |            |
|-------------|------------|
| 1 本体        | 12 清掃ノズル   |
| 3, 4 駆動モータ  | 14 ファンモータ  |
| 5, 6 減速機    | 17 吸引量検出手段 |
| 7, 8 走行輪    | 18 集塵室     |
| 9 移動制御手段    | 20 2次電池    |
| 10, 11 測距手段 | 28 入力部     |
|             | 31 音声合成手段  |



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 本体を移動させる走行手段と、前記本体の移動方向を変更する操舵手段と、清掃を行う清掃手段と、前記走行手段および前記操舵手段を制御して前記本体の移動を制御する移動制御手段と、各種の本体情報および／または清掃情報を音声で報知する音声報知手段を備えた自走式掃除機。

【請求項 2】 移動制御手段は、清掃手段を停止して本体を移動させる移動モードと、清掃手段で清掃を行いながら本体を移動させる清掃モードを有し、音声報知手段が、本体が前記移動モードで走行中には移動中であることを、前記清掃モードで走行中には清掃中であることを報知する請求項 1 記載の自走式掃除機。

【請求項 3】 障害物を検出する障害物検出手段を備え、前記障害物検出手段が障害物を検出すると、音声報知手段が、障害物を検出したことを報知する請求項 1 または 2 に記載の自走式掃除機。

【請求項 4】 壁あるいは障害物までの距離を検出する測距手段を備え、移動制御手段が、測距手段の出力に基づき壁および障害物から所定距離で本体を移動させる壁沿い移動手段と、内部領域を移動させる内部移動手段を有し、音声報知手段が、本体が壁面に沿って走行中には壁沿い移動中であることを、内部領域を走行中には内部移動中であることを報知する請求項 1～3 のいずれか 1 項に記載の自走式掃除機。

【請求項 5】 清掃開始を入力する入力部を備え、音声報知手段が、清掃の開始および終了を報知する請求項 1～4 のいずれか 1 項に記載の自走式掃除機。

【請求項 6】 清掃手段は吸引によりゴミを収集し、吸引量を検出する吸引量検出手段を有し、吸引量が所定量を超えると、音声報知手段が、ゴミ吸い込み中であることを報知する請求項 1～5 のいずれか 1 項に記載の自走式掃除機。

【請求項 7】 吸引量検出手段が吸引量を複数レベルで検出し、音声報知手段が、レベルに応じてゴミ量の多少を報知する請求項 6 記載の自走式掃除機。

【請求項 8】 清掃手段は収集したゴミを貯める集塵室と、集塵室内の集塵量を検出する集塵量検出手段を有し、集塵量が所定量を超えると、音声報知手段が、ゴミを捨てるべきことを報知する請求項 1～7 のいずれか 1 項に記載の自走式掃除機。

【請求項 9】 本体全体に電力を供給する 2 次電池と、前記 2 次電池の残量を検出する電池残量検出手段を有し、電池残量が所定量を下回ると、音声報知手段が、充電すべきことを報知する請求項 1～8 のいずれか 1 項に記載の自走式掃除機。

【請求項 10】 本体全体に電力を供給する 2 次電池と、前記 2 次電池の残量を検出する電池残量検出手段と、電池残量から清掃可能時間あるいは清掃可能面積を演算する清掃可能量演算手段を有し、音声報知手段が、

前記清掃可能時間あるいは清掃可能面積を報知する請求項 1～9 のいずれか 1 項に記載の自走式掃除機。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、走行機能を有し自走しながら清掃を行なう自走式掃除機に関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来より清掃機器に走行操舵手段やセンサ類および移動制御手段を付加して、2 次電池を搭載してコードレスで自動的に清掃を行う各種の自走式掃除機が開発されている。清掃機能として本体底部に吸込みノズルやブラシなどを備え、移動機能として走行および操舵手段と、移動時に障害物を検知する障害物検知手段と、位置を認識する位置認識手段とを備え、障害物検知手段によって清掃場所の周囲壁までを測距してこれに沿って移動しつつ位置認識手段によって清掃領域を認識し、領域内を障害物を回避しながら自律移動して領域全体を清掃するものである。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、このような従来の自走式掃除機は、移動清掃の開始から終了まで自動で行うが、必ずしも所望通りの完璧な清掃を行うとは限らず、途中経過を知ることができない。また、自動のため、ゴミ捨てや充電などのメンテを忘れていたりしがちである。そこで、清掃の進行状況やゴミの収集具合、2 次電池の減り具合等の清掃関係や本体状態の情報を、例えば、本体に表示させたすると、人は本体に近づいて確認しなければならない。また例えば、上記各種情報を携帯情報端末や遠隔端末機器などで確認することにしても、何らかの機器操作が必要となるものである。

【0004】

そこで本発明は、自走式掃除機が自律走行しながらの清掃中に、あるいは清掃作業の前後に、音声の届く比較的遠くまでの範囲にいる人が、本体に近づいたり遠隔端末等の機器操作をすることなしに、他の家事などの活動をしながらでも音声により清掃関係や本体状態の各情報を把握し、所望の経過で清掃が行われたか、メンテナンスが必要かどうかを確認、認識することができる自走式掃除機を提供することを目的としている。

【0005】

【課題を解決するための手段】前記従来の課題を解決するために、本発明の自走式掃除機は、本体を移動させる走行手段と、前記本体の移動方向を変更する操舵手段と、清掃を行う清掃手段と、前記走行手段および前記操舵手段を制御して前記本体の移動を制御する移動制御手段と、各種の本体情報および／または清掃情報を音声発信する音声報知手段を備えるものである。

【0006】

上記構成によって、音声を聴くことのできる範囲にいる人が、自走式掃除機本体に近づいたり機器

を操作することなしに、清掃関係や本体状態の情報を確認、認識できるものである。

【0007】

【発明の実施の形態】請求項1に記載の発明は、本体を移動させる走行手段と、前記本体の移動方向を変更する操舵手段と、清掃を行う清掃手段と、前記走行手段および前記操舵手段を制御して前記本体の移動を制御する移動制御手段と、各種の本体情報および／または清掃情報を音声で報知する音声報知手段を備えるものであり、音声の届く範囲にいる人が上記各情報を確認することができるものである。

【0008】請求項2に記載の発明は、請求項1記載の自走式掃除機の移動制御手段が、清掃手段を停止して本体を移動させる移動モードと、清掃手段で清掃を行いながら本体を移動させる清掃モードを有し、音声報知手段が、本体が前記移動モードで走行中には移動中であることを、前記清掃モードで走行中には清掃中であることを音声で報知することにより、音声にて、移動あるいは清掃動作が異常なく継続していることを確認することができる。

【0009】請求項3に記載の発明は、請求項1または2に記載の自走式掃除機が、障害物を検出する障害物検出手段を備え、前記障害物検出手段が障害物を検出すると、音声報知手段が、障害物を検出したことを音声で報知することにより、音声にて、障害物の有無、あるいは障害物検出判断の妥当性を確認することができる。

【0010】請求項4に記載の発明は、請求項1～3のいずれか1項に記載の自走式掃除機が、壁あるいは障害物までの距離を検出する測距手段を備え、移動制御手段が、測距手段の出力に基づき壁および障害物から所定距離で本体を移動させる壁沿い移動手段と、内部領域を移動させる内部移動手段を有し、音声報知手段が、本体が壁面に沿って走行中には壁沿い移動中であることを、内部領域を走行中には内部移動中であることを音声で報知することにより、音声にて、本体が移動している場所の概略を確認することができる。

【0011】請求項5に記載の発明は、請求項1～4のいずれか1項に記載の自走式掃除機が、清掃開始を入力する入力部を備え、音声報知手段が、清掃の開始および終了を音声で報知することにより、音声にて、清掃動作の開始と終了を確認することができる。

【0012】請求項6に記載の発明は、請求項1～5のいずれか1項に記載の自走式掃除機が、清掃手段は吸引によりゴミを収集し、吸引量を検出する吸引量検出手段を有し、吸引量が所定量を超えると、音声報知手段が、ゴミ吸い込み中であることを音声で報知することにより、音声にて、ゴミが発生しやすい箇所を概略確認することができる。

【0013】請求項7に記載の発明は、請求項6に記載の自走式掃除機が、吸引量検出手段が吸引量を複数レベ

ルで検出し、音声報知手段が、レベルに応じてゴミ量の多少を音声で報知することにより、音声にて、ゴミが発生しやすい箇所および発生量の多少を概略確認することができる。

【0014】請求項8に記載の発明は、請求項1～7のいずれか1項に記載の自走式掃除機が、清掃手段は収集したゴミを貯める集塵室と、集塵室内の集塵量を検出する集塵量検出手段を有し、集塵量が所定量を超えると、音声報知手段が、ゴミを捨てるべきことを報知することにより、ゴミを捨てるメンテナンスを促すことができる。

【0015】請求項9に記載の発明は、請求項1～8のいずれか1項に記載の自走式掃除機が、本体全体に電力を供給する2次電池と、前記2次電池の残量を検出する電池残量検出手段を有し、電池残量が所定量を下回ると、音声報知手段が、充電すべきことを報知することにより、電池充電のメンテナンスを促すことができる。

【0016】請求項10に記載の発明は、請求項1～9のいずれか1項に記載の自走式掃除機が、本体全体に電力を供給する2次電池と、前記2次電池の残量を検出する電池残量検出手段と、電池残量から清掃可能時間あるいは清掃可能面積を演算する清掃可能量演算手段を有し、音声報知手段が、前記清掃可能時間あるいは清掃可能面積を音声で報知することにより、音声にて、清掃可能量を確認して清掃可能範囲を推定することができる。

【0017】

【実施例】（実施例1）以下本発明の実施例について、図1～5を参照しながら説明する。

【0018】図1は、本発明の第1の実施例における自走式掃除機の全体構成の斜視図である。図1において、1は清掃領域内を移動しながら清掃を行なう自走式掃除機の本体で、床面上を矢印2の方向に前進して移動する。3、4は本体1の後方左右に配した左右の駆動モータで、それぞれの出力軸は左右の減速機5、6を介して本体1の後方両側部に配した左右の走行輪7、8を回転駆動する。この左駆動モータ3と右駆動モータ4を独立に回転制御することにより、本体1を矢印2の方向に移動させることはもとより、左駆動モータ3と右駆動モータ4の回転数を異ならせることにより本体を右旋回あるいは左旋回させることができ、走行手段および操舵手段の機能を有している。9は各種入力に応じて左右の駆動モータ3、4を回転制御し、本体1の移動制御を行なう移動制御手段で、マイクロコンピュータおよびその他制御回路からなる。

【0019】10、11は本体1の上部に左右に設けた測距手段であり、本実施例では障害物検出手段を兼ねるものとし、本体1の前方および側方の壁および障害物までの距離を測定する光センサ等により構成されている。21は本体1の方向および位置を計測する位置認識手段で、走行輪7、8の回転数から走行軌跡を演算する軌跡



計測手段からなるが、本体の方向を計測するジャイロなどの方向計測手段を組み合わせてもよい。31はスピーカからなる音声発生部で、音声信号発信部32（後述：図2）が発信する予め記録されたあるいは合成された信号を音声に変換して報知する。音声発生部31と音声信号発信部32で音声報知手段を構成している。28は入力部で、電源スイッチや各種の指令入力を行え、タイマーや表示も備えており、清掃開始の入力をこの入力部で行う。

【0020】12は本体1の前下方部に配され、床面を掃除する清掃ノズルで、清掃ノズル12の下面にはごみを吸引する吸込口が設けられ、この吸込口に臨むように回転ブラシなどからなるアジテータ13が清掃ノズル12内に設けられ、電動送風機を構成するファンモータ14を駆動することで真空圧を発生させ、清掃ノズル12にその真空圧を作用させて吸込口よりゴミを吸引する。前記アジテータ13はノズルモータ15により伝動ベルト16を介して回転駆動される。17は上記清掃ノズル12とファンモータ14の連通路途中に設けた吸引量検出手段で、透過型あるいは反射型の光学式センサにより、通過するゴミの有無を検出してゴミ数をカウントしゴミ種類を判別する。18は上記連通路のファンモータ14前に設けた集塵室で、サイクロン式分級タンクあるいは紙バック等のフィルタで構成され、吸引したゴミはここに貯められる。19は集塵室18に設けられた集塵量検出手段19（後述：図2）で、集塵室18内部のゴミ嵩あるいは圧力により集塵量を検出する。以上、清掃ノズル12、アジテータ13、ファンモータ14、ノズルモータ15、伝動ベルト16、吸引量検出手段17、集塵室18、集塵量検出手段19により清掃手段を構成している。なお、アジテータ13およびこれに付随するノズルモータ15、伝動ベルト16は必要に応じて設ければよい。

【0021】20は鉛、ニッケル水素あるいはニッケルカドミウム蓄電池などからなる2次電池で、移動制御手段9を介して、本体1内の駆動モータ3、4、ファンモータ14、ノズルモータ15、測距手段10、11、位置認識手段21、吸引量検出手段17、集塵量検出手段19、音声表示手段に電力を供給する。

【0022】図2に本実施例のシステム構成を制御ブロックで示す。移動制御手段9は、測距手段10、11と位置認識手段21、吸引量検出手段17と集塵量検出手段19、2次電池20の電圧、入力部28からの入力に応じて、左駆動モータ3および右駆動モータ4と、ファンモータ14およびノズルモータ15、音声発生部31への出力を制御する。また、移動制御手段9は、次述の各手段、各モード等を有する。測距手段10、11からの入力に基づいて、壁から一定距離（距離0も含む）で本体1を移動させる壁沿い移動手段22、清掃領域の内側部分を塗りつぶすように移動させる内部移動手段2

3、清掃手段を移動しながら本体1を移動させる清掃モード24、清掃手段を停止して本体1を移動させる移動モード25、2次電池20の電圧より電池の残量を検出する電池残量検出手段26、電池残量から清掃可能時間あるいは清掃可能面積を演算する清掃可能量演算手段27、音声発生部31から報知する音声信号を発信する音声信号発信部32である。

【0023】以上の構成による動作を、図3、図4を用いて説明する。図3は、移動制御手段9の制御による移動軌跡の一例を示す。図4は、移動制御および発生する音声の流れの一例を示すフローチャートである。以下の説明で、報知する音声を「……」で表すが、その文言はあくまでも一例とする。

【0024】まず、入力部28で（電源ONおよび）スタート入力を、手動あるいはタイマー設定時刻に自動で行うことにより、開始信号が移動制御手段9に入力される。これにより、移動を開始する前に、音声報知手段は次記の音声を報知する。まず、電池残量検出手段26の検出により2次電池20の残量が所定値を下回っていれば、充電を促すため「充電して下さい」、所定値以上であれば、清掃可能量演算手段27の出力より清掃可能面積あるいは清掃可能時間「40分間清掃可能です」と音声報知する。さらに、集塵量検出手段19の検出により集塵量が所定値を超えていれば、ゴミ捨てを促すため「ゴミを捨てて下さい」という音声を報知する。2次電池20の残量が充分（所定値以上）であれば、このあと音声報知手段は、清掃の開始を意味する「清掃を開始します」という音声を報知し、本体1は、清掃対象の床面A（清掃領域）上のスタート点Sから運転を開始する。

【0025】ここで、2次電池20の残量が所定値を下回っている場合には、充電した後、再度、上記の入力部28からの開始信号の入力から繰り返すこととする。

【0026】集塵量が所定値を超えていても、フローチャートを止めないこととしているが、集塵室18が満杯であると、後述の清掃動作において、清掃手段の集塵性能が低下する可能性はある。あるいは、集塵量検出手段19の検出性能が精密で安定していれば、2次電池20の残量少の場合と同様、ゴミが捨てられたことを確認後、入力部28からの信号入力から繰り返してもよい。

【0027】スタート点Sから運転を開始した本体1はまず、破線矢印で示すように、壁沿い移動手段22により、壁および障害物40から所定距離（距離0を含む）でこれに沿って清掃領域A外周の移動を開始する。この間、清掃手段により壁際の清掃を行いながら、音声報知手段は、清掃モード24で壁沿い移動中22であることを意味する「壁際清掃中です」という音声を、例えば所定の時間間隔ごとあるいは隅や障害物40でターンすることにより、報知する。障害物40を外周壁の一部と見なすため、後述のような障害物を検出した旨の音声は報知しない。再びスタート点Sに戻ってくると、位置認識手段

21により壁沿いを一周したことおよび清掃領域Aを検知、認識し、音声報知手段は壁沿い清掃を終了したことを意味する「壁際清掃を終了します」という音声を報知する。そして、測距手段10、11で壁面を確認しながら、位置認識手段21の認識に基づいて、次の移動に備えて本体1の位置および方向を修正したあと一旦停止する。

【0028】次に、内部移動手段23により、外周より内側部分の清掃移動を開始する。移動開始直前に、音声報知手段は、清掃モード24で内部領域の移動23を開始することを意味する「内部領域を清掃します」という音声を報知する。内部領域の清掃移動は、実線矢印で示すように、直進とターンを繰り返してほぼ清掃ノズル12幅ずつ領域を塗りつぶすように移動を進め、中央の障害物41を障害物検出手段を兼ねる測距手段10、11で検出して回避しながら領域の清掃を進める移動である。移動中、音声報知手段は、清掃モード24で内部領域を移動中23であることを意味する「内部領域清掃中です」という音声を、例えば所定の時間間隔ごとあるいは1直進中に1回、あるいはターンを行うごとに報知する。また、測距手段10、11が中央の障害物41を検出すると、音声報知手段は、障害物を検出したことを意味する「障害物を検出しました」という音声を報知し、本体1は障害物41を回避する。回避動作は、所定の内部領域移動経路に戻るまで障害物41に沿って移動するものとし、障害物41との距離は、前記壁沿い移動と同様とする。障害物41の回避中に音声報知手段は「障害物を回避中です」という音声を報知する。移動制御手段9は、位置認識手段21および測距手段10、11により、清掃領域Aのスタート点Sとは反対側の壁面まで清掃が到達したと認識すると、清掃手段の移動を停止する。音声報知手段は、壁沿いも含めて清掃が終了したことを意味する「清掃を終了しました」という音声を報知する。

【0029】最後に本体1は、外周壁沿いにスタート点Sまで戻る。この間、音声報知手段は、移動モード25で壁沿い移動中22であることを意味する「壁沿いにスタート点へ帰還中です」という音声を、例えば所定の時間間隔あるいは隅や障害物40でターンするごとに報知する。そして、スタート点Sに戻ると、全動作を終了したことを意味する「全ての動作を終了しました」という音声を報知する。このあと再び、スタート時と同様、電池残量検出手段26の検出により2次電池20の残量が所定値を下回っていれば、充電を促すことを意味する「充電して下さい」という音声を、また、集塵量検出手段19の検出により集塵量が所定値を超えていれば、ゴミ捨てを促すため「ゴミを捨てて下さい」という音声を報知する。すなわち、電池残量と集塵量の確認を一連の清掃動作の前後に行うことによってメンテナンスの促進を徹底する。このあと自動的にスタート入力の待機状態

となる。

【0030】このとき、2次電池20の残量を少しでも節約するため、2次電池20の移動制御手段9への電力供給を遮断してもよいが、この場合は、次回本体1をタイマーにより運転始動するには、何らかのタイミングで電源ON（2次電池20から移動制御手段9へ通電した待機状態）にしておくことが必要である。粘着ローラやブラシによる掻き集めなど、清掃手段が電力をほとんど必要としない場合を除き、本実施例のファンモータ14による吸引等、清掃手段が電力を多く消費する場合は、むしろ、電力供給を遮断するほうが望ましい。一連の清掃動作終了の都度、2次電池20を充電する。

【0031】上記一連動作の中で、清掃モード24で移動中、すなわち清掃中に、吸引量検出手段17により検出する吸引ゴミ量が所定値を超えると、音声報知手段が、ゴミ吸い込み中であることを意味する「ゴミを吸っています」という音声を報知する。吸引量検出手段17が吸引ゴミ量の多少を判別する場合には、音声報知手段が、ゴミ少、ゴミ多にそれぞれ対応して「少しゴミがあります」、「ゴミが多いです」という音声を報知する。これらは、前述の清掃移動中の音声、すなわち「壁際清掃中です」、「内部領域清掃中です」「障害物を検出しました」「障害物を回避中です」よりも優先して報知される。

【0032】なお、内部領域を移動させる内部移動手段23による移動軌跡は、図3に限定するものでなく、例えば、図5のような直進とランダム角度ターンの繰り返しでもよい。

【0033】また、清掃中に、電池残量検出手段26の検出により2次電池20の残量が所定値を下回れば、上記同様「充電して下さい」という音声を報知するとともに、その場で本体1を停止させるか、電力消費の多い清掃手段を停止し移動モード25でスタート点Sに戻るのが望ましい。

【0034】また、清掃中に、集塵量検出手段19の検出により集塵量が所定値を超えれば、上記同様「ゴミを捨てて下さい」あるいは「ゴミが満杯になりました」という音声を報知するとともに、電池の残量が少なくなった時と同様、その場で本体1を停止させるか、移動モード25でスタート点Sに戻すこともできるが、吸引力に影響が生じる可能性があるものの、前述のようにそのまま清掃を継続してもよい。

【0035】また、2次電池20の充電方法については特に限定するものではないが、大きくは2次電池20を取り出すか、本体1内蔵まま行うかで区別できる。いずれにしても、別途、充電器は必要である。自動充電を行うには、スタート点Sにランドマークとなるステーションを設置し、これに自動充電機能を設けることが考えられる。

【0036】また、音声発生部31の位置および個数

は、図1に限定するものではなく、むしろ全方向に音声  
を報知させるほうが好ましい。

【0037】また、報知する音声は意味のある文言に限定  
するものではなく、例えば文言の代わりにメロディで  
もよい。特に「壁際清掃中です」「内部領域清掃中  
です」「スタート点へ帰還中です」は、メロディでも充分  
望ましく、他の文言音声を重ねることも可能となる。

【0038】

【発明の効果】以上のように本発明によれば、自走式掃  
除機が自律走行しながらの清掃中に、あるいは清掃作業  
の前後に、音声の届く比較的遠くまでの範囲にいる人  
が、本体に近づいたり遠隔端末機器を操作することなし  
に、他の家事などの活動をしながらでも音声により清掃  
関係や本体状態の各情報を把握し、所望の経過で清掃が  
行われたか、メンテナンスが必要かどうかを確認、認識  
することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例1における自走式掃除機の内部  
透視斜視図

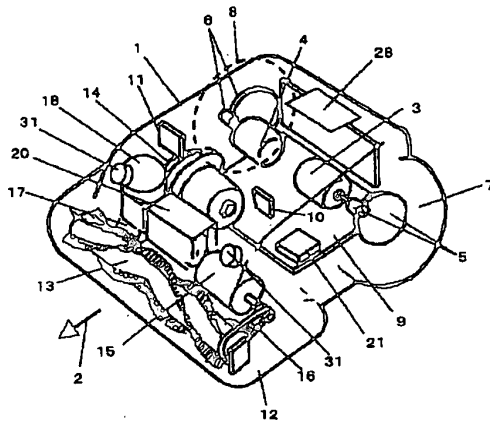
【図2】同、自走式掃除機のシステム構成を示す制御ブ  
ロック図

【図3】同、自走式掃除機の清掃領域での一連動作例を  
示す図

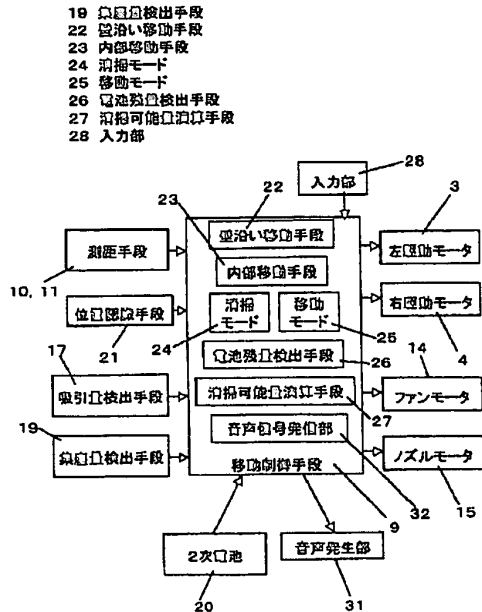
【図4】同、自走式掃除機の一連動作中の制御フローチ  
ャート

【図1】

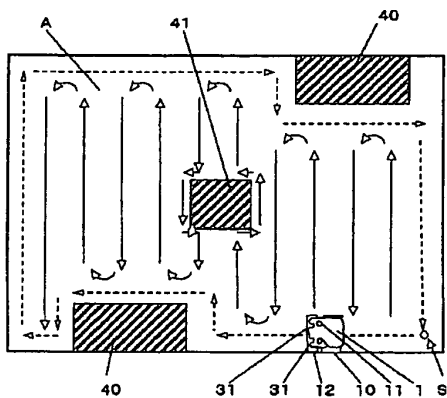
- |             |            |
|-------------|------------|
| 1 本体        | 12 沿掃ノズル   |
| 3, 4 駆動モータ  | 14 ファンモータ  |
| 5, 6 減速機    | 17 吸引量検出手段 |
| 7, 8 走行輪    | 18 集塵室     |
| 9 移動制御手段    | 20 2次電池    |
| 10, 11 測距手段 | 28 入力部     |
|             | 31 音声発生手段  |



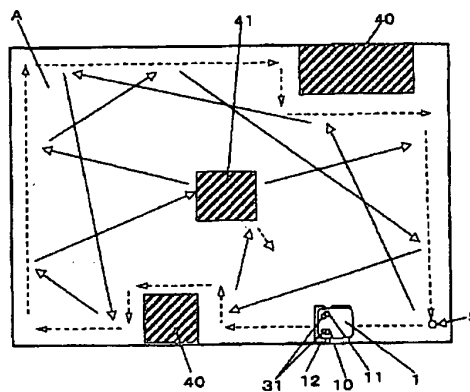
【図2】



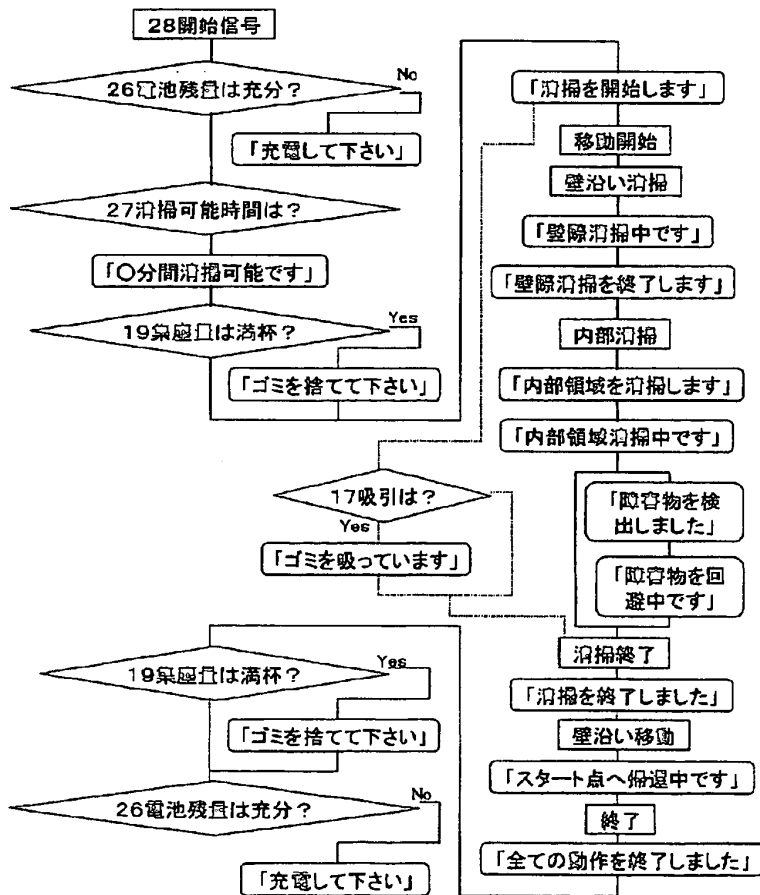
【図3】



【図5】



【図4】





(11) Publication number: 2003061882 A

(19)

Generated Document.

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(51) Intl. Cl.: A47L 9/28 G05D 1/02

(21) Application number: 2001257346

(22) Application date: 28.08.01

(30) Priority:

(43) Date of application publication: 04.03.03

(84) Designated contracting states:

	<p>(71) Applicant: MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD</p> <p>(72) Inventor: TAKAGI YOSHIIFUMI</p> <p>(74) Representative:</p>
--	---

(54) SELF-PROPELLED VACUUM CLEANER

(57) Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To solve such a problem that a conventional self-propelled vacuum cleaner is not sure to carry out complete cleaning to the desired extent and its progress cannot be grasped when automatically carried out moving cleaning from start to finish, and maintenance such as dust disposal or electric charge is forgotten and neglected due to

2003061882 A

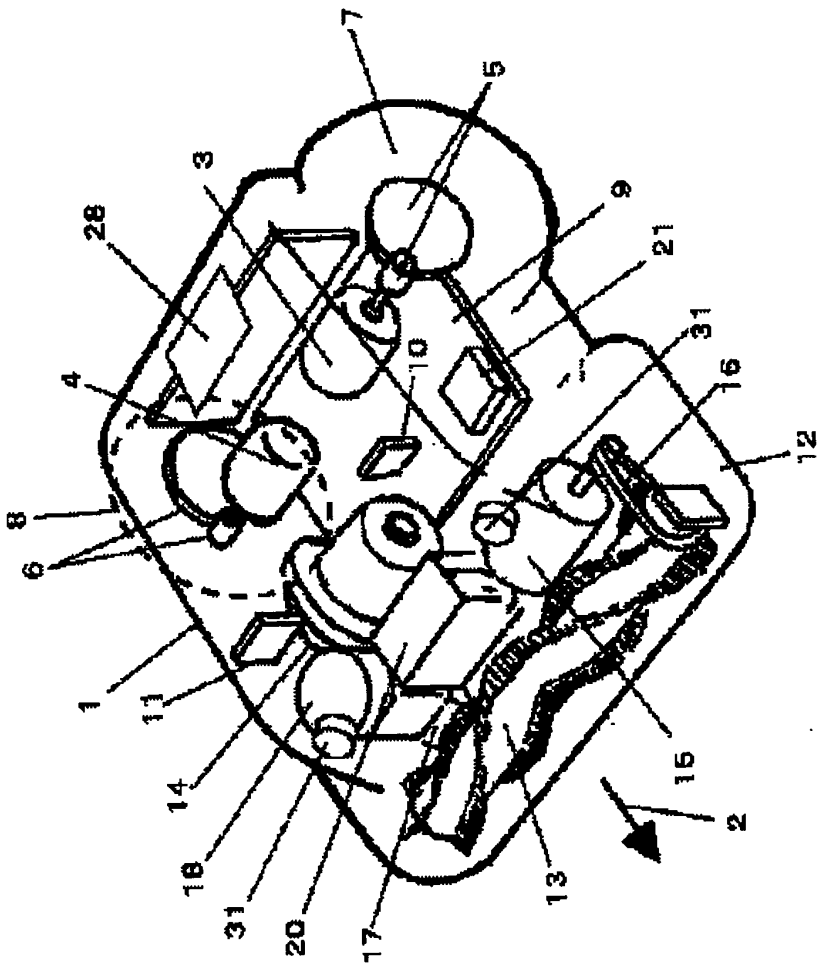
automation.

**SOLUTION:** This self-propelled vacuum cleaner is provided with a traveling means for moving a main body 1 and steering means 3-8 for changing a moving direction of the main body 1, cleaning means 12-19 for cleaning, a movement controlling means 9 for controlling the movement of the main body 1 by controlling the traveling means and the steering means 3-8, and sound information means 31 and 32 for announcing various information about the main body and/or cleaning by voice, therefore, anyone within hearing of the sound information can confirm and recognize the information about the main body and/or cleaning without getting close to the self-propelled vacuum cleaner body 1 or operating the appliance.

COPYRIGHT: (C)2003, JPO

- 12 清掃ノズル
- 14 フアンモータ
- 17 吸引量検出手段
- 18 集塵室
- 20 2次電池
- 28 入力部
- 31 音声合成手段

- 1 本体
- 3, 4 駆動モータ
- 5, 6 減速機
- 7, 8 走行輪
- 9 移動制御手段
- 10, 11 測距手段



公開実用平成 2-6312

⑩ 日本国特許庁 (J P)

⑪ 実用新案出願公開

⑫ 公開実用新案公報 (U)

平2-6312

⑬ Int. Cl. \*

G 05 D 1/02  
A 47 L 8/28  
G 05 B 19/02

識別記号

J  
A  
C

庁内整理番号

7304-5H  
7618-3B  
7740-5H

⑭ 公開 平成2年(1990)1月17日

審査請求 未請求 請求項の数 1 (全 頁)

⑮ 考案の名称 自動掃除機

⑯ 実 願 昭63-84744

⑰ 出 願 昭63(1988)6月27日

⑱ 考 案 者 茨

茂 樹 大阪府大阪市淀川区中津3丁目7番44号

⑲ 出 願 人 茨

茂 樹 大阪府大阪市淀川区中津3丁目7番44号



明 細 書

1. 考案の名称 自動掃除機

2. 実用新案登録請求の範囲

掃除機に物をキャチするセンサー部、センサーからの信号を処理するマイクロコンピュータ部、床上を走る動力部を設ける。

以上の如く構成された掃除機。

3. 考案の詳細な説明

「産業上の利用分野」

この考案は自動で床上を掃除する掃除機に関するものである。

「従来技術」

従来、人間が床上を移動させる掃除機があった。

「考案が解決しようとする課題」

人間の手で掃除機を動かして掃除する欠点がある。

「課題を解決するための手段」

掃除機に物をキャチするセンサー部、センサーからの信号を処理するマイクロコンピュータ

公開実用平成 2-6312

部、床上を走る動力部を設ける。

以上の如く構成された掃除機。

「作用」

この掃除機は物をよけ床上をごみを吸取りながら動き回り、床をきれいにする

なお、床上は板だけではなく畳、じゅうたんなども含む。

「実施例」

以下に本案の実施例を説明する。

- (イ) 掃除機の右側面に超音波センサー(1)、前方面に超音波センサー(2)、左側面に超音波センサー(3)を設ける。
- (ロ) 掃除機の左後方にマイクロコンピュータ基板(4)を設ける。
- (ハ) 掃除機の右下にモータ(5)、左下にモータ(6)、前下にモータ(7)を設ける。モータ(5)(6)にはそれぞれ独立したギヤボックス(8)とつながりギヤボックスにタイヤ(9)を装着する。モータ(7)にはプロペラ(10)を装着する。

(ニ) 掃除機の前下にごみの吸取り口(11)を  
開け右後方に充電式の電源(12)を設ける。  
(ホ) 掃除機の前方にスイッチ3、後方にス  
イッチ1、スイッチ2を設ける。

本案は以上の構造であるからこれ使用するとき  
はスイッチ1を押すとモータ(5)(6)(7)とも  
に回転する。超音波センサー(1)(2)のみ物  
をキャチするとその信号はマイクロコンピ  
ュータ基板(4)上のマイクロコンピ  
ュータに入力されモータ(6)が止まる信号が  
出力される。モータ(6)が止まると掃除機は  
左に曲がる。同様に超音波センサー(2)(3)  
のみ物をキャチするとモータ(5)が止まり  
掃除機は右に曲がる。超音波センサー(2)の  
み物をキャチするとモータ(5)が止まり  
掃除機は右に曲がる。超音波センサー(1)(2)  
(3)すべてのセンサーが物をキャチすると  
モータ(5)(6)が逆回転し、一定時間たっ  
てからモータ(5)が止まる。掃除機はバック  
して右に曲がる。その他の場合はモータ(5)  
(6)

---

公開実用平成 2-6312

ともに順回転し、掃除機は前進する。

スイッチ2を押すとモータ(7)のみ回転し、従来の掃除機として使用できる。モータ(7)の回転によりプロペラ(10)が回転しごみの吸取り口(11)よりごみを吸取る。

スイッチ3を押すことにより、掃除機の前面が収れ吸取ったごみを捨てることができる。

「考案の効果」

この掃除機のスイッチ1を入れてほっておけば床が自動的にきれいになる。掃除機を人が手で動かさなくてよいので人間は床が掃除されている間に別の事ができる。

4. 図面の説明

第1図はシステム構成図

第2図は実施例の斜視図

第3図は実施例の横断面図

(1)は超音波センサー

(2)は超音波センサー

(3)は超音波センサー

(4)はマイクロコンピュータ基板

(6)

- (5) はモータ
- (6) はモータ
- (7) はモータ
- (8) はギヤボックス
- (9) はタイヤ
- (10) はプロペラ
- (11) はごみの吸取り口
- (12) は充電式の電源

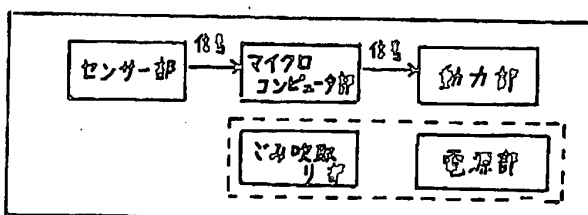
実用新案登録出願人

茨 茂樹

公開実用平成 2-6312

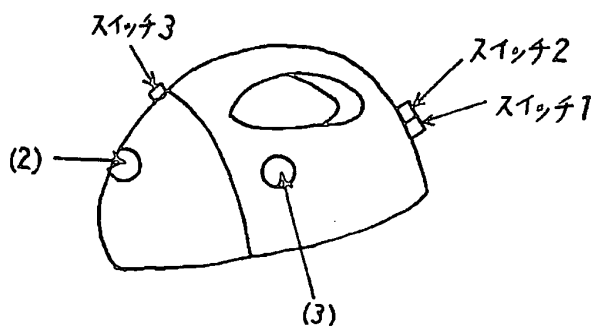
図面

第1図

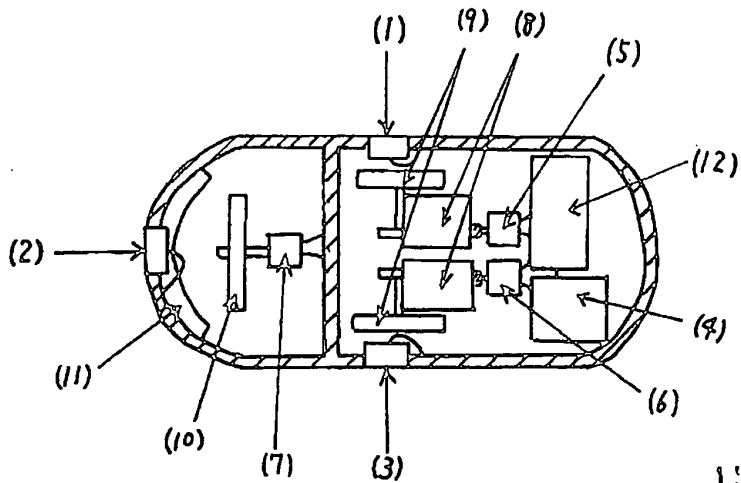


点線内は従来の掃除機のシステム構成

第2図



第3図



150

実開2-6312

PATENT APPLICATION FEE DETERMINATION RECORD  
Effective October 1, 2003

Application or Docket Number

10/167851

CLAIMS AS FILED - PART I

	(Column 1)	(Column 2)
TOTAL CLAIMS	41	
FOR	NUMBER FILED	NUMBER EXTRA
TOTAL CHARGEABLE CLAIMS	41 minus 20 =	*
INDEPENDENT CLAIMS	3 minus 3 =	*
MULTIPLE DEPENDENT CLAIM PRESENT <input type="checkbox"/>		

\* If the difference in column 1 is less than zero, enter "0" in column 2

CLAIMS AS AMENDED - PART II

	(Column 1)	(Column 2)	(Column 3)
AMENDMENT A	CLAIMS REMAINING AFTER AMENDMENT	HIGHEST NUMBER PREVIOUSLY PAID FOR	PRESENT EXTRA
Total	* 41	Minus ** 41	=
Independent	* 5	Minus *** 3	= 2
FIRST PRESENTATION OF MULTIPLE DEPENDENT CLAIM <input type="checkbox"/>			

	(Column 1)	(Column 2)	(Column 3)
AMENDMENT B	CLAIMS REMAINING AFTER AMENDMENT	HIGHEST NUMBER PREVIOUSLY PAID FOR	PRESENT EXTRA
Total	*	Minus **	=
Independent	*	Minus ***	=
FIRST PRESENTATION OF MULTIPLE DEPENDENT CLAIM <input type="checkbox"/>			

	(Column 1)	(Column 2)	(Column 3)
AMENDMENT C	CLAIMS REMAINING AFTER AMENDMENT	HIGHEST NUMBER PREVIOUSLY PAID FOR	PRESENT EXTRA
Total	*	Minus **	=
Independent	*	Minus ***	=
FIRST PRESENTATION OF MULTIPLE DEPENDENT CLAIM <input type="checkbox"/>			

\* If the entry in column 1 is less than the entry in column 2, write "0" in column 3.  
 \*\* If the "Highest Number Previously Paid For" IN THIS SPACE is less than 20, enter "20."  
 \*\*\* If the "Highest Number Previously Paid For" IN THIS SPACE is less than 3, enter "3."

The "Highest Number Previously Paid For" (Total or Independent) is the highest number found in the appropriate box in column 1.

SMALL ENTITY TYPE

OR OTHER THAN SMALL ENTITY

RATE	FEE
BASIC FEE	385.00
XS 9=	
X43=	
+145=	
TOTAL	

RATE	FEE
BASIC FEE	770.00
XS18=	
X86=	
+290=	
TOTAL	

SMALL ENTITY

OR OTHER THAN SMALL ENTITY

RATE	ADDITIONAL FEE
XS 9=	
X43=	86
+145=	
TOTAL ADDIT FEE	

RATE	ADDITIONAL FEE
XS18=	
X86=	
+290=	
TOTAL ADDIT FEE	

RATE	ADDITIONAL FEE
XS 9=	
X43=	
+145=	
TOTAL ADDIT FEE	

RATE	ADDITIONAL FEE
XS18=	
X86=	
+290=	
TOTAL ADDIT FEE	

RATE	ADDITIONAL FEE
XS 9=	
X43=	
+145=	
TOTAL ADDIT FEE	

RATE	ADDITIONAL FEE
XS18=	
X86=	
+290=	
TOTAL ADDIT FEE	

10/167851

Claim		Date									
Final	Original										
	1										
	2										
	3										
	4										
	5										
	6										
	7										
	8										
	9										
	10										
	11										
	12										
	13										
	14										
	15										
	16										
	17										
	18										
	19										
	20										
	21										
	22										
	23										
	24										
	25										
	26										
	27										
	28										
	29										
	30										
	31										
	32										
	33										
	34										
	35										
	36										
	37										
	38										
	39										
	40										
	41										
	42										
	43										
	44										
	45										
	46										
	47										
	48										
	49										
	50										

Claim		Date									
Final	Original										
	51										
	52										
	53										
	54										
	55										
	56										
	57										
	58										
	59										
	60										
	61										
	62										
	63										
	64										
	65										
	66										
	67										
	68										
	69										
	70										
	71										
	72										
	73										
	74										
	75										
	76										
	77										
	78										
	79										
	80										
	81										
	82										
	83										
	84										
	85										
	86										
	87										
	88										
	89										
	90										
	91										
	92										
	93										
	94										
	95										
	96										
	97										
	98										
	99										
	100										

Claim		Date									
Final	Original										
	101										
	102										
	103										
	104										
	105										
	106										
	107										
	108										
	109										
	110										
	111										
	112										
	113										
	114										
	115										
	116										
	117										
	118										
	119										
	120										
	121										
	122										
	123										
	124										
	125										
	126										
	127										
	128										
	129										
	130										
	131										
	132										
	133										
	134										
	135										
	136										
	137										
	138										
	139										
	140										
	141										
	142										
	143										
	144										
	145										
	146										
	147										
	148										
	149										
	150										

If more than 150 claims or 10 actions  
staple additional sheet here





UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

UNITED STATES DEPARTMENT OF COMMERCE  
United States Patent and Trademark Office  
Address: COMMISSIONER FOR PATENTS  
P.O. Box 1450  
Alexandria, Virginia 22313-1450  
www.uspto.gov

APPLICATION NO.	FILING DATE	FIRST NAMED INVENTOR	ATTORNEY DOCKET NO.	CONFIRMATION NO.
10/167,851	06/12/2002	Joseph L. Jones	DP-5 US	7777

27639 7590 12/29/2003

iROBOT CORPORATION  
63 SOUTH AVENUE  
BURLINGTON, MA 01803

EXAMINER

LEYKIN, RITA

ART UNIT PAPER NUMBER

2837

DATE MAILED: 12/29/2003

Please find below and/or attached an Office communication concerning this application or proceeding.



## DETAILED ACTION

### *Response to Amendment*

This office action is in response to amendment, filed on 12/03/03. Applicant's arguments have been considered. However, it should be noted that examiners responsibility is to interpret claim language as broad as possible. Unfortunately submitted amendment does not place the rejected claims in the allowable condition due to the fact that operation of robot in the isolated area can be interpreted very broad. The prior documents by Noonan et al. US # 5,204,814 and Ueno US # 6,076,025, both read on the broad limitations of independent claims in the submitted amendment, because both of the documents are having elements of robotic design that are claimed by the applicant. For instance:

- Means for moving robot over a surface – in Noonan et al. presented as drive wheels 41 in Fig. 6. And in Ueno as two motor operating caterpillar treads 3 and 4;
- An obstacle detection sensor – in Noonan et al. presented in Fig. 2a as sensor data detector element 8. And in Ueno as a supersonic sensors 6;
- A control system connected to sensor and moving means also shown in both references;
- The amendment in the independent claim calls for operation of robot in plurality of modes, and wherein in the spot-coverage mode the robot operates in an "isolated area". The examiner response that "isolated area

of robot operation" is a broad definition of any area having or not having predetermined paths or boundary.

The presence all detecting elements and control device suggests the possibility of conduction of claimed modes of operation. Wherein the exact number of modes is not patentable subject matter.

That is why examiner maintains the rejection as follows.

***Claim Rejections - 35 USC § 103***

1. The following is a quotation of 35 U.S.C. 103(a) which forms the basis for all obviousness rejections set forth in this Office action:

(a) A patent may not be obtained though the invention is not identically disclosed or described as set forth in section 102 of this title, if the differences between the subject matter sought to be patented and the prior art are such that the subject matter as a whole would have been obvious at the time the invention was made to a person having ordinary skill in the art to which said subject matter pertains. Patentability shall not be negated by the manner in which the invention was made.

2. Claims 1-7, 9, 13-15, 27-29 and 37-41 are rejected under 35 U.S.C. 103(a) as being unpatentable over Noonan et al. US # 5,204,814 and Ueno et al. US # 6,076,025.

With respect to claims 1-3, 13, 37 and 38, Noonan et al. in Fig. 1A-1C provide layouts of guide paths for autonomous lawn mower to cover completely bounded area. Wherein, the guide path 1A represents a pattern for spot coverage mode. Fig. 1C represents a pattern that is required for obstacle following mode.

With respect to claim 30-35, Noonan et al. teach that rotational indicator 17 is monitored by the microcontroller to sense if the mover has bogged down or stalled. A tilt sensor 21 updates the microcontroller with the angle of vehicle and senses if the vehicle is in danger of tipping over, (see abstract and column 7, lines 16-31).

Noonan et al. do not teach a bouncing mode.

However, Ueno et al. teach a control system for mobile robot capable of detecting the boundary of the area to be covered, with its sensors and performs a spiral pattern running motion, which presents the spot-coverage pattern, that is required for controlled spot-coverage mode. Wherein, controller operates the system in such a way that, when the distance of the robot from the boundary detected by various sensing devices, is smaller than a preset value, the spiral running motion is canceled and random pattern running motion is started. The random pattern running motion includes turning from forward direction and run away from the detected boundary, (see column 2, lines 10-53). This represents the claimed bounce mode.

In Fig. 6c, Ueno et al. also show the movement of robot in the adjacent to the wall area. When the robot 1 comes close to the wall B, the detection signal that the robot is at about the predetermined distance from the wall B is outputted. This will stop the robot in its forward running and turn the robot from the detected obstacle, (see column 6, lines 45-67).

With respect to claim 13-15, 27 and 38 in Fig. 13 Ueno et al. show stored a motion scheme based on various sensors detecting signals, (see column 9, line 67 and column 10, lines 1-5, column 11, lines 1-5).

With respect to claims 4, 5, 6, 10, 11, 16-20 and 39 Ueno et al. teach generating running motion parameters, in accordance with the predetermined distances to obstacles or length of running time, (see abstract and column 2, lines 44, 45 and column 10, lines 36-40). Fig. 7A,B show the relationship between time and progress of work using various parameters of running pattern motion, (see column 7, lines 23-47).

Art Unit: 2837

Also examiner would like to mention that claimed approximate distances are rather a design choice.

With respect to claims 7, 29 and 41, Ueno et al. teach in column 3, lines 50-55 and column 4, lines 30-32, and column 10, lines 14-16 the presence to the contact sensor.

With respect to claims 8 and 40, according to the specification the IR sensors are well known.

With respect to claim 9, see column 1, lines 20-27.

With respect to claim 12, examiner takes an official notice that means for manually selecting an operational mode are well known in the art and are used in many different technologies.

With respect to claim 30-35, Ueno et al. teach in column 11, lines 15-25 an escape behavior control when the robot moves into a corner of the working area, by referencing the Japanese prior document # HEI 9-42879.

Hence, it has been obvious to one of ordinary skills in the art, at the time invention was made to combine teachings of Ueno et al. and Noonan et al. provide for robotic device capable of moving within the sensed boundaries of an area and also capable of escaping any collision with the detected obstacles.

The reason is to design an apparatus that will improve robot work efficiency.

***Allowable Subject Matter***

3. Claims 21-26 and 36 are objected to as being dependent upon a rejected base claim, but would be allowable if rewritten in independent form including all of the limitations of the base claim and any intervening claims.

4. The following is a statement of reasons for the indication of allowable subject matter. The prior art made of record in the attached form PTO-892 considered to be pertinent to the submitted application. However, none of the prior art teaches or suggest in combination:

- Means for detecting the level of clutter comprising tracking the number of interactions with obstacles over time;
- A control system that alternates between operational modes based upon a lack of sensor input;
- A mobile robot, that further comprising a wheel drop sensor, and is utilizing the rate of wheel drop sensor events, as an input to the control system.

***Conclusion***

5. **THIS ACTION IS MADE FINAL.** Applicant is reminded of the extension of time policy as set forth in 37 CFR 1.136(a).

A shortened statutory period for reply to this final action is set to expire THREE MONTHS from the mailing date of this action. In the event a first reply is filed within TWO MONTHS of the mailing date of this final action and the advisory action is not

Application/Control Number: 10/167,851  
Art Unit: 2837

Page 7

mailed until after the end of the THREE-MONTH shortened statutory period, then the shortened statutory period will expire on the date the advisory action is mailed, and any extension fee pursuant to 37 CFR 1.136(a) will be calculated from the mailing date of the advisory action. In no event, however, will the statutory period for reply expire later than SIX MONTHS from the mailing date of this final action.

Any inquiry concerning this communication or earlier communications from the examiner should be directed to Rita Leykin whose telephone number is (703)308-5828. The examiner can normally be reached on Monday-Friday 8:30-6:00.

If attempts to reach the examiner by telephone are unsuccessful, the examiner's supervisor, Robert Nappi can be reached on (703)308-3370. The fax phone number for the organization where this application or proceeding is assigned is (703)308-5841.

Any inquiry of a general nature or relating to the status of this application or proceeding should be directed to the receptionist whose telephone number is (703)308-0956.

R.L.

Rita Leykin  
Primary Examiner  
Art Unit 2837





**Index of Claims**



Application No.

10/167,851

Examiner

Rita Leykin

Applicant(s)

JONES ET AL.

Art Unit

2837

√	Rejected
=	Allowed

—	(Through numeral) Cancelled
÷	Restricted

N	Non-Elected
I	Interference

A	Appeal
O	Objected

Claim		Date			
Final	Original	12/23/03			
	1	v			
	2	v			
	3	v			
	4	v			
	5	v			
	6	v			
	7	v			
	8	v			
	9	v			
	10	v			
	11	v			
	12	v			
	13	v			
	14	v			
	15	v			
	16	v			
	17	v			
	18	v			
	19	v			
	20	v			
	21	=			
	22	=			
	23	=			
	24	=			
	25	=			
	26	=			
	27	v			
	28	v			
	29	v			
	30	v			
	31	v			
	32	v			
	33	v			
	34	v			
	35	v			
	36	o			
	37	v			
	38	v			
	39	v			
	40	v			
	41	v			
	42				
	43				
	44				
	45				
	46				
	47				
	48				
	49				
	50				

Claim		Date			
Final	Original				
	51				
	52				
	53				
	54				
	55				
	56				
	57				
	58				
	59				
	60				
	61				
	62				
	63				
	64				
	65				
	66				
	67				
	68				
	69				
	70				
	71				
	72				
	73				
	74				
	75				
	76				
	77				
	78				
	79				
	80				
	81				
	82				
	83				
	84				
	85				
	86				
	87				
	88				
	89				
	90				
	91				
	92				
	93				
	94				
	95				
	96				
	97				
	98				
	99				
	100				

Claim		Date			
Final	Original				
	101				
	102				
	103				
	104				
	105				
	106				
	107				
	108				
	109				
	110				
	111				
	112				
	113				
	114				
	115				
	116				
	117				
	118				
	119				
	120				
	121				
	122				
	123				
	124				
	125				
	126				
	127				
	128				
	129				
	130				
	131				
	132				
	133				
	134				
	135				
	136				
	137				
	138				
	139				
	140				
	141				
	142				
	143				
	144				
	145				
	146				
	147				
	148				
	149				
	150				

**Search Notes**



**Application No.**

10/167,851

**Applicant(s)**

JONES ET AL.

**Examiner**

Rita Leykin

**Art Unit**

2837

**SEARCHED**

Class	Subclass	Date	Examiner
318	568.12	12/23/2003	R.L.
700	245		

**INTERFERENCE SEARCHED**

Class	Subclass	Date	Examiner

**SEARCH NOTES  
(INCLUDING SEARCH STRATEGY)**

	DATE	EXMR
USPAT, DERWENT, EPO, JPO, USPGPUB	12/3/2003	R.L.

2837



IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicants: Joseph L. Jones et al. Examiner: Rita Leykin  
 Serial No.: 10/167,851 Art Unit: 2837  
 Filed: June 12, 2002  
 Title: Method and System for Multi-Mode Coverage for an Autonomous Robot  
 Atty. Dkt: DP-5 US

\*\*\*\*\*

Certificate of Express Mailing

I hereby certify that this correspondence is being deposited, under 37 CFR 1.10, with the United States Postal Service "Express Mail Post Office to Addressee", Label No. EV 118 871 270 US, addressed to: Mail Stop Non-Fee Amendment, Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450, on this date, December 3, 2003.

Sunshine Limanni  
Name of Person Mailing

Sunshine Limanni  
Signature

\*\*\*\*\*

Mail Stop Non-Fee Amendment  
Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-2450

RECEIVED  
DEC 11 2003  
TECHNOLOGY CENTER 2800

**AMENDMENT**

Sir:

In response to the Office Action mailed September 3, 2003, please amend the above-identified application as follows.

### Amendments to the Specification

Please amend the specification, without prejudice, as follows, wherein underlining indicates added material and strikethroughs indicate deleted material:

Add new paragraph to page 11 after the second full paragraph (after lines 7):

FIG. 8C is a schematic illustration of the termination of the obstacle following mode when an obstacle is encountered after the mobile robot has traveled a minimum distance.

FIG. 8D is a schematic illustration of the termination of the obstacle following mode after the mobile robot has traveled a maximum distance.

Amendment to seventh full paragraph on page 11 (lines 20-24):

FIG. 13A is a schematic representation of the coverage pattern of a mobile robot with only a single operational mode; FIG. 13B is a schematic representation of the coverage pattern for a preferred embodiment of the instant invention using obstacle following and room coverage modes; and

Amendment to last full paragraph on page 21 (lines 18-25):

Spot coverage or, for example, spot cleaning allows the user to clean an isolated dirty area. The user places the robot 10 on the floor near the center of the area (see reference numeral 40 in FIGS. 6A, 6B) that requires cleaning and selects the spot-cleaning operational mode. The robot then moves in such a way that the immediate area within, for example, a defined radius, is brought into contact with the cleaning head 30 or side brush 32 of the robot.

Amendment to first full paragraph on page 23 (lines 7-25):

In other embodiments, the robot tracks its total distance traveled in spiral mode. The ~~Because the~~ spiral will deteriorate after some distance, i.e. the centerpoint of the spiral motion will tend to drift over time due to surface dependant wheel slippage and/or inaccuracies in the spiral approximation algorithm and calculation precision. In certain embodiments, therefore, the robot may exit spiral mode after the robot has traveled a specific distance (“maximum spiral distance”), such as 6.3 or 18.5 meters (step 240). In a preferred embodiment, the robot uses multiple maximum spiral distances depending on whether the robot is performing an

initial spiral or a later spiral. If the maximum spiral distance is reached without a bump, the robot gives control to a different behavior, and the robot, for example, then continues to move in a predominately straight line. (In a preferred embodiment, a STRAIGHT LINE behavior is a low priority, default behavior that propels the robot in an approximate straight line at a preset velocity of approximately 0.306 m/s when no other behaviors are active.

Amendment to first paragraph on page 25 (lines 1-8):

The movement of the robot 10 in a room 110 is shown in FIGS. 8A, 8B~~FIG. 8~~. In FIG. 8A, the robot 10 is placed along ~~with~~ wall 100, with the robot's dominant side next to the wall. The robot then runs along the wall indefinitely following movement path 46. Similarly, in FIG. 8B, the robot 10 is placed in the proximity of an obstacle 101. The robot then follows the edge of the obstacle 101 indefinitely following movement path 47.

Amendment to third full paragraph on page 25 (lines 16-22):

The method used in a preferred embodiment for following the wall is detailed in FIG. 9A and provides a smooth wall following operation even with a one-bit sensor. (Here the one-bit sensor detects only the presence ~~of~~ or absence of the wall within a particular volume rather than the distance between wall and sensor.) Other methods of detecting a wall or object can be used such as bump sensing or sonar sensors.

Amendment to first paragraph on page 27 (lines 1-19):

The wall follower mode can be continued for a predetermined or random time, a predetermined or random distance or until some additional criteria are met (e.g. bump sensor is activated, etc.). In one embodiment, the robot continues to follow the wall indefinitely. In a preferred embodiment, as shown in FIGS. 8C & 8D wherein reference numeral 46 identifies the movement of the robot, minimum and maximum travel distances are determined, whereby the robot will remain in WALL-FOLLOWING behavior until the robot has either traveled the maximum distance (FIG. 8D) or traveled at least the minimum distance and encountered an obstacle 101 (FIG. 8C). This implementation of WALL-FOLLOWING behavior ensures the robot spends an appropriate amount of time in WALL-FOLLOWING behavior as compared to its other operational modes, thereby decreasing systemic neglect and distributing coverage

to all areas. By increasing wall following, the robot is able to move in more spaces, but the robot is less efficient at cleaning any one space. In addition, by tending to exit WALL-FOLLOWING behavior after obstacle detection, the robot increases its perceived effectiveness.

Amendment to last paragraph on page 27 (lines 20-26), lines 1-5 on page 28:

FIG. 9B is a flow-chart illustration showing this embodiment of determining when to exit WALL-FOLLOWING (WF) behavior. The robot first determines the minimum distance to follow the wall ( $d_{\min}$ ) and the maximum distance to follow the wall ( $d_{\max}$ ). While in wall (or obstacle) following mode, the control system tracks the distance the robot has traveled in that mode ( $d_{WF}$ ). If  $d_{WF}$  is greater than  $d_{\max}$ (step 350), then the robot exits wall-following mode (step 380). If, however,  $d_{WF}$  is less than  $d_{\max}$ (step 350) and  $d_{WF}$  is less than  $d_{\max}$   $d_{\min}$ (step 360), the robot remains in wall-following mode (step 385). If  $d_{WF}$  is greater than  $d_{\min}$ (step 360) and an obstacle is encountered (step 370), the robot exits wall-following mode (step 380).

Amendment to last paragraph on page 30 (lines 19-26), lines 1-5 on page 31:

In a preferred embodiment, the method of performing the room cleaning behavior is a BOUNCE behavior in combination with the STRAIGHT LINE behavior. As shown in FIG. 10, the robot 10 travels until a bump sensor 12 and/or 13 is activated by contact with an obstacle 101 or a wall 100 (see FIG. 11). The robot 10 then turns and continues to travel. A sample movement path is shown in FIG. 11 as line 48.

Amendment to "(ii) Situation 2" paragraph on page 35 (lines 3-26), lines 1-2 on page 36:

- (ii) Situation 2. (a) When the brush stall rate rises above a high threshold and the slope is positive, the robot turns off the brush for 13 seconds and performs large panic turn behaviors at 1, 3, 4, and 7 seconds. At the end of the 13 seconds, the brush is turned back on. (b) When the drive stall rate rises above a medium threshold and the slope is positive, the robot performs large panic turn behaviors continuously. (c) When the drive stall rate rises above a high threshold, the robot turns off all of the

motors for 15 seconds. At the end of the 15 seconds, the motors are turned back on.

(d) When the bumper of the robot is held in constantly for 5 seconds (as in a side wedging situation), the robot performs a large panic turn behavior. It repeats the panic turn behavior every 5 seconds until the bumper is released. (e) When the robot has gotten no bumps for a distance of 20 feet, it assumes that it might be stuck with its wheels spinning. To free itself, it performs a spiral. If has still not gotten a bump for 10 feet after the end of the spiral, performs a large panic turn behavior. It continues this every 10 feet until it gets a bump.

Amendment to last paragraph on page 37 (lines 19-26), lines 1-9 on page 38:

If, however, the rate is above 2400 (step 410) and the slope is positive (step 412), the robot will run a special set of escape behaviors, shown in FIG. 12B. In a preferred embodiment, the brush motor will shut off (step 430), the “level” is incremented by a predetermined amount (50 to 90) (step 430), the stall time is set (step 430), and a panic behavior (step 452) is ~~performed~~ performed at 1 second (step 445), 4 seconds (step 450) and 7 seconds (step 455) since the brush shut off. The control system then restarts the brush at 13 seconds (steps 440 & 442). Level is decremented by 1 every second (steps 444). If level reaches a maximum threshold (step 435), the robot ceases all operation (step 437). In addition, the robot may take additional actions when certain stalls are detected, such as limiting the voltage to the motor to prevent damage to the motor.

### Amendments to the Drawings

FIG. 1A: Added reference numeral "2" and lead line.

FIG. 3: Added reference numerals "12", "13", "14", "16", "21", "22", "23", and "33" and corresponding lead lines.

FIG. 6C: Added reference numeral "10" and lead line.

FIG. 9B: Deleted reference character "D<sub>WF</sub>" and substituted therefor reference character "d<sub>WF</sub>" in blocks 350 and 360.

FIG. 12B: Deleted "yes" decision emanating from blocks 435, 440, 445, 450, and 455 and substituted "no" decision therefor.





1/16

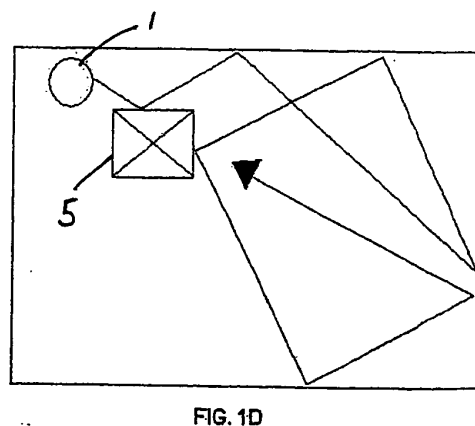
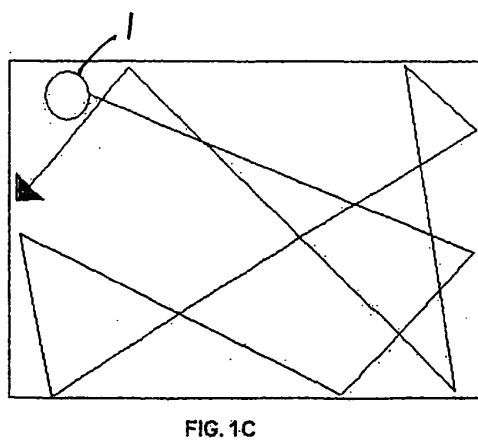
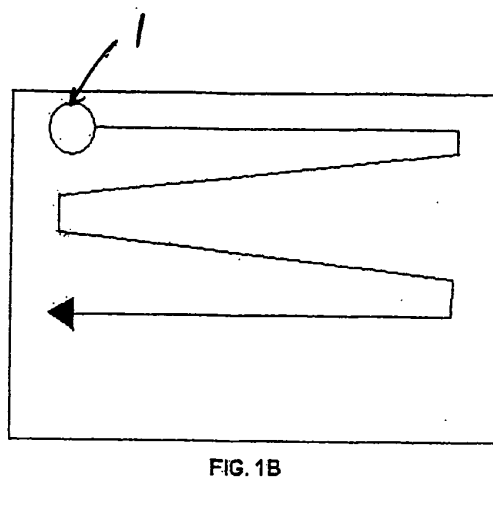
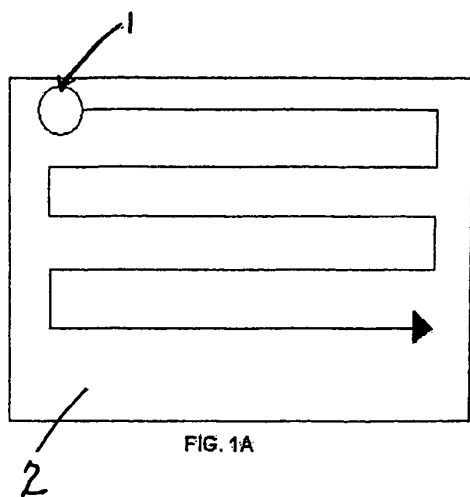
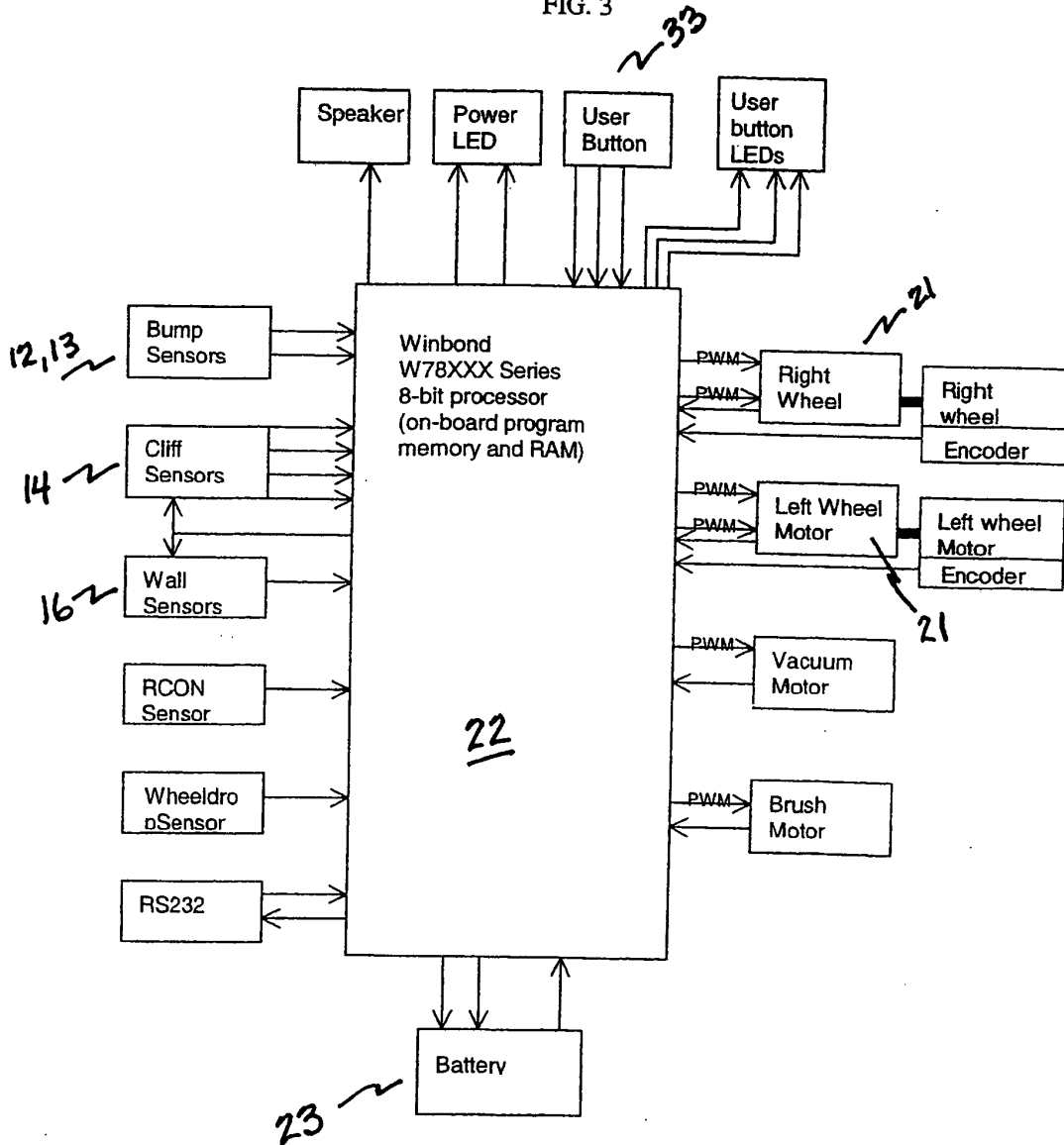




FIG. 3





5 / 16

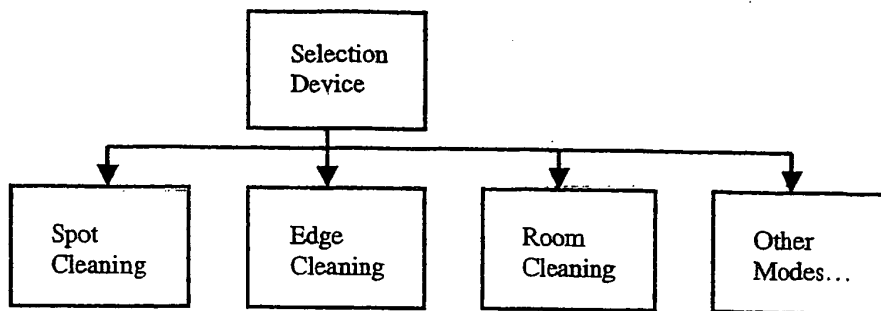


FIG. 5

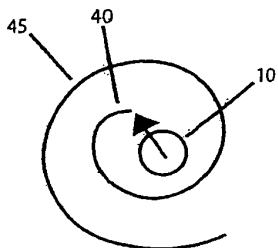


FIG. 6A

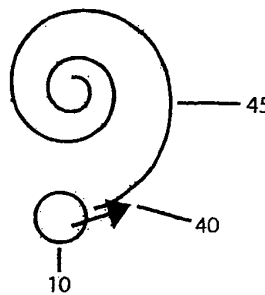


FIG. 6B

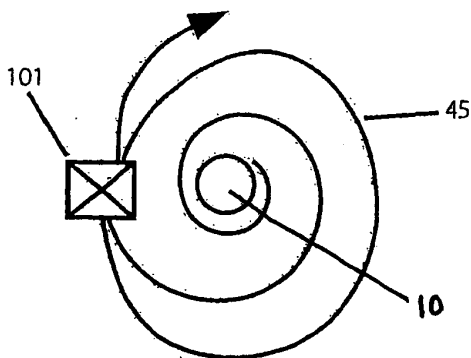


FIG. 6C



10/16

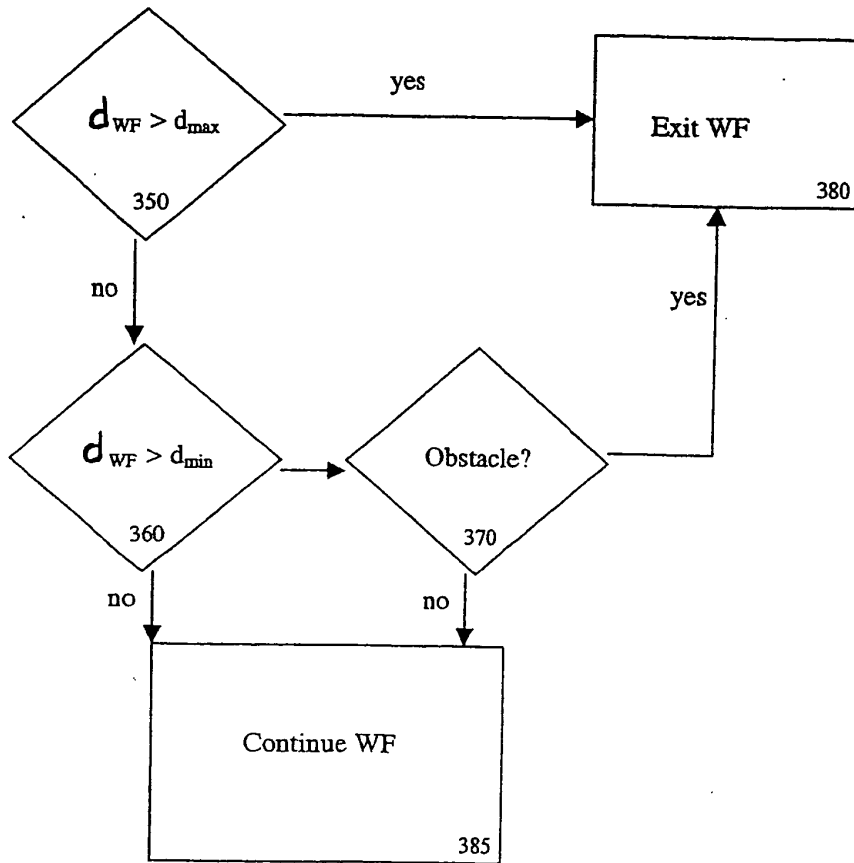


FIG. 9B

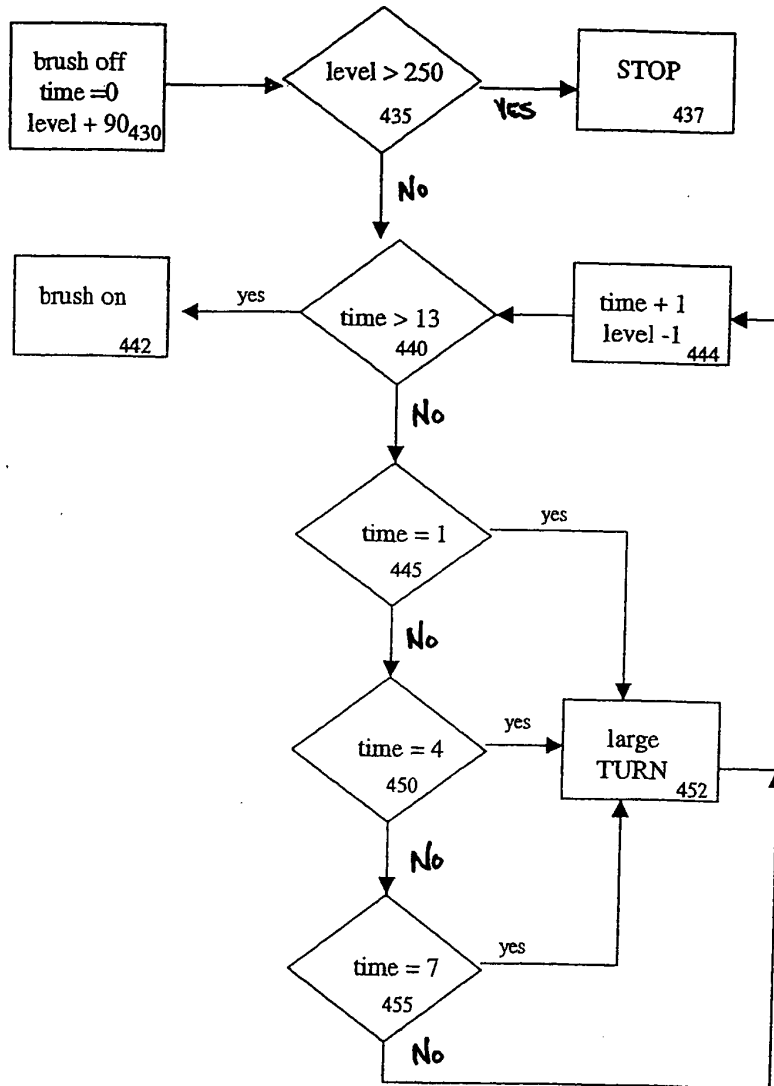


FIG. 12B

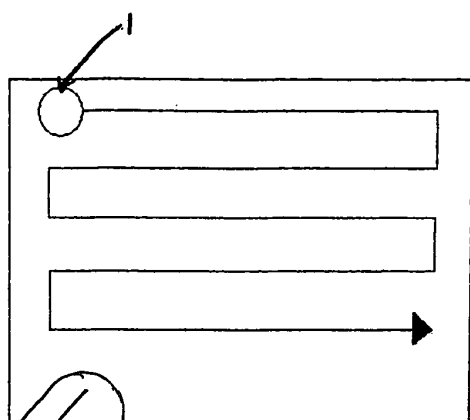


FIG. 1A

Reference numeral  
w/2<sup>nd</sup> and  
lead line  
added

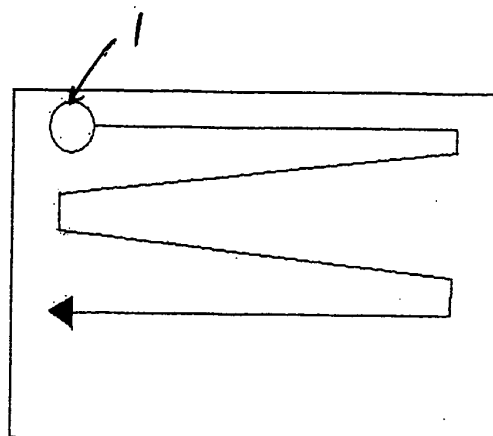


FIG. 1B

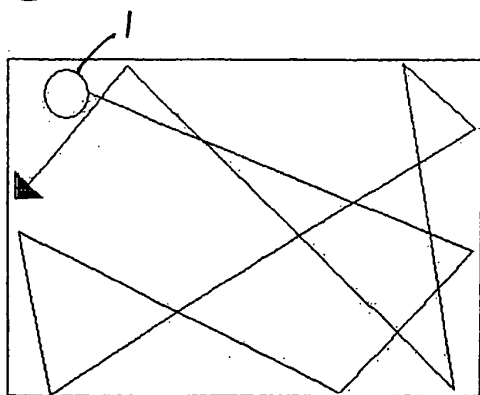


FIG. 1C

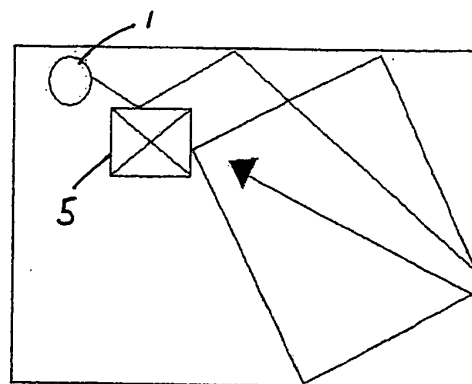
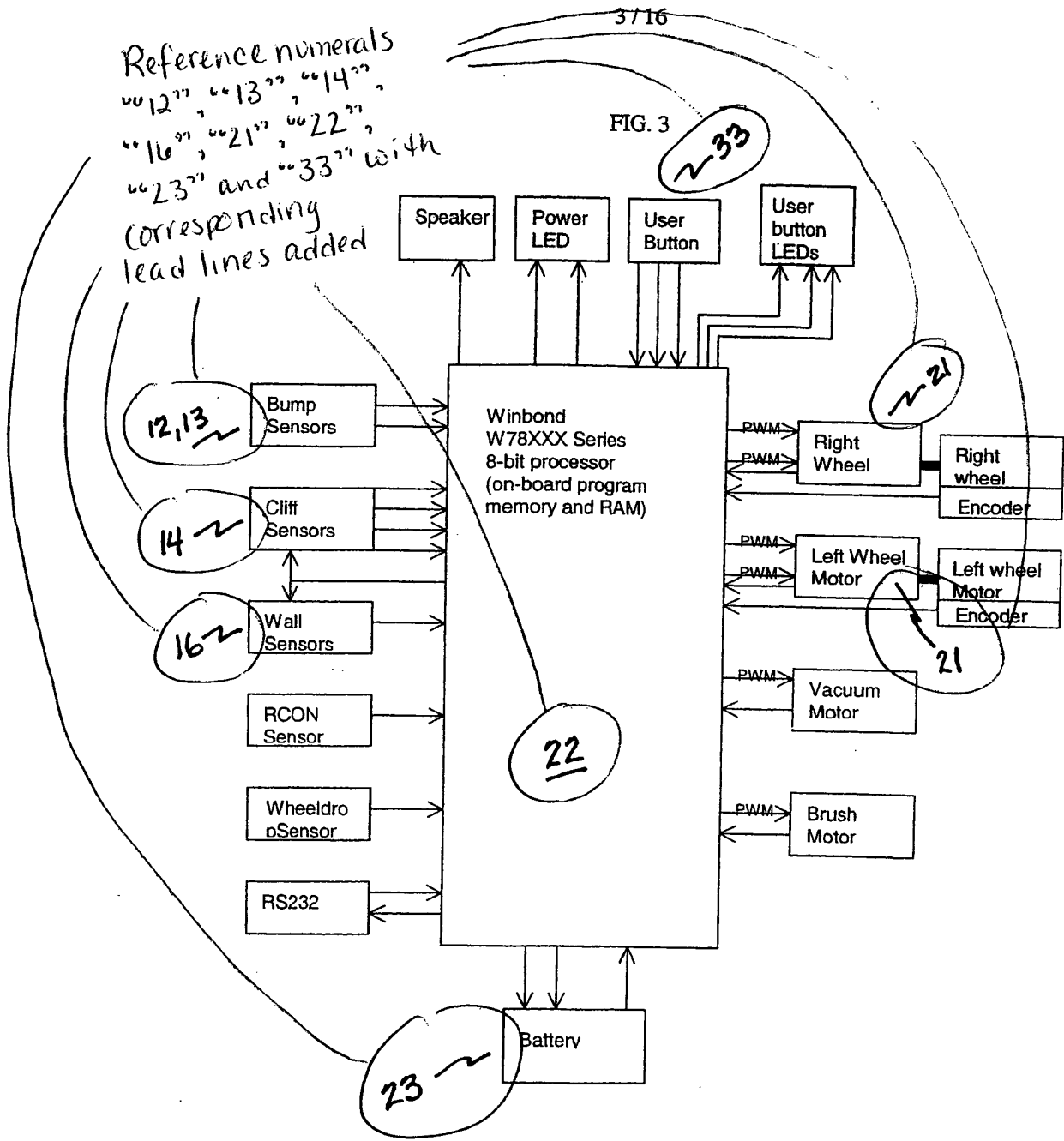
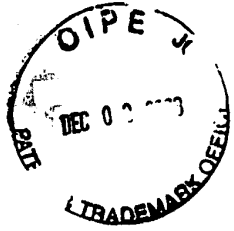


FIG. 1D



Reference numerals  
"12", "13", "14",  
"16", "21", "22",  
"23" and "33" with  
corresponding  
lead lines added





5 / 16

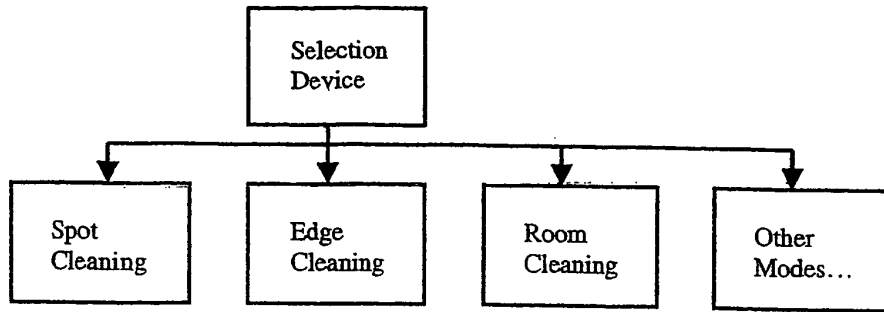


FIG. 5

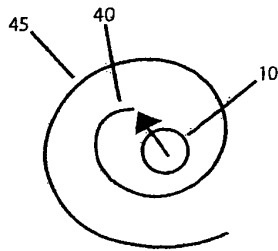


FIG. 6A

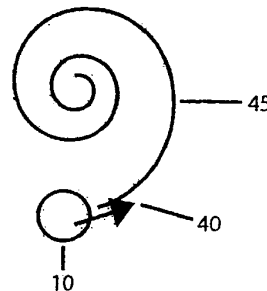


FIG. 6B

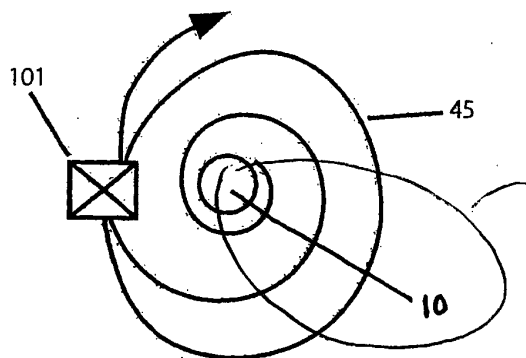


FIG. 6C

*reference numeral  
"10" and lead  
line added*





10/16

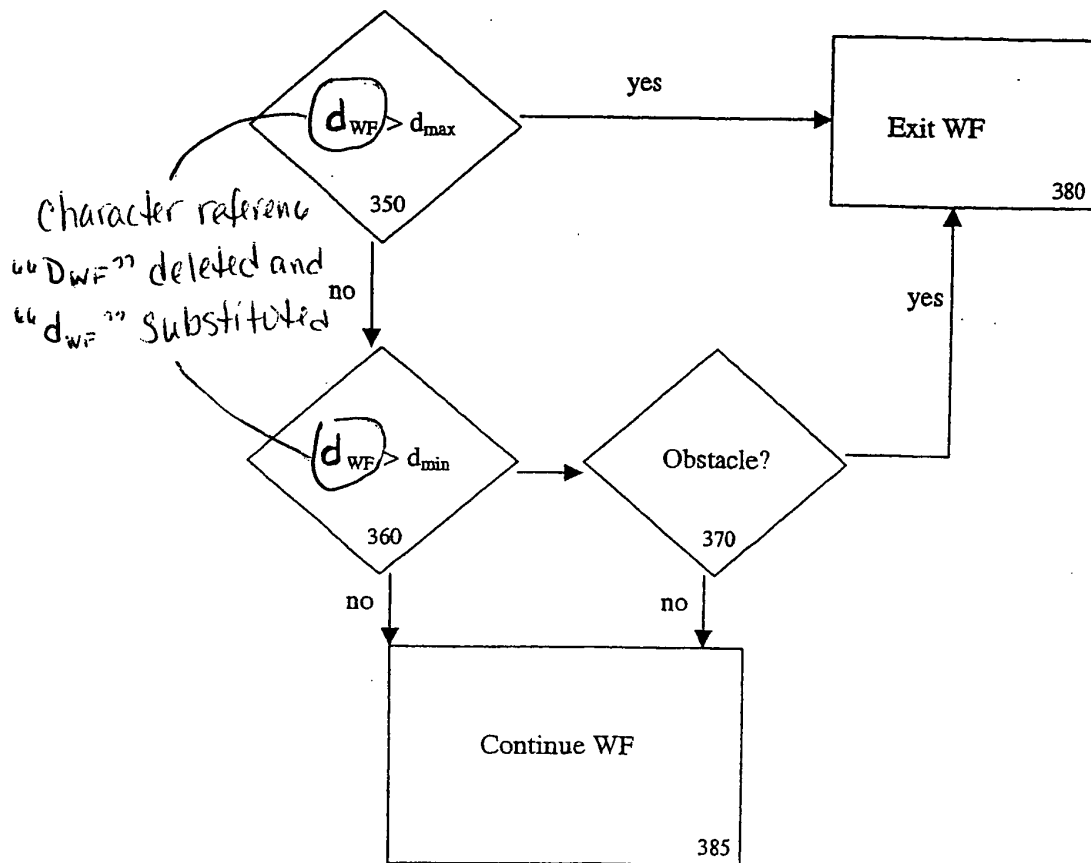


FIG. 9B

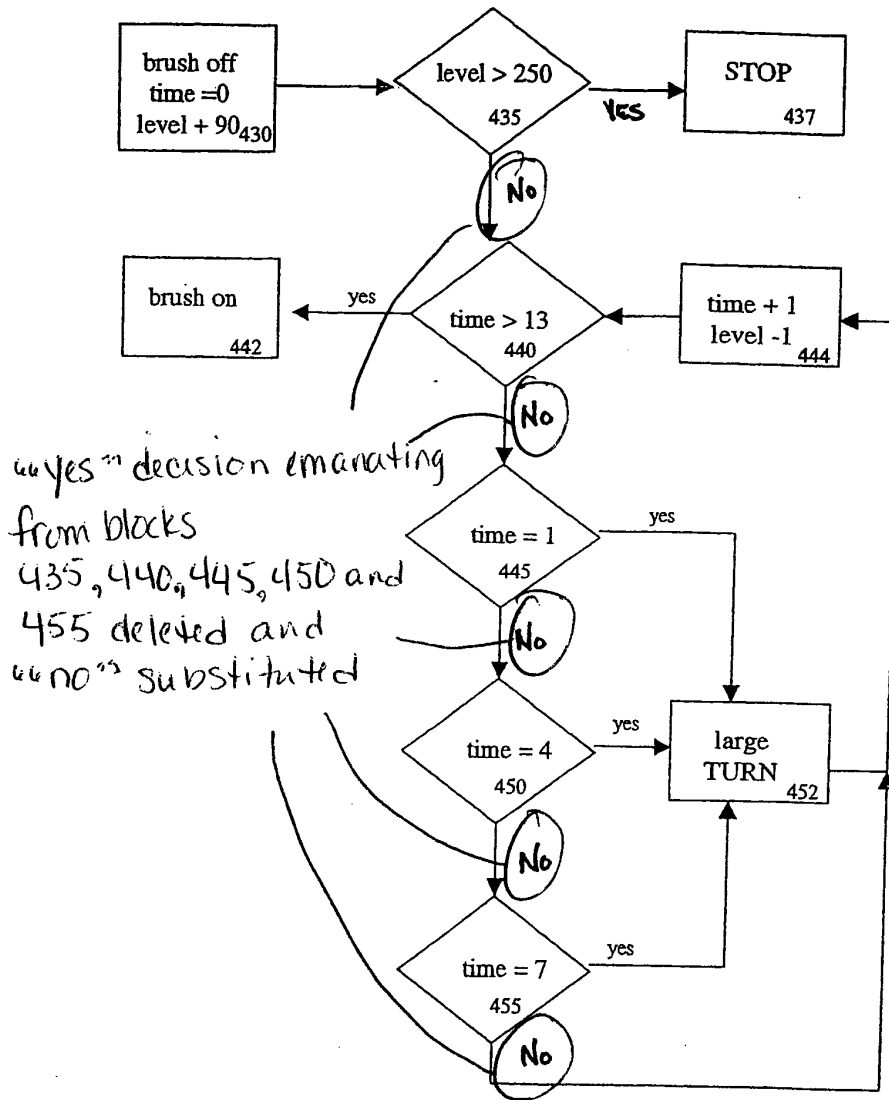


FIG. 12B

### Amendments to the Claims

Please amend the claims, without prejudice, as follows, wherein underlining identifies added material and strikethroughs identify deleted material:

#### Listing of Claims:

1. (Currently Amended) A mobile robot comprising:
  - (a) means for moving the robot over a surface;
  - (b) an obstacle detection sensor;
  - (c) and a control system operatively connected to said obstacle detection sensor and said means for moving;
  - (d) said control system configured to operate the robot in a plurality of operational modes, said plurality of operational modes comprising: a spot-coverage mode whereby the robot operates in an isolated area, an obstacle following mode whereby said robot travels adjacent to an obstacle, and a bounce mode whereby the robot travels substantially in a direction away from an obstacle after encountering ~~an~~ the obstacle.
2. (Original) A mobile robot according to claim 1 in which said control system is configured to operate first in said spot-coverage mode, then alternate operation between said obstacle following mode and said bounce mode.
3. (Original) A mobile robot according to claim 2 in which said spot-coverage mode comprises substantially spiral movement.
4. (Currently Amended) A mobile robot according to claim 2 in which the control system is configured to return to said spot-coverage mode after a predetermined traveling distance.
5. (Currently Amended) A mobile robot according to claim 2 in which the control system is configured to return to said spot-coverage mode after a predetermined elapsed time.

6. (Currently Amended) A mobile robot according to claim 2 in which the control system is configured to return to said spot-coverage mode if the average distance between obstacle interactions is above a predetermined threshold.
7. (Original) A mobile robot according to claim 1, whereby said obstacle detection sensor comprises a tactile sensor.
8. (Original) A mobile robot according to claim 7, whereby said obstacle detection sensor further comprises an IR sensor.
9. (Currently Amended) The mobile robot according to claim 1, whereby said obstacle following mode comprises alternating between decreasing the turning radius of the robot as a function of distance traveled such that the robot turns ~~toward~~ said towards the obstacle until the obstacle detection sensor detects ~~an~~ the obstacle, and decreasing the turning radius of the robot as a function of distance traveled such that the robot turns away from ~~said~~ the obstacle until the obstacle detection system no longer detects ~~an~~ the obstacle.
10. (Currently Amended) The mobile robot according to claim 1, whereby the robot operates in said obstacle following mode for a distance greater than twice the work width of the robot and less than approximately ten times the work width of the robot.
11. (Currently Amended) The mobile robot according to claim 10, whereby the robot operates in said obstacle following mode for a distance greater than twice the work width of the robot and less than five times the work width of the robot.
12. (Original) The mobile robot according to claim 1, further comprising a means for manually selecting an operational mode.
13. (Currently Amended) A mobile robot comprising:
  - (a) means for moving the robot over a surface;
  - (b) an obstacle detection sensor;

(c) and a control system operatively connected to said obstacle detection sensor and said means for moving;

(d) said control system configured to operate the robot in a plurality of operational modes, said plurality of operational modes comprising: an obstacle following mode whereby said robot travels adjacent to an obstacle, and a bounce mode whereby the robot travels substantially in a direction away from an obstacle after encountering ~~an~~ the obstacle;

(e) whereby said control system is configured to alternate into said obstacle following mode after a predetermined number of sensor interactions.

14. (Original) A mobile robot according to claim 13, wherein said predetermined number of sensor interactions is randomly determined.

15. (Original) A mobile robot according to claim 13, wherein said predetermined number of sensor interactions is between approximately 5 and approximately 15.

16. (Original) A mobile robot according to claim 13, wherein said control system is configured to alternate into said bounce mode after the robot travels a predetermined distance in said obstacle following mode.

17. (Original) A mobile robot according to claim 13, wherein said control system is configured to alternate into said bounce mode upon either the robot has traveled a maximum distance or the robot has traveled a minimum distance and an obstacle has been encountered.

18. (Original) A mobile robot according to claim 17, wherein said minimum distance is at least 115 cm.

19. (Original) A mobile robot according to claim 18, wherein said maximum distance is less than 520 cm.

20. (Original) A mobile robot according to claim 13, wherein the control system alternates operational modes based on the distance traveled by said robot.

21. (Currently Amended) A mobile robot ~~according to claim 13, further~~ comprising:
- (a) means for moving the robot over a surface;
  - (b) an obstacle detection sensor;
  - (c) a control system operatively connected to said obstacle detection sensor and said robot moving means; and wherein
  - (d) said control system is configured to operate the robot in a plurality of operational modes, said plurality of operational modes including an obstacle following mode wherein the robot travels adjacent to an obstacle, and a bounce mode wherein the robot travels substantially in a direction away from an obstacle after encountering the obstacle;
  - (e) said control system being further configured to alternate into said obstacle following mode after a predetermined number of sensor interactions; and
  - (f) a means for determining the a level of clutter associated with the surface over which the robot moves.
22. (Original) A mobile robot according to claim 21, wherein said means for determining the level of clutter comprises tracking the number of interactions with obstacles over time.
23. (Original) A mobile robot according to claim 22, further comprising a means for imputing the approximate area of the surface, wherein said means for determining the level of clutter further relates to the approximate area of the surface.
24. (Original) A mobile robot according to claim 22, wherein the level of clutter is correlated to the frequency at which the controller alternates operational modes.
25. (Currently Amended) A mobile robot according to claim 21, wherein the level of clutter is positively correlated to ~~the~~ a minimum obstacle following distance.
26. (Currently Amended) A mobile robot comprising: according to claim 13,
- (a) means for moving the robot over a surface;
  - (b) an obstacle detection sensor; and

(c) a control system operatively connected to said obstacle detection sensor and said robot moving means; and wherein

(d) said control system is configured to operate the robot in a plurality of operational modes, said plurality of operational modes including an obstacle following mode wherein the robot travels adjacent to an obstacle, and a bounce mode wherein the robot travels substantially in a direction away from an obstacle after encountering the obstacle;

(e) said control system being further configured to alternate into said obstacle following mode after a predetermined number of sensor interactions; and further

(f) wherein the control system alternates between said operational modes based upon a lack of sensor input.

27. (Original) A mobile robot according to claim 1, wherein said control system further comprises memory wherein an operational system program is stored, said operational system program comprising a plurality of behaviors and an arbiter to select which behavior is given control over the means for moving.

28. (Original) A mobile robot according to claim 27, further comprising an escape behavior.

29. (Original) A mobile robot according to claim 28, wherein said obstacle detection sensor comprises a tactile sensor, and wherein said escape behavior comprises operating in said obstacle following mode.

30. (Original) A mobile robot according to claim 28, wherein said escape behavior is triggered by the rate of a motor stall event.

31. (Original) A mobile robot according to claim 30, wherein said escape behavior is triggered by an increase in said rate of a motor stall event.

32. (Original) A mobile robot according to claim 28, wherein said escape behavior is triggered by the duration of sensor input.

33. (Original) A mobile robot according to claim 28, wherein said escape behavior comprises shutting off the robot.
34. (Original) A mobile robot according to claim 28, wherein said escape behavior is triggered by a lack of sensor input.
35. (Original) A mobile robot according to claim 13, further comprising a cliff detector, whereby said control system is configured to reduce the robot's velocity upon detection of a cliff.
36. (Original) A mobile robot according to claim 13, further comprising a wheel drop sensor, whereby said robot utilizes the rate of wheel drop sensor events as input to said control system.
37. (Currently Amended) A method of controlling a mobile-robot equipped with a sensor for detecting an obstacle, said method comprising the steps of:
- a. moving in a spiral running motion;
  - b. discontinuing said spiral running motion after the earlier of sensing ~~and~~ an obstacle or traveling a predetermined distance;
  - c. running in a substantially forward direction until an obstacle is detected;
  - d. turning and running along ~~said~~ the detected obstacle;
  - e. turning away from ~~said~~ the detected obstacle and running in a substantially forward direction; and
  - f. thereafter repeating said step of running along ~~said~~ a detected obstacle and said step of turning away from ~~said~~ the detected obstacle.



38. (Original) The mobile-robot steering method according to claim 37, further comprising the step of repeating the spiral running motion after a predetermined number of sensor events.

39. (Original) The mobile-robot steering method according to claim 37, whereby the robot runs along said obstacle for at least a minimum distance but less than a maximum distance.

40. (Original) The mobile-robot steering method according to claim 39, whereby said obstacle sensor comprises an IR sensor able to detect said boundary.

41. (Original) The mobile-robot steering method according to claim 40, whereby said obstacle sensor further comprises a tactile sensor.

## REMARKS

The Office Action mailed September 3, 2003 cites U.S. 5,204,814 ("Noonan") and 6,076,025 ("Ueno") as bases for rejections of the claims. See Section 5 of the Office Action. To advance the discussion of the claims, a synopsis of Noonan and Ueno follows.

Noonan: This patent discloses an automatic, self-propelled lawn mower that employs three principle navigation systems: (1) navigating from a pre-established stored map; (2) following an underground guide path; and (3) navigating by sensing actual underground path references (emphasis added). Col. 3, lines 59-63. Noonan's lawn mower thus operates in accordance with predetermined, deterministic pattern.

In one practice disclosed in Noonan, the stored map is maintained in the autonomous lawn mower's computer memory as a collection of path segments represented as vectors and arcs that describe the mower's cutting route. Col. 3, lines 63-66. The mower follows a guide path (1, 2, 3, or 7) of wire or metal tape buried in a groove in the lawn. The navigation control system of the mower guides the mower along the desired travel route defined by the stored map while checking data from metal sensors (8, 10, or 23) to ensure that the vehicle is centered on the guide path (1, 2, 3, or 7). The stored map provides information on when guide path (1, 2, 3, or 7) following should be invoked. Col. 4, lines 23-43.

Thus, Noonan teaches a mower that follows predetermined paths, not a control system configured to operate the robot in a combination of multiple operational modes, as in the claims of the present invention.

Ueno: This patent discloses a mobile robot that operates using a specified sequence of spiral/"random" running. Col. 6, lines 16-18. The specified sequence consists of: (1) a spiral pattern running motion initiated from a selected spot; (2) terminating the spiral pattern running motion and implementing a random pattern running motion, which comprises a turning motion and then running straight forward, once a boundary is remotely detected; (3) repeating the random pattern running motion a predetermined number of times N, each repetition being triggered by remote detection of a boundary; and (4) re-initiating the spiral pattern running motion once the random pattern running motion has been implemented the predetermined number of times N. The re-initiated spiral pattern running motion is implemented at a location that is established by either: (a) a predetermined distance D from the last turning motion; or (b) running straight forward for a predetermined time T from the

last turning motion. Col. 2, lines 10-28. See also Abstract. This spiral/random running pattern is then repeated. Col. 7, line 5.

Ueno specifically teaches that the random pattern running motion is run a predetermined number of times N before the spiral pattern running motion is re-initiated. Ueno further specifically teaches that the spiral pattern running motion is re-initiated at either a predetermined distance D, or after a predetermined time T, from the last turning motion. The predetermined parameters N and (D or T) must set before the robot (1) begins operations, and the values of these parameters, N and (D or T) are determined by simulations such as illustrated in Figs. 8A-8B and 9A-9B. Col. 7, lines 36-67, and Col. 8, lines 1-25.

Thus, Ueno teaches a device having a predetermined sequence of operation, including predetermined spiral and "random" movement. Ueno does not teach or suggest a control system configured to operate the robot in a combination of multiple operational modes, as in the claims of the present invention.

Differences Over Noonan and Ueno: Ueno teaches a devices having only two movement modes, not three as in the present claims. Moreover, in Noonan, the movement mode is entirely predetermined by a map or guide path, much like a train running down a track. This not only renders Noonan entirely distinguishable as a teaching, but it also renders improper the argument that there is any suggestion of combining Noonan with Ueno. In contrast to Noonan and Ueno, independent claim 1, for example, is directed to a mobile robot system that has a combination of three operational modes -- spot, follow and bounce/random. It is the combination of all three modes -- a combination that is not taught or suggested by either Ueno or Noonan -- that allows the claimed robot to outperform Ueno in real world environments that cannot be accurately run through a simulation.

Thus, while the Action appears to suggest (pp. 3-4) that Ueno teaches a bounce mode; that Ueno teaches or suggests the claimed three-mode capability, and that Noonan teaches multi-mode operation like that of the claimed invention, these assertions will discussed in detail and refuted below. For example, a review of Noonan indicates that its device has but one mode -- that of following a preset map or guide path laid down by previous human decision -- and in fact, cannot be said to be analogous in any way to the claimed invention, since Noonan simply travels along its pre-set pathways. And Ueno teaches, at best, only two of the three specific modes claimed in the present application for patent.

We next address the specific points raised in Section 5 of the Action.

Rejection of Claims 1-7, 9, 13-15, 27-29 and 37-41: Section 5 of the Detailed Action rejects these claims "under 35 USC 103(a) as being unpatentable over Noonan et al. [U.S. Patent No. 5,204,814] and Ueno et al. [U.S. Patent No. 6,076,025'." The following discussion of the claims and the omnibus art rejection of Section 5 is organized to follow the sequence of points raised in Section 5, addressing each point in turn.

Rejection of Claims 1-3, 13 and 37-38: Section 5 initially asserts that FIGS. 1A-1C of Noonan teach or suggest the subject matter of the claims. No basis can be found for such an assertion. In fact, the fixed, predetermined "guide paths" depicted in Figs. 1A-1C of Noonan do not teach or suggest the claimed subject matter. In particular, claim 1, for example, recites a control system that operates the robot in three operational modes: (1) a spot-coverage mode; (2) an obstacle-following mode; and (3) a bounce mode. Even more importantly, the claims are drawn to a mobile robot that does not merely follow, like a train running down the rails, a predetermined guide path as depicted in Noonan FIGS. 1A-1C.

Similarly, claim 2, which depends from claim 1, is directed to one specific sequence for operating the robot in these three operational modes.

Independent claim 13 also recites a combination of modes, not taught or suggested by Noonan, and specifically includes a control system that operates the robot in an obstacle-following mode and a bounce mode, wherein the control system is operative to alternate into the obstacle-following mode after a predetermined number of sensor interactions have occurred in the bounce mode.

Independent claim 37 of the present application is directing to controlling a robot wherein the robot is operated in three specific operational modes (again, neither Noonan nor Ueno teach the claimed combination of all three specific modes): a spiral running motion, which is discontinued in response to a predetermined condition (sensing of an obstacle or traveling a predetermined distance), running in a forward (straight line) direction until an obstacle is encountered, following along the detected obstacle (obstacle following mode), turning away from the obstacle and running in a forward (straight line) direction (bounce mode), and thereafter repeating the steps of running along an obstacle and turning away from the obstacle, i.e., repeating the obstacle-following and bounce modes. Claim 38, which

depends from claim 37, is directed to repeating the spiral running motion after a predetermined number of sensor events.

Section 5 of the Action cites Figures 1A-1C of Noonan as allegedly teaching or suggesting the subject matter of the claims. The Applicants respectfully disagree. Figures 1A-1C of Noonan depict guide paths (1, 2, 3) defined by buried wires or metal strips and which are followed by the robot using its metal detector elements (8, 10, 23). In other words, the robot of Noonan relies on fixed guide paths (1, 2, 3) to control travel. This is completely antithetical to the present invention. A "robot" that merely runs along fixed guide paths, much as a train runs down a track, is in no way a teaching of the substantially autonomous, multi-modal movement of the claimed invention. Simply put, the use of external physical objects, i.e., guide paths (1, 2, 3), that must be detected by means of metal sensors (8, 10, or 23), as taught by Noonan, does not teach or suggest the use of an internal control system that implements operational modes of spot-coverage (spiral) motion, obstacle-following motion, and bounce motion that control the movements of the robot as claimed in claims 1-3, 13, 37, and 38 of the instant application. (And as discussed below, these differences also negate any suggestion of combining the predetermined guide path teachings of Noonan with other references.)

Moreover, Figure 1C of Noonan, i.e., guide path 3, does not teach or suggest the obstacle-following mode described and claimed in the instant application. Noonan specifically teaches, at Col. 6, lines 14-18, that guide path 3 represents a short path section installed to enable the vehicle to navigate in a narrow area between obstacles 4. The Applicants respectfully submit that one skilled in the art would find that guide path 3, as described and used by Noonan, teaches, or is suggestive of, an obstacle avoidance mechanism, not an obstacle-following mechanism, since the purpose of guide path 3 is to avoid such obstacles. In addition, Noonan specifically teaches that the lawn mower only follows guide path 3 in reliance upon and under the control of signals from metal sensors (8, 10, or 23). Operation in this manner does not teach or suggest operation of the mobile robot as recited in independent claims 1, 13, and 37 of the instant application.

The Examiner has expressly admitted that Noonan does not teach or suggest a bounce mode (see last paragraph on p.3 of the Office Action). Thus, Noonan cannot teach or suggest the subject matter claimed in independent claims 1, 13, and 37.

Accordingly, the Applicants respectfully submit that Figs. 1A-1C of Noonan do not teach or suggest the operation of a mobile robot in three operational modes, i.e., spot-coverage, obstacle-following, and bounce operational modes, and in particular, the obstacle-following operational mode as described and claimed in the present application. Accordingly, the Applicants respectfully submit that claims 1-3, 13, 37, and 38 are patentably distinguishable over the cited reference of Noonan.

Rejection of Claims 30-35: Contrary to the assertion that Noonan renders these claims unpatentable, these claims are patentably distinguishable over the disclosure of Noonan for the same reasons discussed above regarding claims 1 and 13 (from which they depend, directly or indirectly) -- no teaching or suggestion of a combination of three movement modes, and only a teaching of following a predetermined guide path or map.

It is also noted that claims 30-34 all require an escape behavior, and Noonan simply does not teach any escape behavior. The portions of Noonan cited in Section 5 of the Action are merely changes in mowing patterns -- not positional escape behaviors to avoid being caught between obstacles or terrain features.

In contrast to the claims, Noonan specifically teaches that movement is controlled by a stored map or database (33) consisting of a plurality of path vectors and arcs that control the motion of the robot. Alternatively, the movement of Noonan's mobile robot is controlled by detecting and following a buried guide path and/or underground metallic references. This is completely antithetical to the idea of a robot under the control of a system program comprising a combination of three behaviors.

Similarly, with regard to claim 27, Noonan does not teach or suggest a robot that includes an operational system program comprising a combination of three behaviors and an arbiter to select which among the combination of three behaviors is selected.

Regarding claims 31 and 32, although Noonan discloses an engine RPM indicator (17) monitored by a microcontroller (12) to sense whether the engine (25) has bogged down or stalled, which causes the microcontroller (12) to slow down the speed of the lawn mower, this does not teach or suggest that the microcontroller (12) monitors the rate of a motor stall event, as recited in claim 30 of the instant application, or that an escape behavior is triggered by an increase in the rate of the motor stall event, as recited in claim 31 of the instant application, or that an escape behavior is triggered by the duration of a sensor event, as recited in claim 32.

Regarding claim 35, while Noonan discloses an inclinometer/tilt sensor (21) to sense if the vehicle is in danger of tipping over and to halt the vehicle during unexpected tilting (where unexpected tilting describes tilting that is at variance with tilting information in the stored map), this does not teach or suggest a cliff detector as recited in claim 35 of the instant application that is configured to reduce the robot's velocity upon detection of a cliff. Moreover, the cliff detectors of the instant application are operative to directly interact with the external environment to detect vertical drops in the external environment. Noonan, in contradistinction, detects tilting in the mobile robot, thus inferring (indirectly) the condition of the environment.

Regarding claim 34, the disclosure of Noonan regarding the engine RPM indicator (17) and the inclinometer/tilt sensor (21) do not teach or suggest that an 'escape mechanism' can be triggered by a lack of sensor input as recited in claim 34. The Examiner has not presented any rationale as to why this disclosure of Noonan is relevant to the recited subject matter of claim 34 of the instant application.

Thus, claims 30-35 are patentably distinguishable over the disclosure of Noonan.

Ueno: Turning next to the application of Ueno to these claims (at p. 4, first paragraph), the Examiner asserts that Ueno teaches a control system capable of performing a spiral pattern running motion, canceling the spiral pattern running motion when a boundary is detected at a distance smaller than a preset value, and then implementing a random pattern running motion, wherein the random pattern running motion includes turning away from the detected boundary and running forward. The Applicants respectfully submit that this is an incorrect characterization of Ueno.

As discussed above, Ueno expressly teaches a specific, predetermined, and limited movement scheme consisting of spiral and "random" motions in a specified sequence: (1) an initial spiral pattern running motion that is ended when a boundary is detected at a distance of less than a preset value; (2) a "random" pattern running motion that is implemented a predetermined number of times N, each repetition of the random pattern running motion being triggered by detection of the boundary; and (3) re-initiating the spiral pattern running motion once the random pattern running motion has been repeated the predetermined number of times N.

For the reasons discussed above, this teaching of a specific, predetermined, limited sequence of only two movement modes does not anticipate or render obvious the referenced claims.

At p. 4, paragraph 2, the Action asserts that Fig. 6c of Ueno shows the movement of the robot "adjacent to the wall area," presumably teaching or suggesting the claimed subject matter. However, the Examiner's attention is directed to Col. 7, lines 3-4 of Ueno, wherein Fig. 6c is expressly described as showing the re-initiation of the spiral pattern running motion: "[T]he robot 1 again starts another spiral pattern running motion." Any such movement adjacent to the wall is simply happenstance, based upon operation in the spiral pattern running motion, and as such, neither teaches nor suggests the claimed subject matter.

Rejection of claims 13-15, 27 and 38: The Action next asserts that Ueno shows a "motion scheme based on various sensors detecting signals." However, the Applicants respectfully submit that the noted claims are patentably distinguishable over the disclosure of Ueno for the following reasons. In particular, as noted above, Ueno teaches only a specific (and limited) movement scheme that comprises a specific sequence of spiral pattern running motions and random pattern running motions. There is no disclosure or teaching in Ueno, or even a suggestion, of the use or implementation of an obstacle-following mode as described and claimed in independent claim 13, independent claim 1 (from which claim 27 directly depends), and independent claim 37 (from which claim 38 directly depends). To the extent that the Examiner may be alleging that Fig. 6c of Ueno depicts an obstacle-following mode, any such allegation has been rebutted by the discussion in the preceding paragraphs.

With respect to the assertion that Ueno Fig. 13 shows a stored motion scheme based upon various sensor detector signals, the Applicants respectfully submit that the Table depicted in Fig. 13 does not teach or suggest the claimed subject matter of claims 13-15, 27, and 38. As discussed above, Ueno discloses only a specific (and limited) movement scheme that comprises a specific sequence of spiral pattern running motions and random pattern running motions. Ueno specifically teaches that the random pattern running motion comprises a straight forward motion, followed by a turning motion when the vehicle reaches a set distance from a wall, and finally a straight forward motion. Col. 5, lines 55-67. See also Col. 2, lines 16-22, and the Abstract.



As noted above, Ueno's Fig. 13 Table utilizes inputs from the supersonic sensors (6) to define the speed(s) of the vehicle's two threads, the degree of turning, and the direction of turning. As an examination of Ueno's Fig 13 Table makes evident, the only motion that results from such sensor inputs are a straight forward motion or a turning motion. These motions, however, are the constituent motions comprising the random pattern running motion. Therefore, the inputs from the supersonic sensors (6) are limited to defining the "motion scheme" within a single mode of operation, i.e., the random pattern running motion, which comprises a forward (straight) motion and a turning motion.

The Applicants respectfully submit, therefore, based upon the discussion in the preceding paragraphs, that the motion scheme implemented Ueno's Fig. 13 Table does not teach or suggest the claimed subject matter of claims 13-15, 27, and 38 since this Table is limited to defining the forward (straight) and turning motions comprising a single mode of operation, i.e., the random pattern running motion. More specifically, Ueno's Fig. 13 Table does not teach or suggest using a predetermined number of sensor interactions as a triggering condition for alternating between operational modes, i.e., from the bounce mode into the obstacle-following mode as recited in claim 13, or that such predetermined number of sensor interactions is a random number as recited in claim 14, or that the predetermined number is within a specific range as recited in claim 15. Rather, Ueno's Fig. 13 Table is used solely for the purpose of determining what motion scheme, i.e., straight motion or turning motion, is to be implemented within the sole mode of operation, i.e., random pattern running motion.

Further, Ueno's Figure 13 Table does not teach or suggest an arbiter that is operative to select one behavior from a plurality of behaviors and allow the selected behavior to control the means for moving the mobile robot as recited in claim 27. And finally, Ueno's Figure 13 does not utilize a predetermined number of sensor events to repeat spiral running motion as recited in claim 38.

Ueno specifically teaches that the spiral pattern running motion is reinitiated only after a predetermined number of turns  $N$  has been accomplished. And, as taught by Ueno at Col. 8, lines 3-15 (see also Col. 2, lines 29-34) the value of  $N$  is determined through simulations. There is no teaching or suggestion in Ueno, and the Examiner has not pointed to any, that there is any correlation or relationship between the value of  $N$  and the inputs from the supersonic sensors (6).

In view of the foregoing, the Applicants respectfully submit that claims 13-15, 27, and 38 are patentably distinguishable over the stored motion scheme of Ueno in the Fig. 13 Table.

Rejection of Claims 4-6, 10-11, 16-20 and 39: The Action next asserts that Ueno teaches generating running motion parameters in accordance with "predetermined distances to obstacles," presumably rendering unpatentable the noted claims. However, these claims are patentably distinguishable over the disclosure of Ueno for the reasons presented above with respect to independent claims 1, 13, and 37 (from which claims 4, 5, 6, 10, 11, 16-20, and 39 depend, respectively).

To the extent that the Examiner is alleging that the disclosure of Ueno with respect to the predetermined distance D and the predetermined time T to implement the spiral pattern running motion teach or suggest the subject matter recited in claims 4, 5, 6, and 20, respectively, the Applicants respectfully controvert this position. As noted above, it is the predetermined number of times N that the random pattern running motion has been implemented is the determinative (and only) factor that controls re-initiation of the spiral pattern running motion, i.e., the transition from the random pattern running motion to the spiral pattern running motion. The parameters D and T disclosed by Ueno only determine the location where the spiral pattern running motion is reinitiated. These parameters are not relevant to and do not control the transition between modes of operation, i.e., from the random pattern running motion to the spiral pattern running motion.

Based upon the foregoing discussion, the Applicants respectfully submit that claims 4, 5, 6, and 20 are patentably distinguishable over the disclosure referenced by the Examiner. Further, with respect to claim 6, there is no disclosure in Ueno regarding the average distance between obstacle interactions, let alone the use of such an average distance to transition between modes of operation when such average distance is above a predetermined threshold.

With respect to claims 10, 11, 16, and 39, the subject matter of these claims involves the obstacle-following mode in one aspect or another. As discussed above, Ueno does not teach or suggest an obstacle-following mode, and, accordingly, the Applicants respectfully submit that claims 10, 11, 16, and 39 are patentably distinguishable over the disclosure of Ueno.

Further, with respect to claims 10-11 specifically, Ueno does not even disclose the use of the work width of the robot as a determinative parameter for operating in either the spiral

pattern running motion or the random pattern running motion. With respect to claims 16-19 specifically, Ueno does not teach or suggest alternating into the random pattern running motion after traveling a predetermined distance. Rather, Ueno specifically teaches that the random pattern running motion is only implemented in response to a remote detection of a wall with a predetermined distance, and then only when operating in the spiral pattern running motion.

Figs. 7A-7B of Ueno illustrate the working efficiency of various modes of operation. These figures show that deterministic cleaning (identified by Ueno as "coordinates pattern running"), using a predetermined path, is the most effective in terms of area coverage, followed by spiral/random pattern running motion (which is the disclosed and claimed subject matter of Ueno). These figures illustrate that fine tuning random running (where all turn angles have a predetermined value of 135°) and random running represent the lowest working efficiencies. The Examiner has not provided any rationale as to why Figs. 7A-7B are relevant to the subject matter of claims 4, 5, 6, 10, 11, 16-20, and 39 since these claims are not directed per se to work progress versus elapsed time or working efficiency, or even the modes of operation depicted therein.

Based upon the foregoing discussion, the Applicants respectfully submit that claims 4, 5, 6, 10, 11, 16-20, and 39 are patentably distinguishable over Ueno.

Rejection of Claims 7, 29 and 41: The Action next cites Ueno with regard to these claims. However, these claims are patentably distinguishable over the disclosure of Ueno for the reasons presented above with respect to independent claims 1 and 37 and dependent claim 27 (from which claims 7, 29, and 41 depend, respectively).

In addition, the disclosure of Ueno referenced by the Examiner at: (1) Col. 3 teaches only that the bumper includes a contact sensor that senses pressure upon touching an obstacle; (2) Col. 4 teaches only that the detection signals from contact sensor 5A are transmitted to the CPU (8); and (3) Col. 10 does not discuss the contact sensor at all (moreover, an examination of the Figure 13 Table does not indicate that any signal from the contact sensor (5A) is provided as an input). Therefore, although Ueno may disclose a contact sensor (5A), the disclosure of Ueno cited by the Examiner does not expressly disclose any response implemented as a result of operation of such a contact sensor (5A).

Rejection of Claims 8 and 40: The Applicants respectfully submit that these claims are patentably distinguishable over the disclosure of Ueno for the reasons presented above with respect to independent claims 1 and 37 and dependent claim 27 (from which claims 8 and 40 depend, respectively).

Rejection of Claim 9: This claim is patentably distinguishable over the disclosure of Ueno for the reasons presented above with respect to independent claim 1 (from which claim 9 depends). Further, with regard to the disclosure of Ueno cited by the Examiner (i.e., Ueno Col. 1, lines 20-27), such disclosure does not teach or suggest the claimed subject matter of dependent claim 9. The subject matter of independent claim 9 is directed towards specifics of operation for the mobile robot when operating in the obstacle-following mode. Specifically, alternating between decreasing the turning radius of the robot as a function of distance traveled so that the mobile robot turns towards and detects the obstacle being followed and decreasing the turning radius of the robot as a function of distance traveled so that the mobile robot turns away from and no longer detects the obstacle being followed.

In contrast, the disclosure of Ueno cited by the Examiner does not teach or suggest operating a mobile robot in an obstacle-following mode (rather, the cited disclosure teaches only running in either a zigzag pattern or a spiral pattern). Moreover, the operating pattern of such mobile robot is based upon coordinate data produced by mapping, which is not only inapposite to the claimed subject matter of the instant application, but the subject matter teachings of Ueno itself. Moreover, the cited disclosure of Ueno does not teach or suggest that, as a result of decreasing the turning radius as a function of distance traveled, the mobile robot turns towards or away from the obstacle being followed.

Based upon the foregoing discussion, the Applicants respectfully submit that claim 9 is patentably distinguishable over the cited disclosure of Ueno.

Rejection of Claim 12: This claim is patentably distinguishable over Ueno for the reasons presented above with respect to independent claim 1, from which claim 12 depends.

Rejection of Claims 30-35: These claims are also patentably distinguishable over Ueno for the reasons presented above with respect to independent claims 1 and 13, from which these claims variously depend. The Action cites Japanese prior art document, "HEI 9-42879, as allegedly suggesting the specific escape behavior of claims 30-35. However, the Examiner did not provide a copy of this cited Japanese prior art document as required by

MPEP, § 707.05(a), and Applicants have found no information pertaining to such document that would suggest the claimed escape behavior.

Although Ueno references this Japanese prior art document and incorporates it by reference, Ueno does not provide any specific disclosure of the alleged "escape control mode," how it might be triggered, or how it might operate. It is noted that claims 30-35 are directed to different triggers that implement escape behavior, i.e., rate of motor stall (claim 30), an increase in the rate of motor stall (claim 31), duration of sensor input (claim 32), and lack of sensor input (claim 34), or define a specific escape behavior that is implemented, i.e., shutting off the robot (claim 33), or reducing robot's velocity in response to cliff detection (claim 35). Thus, even if the Examiner had provided an English-language version of the cited Japanese document, there has been absolutely no showing of a basis for rejecting all of these claims.

No Suggestion To Combine Ueno and Noonan: At p. 5, the Action next asserts that "it has been obvious" to combine the teachings of Ueno and Noonan "for robotic device capable of moving within the sensed boundaries of an area and also capable of escaping any collision . . . the reason is to design an apparatus that will improve robot work efficiency." Notwithstanding, that statement, absent more, provides absolutely no basis for such a combination. The mere fact that teachings found in the prior art arguably could be combined as proposed by the Examiner does not make the combination obvious, "absent some teaching, suggestion or incentive supporting the combination." *Ex parte Metcalf*, 2003 Pat. App. (Lexis), Appeal No. 2002-2049 (Bd.Pat.App.&Int. May 2003) (citing *Carella v. Starlight Archery and Pro Line Co.*, 804 F.2d 135, 140, 231 USPQ 644, 647 (Fed. Cir. 1986)). The alleged reason, "to improve robot work efficiency," is nothing more than a hindsight rationale devoid of any showing of basis or suggestion to combine the references.

In fact, examination of the references themselves demonstrates no such basis. Noonan expressly teaches a robotic device that operates on the basis of a stored map that defines travel motion and/or guide path. The stored map and/or guide paths of Noonan define travel paths that avoid obstacles -- assuming the human being who laid down the guide paths chose to do so, and knew of the obstacles. If a new obstacle were to arise, nothing in Noonan suggests that the device would avoid it.

Ueno, in contrast, teaches a robotic device that operates under the control of a spiral/random pattern running motion that requires the detection of walls/boundaries to work properly, i.e., to terminate the spiral pattern running motion, to implement turning motions as part of the random pattern running motion.

Thus, Noonan teaches a device that slavishly follows a guide path, much like a train running down a track; while Ueno teaches a device having a completely different control system. To modify the operation of the Ueno device by incorporating the track-following aspect of Noonan would completely change of the nature of Ueno's robotic device. Moreover, one could not conclude, without more, that such a modification would "improve robot work efficiency." And to modify Noonan by substituting the two-mode operation of Ueno would completely change the nature of Noonan's device. Again, one could not conclude, without more, that the quest to "improve robot work efficiency" would provide anyone skilled in the art with the incentive to combine Noonan and Ueno. Thus, there has been no affirmative showing of any suggestion to combine the teachings of these references.

In view of the foregoing, the Applicants respectfully submit that claims 1-20, 27-35, and 37-41 are patentably distinguishable over the cited references of Noonan and Ueno, and the Examiner is respectfully requested to reconsider the patentability of these claims.

35 USC 112 Rejection of Claims 15 and 21: The Examiner has rejected claims 15 and 21 under 35 USC 112, second paragraph. However, with regard to Claim 15, the Applicants respectfully submit that one of ordinary skill in the art would readily understand what is encompassed by "between approximately 5 and approximately 15" sensor interactions, as recited in claim 15, and that is all that is required to pass muster under 35 USC 112, second paragraph. *See BJ Services Co. v. Halliburton Energy Services*, 338 F.3 1368, 1372-73, 67 USPQ2d 1692 (Fed. Cir. 2003). In particular, page 32, lines 10-12 of the subject patent application, the Applicants disclosed that in a preferred embodiment the mobile robot stays in the room cleaning mode until a certain number of bounce interactions are reached, usually between 6 and 13, which definitively apprises one of ordinary skill in the art of a preferred range for such sensor interactions.

Claim 21 has been amended in response to the Examiner's objections to claim 21 as set forth in Paragraph 2 of the Office Action. However, in view of the format of claim 21, antecedent basis for the noted element in claim 13 is not required. That is, the preamble

language of claim 21 uses the terminology "further comprising", which indicates that the claimed subject matter of claim 21 comprises a mobile robot having the elements recited in claim 13 plus an additional element, i.e., a clutter determining means. As described in the specification at page 29, lines 4-7, "clutter" is defined as a measure of the number and frequency of objects encountered as the robot moves over the surface.

Allowability of Claims 21-26: The Office Action does not contain a rejection of claim 21 in view of prior art, nor does it indicate its allowability. However, since the Action indicates the allowability of claims 22-25, and claim 21 is drawn to the same general subject matter as 22-25, i.e., a clutter determining means, the Applicants have treated claim 21 as being drawn to allowable subject matter (but for the formal rejection noted above). In particular, the Applicants have amended claim 21 to be an independent claim including all of the limitations of independent claim 13 from which it depends. The Applicants have also amended claim 26 to be an independent claim including all the limitations of independent claim 13. The Applicants respectfully submit that independent claim 26 is also patentably distinguishable over the cited references.

Specification: The Applicants have also herewith amended the specification to correct grammar and ensure consistent language throughout, and consistency with reference numbers in the drawings. No new matter has been added.

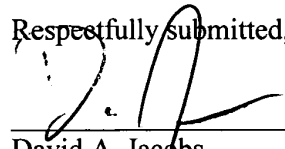
Drawings: The Applicants have amended FIGS. 2, 3, and 6C to incorporate reference numerals set forth in the specification. FIG 9B has been amended so that the drawings uses the same parameter format as set forth in the specification, i.e., "d<sub>WF</sub>" instead of "D<sub>WF</sub>" for blocks 350 and 360. FIG. 12B has been amended, based upon the disclosure in the specification, so that each of the True-False decision blocks, i.e. 435, 440, 445, 450, and 455, includes both a "yes" path and a "no" path. No new matter has been added.

### **Conclusion:**

The Applicants respectfully submit that claims 1-41, as amended herein, are patentably distinguishable over the cited references and in condition for allowance. The Examiner is therefore respectfully requested to reconsider the patentability of the claims. The undersigned welcomes the opportunity to discuss the claims by way of telephonic interview,

and should any questions arise, the Examiner is respectfully invited to contact the undersigned.

Respectfully submitted,



---

David A. Jacobs

Reg. No. 31,770

Lucash, Gesmer & Updegrove, LLP

40 Broad Street

Boston, MA 02109

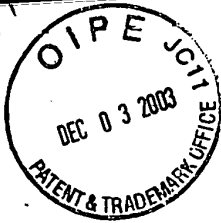
Tel: (617) 350-6800

Fax: (617) 350-6878



12-05-03

\$ 2837



IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicants: Joseph L. Jones  
 Application Number: 10/167,851  
 Filing Date: June 12, 2002  
 Title: Method And System For Multi-Mode Coverage For An Autonomous Robot  
 Group Art Unit: 2837  
 Examiner: R. Leykin  
 Attorney Docket: DP-5 US

\*\*\*\*\*

Certificate of Express Mailing

I hereby certify that the above correspondence is being deposited under 37 C.F.R. 1.10 with the United States Postal Service, Express Mail Post Office to Addressee Service, Label No. EV 064497795 US on December 3, 2003, addressed to Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450.

Signature of person mailing correspondence:

*Sunshine Limanni*

Sunshine Limanni

\*\*\*\*\*

RECEIVED  
DEC 10 2003  
TECHNOLOGY CENTER 2800

TRANSMITTAL OF SUPPLEMENTAL INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT AND PTO FORM 1449

Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

Dear Sir,

Pursuant to the duty of disclosure (37 C.F.R. 1.97 and 1.98), attached hereto are:

1. An Information Disclosure Statement (PTO 1449) (2 pages) listing documents (23 documents total);
2. A copy of the cited documents; and
3. A return postcard.

**Payment of Fees by Deposit Account:** The USPTO is hereby authorized to charge \$180: the submission fee for an Information Disclosure Statement, and any other required fee, to the Lucash, Gesmer & Updegrove PTO Deposit Account No. 122315. A duplicate copy of this response letter is attached.

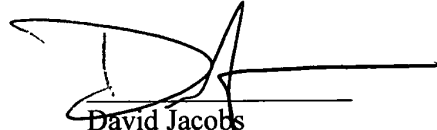
12/08/2003 EFLORES 00000159 122315 10167851  
01 FC:1806 180.00 DA

Serial No. 10/167,851  
Filing Date: June 12, 2002

If additional information is required, you are invited to immediately contact the undersigned via telephone or facsimile at the numbers listed below. Thank you for your attention to this matter.

Respectfully submitted,

Date: December 3, 2003

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'David Jacobs', written over a horizontal line.

David Jacobs  
Reg. No. 31,770  
Lucash, Gesmer & Updegrove, LLP  
Boston, MA 02109  
Tel: (617) 350 6800  
Fax: (617) 350 6878







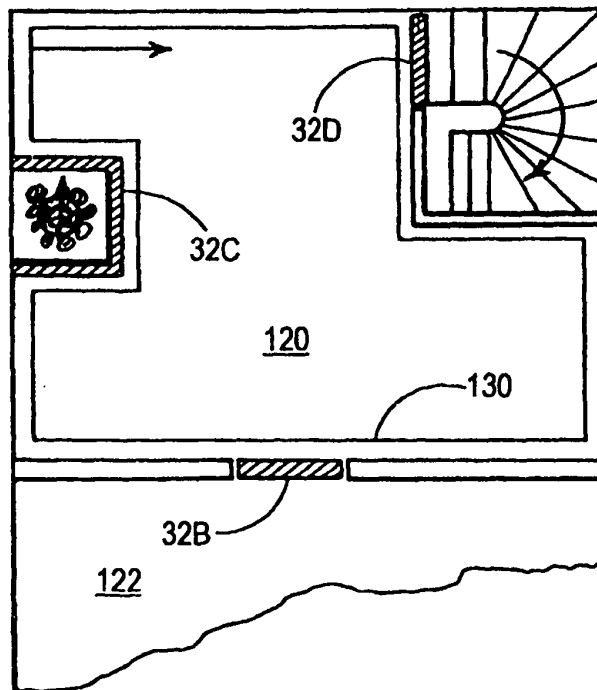
INTERNATIONAL APPLICATION PUBLISHED UNDER THE PATENT COOPERATION TREATY (PCT)

<p>(51) International Patent Classification <sup>7</sup> : <b>G05D 1/02, A47L 11/40</b></p>	<p><b>A1</b></p>	<p>(11) International Publication Number: <b>WO 00/38029</b> (43) International Publication Date: 29 June 2000 (29.06.00)</p>
<p>(21) International Application Number: PCT/GB99/04259 (22) International Filing Date: 16 December 1999 (16.12.99) (30) Priority Data: 9827779.1 18 December 1998 (18.12.98) GB (71) Applicant (for all designated States except US): NOTETRY LIMITED [GB/GB]; Kingsmead Mill, Little Somerford, Wiltshire SN15 5JN (GB). (72) Inventors; and (75) Inventors/Applicants (for US only): BISSET, David, Lindsey [GB/GB]; 4 Chandler Way, Chippenham, Wiltshire SN15 3YG (GB). CLARK, Alan, Gerard [GB/GB]; 3 Grange Cottages, Grane Lane, Malmesbury, Wiltshire SN16 0EP (GB). (74) Agents: SMITH, Gillian, R. et al.; Dyson Research Limited, Intellectual Property Dept., Tetbury Hill, Malmesbury, Wiltshire SN16 0RP (GB).</p>		<p>(81) Designated States: AE, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZW, ARIPO patent (GH, GM, KE, LS, MW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW), Eurasian patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), European patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), OAPI patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).  Published With international search report.</p>

(54) Title: AUTONOMOUS VEHICULAR APPLIANCE, ESPECIALLY VACUUM CLEANER

(57) Abstract

Portable threshold locators (32B, 32C, 32D) are placed in a room (120) at locations to define at least part of a boundary within which an autonomous vehicular appliance is to be confined. Typically, the threshold locator is placed in a doorway (32B) or at the top of a staircase (32D). The vehicle has a detection system which allows the autonomous vehicular appliance to detect the presence of the portable threshold locator. The detection system receives a signal from the threshold locator and the autonomous vehicular appliance uses the received signal to avoid the threshold marked by the locator (32B, 32C, 32D). The autonomous vehicular appliance is preferably a robotic floor cleaning appliance, such as a robotic vacuum cleaner.



**FOR THE PURPOSES OF INFORMATION ONLY**

Codes used to identify States party to the PCT on the front pages of pamphlets publishing international applications under the PCT.

AL	Albania	ES	Spain	LS	Lesotho	SI	Slovenia
AM	Armenia	FI	Finland	LT	Lithuania	SK	Slovakia
AT	Austria	FR	France	LU	Luxembourg	SN	Senegal
AU	Australia	GA	Gabon	LV	Latvia	SZ	Swaziland
AZ	Azerbaijan	GB	United Kingdom	MC	Monaco	TD	Chad
BA	Bosnia and Herzegovina	GE	Georgia	MD	Republic of Moldova	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagascar	TJ	Tajikistan
BE	Belgium	GN	Guinea	MK	The former Yugoslav Republic of Macedonia	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Greece	ML	Mali	TR	Turkey
BG	Bulgaria	HU	Hungary	MN	Mongolia	TT	Trinidad and Tobago
BJ	Benin	IE	Ireland	MR	Mauritania	UA	Ukraine
BR	Brazil	IL	Israel	MW	Malawi	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Iceland	MX	Mexico	US	United States of America
CA	Canada	IT	Italy	NE	Niger	UZ	Uzbekistan
CF	Central African Republic	JP	Japan	NL	Netherlands	VN	Viet Nam
CG	Congo	KE	Kenya	NO	Norway	YU	Yugoslavia
CH	Switzerland	KG	Kyrgyzstan	NZ	New Zealand	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	Democratic People's Republic of Korea	PL	Poland		
CM	Cameroon	KR	Republic of Korea	PT	Portugal		
CN	China	KZ	Kazakstan	RO	Romania		
CU	Cuba	LC	Saint Lucia	RU	Russian Federation		
CZ	Czech Republic	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DE	Germany	LK	Sri Lanka	SE	Sweden		
DK	Denmark	LR	Liberia	SG	Singapore		
EE	Estonia						

-1-

## AUTONOMOUS VEHICULAR APPLIANCE, ESPECIALLY VACUUM CLEANER

This invention relates to an autonomous appliance, and more particularly to a robotic  
5 floor cleaning device, typically a robotic vacuum cleaner.

There has long been a desire for a vacuum cleaner which is capable of cleaning a  
room without the need for a human user to push or drag the cleaner around the room.  
A number of robotic or autonomous vacuum cleaners have been proposed. The  
10 control mechanism for these cleaners includes sensors for detecting obstacles and  
walls so that the vacuum cleaner is capable of guiding itself around a room so as to  
clean the carpet or other floor covering without human intervention. While  
autonomous cleaners are generally capable of dealing with most rooms, there are  
certain limits on what such cleaners are capable of and autonomous cleaners have  
15 been known to struggle in avoiding certain types of obstacle in a room. One  
particularly problematic type of obstacle is the threshold to a descending stairway.  
Some autonomous cleaners have been sold with instructions not to use them in rooms  
having certain types of feature. Clearly, this limits the usefulness of an autonomous  
cleaner.

20 Some known autonomous floor cleaning devices use navigation beacons or transponders  
placed around a room. Signals received at the cleaning device from the beacons help the  
cleaning device determine its position in the room. Typically, the cleaning device  
determines its position within the room by a triangulation method which uses a signal  
25 received from each of the beacons. The location of the beacons in the room may be  
known by the cleaning device in advance or the cleaning device may establish their  
location during a trip around the perimeter of the room. Such beacons are of a high  
enough power to allow a cleaning device to receive a signal from each of the beacons,  
wherever it may be positioned in the room. A cleaner of this type is shown in US  
30 5,682,313 (Edlund et al.). The cleaner firstly performs a wall tracking routine using its  
ultrasonic sensors and registers the position of the transponders around the room during  
this routine. The cleaner is subsequently able to determine its position within the room

-2-

by using a signal received from each of the transponders and the knowledge of the location of the transponders within the room that it has gained during the wall tracking routine.

- 5 The present invention seeks to allow an autonomous vehicular appliance to be used in a wider range of rooms.

A first aspect of the present invention provides an autonomous vehicular appliance in combination with at least one portable threshold locator which can be placed, in use, at a  
10 location to define at least part of a boundary of an area within which the autonomous vehicular appliance is to be confined at least temporarily, the appliance being provided with a navigation system for navigating the appliance around the area and a detection system to allow the appliance to detect the presence of the portable threshold locator, the detection system comprising means for receiving a signal from the threshold locator and  
15 the appliance being arranged to use the received signal to detect the part of the boundary defined by the threshold locator.

Other aspects of the present invention provide an autonomous vehicular appliance and a method of cleaning an area using an autonomous vehicular appliance.

20

The vehicle's own navigation system comprises sensors that allow the vehicle to find features of the room, such as walls and obstacles, and to navigate around the room with respect to these. However, the vehicle may have difficulty in detecting certain features of the room and in recognising that these features form part of the boundary  
25 of the room within which the vehicle should remain. The threshold locators serve to define a boundary at these places and allow the vehicle to recognise that these places should form part of the boundary. This arrangement is particularly advantageous when the appliance is a robotic floor cleaning device and the threshold locators are used to define part of a boundary of a room which the floor cleaning device should not  
30 cross. The portable threshold locator is typically placed in doorways to confine the cleaning device to a room or at the top of a staircase to prevent the cleaning device falling down the stairs. Without the threshold locator, a doorway will usually be



-3-

regarded by the cleaning device as an open space into which it can move. As well as use in defining the perimeter of the room, it can also be used to mark a boundary around obstacles within the room which the appliance may otherwise have difficulty in detecting, such as a plant with trailing leaves.

5

The appliance can use the received signal to prevent itself from crossing any part of the boundary defined by threshold locators. More preferably, the threshold between areas (rooms) is marked by a threshold locator which transmits a different signal to the other threshold locators. The appliance treats the threshold between areas as one that should not be crossed until a certain condition is met. This condition can be when the appliance has completely traversed the area.

Use of the threshold locator allows the appliance to be used in rooms having a much wider range of features or obstacles. Thus, the appliance can be used in more rooms of a user's home and requires less human supervision.

The threshold locators may be permanently installed in a user's home at the required positions, or they may be used only for the time that the cleaning device is in operation. It is preferable that the locator is as compact as possible and more preferably takes the form of a strip that can be laid as required or conveniently installed beneath a carpet at the threshold.

The invention will now be more particularly described, by way of example only, with reference to the accompanying drawings, in which:-

25

Figure 1 is a perspective view of a robotic floor cleaning device,

Figure 2 is a circuit diagram of a power management system and a navigation system for the robotic floor cleaning device shown in Figure 1,

30

Figure 3 is a schematic view of one embodiment of a threshold detector and a detection system,

Figure 4 is a schematic view of another embodiment of a threshold detector and a detection system;

5           Figure 5A is a schematic view illustrating one scenario of operating the robotic floor cleaning device;

Figure 5B is a schematic view illustrating another scenario of operating the robotic floor cleaning device;

10

Figure 5C is a more detailed view of the area in Figure 5B where the threshold locator is positioned;

Figure 6 is a flow diagram of a method performed by the autonomous vehicle  
15 to detect the presence of a threshold locator; and,

Figure 7 is a schematic diagram of the functional blocks of the robotic floor cleaning device which perform the method of Figure 6.

20 Referring firstly to Figure 1 of the drawings, there is shown therein a robotic floor cleaning device in the form of a robotic vacuum cleaner comprising a main body 10, two drive wheels 11 (only one of which is visible), a brush bar housing 12, two rechargeable batteries 13 and 14, a dual cyclone 15 of the type more fully described in EP-A-0042723, a user interface 16, a light detector 17 and various sensors 27 to 31 which will  
25 be more particularly described hereinafter. The light detector 17 detects light received from a plurality of compass points around the vacuum cleaner and is more fully described in our co-pending International Patent Application No. [our reference GBP0099].

30 A control system for the cleaner is shown in Figure 2. The circuit comprises two rechargeable batteries 13 and 14, a battery and motor management system 18, a motor 19 for driving a suction fan, motors 20 and 21 for driving the left and right hand wheels

-5-

11 of the vacuum cleaner, a motor 22 for driving a brush bar of the vacuum cleaner, processing circuitry 23 and a user interface board 26 with the light detector 17, user switches 75 and indicator lamps 76. Preferably the processing circuitry includes a microprocessor under the control of software stored on non-volatile memory 96 and a  
5 memory 97 for storing measurements from the sensors. A communication bus 70 conveys measurement information from the light detector 17 to the processing circuitry 23.

The robotic vacuum cleaner is equipped with a plurality of infra-red transmitters 27a and  
10 infra-red receivers 27b, a plurality of ultrasonic transmitters 28 and ultrasonic receivers 29, one or more threshold detectors 30 for detecting the presence of a portable threshold locator 32 placed, for example, at the entrance to a room or at the top of a staircase and one or more passive infrared (PIR) or pyroelectric detectors 31 for detecting animals and fires. There are four main ultrasonic receivers 29 which face forwards, rearwards and to  
15 opposite sides of the robotic vacuum cleaner. The signals received by these receivers not only provide information representative of distance from a feature of the room or from an object in the room but the amplitude and width of the received signals vary according to the sensed size, shape and type of material of the object.

20 As shown in Figure 3, the threshold detector 30 comprises a radio frequency generator 33 connected to a transmitting coil 34 and a receiver 35 connected to a receiving coil 36.

The portable threshold locator 32 comprises an elongate strip 37 of plastics material, typically having a length approximately equal to the width of a doorway, and a passive  
25 circuit 38 for modifying a signal received from the threshold detector 30 on the cleaner and for transmitting the modified signal to the receiving coil 36 on the cleaner when the threshold detector 30 is in close proximity to the threshold locator 32. As shown, the modifying circuit 38 is in the form of a loop resonator circuit (having a capacitor C and an inductor L connected in a loop) embedded in the strip 37 of plastics material. It is  
30 preferable for the resonance to be distributed along the length of the strip 37 so that the threshold detector 30 on the cleaner can detect the presence of the threshold locator 32 wherever the cleaner may be along the length of the strip.

-6-

The radio frequency generator 33 periodically produces a radio frequency signal having a frequency which is the same or substantially the same as the resonant frequency of the loop resonator circuit 38. This radio frequency signal may also sweep to either side of the frequency of the resonant circuit 38. When one of the threshold detectors 30 is close to a threshold locator 32, the receiver 35 will receive a weak signal which is longer than the transmitted signal and this will enable the microprocessor 23 to identify the presence of the threshold locator 32. Preferably, the transmitter 39 has an antenna gain profile which is relatively even across the length of the threshold that the threshold locator 32 is serving to mark. Similarly to the distributed resonance of the passive circuit embodiment, this allows the threshold detector 30 on the cleaner to detect the presence of the threshold locator 32 wherever the cleaner may be along the length of the strip, and the more even the gain profile, the more evenly the cleaner will be able to follow the boundary.

15

In an alternative arrangement, shown in Figure 4, the portable threshold locator 32 could include a signal transmitter 39 powered by a rechargeable battery, typically a lithium ion battery 40. In this case, each of the threshold detectors 30 would simply comprise a receiver 41 for receiving a signal from the transmitter 39 of the threshold locator 32.

20

In yet a further alternative arrangement, the threshold detector 30 could comprise a transmitting coil for generating a magnetic, electrical or electromagnetic field and a receiving coil which will normally pick up the fundamental frequency of the transmitted signal. In this case, the portable threshold locator 32 includes a small piece of metal alloy, or other suitable material, which becomes saturated by the field generated by the detector 30 when the robotic vacuum cleaner is in close proximity to the threshold locator 32 and generates an array of harmonics which are picked up by the receiving coil. The fundamental frequency is filtered out leaving low level harmonics which are particular to the target alloy used. The threshold locator could, in this case, be in the form of a length of tape.

25  
30

In each of the embodiments, the cleaner receives a signal from the threshold locator

-7-

when the threshold detector of the cleaner is close to the threshold locator 32. A signal received at the threshold detector is supplied to processing circuitry 23. Various techniques can be used to determine when the cleaner is close to the threshold locator. A preferred method monitors a quantity of the received signal and decides when the monitored quantity meets a predetermined limit. When the monitored quantity meets this limit, the threshold locator is deemed to be close enough and the cleaner navigates in a direction to follow a path which maintains the monitored quantity at this limit. The monitored quantity can be field strength of the received signal and the when the monitored field strength exceeds a predetermined limit, the cleaner navigates in a direction to follow a path of substantially equal field strength.

Figures 5A – 5C illustrate the way in which the cleaner operates in a domestic environment. Starting with Figure 5A, the cleaner is, typically, placed alongside a wall (position A) and energised to move forwardly along the edge of the room. The various sensors 27 to 31 detect any portable threshold locators 32A, obstacles in the room and other room features, such as corners of a room and fireplaces, and the processing circuitry 23 will navigate the robotic vacuum cleaner in order to avoid any such obstacles and to change direction when a feature of a room is reached. At each change of direction (positions B, C, D), the processing circuitry 23 stores information received from the light detector 17 and also from the four main ultrasonic receivers 29. These positions are known as “waypoints”. It can also store information on the direction in which the cleaner turns at each change of direction. It will also constantly monitor the information received from the detector 17 and the four main receivers 29 and compare this with information previously stored. When the robotic vacuum cleaner reaches a position in which the information received from the light detector 17 and the four main receivers 29 is the same or substantially the same as information previously stored, the processing circuitry 23 determines that the robotic vacuum cleaner has completed a complete traverse around the room and is programmed to cause the robotic vacuum cleaner to step inwards. Preferably, the distance by which the cleaner steps inwardly, the step distance, is substantially one cleaner width. On subsequent circuits of the room the processing circuitry 23 stores sensor data at changes of direction. It associates this with previously stored information by attempting to match the new with the previous

-8-

information. Two sets of data that are sufficiently similar to one another are deemed to be matched and are associated with one another in memory 97. Changes of direction on subsequent circuits can be identified by comparing the information received from the light detector 17 and the four main receivers 29 with previously stored information to  
5 allow the robotic vacuum cleaner to navigate itself around the room avoiding any obstacles in its path in a generally inwardly spiral manner. The sensor information from waypoints (B, C, D, E..) visited by the cleaner are stored in a waypoint database, stored in memory 97.

10 This operating method is more particularly described in our co-pending International Patent Application No. [our reference GBP0100]. However, other strategies can equally be used to navigate around the room.

If the robotic vacuum cleaner is initially placed in the middle of the room, it will find a  
15 wall or obstacle. If it finds a wall it will then follow the path described above. If it finds a feature (such as a central fireplace) or an obstacle in the centre of the room, it will complete a circuit around that feature or obstacle and then follow a generally outwardly spiral path.

20 Figure 5B shows another scenario in which the cleaner is operated. A user has placed threshold locators 32B, 32C, 32D in the room 120 to mark the boundary of the area within which the cleaner is to be confined. Locator 32B lies across the threshold of an open doorway to prevent the cleaner from escaping into room 122. Locators 32C are placed around a plant which is a difficult object for the cleaner to properly detect, the  
25 locators 32C clearly marking a boundary for the cleaner. Locator 32D is placed along the threshold of a descending stairway. In use, the cleaner operates within the area defined by the walls of the room 120 and the threshold locators 32B, 32C, 32D. The outermost path of the cleaner in room 120 is shown by line 130. Preferably, threshold locator 32B, which marks the boundary between rooms 120 and 122, has a special  
30 identity which can be recognised by the cleaner. Where the threshold locator is a passive resonant circuit, the special identity can be a response at a resonant frequency which is different from the resonant frequency generated by the other threshold locators

-9-

32C, 32D. The cleaner can be programmed to operate so that it firstly regards the threshold marked by threshold locator 32B as a part of the boundary which should not be crossed. Once the cleaner has completely traversed the floor area in room 120, it can then cross the threshold marked by threshold locator 32B and move into room 122. The cleaner uses an appropriate method to establish when the room 120 has been completely traversed. One preferred method operates the cleaner to cover the floor area in a generally inwardly spiralling manner towards the centre of the room, the cleaner stepping inwardly after each circuit of the room and determining that it has completely traversed the room when it has reached the centre of the room. Upon determining that the room has been completely traversed, the cleaner navigates itself to the threshold locator that marks the threshold to entering the adjacent room 122. Threshold locator 32B carries some form of identification to allow a user to recognise this locator as one that should be used at the threshold between rooms, such as text marking.

Figure 6 shows a flow diagram of a preferred method performed by the cleaner to detect the presence of a threshold locator and Figure 7 schematically shows the functional blocks of the cleaner which perform this method.

Threshold detector 30 provides an output which is representative of the field generated by the threshold locator. As described above, this field can be generated by a passive resonant circuit at the locator 32 in response to an exciting signal generated by the cleaner. A field strength monitor function 80 receives the signal from the threshold detector hardware (typically a receive coil and an amplifier) and converts this into a value indicative of the received field strength. This can be achieved by using an analogue to digital converter. This activity is shown as step 200 in Figure 6.

The field strength value is compared with a limit by a comparison function 81. When the field strength of the received signal exceeds the limit, then a threshold locator is deemed to be present close to the cleaner and a control signal is sent to the navigation system 90 (step 202).

The navigation system then navigates the cleaner along a path around the threshold

-10-

locator. It achieves this by receiving the output of the field strength monitor 80 and steering the cleaner so as to maintain the received field strength at a predetermined limit (step 204).

- 5 The navigation system 90 sends control signals to traction motors 20, 21. In order to detect when the cleaner has passed the threshold, the navigation system continues to receive inputs from its other sensors, the infra-red 27a, 27b and ultrasonic sensors 28, 29, and determines when a room feature reappears that the cleaner can track. (Step 206).  
When a room feature is detected, the cleaner continues navigation around the room in a  
10 normal manner. (Step 208).

The path of the cleaner around the threshold locator 32B is shown in detail in Figure 5C.

- As previously described, a preferred method of navigating the cleaner around a room is based on storing measurements from the on-board sensors whenever the cleaner reaches  
15 a room feature, known as "waypoints". As the cleaner travels around the perimeter of the room, it stores waypoints at room features where the cleaner is forced to change direction. The cleaner follows a path which is parallel and close to the wall 110 (path 100). At position 101 the cleaner attempts to follow the wall as the cleaner considers the door frame to be a continuation of the wall. However, the threshold detector detects  
20 the presence of the threshold locator 32B and the navigation system stops its normal wall-tracking operation. Instead, the cleaner follows a path which is generally parallel path to the edge of the threshold locator 32B (102) until the cleaner reaches point 103 where the other sensors detect the presence of the door frame and wall (112). When the cleaner first detects the presence of a threshold locator (position 101) it takes a  
25 waypoint, i.e. it stores measurements from on-board sensors. On subsequent circuits of the room, when the cleaner is travelling around the room at a distance inwardly from the perimeter of the room (known as a scan distance), the cleaner may not be able to directly detect the presence of the threshold locator. Passive resonant circuits can only be detected when the exciting coil on the cleaner and the resonant coil on the threshold  
30 locator 32 are closely located to one another. On a subsequent circuit of the room (path 105, Figure 5C) the cleaner detects the edge of wall 110. Two alternative ways of operating the cleaner on subsequent circuits will now be described.



-11-

In the first method, the cleaner takes a waypoint at point 106 upon detecting the edge of wall 110. By comparing the data at this new waypoint 106 with previously stored data, it finds that the new data matches the data for position 101. It knows, from the record in  
5 waypoint database, that point 101 represents the start of a part of the boundary of the room that is marked by threshold locator 32B. Therefore, the cleaner continues to move forward (direction 107) rather than attempting to follow the physical boundary of the room (wall 110). If necessary, the cleaner can detect the presence of wall 112 at position 108, take a waypoint, and by matching, can match this with the data taken at position  
10 103 which the cleaner knows is the end of the boundary marked by the threshold locator 32B.

In an alternative method, upon detecting the edge of wall 110 at point 106, the cleaner tracks the wall 110 to arrive at point 101 where it detects threshold locator 32B. The  
15 cleaner then moves along the boundary defined by the threshold locator 32B in the same manner as previously described for the perimeter circuit until, at point 103 it detects the wall and moves inwardly to resume a circuit of the room at the same scan distance at which the cleaner was previously operating.

20 In the schematic diagram of Figure 7, the field strength monitor 80, comparison function 81 and navigation system 90 can all be realised as software running on the processing circuitry 23 (Fig. 2).

-12-

Claims

1. An autonomous vehicular appliance in combination with at least one portable threshold locator which can be placed, in use, at a location to define at least part of a  
5 boundary of an area within which the autonomous vehicular appliance is to be confined at least temporarily, the appliance being provided with a navigation system for navigating the appliance around the area and a detection system to allow the appliance to detect the presence of the portable threshold locator, the detection system comprising means for receiving a signal from the threshold locator and the appliance being arranged  
10 to use the received signal to detect the part of the boundary defined by the threshold locator.
2. The combination according to claim 1 wherein the appliance is arranged to use the received signal to prevent the appliance from crossing the part of the boundary  
15 defined by the threshold locator.
3. The combination according to claim 1 wherein the appliance is arranged to use the received signal to prevent the appliance from crossing the part of the boundary marked by at least one of the threshold locators until a certain condition is met.  
20
4. The combination according to claim 3 wherein the appliance is arranged to prevent itself from crossing the part of the boundary marked by said at least one of the threshold locators until the area has been completely traversed by the appliance.
- 25 5. The combination according to claim 3 or 4 wherein said at least one of the threshold locators transmits a signal which is indicative of the threshold locator marking a threshold to another area.
6. The combination according to any one of the preceding claims, wherein the  
30 autonomous vehicular appliance includes a signal transmitter and a signal receiver and the threshold locator includes means for modifying a signal received from the signal transmitter and for transmitting the modified signal to the signal receiver.

-13-

7. The combination according to claim 6, wherein the modifying means includes a passive circuit.
- 5 8. The combination according to claim 7, wherein the passive circuit is a loop resonator circuit and the signal transmitter is arranged to transmit a signal at or close to the resonant frequency of the loop resonator circuit.
9. The combination according to claim 8, wherein the threshold locator is elongate  
10 and the resonant circuit is distributed along the length of the locator.
10. The combination according to claim 6, wherein the transmitter generates a magnetic signal and the modifying means includes a metal alloy.
- 15 11. The combination according to any one of claims 1 to 5, wherein the threshold detector includes a signal transmitter and the autonomous vehicular appliance includes a signal receiver.
12. The combination according to any one of the preceding claims, wherein the  
20 navigation system includes a light detector for detecting the level of ambient light, memory means for storing information representative of the level of ambient light when the autonomous vehicular appliance changes direction and means for comparing the level of ambient light with previously stored information so that the autonomous vehicular appliance can identify when the level of ambient light is the same or  
25 substantially the same as a level previously stored.
13. The combination according to any one of the preceding claims, wherein the navigation system also comprises a plurality of sensors for detecting obstacles and features of the room.  
30
14. The combination according to any one of the preceding claims, wherein the detection system comprises means for detecting when a parameter of the received signal

-14-

meets a required condition.

15. The combination according to claim 13, wherein the detection system comprises means for detecting when the field strength of the received signal exceeds a predetermined limit.

16. The combination according to claim 15 wherein, upon detecting that the received signal exceeds a predetermined limit, the navigation system is arranged to navigate the appliance in a direction to follow a path of substantially equal field strength.

10

17. An autonomous vehicular appliance comprising a navigation system for navigating the appliance around an area and a detection system to allow the appliance to detect the presence of a portable threshold locator which can be placed, in use, at a location to define at least part of a boundary of an area within which the autonomous vehicular appliance is to be confined at least temporarily, the detection system comprising means for receiving a signal from the threshold locator and the appliance being arranged to use the received signal to detect the part of the boundary defined by the threshold locator.

18. An autonomous vehicular appliance according to claim 17 which is arranged to use the received signal to prevent the appliance from crossing the part of the boundary defined by the threshold locator.

19. An autonomous vehicular appliance according to claim 17 which is arranged to prevent itself from crossing the part of the boundary marked by at least one of the threshold locators, until a certain condition is met.

20. An autonomous vehicular appliance according to claim 19 which is arranged to prevent itself from crossing the part of the boundary marked by said at least one of the threshold locators until the area has been completely traversed by the appliance.

30

21. An autonomous vehicular appliance according to claim 19 or 20 which is

-15-

arranged to detect a signal which is indicative of said at least one of the threshold locators marking a threshold to another area.

22. An autonomous vehicular appliance according to any one of claims 17 to 21  
5 comprising a signal transmitter for transmitting a signal to the threshold locator and a signal receiver for receiving a signal from the threshold locator.
23. An autonomous vehicular appliance according to claim 22 wherein the  
transmitter transmits a signal for exciting a resonant circuit in the threshold locator and  
10 the receiver receives a signal modified by the resonant circuit.
24. An autonomous vehicular appliance according to any one of claims 17 to 23,  
wherein the navigation system includes a light detector for detecting the level of ambient  
light, memory means for storing information representative of the level of ambient light  
15 when the autonomous vehicular appliance changes direction and means for comparing  
the level of ambient light with previously stored information so that the autonomous  
vehicular appliance can identify when the level of ambient light is the same or  
substantially the same as a level previously stored.
- 20 25. An autonomous vehicular appliance according to any one of claims 17 to 24,  
wherein the navigation system also comprises a plurality of sensors for detecting  
obstacles and features of the room.
26. An autonomous vehicular appliance according to any one of claims 17 to 25,  
25 wherein the detection system comprises means for detecting when a parameter of the  
received signal meets a required condition.
27. An autonomous vehicular appliance according to claim 26, wherein the detection  
system comprises means for detecting when the field strength of the received signal  
30 exceeds a predetermined limit.
28. An autonomous vehicular appliance according to claim 27 wherein, upon

-16-

detecting that the received signal exceeds a predetermined limit, the navigation system is arranged to navigate the appliance in a direction to follow a path of substantially equal field strength.

5 29. The combination or the appliance according to any one of the preceding claims, wherein the autonomous vehicular appliance is a robotic floor cleaning device.

30. The combination or the appliance according to claim 29, wherein the robotic floor cleaning device is a robotic vacuum cleaner.

10

31. A method of cleaning an area using an autonomous vehicular appliance, the method comprising placing at least one portable threshold locator at a location to define at least part of a boundary of an area within which the autonomous vehicular appliance is to be confined at least temporarily, and operating the appliance to clean the area,  
15 wherein the appliance uses a navigation system to navigate around the area and a detection system to allow the appliance to detect the presence of the portable threshold locator, the detection system receiving a signal from the threshold locator and the appliance using the received signal to detect the part of the boundary defined by the threshold locator.

20

32. An autonomous vehicular appliance, a combination of an autonomous vehicular appliance and a threshold locator or a method of cleaning a floor area substantially as described herein with reference to the accompanying drawings.

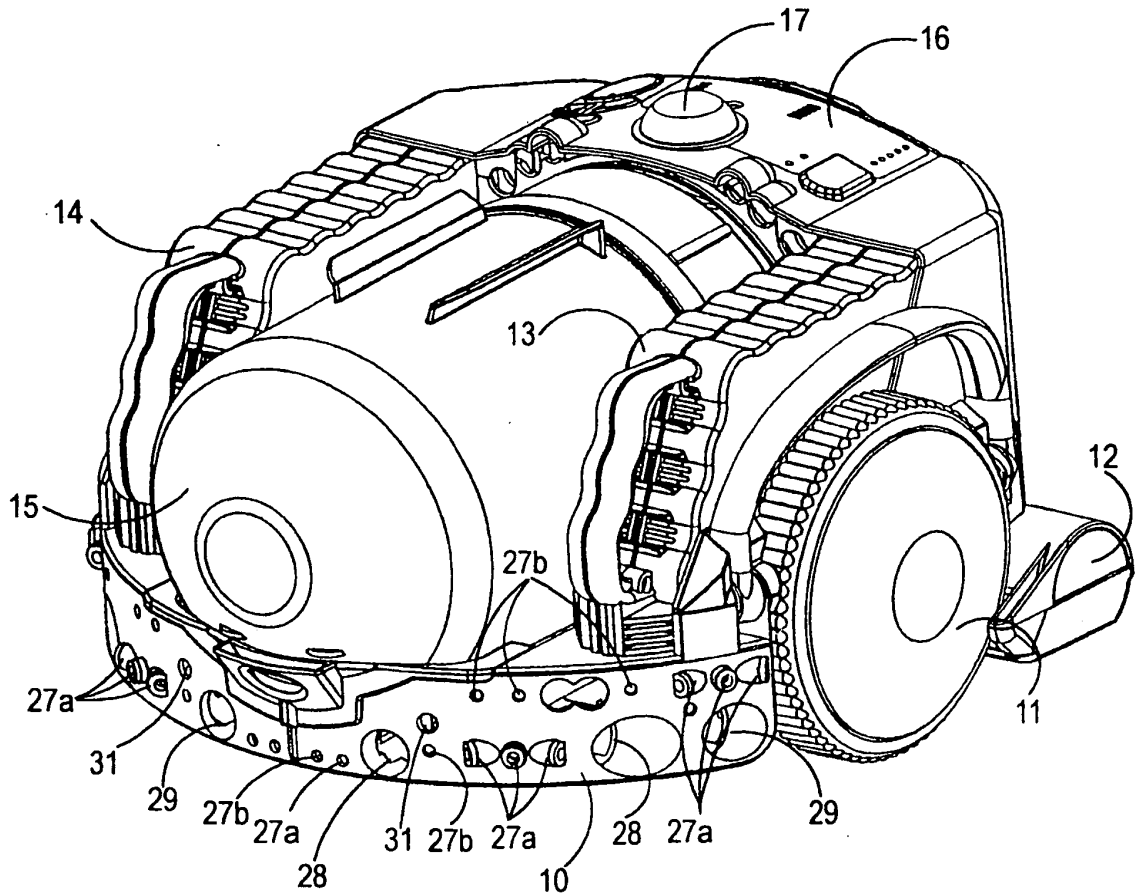


FIG.1.

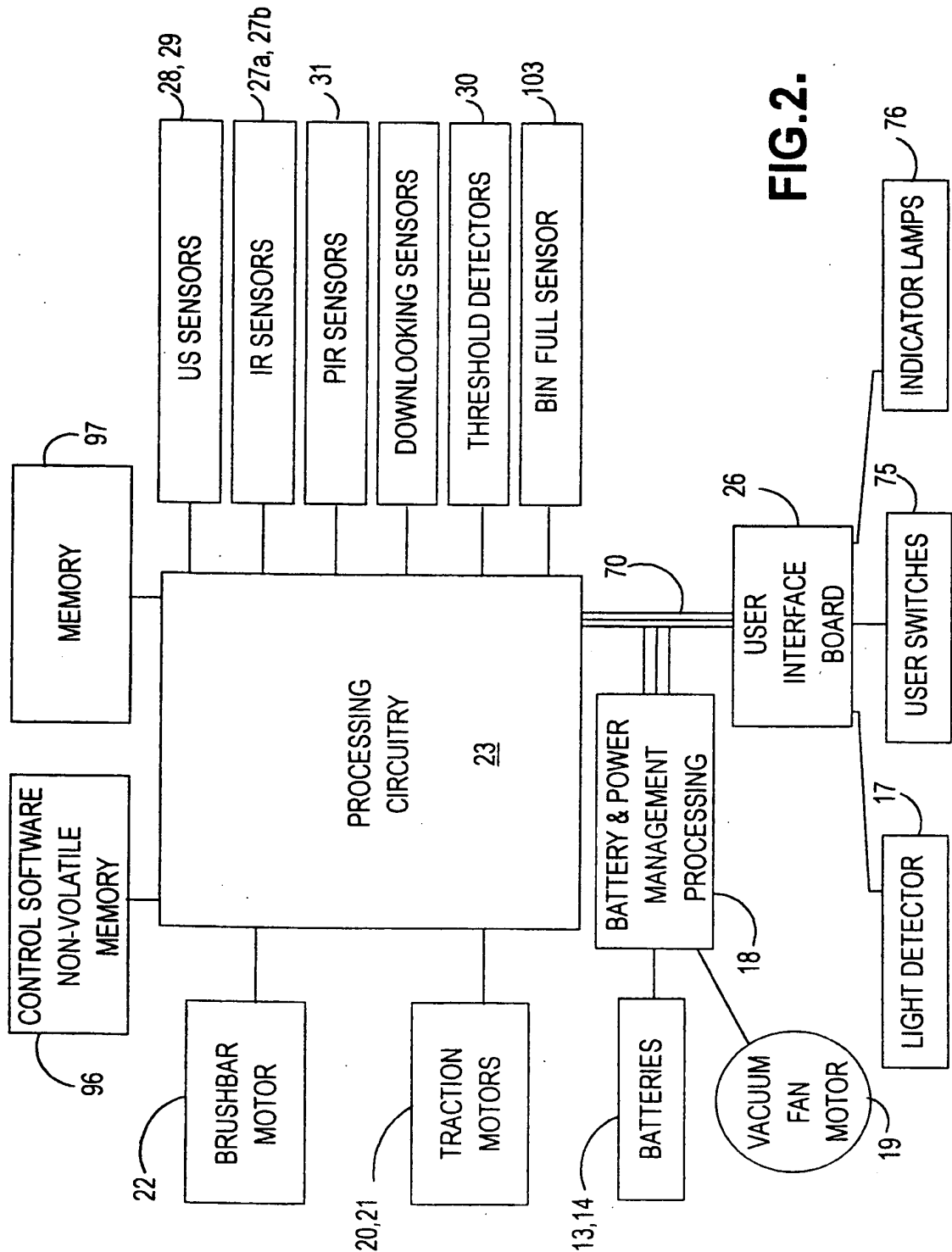


FIG. 2.



3/7

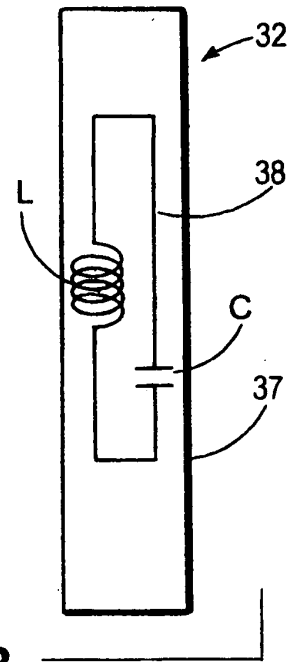
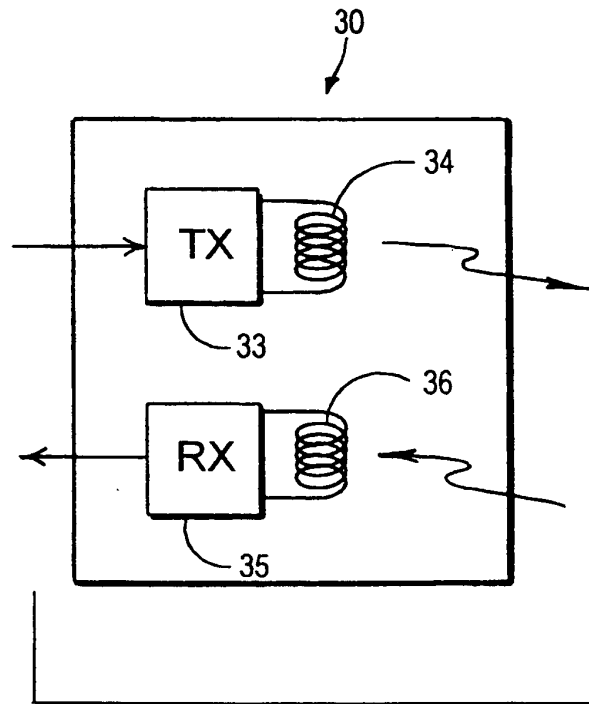


FIG.3.

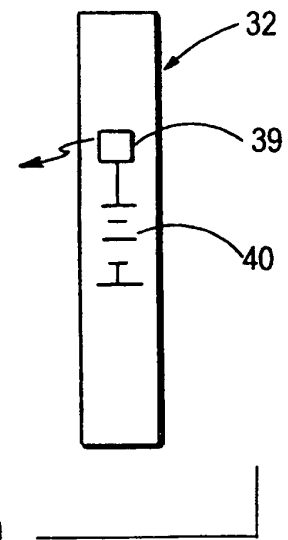
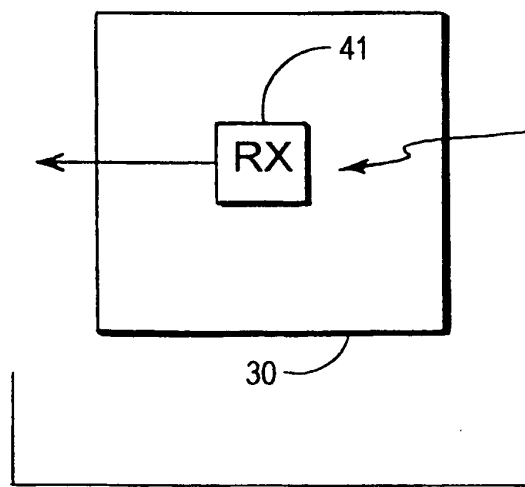


FIG.4.

4/7

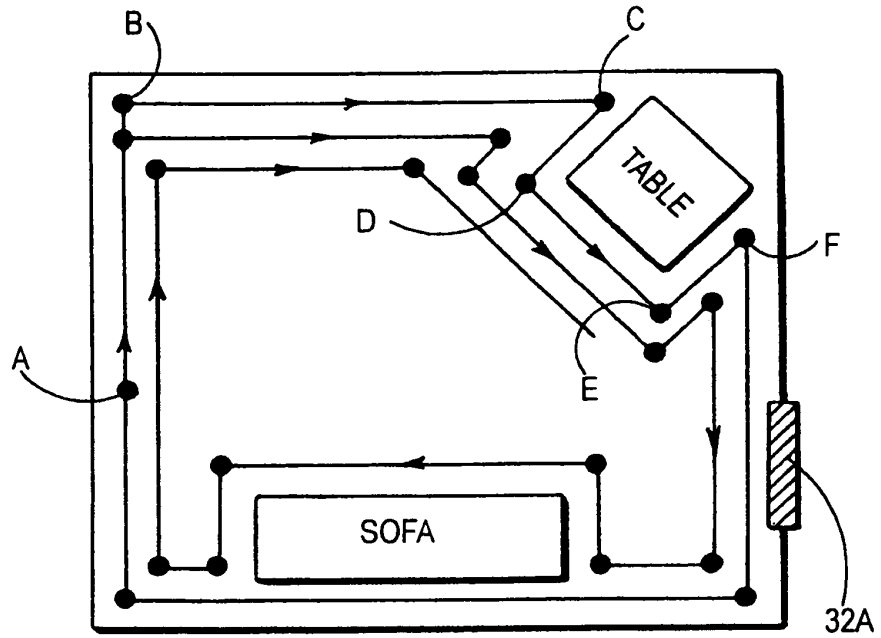


FIG.5A.

5/7

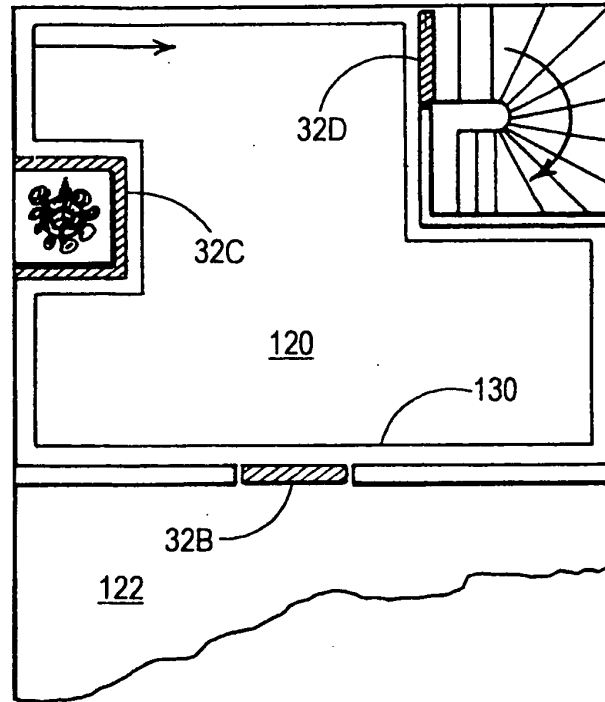


FIG. 5B.

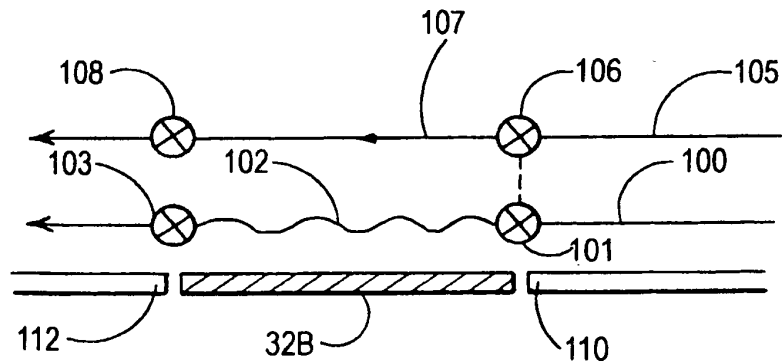


FIG. 5C.

6/7

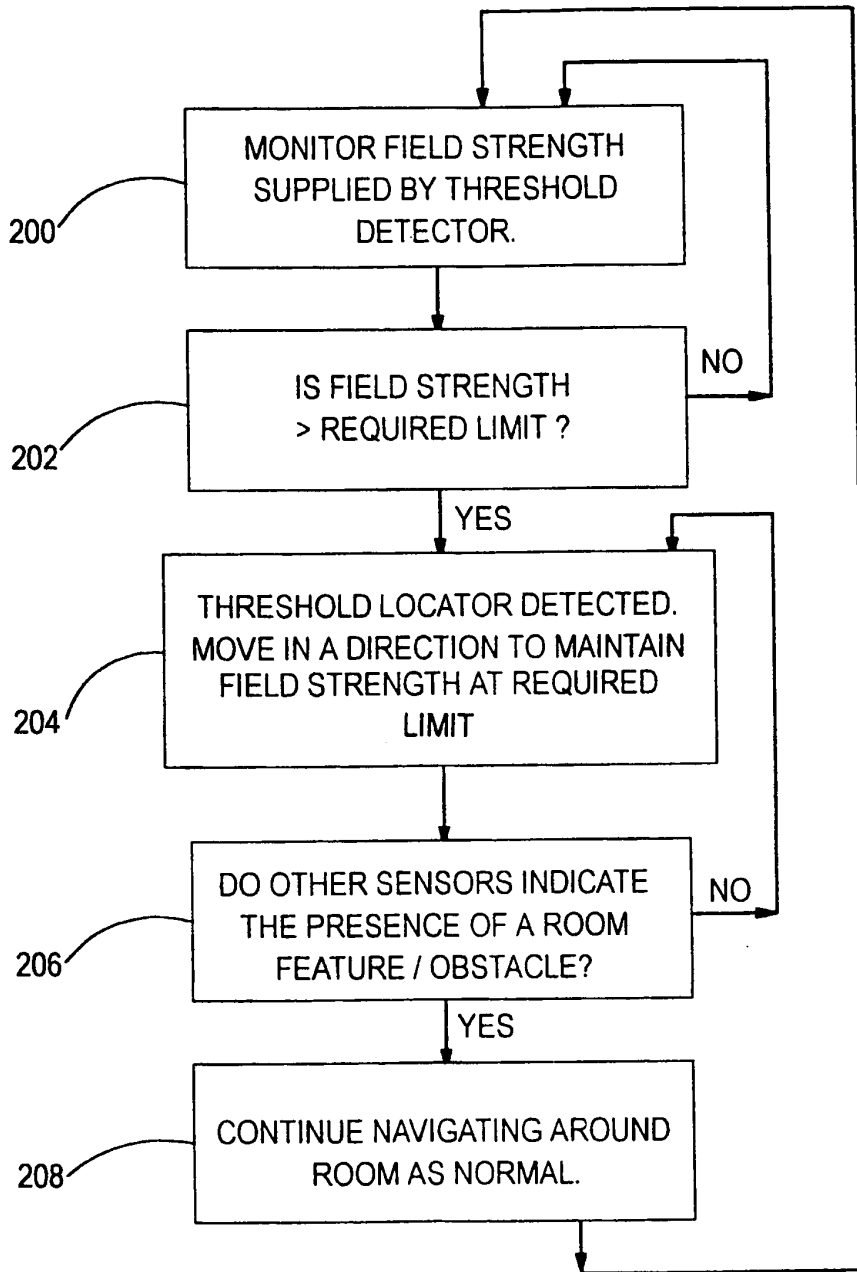


FIG.6.

717

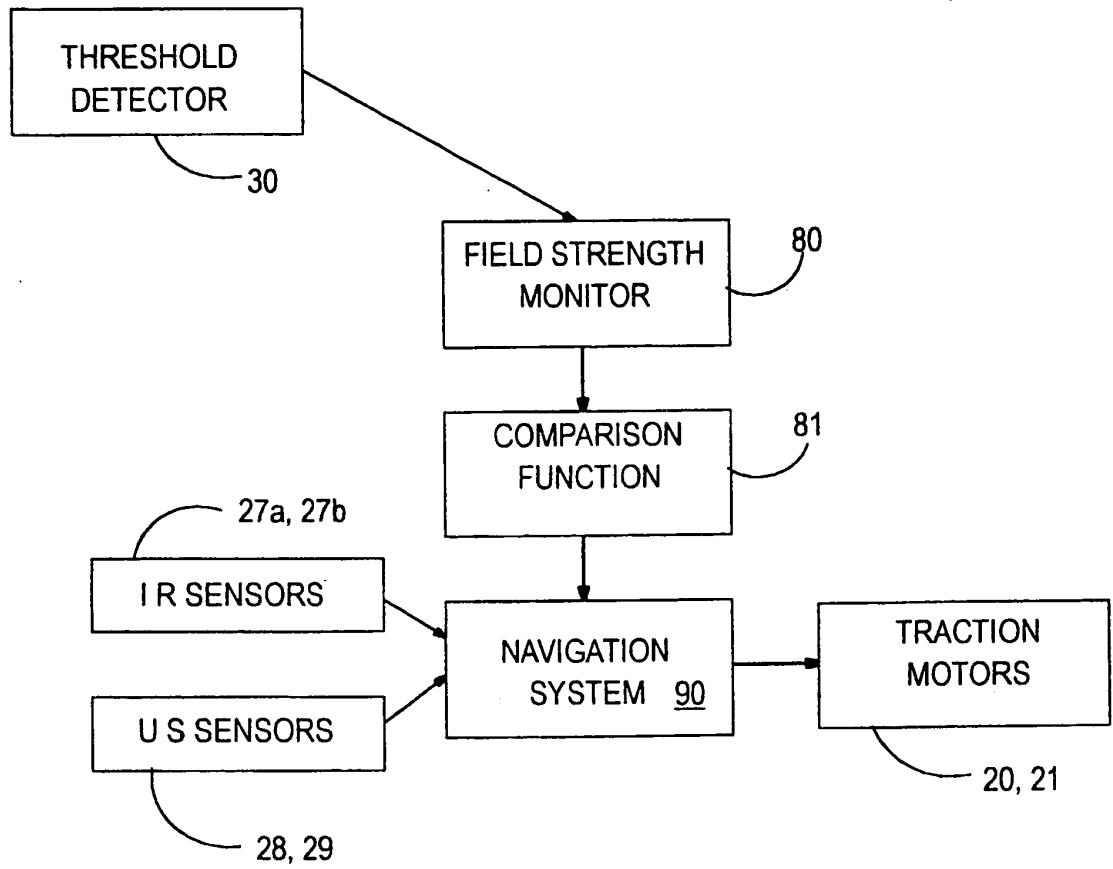


FIG. 7.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/GB 99/04259

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> IPC 7 G05D1/02 A47L11/40		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b>		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC 7 G05D A47L		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 0 774 702 A (FRIENDLY MACHINES LTD) 21 May 1997 (1997-05-21)  column 8, line 17 -column 13, line 52; figures 1,5A,11A-16	1,2,6-8, 11,17, 18,22, 23,29,31
Y		3,19
X	US 5 165 064 A (MATTABONI PAUL J) 17 November 1992 (1992-11-17) column 1, line 7 -column 8, line 19; figures 1-5	1,2,13, 17,18,25
	-/-	
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of box C.		
<input checked="" type="checkbox"/> Patent family members are listed in annex.		
* Special categories of cited documents :		
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art. "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search  6 March 2000		Date of mailing of the international search report  21/03/2000
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax (+31-70) 340-3016		Authorized officer  Helot, H

1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/GB 99/04259

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	<p>PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 016, no. 543 (P-1451), 12 November 1992 (1992-11-12) &amp; JP 04 205007 A (TOSHIBA CORP), 27 July 1992 (1992-07-27) abstract</p>	3, 19

1

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/GB 99/04259

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 0774702 A	21-05-1997	NONE	
US 5165064 A	17-11-1992	NONE	
JP 04205007 A	27-07-1992	NONE	



(12) INTERNATIONAL APPLICATION PUBLISHED UNDER THE PATENT COOPERATION TREATY (PCT)

(19) World Intellectual Property Organization  
International Bureau



(43) International Publication Date  
1 February 2001 (01.02.2001)

PCT

(10) International Publication Number  
WO 01/06904 A1

(51) International Patent Classification<sup>7</sup>: A47L 5/30, 9/28

(21) International Application Number: PCT/GB00/02815

(22) International Filing Date: 20 July 2000 (20.07.2000)

(25) Filing Language: English

(26) Publication Language: English

(30) Priority Data:  
9917232.2 23 July 1999 (23.07.1999) GB

(71) Applicant (for all designated States except US):  
NOTETRY LIMITED [GB/GB]; Kingsmead Mill,  
Little Somerford, Wiltshire SN15 5JN (GB).

(72) Inventors; and

(75) Inventors/Applicants (for US only): CLARK, Alan,  
Gerard [GB/GB]; 29B St. Johns Road, Clifton, Bristol  
BS8 2HD (GB). BISSET, David, Lindsey [GB/GB]; 4

Chandler Way, Chippenham, Wiltshire SN15 3YG (GB).  
ALDRED, Michael, David [GB/GB]; 16 Sutherland  
Crescent, Cepen Park North, Chippenham, Wiltshire SN14  
6RS (GB).

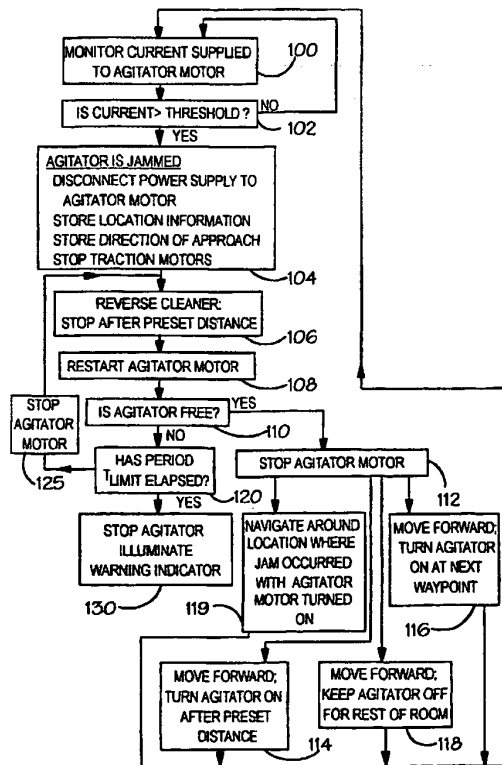
(74) Agents: SMITH, Gillian, Ruth et al.; Dyson Research  
Limited, P.O. Box 2080, Malmesbury, Wiltshire SN16  
0SW (GB).

(81) Designated States (national): AE, AG, AL, AM, AT, AU,  
AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CR, CU, CZ,  
DE, DK, DM, DZ, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR,  
HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR,  
LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ,  
NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM,  
TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZW.

(84) Designated States (regional): ARIPO patent (GH, GM,  
KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW), Eurasian  
patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), European

[Continued on next page]

(54) Title: ROBOTIC FLOOR CLEANING DEVICE



(57) Abstract: A robotic floor cleaning device comprises a chassis (10), motor-driven wheels (11) supporting the chassis (10), a motor-driven suction fan (9), a dirty air inlet (2) and a motor-driven rotatable agitator (4) at the dirty air inlet (2) for agitating the surface. A control system navigates the device around a room and distributes power to the motor-driven wheels (11) and to the agitator (4). The control system detects when the agitator (4) has jammed (100, 102) and, in the event of a jam, attempts to clear the jam (104, 106). After successfully clearing the jam the control system turns the agitator (4) off (114, 116, 118) or navigates the cleaning device around the location at which the jam occurred (119). The cleaning device can store the location of the jam for use in preventing further jams when the cleaning device returns to a similar position in the room.

WO 01/06904 A1



patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), OAPI patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

*For two-letter codes and other abbreviations, refer to the "Guidance Notes on Codes and Abbreviations" appearing at the beginning of each regular issue of the PCT Gazette.*

**Published:**

— *With international search report.*

### Robotic Floor Cleaning Device

This invention relates to a robotic floor cleaning device and to a method of operating such a device.

Vacuum cleaners operate by having a fan unit which draws dirt-laden air through a dirty air inlet and then through a separating arrangement which separates the dirt from the air. Often the dirty air inlet will have a beater bar or brush roller which is rotated to agitate the floor covering and loosen the dirt so as to increase the amount of dirt and dust which is drawn into the cleaner via the dirty air inlet.

Robotic floor cleaning devices are known. Such devices can move around on a work surface according to a predetermined pattern or by random changes of direction of movement, cleaning the surface of dust and dirt as it travels. The device can be battery powered and will have a chassis, wheels to support the chassis, separate drive motors to drive the wheels, a suction fan, and a rotatable beater bar or brush roller. It is recognised that the rotating brush roller or beater bar can cause problems when there are loose carpet tassels or fringes and the like present on the floor because the tassels can become entangled with the brush roller or beater bar.

International Patent Application WO 97/40734 attempts to tackle this problem in an autonomous device having a brush roller. The device is programmed with a sequence so that, if there is an indication of the brush roller becoming jammed (which will often be due to the presence of a fringe or tassels), the brush roller motor is disconnected whereafter the motor is again transitorily switched on but in the opposite direction. This makes it possible for the carpet fringes to be unwound from the brush roller and fed out. When this reverse rotation step has been completed the brush roller motor is again stopped and thereafter the drive is reconnected so that the brush roller is rotated in the original direction of rotation.

It is stated in the aforementioned published application that in the normal case this would be sufficient for the release of the brush roller so that the normal cleaning function can be re-established. It is also stated that, should this not be the case, the disentanglement procedure will be repeated.

In the published application the drive current of the brush roller motor is sensed and compared with a limit value in order to detect whether the brush roller is jammed. If the limit is exceeded, the current driving the brush roller motor is first stopped and then applied in the opposite direction in order to rotate the brush roller in the reverse direction. When normal cleaning is to be resumed the motor current is again applied in the initial direction.

International Patent Application WO 99/28800 shows a robotic cleaner with a rotary brush where the brush is freed by cutting the power supply to the motor and performing a series of manoeuvres.

In both of these applications, manual intervention is required if the cleaner cannot successfully free the brush roller.

It is an object of the present invention to provide a robotic floor cleaning device which can more successfully cope with its environment.

According to the present invention there is provided a robotic floor cleaning device comprising a chassis, motor-driven wheels supporting the chassis, a motor-driven suction fan, a dirty air inlet, a motor-driven rotatable agitator at the dirty air inlet for agitating the surface to be cleaned, a control system for navigating the device around a room and for distributing power to the motor-driven wheels and to the agitator, the control system being arranged to operate the device in a first mode of operation in which power is supplied to the motor-driven wheels to move the device in a forward direction and power is supplied to the agitator, the control system further being arranged to detect

when the agitator has jammed and, in the event of a jam, to attempt to clear the jam and after successfully clearing the jam to proceed in a second mode of operation.

In the second mode of operation, the control system can be arranged to turn off the agitator or to navigate the cleaning device around the position where the jam occurred. The cleaning device can remain in the second mode of operation for a preset distance or time or until some other condition is met.

By operating in a second mode of operation, the agitator is less likely to become jammed a second time, thus saving time and power which would otherwise be expended in carrying out the further attempts to clear the jam. Some environments where the cleaning device is operated may have obstacles such as rugs with tassels which cannot be negotiated with the agitator in use. By providing the second mode of operation, the cleaning device is better able to cope with these environments without manual intervention.

Preferably the cleaning device attempts to clear the jam by disconnecting the power to the agitator and then reversing the rotation of the motor-driven wheels of the device to move the device in a reverse direction.

A further aspect of the invention provides a robotic floor cleaning device comprising a chassis, motor-driven wheels supporting the chassis, a motor-driven suction fan, a dirty air inlet, a motor-driven rotatable agitator at the dirty air inlet for agitating the surface to be cleaned, a control system for navigating the device around a room and for distributing power to the motor-driven wheels and to the agitator, the control system being arranged to operate the device in a first mode of operation in which power is supplied to the motor-driven wheels to move the device in a forward direction and power is supplied to the agitator, to detect when the agitator has jammed and, in the event of a jam, to attempt to clear the jam and to store information representative of the location of the jam, the control system further being arranged to subsequently navigate

the cleaning device around the room and to operate the device in a second mode of operation when the device approaches the location of a previous jam.

In the second mode of operation, the control system can turn off the agitator, navigate the cleaning device around the location where the agitator jammed or navigate the device so that the location at which the agitator became jammed is not overrun except from a direction different from the direction of first approach thereto.

By operating in a second mode of operation the before the jam location is reached, the agitator is less likely to become jammed a further time, thus saving time and power which would otherwise be expended in carrying out the further attempts to clear the jam.

Further preferable and advantageous features of the invention are set out in the subsidiary claims.

In order that the invention may be more clearly understood, reference will now be made to the accompanying drawings, wherein:-

Figure 1 is a perspective view of a robotic vacuum cleaner embodying the invention;

Figure 2 is an underneath view of the cleaner in Figure 1 with a small part cut away to show the brush bar motor and belt drive;

Figure 3 is a block circuit diagram of the power management system and navigation system of the cleaner of Figure 1;

Figure 4 is a more detailed block circuit diagram of the power management system shown in Figure 3;

Figure 5 is a schematic view illustrating operation of the cleaner of Figure 1;

Figures 6 and 7 are flow charts showing the method of operation of the cleaner after the brush bar has become jammed.

Referring firstly to Figure 1 of the drawings, there is shown therein a robotic floor cleaning device in the form of a robotic vacuum cleaner comprising a chassis 10, two drive wheels 11, a brush bar housing 12, two rechargeable batteries 13 and 14, a cyclonic separator 15 of the type described in European Patent No. EP 042 723, a user interface 16, one (or more) light detectors 17 and various sensors 19 and 27 to 31 which will be more particularly described hereinafter. Each drive wheel 11 has an overmoulded ribbed tyre 11A of soft, rubbery plastic which gives a strong grip for driving the cleaner. The light detector 17 detects light received from a plurality of compass points around the vacuum cleaner and is more particularly described in our International Patent Application No. WO 00/38027. The details of the operation of the light detector 17 are not essential to the present invention and will not be described any further here.

Referring to Figure 2, mounted on the underside of the chassis 10 is a cleaner head 12 which includes a suction opening 2 facing the surface on which the cleaner is supported. The suction opening 2 is essentially rectangular and extends across the majority of the width of the cleaner head 12. A brush bar 4 is rotatably mounted in the suction opening 2. The cut-away portion 2A of the underside of the cleaner head 12 reveals the brush bar motor and drive arrangement within the cleaner head 12. A motor 22 is mounted in the cleaner head 12 for driving the brush bar 4 by way of a drive belt 5 extending between a shaft pulley 22A of the motor 22 and the pulley 4A of the brush bar 4. The cleaner head 12 is mounted on the chassis 10 in such a way that the cleaner head 12 is able to float on the surface to be cleaned. This is achieved by a mounting which includes double articulation between the cleaner head 12 and the chassis 10. The double articulation of the connection between the cleaner head 12 and the chassis 10 is more particularly described in our International Patent Application No. WO 00/36965. It allows the

cleaner head 12 to move freely in a vertical direction with respect to the chassis 10. This enables the cleaner head 12 to climb over small obstacles such as books, magazines, rug edges etc. Obstacles of up to approximately 25mm in height can be traversed in this way. A castor wheel 6 is located at the trailing edge of the chassis 10 and is swivellingly mounted on the chassis by means of a swivel joint 7. The castor wheel 6 also includes a ramped portion 8 which provides additional assistance when the cleaner encounters an obstacle and is required to climb over it. In this way, the castor wheel 6 will not become lodged against the obstacle after the drive wheels 11 have moved beyond it.

The cleaner head 12 is asymmetrically mounted on the chassis 10 so that one side of the cleaner head 12 protrudes beyond the general circumference of the chassis 10. This allows the cleaner to clean up to the edge of a room on the side of the cleaner on which the cleaner head 12 protrudes.

The circuit shown in Figure 3 comprises the two rechargeable batteries 13 and 14, a battery and motor management system 18, a motor and suction fan unit 9, motors 20 and 21 for driving the left and right hand wheels 11 of the vacuum cleaner, the motor 22 for driving the brush bar 4 of the vacuum cleaner, processing circuitry 23 (which includes a microprocessor and field programmable gate arrays) for a navigation system 34 (see Figure 4), left and right hand sensor interfaces 24, 25 respectively, a user interface board 26 and the light detector 17.

The navigation system of the robotic vacuum cleaner includes a plurality of infrared sensors 27, a plurality of ultrasonic sensors 19, threshold detectors 30 for detecting the presence of a portable threshold locator (not shown) beyond which the robotic vacuum cleaner may not pass, and one or more pyroelectric detectors 31 for detecting animals and fires. The infrared sensors comprise infrared transmitters 27a and infrared receivers 27b and the ultrasonic sensors 19 comprise ultrasonic transmitters 19a and ultrasonic receivers 19b. There are four main ultrasonic receivers 19b which face forwards,



rearwards and to opposite sides of the robotic vacuum cleaner. The signals received by these receivers 19b not only provide information representative of the distance of the robotic vacuum cleaner from a feature of the room or from an object in the room but also the amplitude and width of the received signals vary according to the size and shape of the feature or object and the type of material sensed.

As shown in Figure 4, the battery and motor management system 18 comprises a central processor 33 which receives data from battery monitors (not shown) in the rechargeable batteries 13, 14. The processor 33 calculates the charge remaining in the batteries 13, 14 and passes this information on to the processing circuitry 23 of the navigation system 34.

The central processor 33, typically a Hitachi H8/3334 F microprocessor, is connected to the user interface board 26 and supplies power to the navigation system 34 which includes the processing circuitry 23 and sensors 19 and 27 to 31. It also supplies power to the motors 20, 21 and 22 and the fan unit 9.

A switch 35 is located on the user interface 16 (see Figure 1). The switch 35 interacts directly with the processor 33. Pressing the switch 35 a first time initiates a power down sequence which ultimately sets the processor 33 into an inactive state. Pressing the switch 35 a second time activates the processor 33 which then executes a power-up sequence to enable the robotic vacuum cleaner to be used for cleaning.

Communication lines 36 between the processor 33 and the navigation system 34 carry data relating to the batteries 13, 14, the fan unit 9 and the power supply 37 in one direction, and control information in the other direction.

The battery and motor management system 18 includes a power supply unit 37 for providing a regulated supply to the navigation system 34. The power supply unit 37 and the motors 20, 21 and 22 and fan unit 9 have current sensors (not shown) and these

allow the processor 33 to monitor the current taken by the power supply unit 37 and the motors 20, 21 and 22 and the fan unit 9 and to shut down the relevant power supply if a predefined limit is exceeded. Information relating to the current taken by the motors 20 and 21 also provides an indication of the gradient and type of surface over which the vacuum cleaner is moving. The outputs from the current sensors are analogue signals. These are conditioned and then converted to digital values for subsequent processing by analogue-to-digital converters integrated into the processor 33 and communicated to the navigation system 34.

The traction and brush bar motors 20, 21 and 22 require pulse width modulation (PWM) speed control. The system therefore has three PWM generators capable of providing 0-100% PWM at >50 kHz with a resolution of 1/128. The PWM control of the motors 20, 21 and 22 is carried out in the navigation system 34.

The provision of two separate processing system 23 and 33 allows each system to carry out an integrity check on the respective other system and to shut down the vacuum cleaner if a fault is detected.

The particular method of operating and navigating the robotic vacuum cleaner is not a part of the present invention. Suffice it to say that the control and navigation system 34 will drive the cleaner around an area to be cleaned and the various sensors 19 and 27 to 31 will detect any portable threshold locators, obstacles in the room and other room features, such as corners of the room and fireplaces, and the processing circuitry 23 will navigate the robotic vacuum cleaner in order to avoid any such obstacles and to change direction when a corner of the room is reached. One particular operating method is described in more detail in our International Patent Application No. WO 00/38025. The navigation system therein described includes light detector apparatus. This allows the cleaner to locate itself in a room by identifying when the light levels detected by the light detector apparatus is the same as or substantially the same as the light levels previously detected by the light detector apparatus. The information received from the

light detector apparatus in conjunction with information received from obstacle avoidance sensors is used to navigate the cleaner around the room. One aspect of the present invention makes use of the ability of the navigation system to locate the cleaner in the room and therefore the cleaner of the present invention can incorporate features of the cleaner described in WO 00/38025 which is incorporated herein by reference.

In one mode of operation, therefore, the robotic vacuum cleaner of the present invention is, typically, placed alongside a wall of a room to be cleaned and energised to move forwardly along the wall and so along the edge of the room. The various sensors 19, 27-31 will detect any obstacles in the room and other features, such as corners of the room and fireplaces, and the navigation system 34 will navigate the robotic vacuum cleaner in order to avoid any such obstacles and to change direction when a feature of a room is reached. At each change of direction (way point), the navigation system 34 will store information received from the light detector 17 and also from the ultrasonic receivers 19b in memory 50. It will also store information regarding the direction in which the cleaner is required to turn at each way-point. It will also periodically monitor the information received from the light detector 17 and the ultrasonic receivers 19b and compare this with information previously stored. When the robotic vacuum cleaner reaches a position in which the information received from the light detector 17 and the four main ultrasonic receivers 19b is the same or substantially the same as information previously stored, the navigation system 34 will determine that the robotic vacuum cleaner has completed a full traverse around the room. The navigation system 34 is programmed to cause the robotic vacuum cleaner to move inwardly by one cleaner-width or substantially one cleaner-width. The navigation system 34 will then be able to identify further way-points by comparing the information received from the light detector 17 and the four main ultrasonic receivers 19b with previously stored information and this will enable the robotic vacuum cleaner to navigate itself around the room in a generally inwardly spiral manner whilst simultaneously avoiding any obstacles in its path.

If the robotic vacuum cleaner is initially placed in the middle of the room, it will travel until it finds a wall or obstacle. If it finds a wall it will then follow the path described above. If it finds a feature (such as a central fireplace) or an obstacle in the centre of the room, it will complete a circuit around that feature or obstacle and then follow a generally outwardly spiral path, still avoiding obstacles as and when necessary.

More specifically, if the vacuum cleaner starts from position A shown in Figure 5 and moves along the edge of the room adjacent the first wall W1 in a clockwise direction, at position B it will sense the presence of the second wall W2 in front of it and will turn 90° to the right. It will already know from the sensors that there is a wall W2 on its left hand side. The cleaner will then continue until it reaches position C when it will sense the presence of the third wall W3 in front and will turn 90° to the right again to run along the side of the third wall W3. The cleaner is programmed to keep one side close to the nearest wall or obstacle or close to the most recently covered circuit of the room. Thus, when it reaches position D it will again turn right through 90° and follow the fourth wall W4 until it reaches position E when it will turn right again until it approaches position B again. At position B the light detector 17 and four main ultrasonic receivers 19b will detect information which is the same or substantially the same as they detected when the cleaner was previously at position B. At this point, the cleaner will move inwards by or substantially by one cleaner-width to position B' and will then continue to follow the initial traverse around the room, but one cleaner-width within that initial traverse. If obstacles are encountered by the cleaner during its movements around the room, the sensors 27-31 will detect them and the cleaner will navigate around them.

Information representative of the level of light detected at each way-point (each significant change of direction) will be stored in memory together with information from the four main ultrasonic receivers 19b. When the cleaner returns to similar way-points, e.g. way-points C',C''; D',D''; E',E''; etc., information on the two similar points will be associated with one another in memory in order to build up an information

strand. This will tell the cleaner that it has returned to a known point and will also tell the cleaner when the floor of the room, apart from areas occupied by obstacles, has been cleaned.

The method of operation will now be described with reference to the example room layout shown in Figure 5 and the flow diagram shown in Figure 6. In Figure 5, reference numeral 40 represents a circular rug having tassels around its edge. The microprocessor regularly monitors current supplied to the brushbar motor (step 100). Whilst making its second traverse around the room, the cleaner will encounter the tasselled edge of rug 40 at point 41. If the tassels are sufficiently long there is a risk of entanglement in the brush bar 4. If the tassels become entangled with the brush bar 4 the following disentanglement procedure takes place. The microprocessor 33, at step 102, will detect an increase in current supplied to the brush bar motor 22 indicative of a significant reduction in rotational speed of the brush bar 4. This in turn is indicative of a brush bar jam. The microprocessor 33 then sends a signal to the navigation system 34 which is programmed to disconnect the power to the brush bar motor 22 (step 104). The navigation system 34 will also identify point 41 as a "danger" way-point which is stored in the memory 50 together with information from the ultrasonic receivers 19b. The direction of approach to the point 41 is also stored in the memory 50. The navigation system 34 is programmed to stop the drive motors 20 and 21 and subsequently to drive them in reverse (step 106). The navigation system 34 monitors the sensors 19b located either at the front or at the rear of the cleaner to detect a change in the distance of the cleaner from wall W3 or W1. This confirms that the cleaner is moving and can also be used to determine when the cleaner has moved through a predetermined distance X to a point 42. As an example, X can be 20cms, or a distance comparable with the length of the cleaner. At point 42 the navigation system 34 will stop the drive motors 20, 21 to bring the cleaner to a standstill. Subsequently, the navigation system 34 will re-start the motor 22 (step 108) and will assume that the brush bar is disengaged unless it receives a signal from the microprocessor 33 that the brush bar is still jammed or has again become jammed (step 110).

At this point the disentanglement sequence is complete. The navigation system 34 is programmed to then proceed in one of several alternative modes.

In the first mode the navigation system 34 will stop the brush bar 4 again (step 112) having regard for the "danger" way-point memorised for this location, but will otherwise continue to navigate the cleaner along the line D' – E' as shown in Figure 5 until way-point E' is reached (step 116). At this point the brush bar 4 will be started again and will continue to rotate for the remainder of the cleaning programme unless interrupted by another entanglement e.g. at point 43. Thus under this mode the remaining portion of line D' – E' represents a cleaning track during which the suction fan 9 is operational but the brush bar motor 22 is not.

In the second mode the navigation system 34 is programmed to guide and drive the cleaner forward along the line D' - E' with the brush bar 4 switched off to a point 44 which lies a predetermined distance Y beyond the point 41 (step 114). The distance between points 42 and 44 is greater than the distance X by which the cleaner was moved backwards from point 41. The brush bar motor 22 is then switched on again to recommence rotation of the brush bar 4 when it is hoped that the cleaner is clear of the rug tassels. This distance is measured by the ultrasonic sensors 19 in the same way as distance X was measured. As an example, the forward distance could be twice the backwards distance X. The cleaner would then continue under the control of the navigation system 34 according to Figure 5 along the remainder of line D' – E'. In this mode, only a relatively short distance (e.g. 40cms) would be cleaned without the brush bar 4 turning.

In the third mode the navigation system 34 is programmed to continue cleaning the floor of the room according to the spiral pattern illustrated in Figure 5 but with the brush bar motor 22 switched off for the remainder of the cleaning operation (step 118).

In the fourth mode of operation, subsequent to the disentanglement procedure described above being carried out, the navigation system 34 is programmed to proceed according to the spiral pattern illustrated in Figure 5 but regarding the point 41 as an obstacle over which the cleaner may not pass (step 119). Thus, whenever the cleaner approaches or comes close to the point 41, the navigation system 34 will ensure that the cleaner does not pass directly over point 41 but navigates around it. It is, of course, possible that the new path of the cleaner will take it over another part of the edge of the tasselled rug 40 and a further danger way-point will be identified. This further way-point will be dealt with in the same way as the initial way-point.

It is to be understood that the room shown in Figure 5 has a simple layout and that, in reality, the room would contain furniture and other objects which the cleaner would navigate around. Thus the cleaner may be required to travel over the location 41 at which the brush bar 4 became jammed at another point in the cleaning operation. The flow diagram of Figure 7 shows how the cleaner operates. At step 200, the navigation system 34 compares the current location with the stored list of locations where the brush bar has previously jammed. If the navigation system determines that the cleaner is close to one of stored locations, it can take one of several actions in an attempt to prevent a further brush bar jam. At step 210 the navigation system operates to navigate the cleaner around the location where the jam occurred. Alternatively, at step 220, the brush bar motor 22 may be switched off for a period of time immediately before and after the location 41 is overrun on each and every occasion that this occurs. Alternatively, at step 230, the cleaner compares the current direction of approach to the location where the jam occurred with the stored direction of approach and operates so to allow the cleaner to overrun location 41 as long as the direction of approach thereto is not the same as that when the brush bar 4 previously became jammed. Where the cleaner navigates around the room in a controlled manner with a regular pattern, such as the spiral pattern shown in Fig. 5, the cleaner will return to a similar position in the room on a subsequent lap of the room; e.g. positions 41 and 43. The comparison step 200 allows for a difference in position of at least the step distance between laps.

The brush bar 4 of the cleaner of Figures 1 to 5 is driven at around  $3000\text{rpm} \pm 500\text{rpm}$  (dependent upon the surface being cleaned) through a 2:1 reduction drive from the motor 22 which runs therefore at twice the speed of the brush bar 4. The drive coupling is an elastic belt and, when the motor is not energised, the brush bar 4 free wheels quite easily. We have found that by reversing the cleaner a short distance with the brush bar motor 22 switched off so that the brush bar 4 is able to free wheel, the tractive force of the drive wheels 1 on a normal floor is sufficient in most circumstances to disentangle the brush bar 4 from a carpet or rug tassel.

The brush bar motor 22 normally draws about 0.6amps at 36 volts. This produces a motor torque of 40mNm, around 80mNm at the brush bar 4. If the current increases above 1.00amp the navigation system 34 will trigger the entanglement procedure discussed above.

The drive motors 20 and 21 are coupled to the respective wheels 11 by reduction gearing (not shown) and provide a torque of 360mNm. It is to be noted that the dirty air inlet 2 lies behind the drive wheels 11 in normal forward motion (towards the bottom left corner in Figure 1). During rearward motion of the cleaner when disentangling a carpet tassel, the wheel grip will be increased due to the direction of tension force in any tassel that has been caught in the brush bar 4, thereby enhancing the tractive force available to move the cleaner backwards and thereby to disentangle the tassel.

It will be appreciated that the fact that the brush bar has jammed can be detected using means other than a current sensor as described above. Any sensor which will produce a signal to the microprocessor 33 when the brush bar slows to a stop or a virtual stop will achieve the same effect as the current sensing device mentioned above. For example, infrared sensors arranged in the vicinity of the brush bar can be used in a known manner to sense the rotational speed of the brush bar and a signal can be sent to the microprocessor when the speed falls below a preset value. While the control system is



described here as storing sensor information such as light sensor and ultrasonic sensor measurements which are indicative of a location in a room, actual location information could also be stored. Other variations and modifications to the specific features of the embodiment described above will be apparent to a skilled reader.

**Claims:**

1. A robotic floor cleaning device comprising a chassis, motor-driven wheels supporting the chassis, a motor-driven suction fan, a dirty air inlet, a motor-driven rotatable agitator at the dirty air inlet for agitating the surface to be cleaned, a control system for navigating the device around a room and for distributing power to the motor-driven wheels and to the agitator, the control system being arranged to operate the device in a first mode of operation in which power is supplied to the motor-driven wheels to move the device in a forward direction and power is supplied to the agitator, the control system further being arranged to detect when the agitator has jammed and, in the event of a jam, to attempt to clear the jam and after successfully clearing the jam to proceed in a second mode of operation.
2. A cleaning device according to claim 1 wherein, in the event of a jam, the control system is arranged to disconnect the power to the agitator and to reverse the rotation of the motor-driven wheels of the device to move the device in a reverse direction.
3. A cleaning device according to claim 2, wherein the device is arranged to move in a reverse direction over a preset distance.
4. A cleaning device according to claim 3, wherein the preset distance is measured by sensing the change in distance of the device from an object or wall in the room being cleaned while moving the device in a reverse direction.
5. A cleaning device according to claim 4, wherein the distance of the device from an object or wall in the room being cleaned is sensed ultrasonically.
6. A cleaning device according to any one of claims 2 to 5, which is arranged to reconnect the power to the agitator subsequent to moving in a reverse direction.

7. A cleaning device according to any one of claims 2 to 6, which is arranged to move in a forwards direction subsequent to moving in a reverse direction.
8. A cleaning device according to any one of the preceding claims wherein, in the second mode of operation, the control system is arranged to turn off the agitator.
9. A cleaning device according to claim 8 wherein the control system is arranged to maintain the cleaning device in the second mode of operation for a preset distance.
10. A cleaning device according to claim 8 wherein the control system is arranged to maintain the cleaning device in the second mode of operation for a preset period of time.
11. A cleaning device according to claim 8 wherein the control system, in use, stores information representative of positions in the area in which the device is operating and wherein the control system is arranged to maintain the cleaning device in the second mode of operation until the cleaning device reaches the next stored position.
12. A cleaning device according to any one of the preceding claims wherein, in the second mode of operation, the control system is arranged to navigate the cleaning device around the location where the agitator jammed.
13. A cleaning device according to any one of the preceding claims, which is arranged to memorise the location of the device at which the agitator became jammed.
14. A cleaning device according to claim 13, which is arranged to memorise the direction of approach of the device to the location at which the agitator became jammed.
15. A cleaning device according to claim 14, which is arranged to subsequently proceed to clean the floor whilst navigating the device so that the location at which the

agitator became jammed is not overrun except from a direction different from the direction of first approach thereto.

16. A cleaning device according to claim 13, which is arranged to subsequently proceed to clean the floor whilst navigating so that, if the location at which the agitator became jammed is overrun, power to the agitator is disconnected just before the device arrives at that location.

17. A cleaning device according to claim 16, wherein the distance before the said location is preset.

18. A cleaning device according to claim 16 or 17, wherein the control system is arranged to reconnect power to the agitator after the location at which the agitator became jammed has been overrun.

19. A cleaning device according to claim 18, wherein the control system is arranged to reconnect power to the agitator after the device has overrun the said location by a preset distance.

20. A cleaning device according to claim 19, wherein the preset distance is measured by ultrasonic sensors on the device.

21. A cleaning device according to any one of claims 18 to 20, wherein the power to the agitator is reconnected when the device next reaches a way point.

22. A cleaning device according to claim 13, wherein the control system is arranged to proceed to clean the floor whilst navigating the device so that, if the location at which the agitator became jammed is approached, the said location is treated as an obstacle and overrun thereof is avoided.

23. A cleaning device according to any one of the preceding claims, wherein, if the agitator becomes jammed a predetermined number of times, the control system is arranged to disconnect power to the agitator and the device continues cleaning the floor whilst the agitator remains disconnected.

24. A cleaning device according to any one of the preceding claims, wherein the device has a warning indicator and, if the agitator remains jammed after a predetermined time has elapsed after the first detection of an agitator jam, the warning indicator is activated.

25. A cleaning device according to any one of the preceding claims wherein the control system is arranged to monitor when the rotational speed of the agitator falls below a threshold indicative of an agitator jam.

26. A cleaning device according to claim 25, wherein the speed of the agitator is sensed by sensing the current drawn by the agitator motor.

27. A method of operating a robotic floor cleaning device comprising a chassis, motor-driven wheels supporting the chassis, a motor-driven suction fan, a dirty air inlet, a motor-driven rotatable agitator at the dirty air inlet for agitating the surface to be cleaned, and a control system for navigating the device around a room and for distributing power to the motor-driven wheels and to the agitator, the method comprising the control system operating the device in a first mode of operation in which power is supplied to the motor-driven wheels to move the device in a forward direction and power is supplied to the agitator, detecting when the agitator has jammed and, in the event of a jam, attempting to clear the jam and after successfully clearing the jam proceeding to operate in a second mode of operation.

28. A robotic floor cleaning device comprising a chassis, motor-driven wheels supporting the chassis, a motor-driven suction fan, a dirty air inlet, a motor-driven

rotatable agitator at the dirty air inlet for agitating the surface to be cleaned, a control system for navigating the device around a room and for distributing power to the motor-driven wheels and to the agitator, the control system being arranged to operate the device in a first mode of operation in which power is supplied to the motor-driven wheels to move the device in a forward direction and power is supplied to the agitator, to detect when the agitator has jammed and, in the event of a jam, to attempt to clear the jam and to store information representative of the location of the jam, the control system further being arranged to subsequently navigate the cleaning device around the room and to operate the device in a second mode of operation when the device approaches the location of a previous jam.

29. A cleaning device according to claim 28 wherein, in the second mode of operation, the control system is arranged to turn off the agitator.

30. A cleaning device according to claim 29 wherein the control system is arranged to maintain the cleaning device in the second mode of operation for a preset distance.

31. A cleaning device according to claim 29 wherein the control system is arranged to maintain the cleaning device in the second mode of operation for a preset period of time.

32. A cleaning device according to claim 28 wherein, in the second mode of operation, the control system is arranged to navigate the cleaning device around the location where the agitator jammed.

33. A cleaning device according to claim 28, which is arranged to also memorise the direction of approach of the device to the location at which the agitator became jammed and wherein, in the second mode of operation, the control system is arranged to navigate the device so that the location at which the agitator became jammed is not overrun except from a direction different from the direction of first approach thereto.

34. A robotic floor cleaning device or a method of operating a robotic floor cleaning device substantially as described herein with reference to the accompanying drawings.

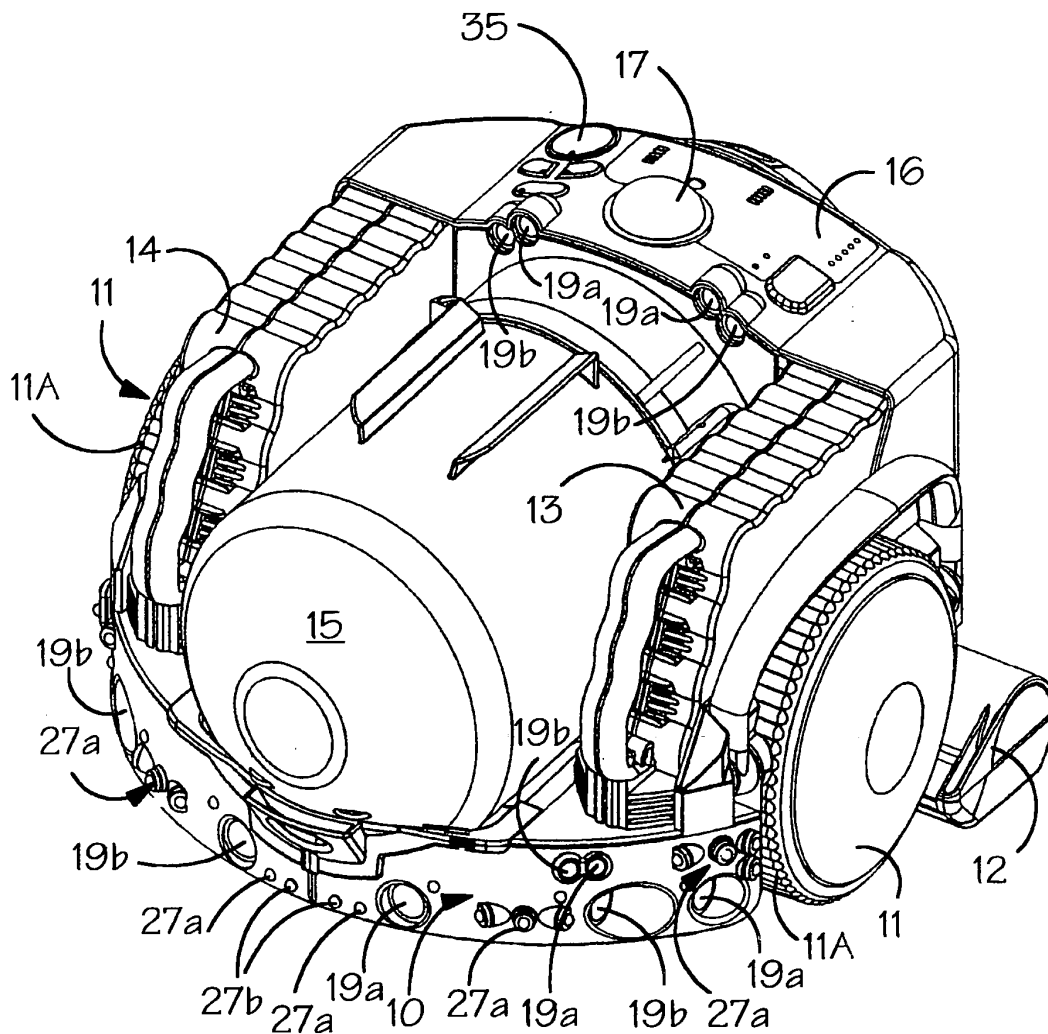
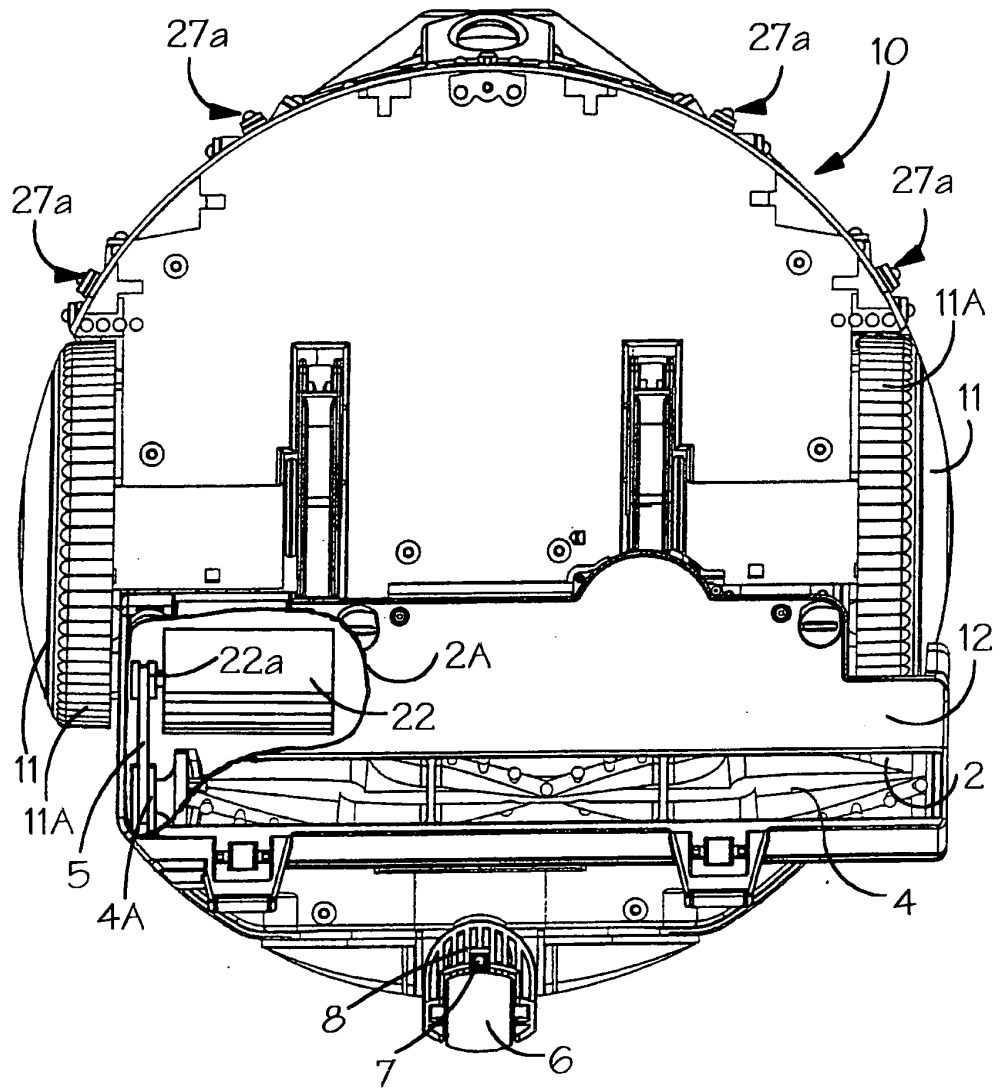


FIG.1.

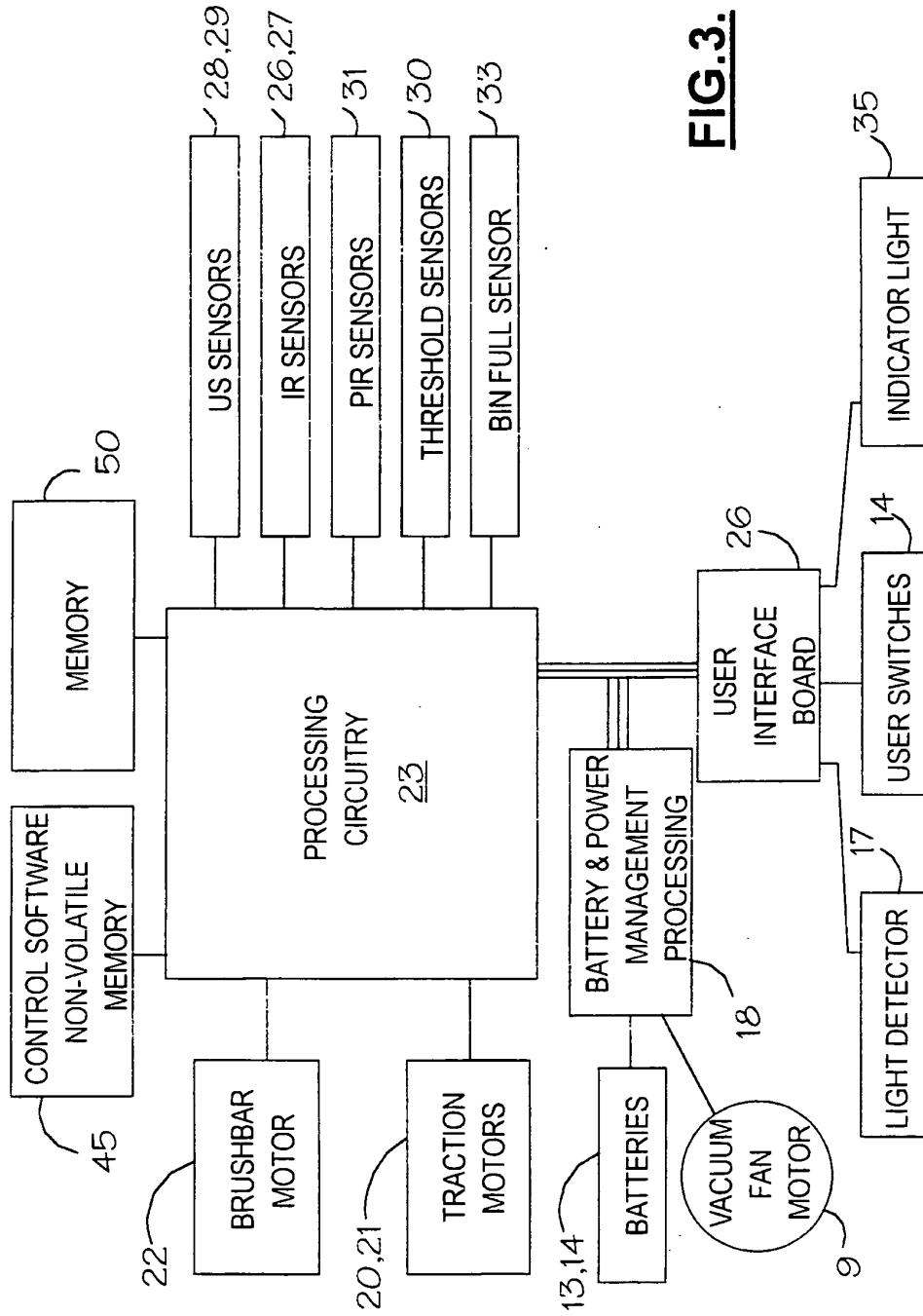
SUBSTITUTE SHEET (RULE 26)





**FIG.2.**

SUBSTITUTE SHEET (RULE 26)



**FIG. 3.**

SUBSTITUTE SHEET (RULE 26)

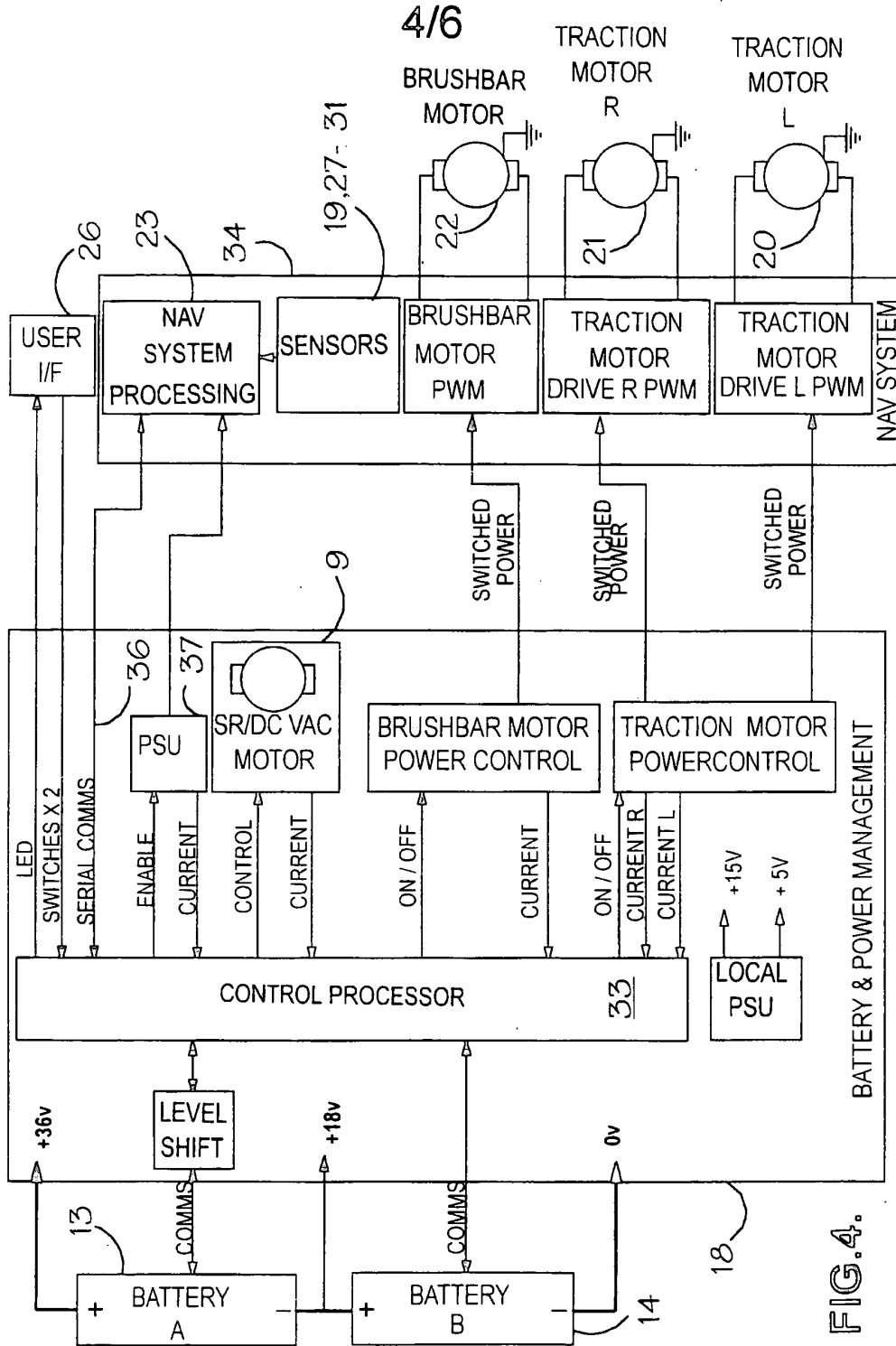


FIG. 4.

SUBSTITUTE SHEET (RULE 26)

5/6

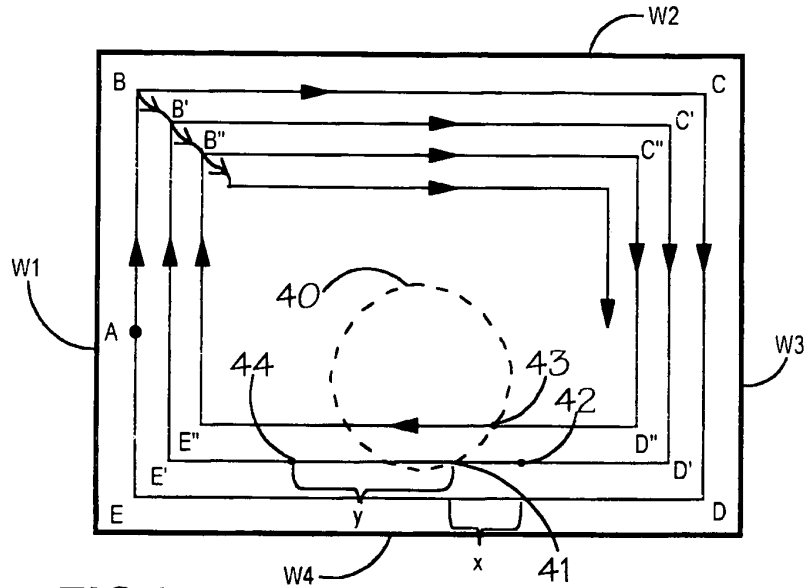


FIG. 5.

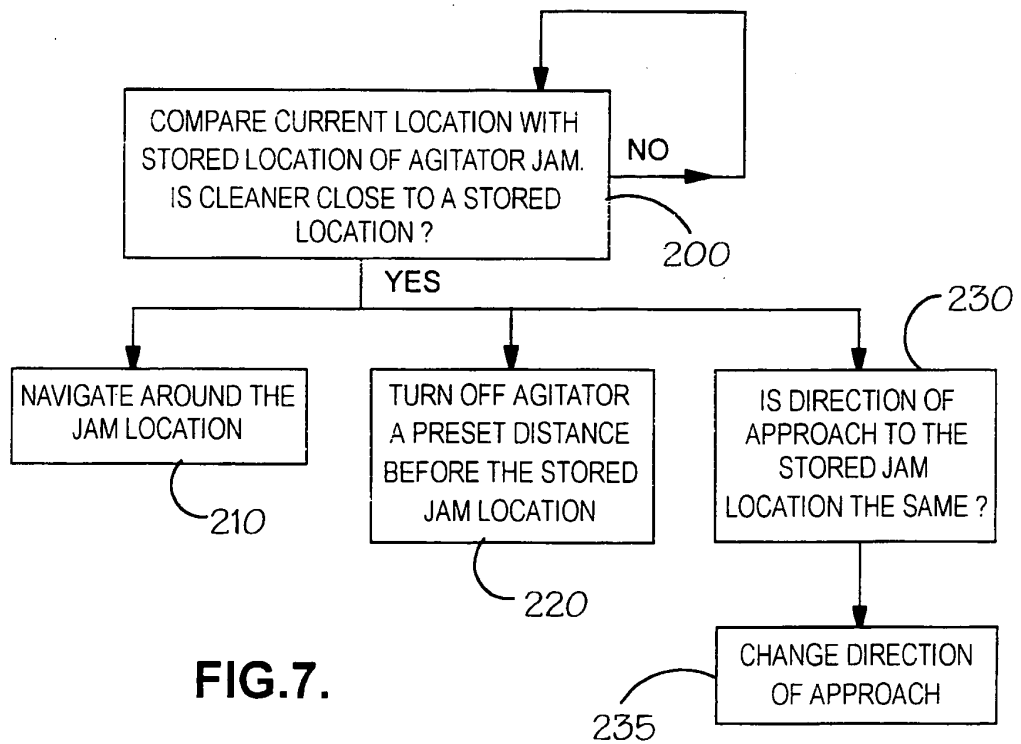


FIG. 7.

6/6

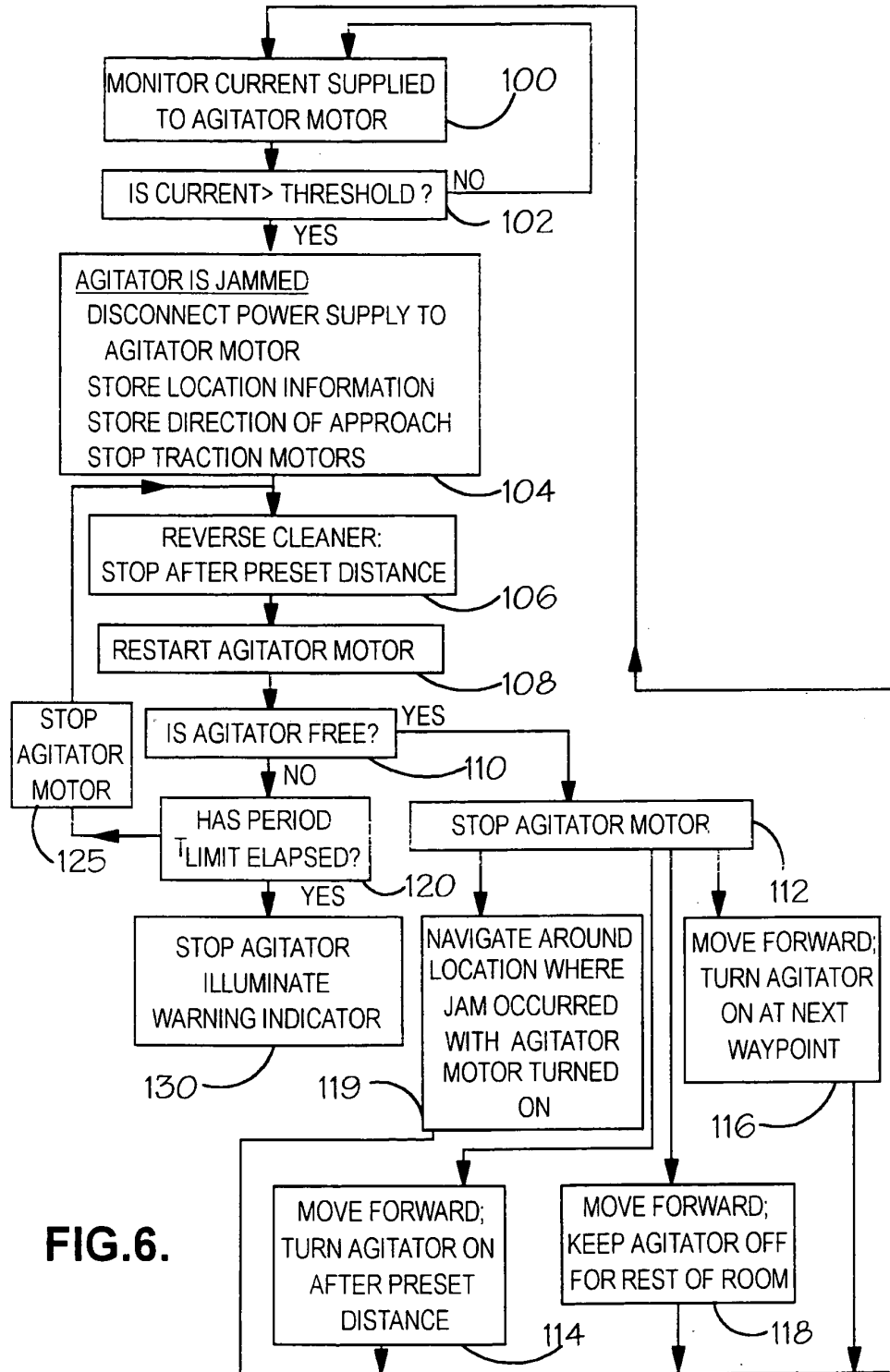


FIG. 6.

SUBSTITUTE SHEET (RULE 26)

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/GB 00/02815

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
IPC 7 A47L5/30 A47L9/28

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC 7 A47L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 97 40734 A (AB ELECTROLUX ET AL) 6 November 1997 (1997-11-06) cited in the application abstract page 3, line 38 -page 5, line 3 figure 4	1,27,28
A	WO 99 28800 A (SOLAR & ROBOTICS ET AL) 10 June 1999 (1999-06-10) cited in the application page 10, line 6 -page 12, line 16 figure 11	1,27,28
A	US 5 634 237 A (PARANJPE A P) 3 June 1997 (1997-06-03) column 5, line 15 - line 22 column 8, line 61 - line 65 figure 4A	1,27,28

Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in annex.

\* Special categories of cited documents :

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

\*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

\*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

\*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

\*G\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

10 October 2000

Date of mailing of the international search report

18/10/2000

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Cabral Matos, A

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No  
PCT/GB 00/02815

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 9740734 A	06-11-1997	SE 506372 C	08-12-1997
		AU 710171 B	16-09-1999
		AU 2797397 A	19-11-1997
		CA 2224735 A	06-11-1997
		DE 69701375 D	13-04-2000
		DE 69701375 T	10-08-2000
		EP 0841868 A	20-05-1998
		ES 2144861 T	16-06-2000
		JP 11508810 T	03-08-1999
		SE 9601658 A	31-10-1997
		US 5940927 A	24-08-1999
WO 9928800 A	10-06-1999	AU 1327899 A	16-06-1999
US 5634237 A	03-06-1997	NONE	

Form PCT/ISA/210 (patent family annex) (July 1992)

(12) INTERNATIONAL APPLICATION PUBLISHED UNDER THE PATENT COOPERATION TREATY (PCT)

(19) World Intellectual Property Organization  
International Bureau



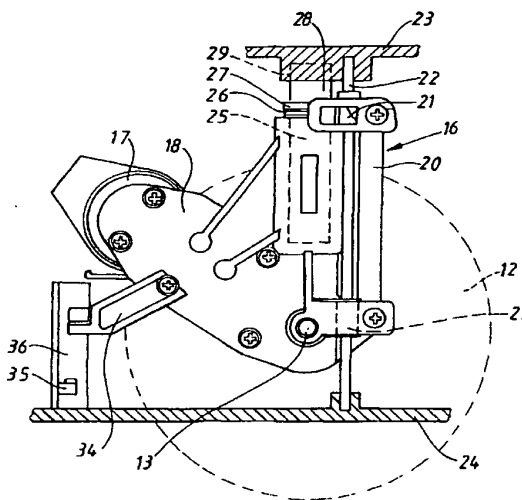
(43) International Publication Date  
6 September 2002 (06.09.2002)

PCT

(10) International Publication Number  
WO 02/067744 A1

- (51) International Patent Classification<sup>7</sup>: A47L 9/00, 11/40
- (21) International Application Number: PCT/SE02/00341
- (22) International Filing Date: 25 February 2002 (25.02.2002)
- (25) Filing Language: English
- (26) Publication Language: English
- (30) Priority Data:  
0100676-6 28 February 2001 (28.02.2001) SE
- (71) Applicant (for all designated States except US): **AK-TIEBOLAGET ELECTROLUX** [SE/SE]; S-105 45 Stockholm (SE).
- (72) Inventors; and
- (75) Inventors/Applicants (for US only): **HAEGERMARCK, Anders** [SE/SE]; Edbovägen 12, S-142 63 Trångsund (SE). **DANESTAD, Ulrik** [SE/SE]; S.Varvsgatan 46, S-593 31 Västervik (SE). **MENNBORG, Lars** [SE/SE]; Fältgatan 39, Sjögesta, S-590 48 Vikingstad (SE).
- (74) Agent: **SCHMERER, Sven, Erik**; AB Electrolux (publ.), Group Intellectual Property, S-105 45 Stockholm (SE).
- (81) Designated States (national): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZM, ZW.
- (84) Designated States (regional): ARIPO patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), Eurasian patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), European patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), OAPI patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- Published:  
— with international search report
- For two-letter codes and other abbreviations, refer to the "Guidance Notes on Codes and Abbreviations" appearing at the beginning of each regular issue of the PCT Gazette.

(54) Title: WHEEL SUPPORT ARRANGEMENT FOR AN AUTONOMOUS CLEANING APPARATUS



(57) Abstract: An autonomous cleaning apparatus such as a robot vacuum cleaner. The apparatus has a housing enclosing a dust container and an electrically driven vacuum source and also has a nozzle through which dust particles flow into the dust container. The housing is directly or indirectly supported by a wheel arrangement having at least two individually driven wheels (12). Each drive wheel is supported by a removable drive wheel support (16) which is arranged to be pressed towards a floor surface by means of a spring-like device. Each drive wheel (12) is driven by an electric motor (17) and a transmission (18) mounted on the drive wheel support. Each drive wheel can move vertically, aiding the apparatus to overcome obstacles and uneven surfaces and bumps.



WO 02/067744 A1



### Wheel Support Arrangement for an Autonomous Cleaning Apparatus

This invention relates in general to wheel structures, and more particularly to  
5 a wheel support arrangement for an autonomous cleaning apparatus, such as a  
vacuum cleaner robot. Such a robot vacuum cleaner typically comprise a housing  
enclosing a dust or dirt container, and an electrically driven vacuum source for  
drawing dust and dirt into the container. A floor engaging nozzle, through which  
dust and dirt flow into the dust container, is also contained within the housing. The  
10 housing is directly or indirectly supported by a wheel arrangement having at least  
two individually driven wheels for moving the vacuum cleaner about a floor surface.

Robot vacuum cleaners of the type described above are known, see for  
instance WO 9740734 and EP-A-803224. These robot vacuum cleaners, which  
preferably are battery driven, are provided with a circular housing and with means  
15 for sensing the surrounding objects so as to avoid, or otherwise deal with, such  
objects during a vacuum cleaning operation. Depending on existing objects or other  
obstacles, the vacuum cleaner is automatically guided around the objects or  
obstacles and can vacuum hard as well as soft floor surfaces. The driving wheels are  
typically arranged for rotation on two horizontal shafts that are placed in coaxial  
20 alignment with one another for rotation on a common axis, and are rotatably  
supported by bearings permanently fixed in position relative to the housing.  
Because of the circular housing shape, and by driving the wheels with different  
velocities and in different rotational directions, the vacuum cleaner can be  
automatically guided such that tendencies to get stuck or otherwise restrained in its  
25 operation are minimized.

Even if the prior art arrangement described above works well most of the  
time, operational failure, with this type of fixed wheel arrangement, can occur  
wherein the movement of the vacuum cleaner be encountered, for example, by rugs  
having high edges, thresholds, loose edges or other obstacles.

In order to minimize the above-noted problems, drive wheel arrangements having individual wheel supports, e.g. taught by U.S. Patent 5,815,880, have been suggested to allow the wheels to engage the floor surface even if there are some recesses, some indulations, or the like in the floor surface.

5           The purpose of the present invention is to achieve a simple and efficient, self-adjusting wheel supporting arrangement for a cleaning apparatus, preferably a robot vacuum cleaner, wherein the vacuum cleaner easily climbs over or otherwise avoids objects and obstacles it may encounter during its operation.

          An embodiment of the invention will now be described with reference to the  
10 accompanying drawings wherein:

          FIG. 1 in a perspective view shows a vacuum cleaner for which the invention is intended to be used;

          FIG. 2 shows schematically a partly broken side view of the vacuum cleaner shown in Fig. 1;

15           FIG. 3 shows a further partly broken side view of the vacuum cleaner of Fig. 1;

          FIG. 4 shows the drive wheel arrangement of the vacuum cleaner in a position in which the vacuum cleaner rests on a floor surface;

          FIG. 5 shows a perspective view of the drive wheel structure before it is  
20 assembled with a driving wheel and before it is mounted into the vacuum cleaner housing; and

          FIG. 6 is a plan view of the drive wheel arrangement shown in Fig. 5 with a drive wheel mounted.

          With reference to Figs. 1-3, the autonomous cleaning apparatus, or robot  
25 vacuum cleaner in accordance with the present invention, has a circular housing 10 with a cover 11 concealing a chamber in which a dust container or collector, designed as a filter cassette or a filter container F, is inserted. Alternatively, the housing might enclose a centrifuge cyclone separator well known in the art, by

means of which dust and particles are separated from the air and are collected in the dust container F. The housing 10 also encloses a vacuum source V, typically a motor driven fan unit that is driven by an electric source such as a battery B located in a battery holder. The container F is connected in fluid communication to a nozzle M arranged at the bottom of the housing and through which the dust and dirt laden air is sucked into or evacuated into the container F, in a conventional manner. The nozzle M encloses and rotatably supports a rotating brush roll S that loosens dust and dirt from the surface so that it can be more readily vacuumed. The housing also encloses the usual electric circuits and control means that are necessary for driving the fan unit and the brush roll, as well as means for automatically guiding the robot vacuum cleaner about the floor surface of the room, for example by means of ultrasonic transmitters and receivers with associated microprocessor-based controls and related sensors intended to map and alter the appropriate pattern of movement of the vacuum cleaner when hitting an object or obstacle.

The robot vacuum cleaner is also provided, see Fig. 2, with two diametrically opposite drive wheels 12 that are placed close to the periphery of the housing. Each drive wheel is rotatably attached to a drive wheel shaft 13 and there also are two support means 14 and 15. The support means can be implemented by using rear rolls 14 and a front roll 15, or by using wheels, for example. The rear rolls 14 and front roll 15 are rotatably attached to the housing 10 and the rolls 14 and 15 aid in supporting the robot vacuum cleaner, rotating to aid the movement of the robot vacuum cleaner across the floor surface. The rear rolls 14 are placed at each side of a central axis directed in the movement direction of the vacuum cleaner (i.e. to the right in Fig. 2) and behind the drive wheel shafts whereas the front roll 15 is placed centrally in front of the drive shafts 13. The support means 14 and 15 provide a gap between the bottom of the robot vacuum cleaner and the floor surface when the floor is somewhat hard and substantially flat and/or substantially smooth.

The drive wheels 12 preferably have toothed plastic or rubber treads or are made of some other material having a high friction coefficient in order to avoid slippage when in contact with the floor surface. Each drive wheel shaft 13 is supported on a drive wheel support 16, as shown in Fig. 4. The drive wheel supports each support an electric motor 17 and a transmission 18, such as a cog

wheel transmission or the like. Each transmission 18 connects a motor shaft of the electric motor with the corresponding drive wheel shaft 13. The transmissions 18 gear down the revolution of the electric motor to the drive wheel 12, thereby increasing torque. Thus, each of the two drive wheel supports integrates the corresponding motor, transmission and drive wheel into a single integrated unit that can be easily mounted into the housing providing a pair of integrated units.

The vacuum cleaner is also provided with further support means 19 arranged at the front, bottom part of the vacuum cleaner. The further support means 19 can be implemented by rolls or wheels, for example. During normal forward motion of the vacuum cleaner on a hard, substantially flat floor surface, the further support means 19 are typically positioned somewhat above the floor surface providing a some distances, or gap, between the further support means and the floor surface, and thus do not contact the floor surface. However, when the robot vacuum cleaner encounters a loose or flabby rug, or another relatively shallow obstacle, the further support means 19 come into contact with the rug or obstacle, enabling the vacuum cleaner to climb up and over such rugs and/or obstacles, without wrinkling or scrunching them and without being overly hindered. The bottom front of the housing is also provided with a forwardly, upwardly slanting portion 19a to facilitate the ability of the robot vacuum cleaner to climb over objects, obstructions, and uneven surfaces.

The drive wheel support 16, is arranged to allow drive wheel support 16 movement in a vertical direction within the housing, shown in a first embodiment provided with a first upwardly directed part 20 with a fastening means for an upper and a lower slide bearing 21 surrounding a vertical slide rail 22 fixed at the upper and lower wall part 23 and 24 of the housing. The slide rail 22 serves as a means for guiding the vertical movement of the wheel support arrangement, allowing the wheel to remain in contact with the floor surface should the surface be uneven or bumpy or should the robot vacuum cleaner encounter obstructions or objects. Other guide means may also be employed to guide the vertical movement of the wheel support arrangement.

The upwardly directed part 20 of the drive wheel support has means for receiving a dowel 25. For example, a cylindrical device with an upwardly open

recess can be used to enclose a dowel 25. The dowel 25 is connected to a force creating means, such as a coil spring 26, or some other compressible resilient device, for example. The dowel is positioned such that it normally can be moved vertically up and down under the influence of the force creating means or spring. The spring  
5 26 is designed such that the force created by the spring on the drive wheel support is approximately constant during the movement of the drive wheel support. The dowel 25 has an annular, extending, collar 27 which one end of the spring abuts whereas the other end of the spring rests against the bottom of the recess. The upper end 28 of the dowel rests in a seat 29 in the upper wall part 23 of the housing. The collar 27  
10 has a vertically directed tongue 30 (see Fig. 5) that extends parallel to the upwardly directed part 20 and the tongue has a hook shaped portion 31 which is mounted in the housing before the drive wheel support 16. The hook shaped portion 31 cooperates with a stop means 32, such as a tab, arranged at the outside of the upwardly directed part 20.

15 The tongue 30 is at its lower part provided with a lug, not shown, cooperating with an additional stop means 33 arranged on the upwardly directed part 20. The lug and the stop means 33 cooperate in such a manner that the movement of the dowel is limited to avoid becoming free from the upwardly directed part 20. Thereby the risk is reduced that the components become separated from one another  
20 under the influence of the spring forces when the drive wheel arrangement is mounted or demounted from the chassis.

Each drive wheel support 16 also has an extending arm 34 whose outer end is intended to cooperate with a micro switch 35 arranged at a bracket 36 at the lower wall part 24 of the housing. The micro switch 35 is acted on when the wheel 12 is  
25 in its extended position, for example, when the vacuum cleaner is lifted from the surface or when the wheel has taken a position which indicates that the vacuum cleaner has gotten stuck at any of a variety of potential obstacles. The two micro switches 35 are thus connected to the electric circuit of the robot vacuum cleaner such that the function of the robot vacuum cleaner is suitably influenced if one or  
30 the two wheels are moved to their extended positions (for example, the vacuum cleaner motor may be deactivated, or the direction of rotation of one or both wheels may be changed, among others).

The robot vacuum cleaner and the wheel support are assembled, in one embodiment, in the following manner: The wheel support 16 is prepared for mounting by placing the spring 26 together with the dowel 25, and inserting them into the recess in the vertical part 20. The dowel 25 is then depressed and turned so that the hook 31 of the tongue 30 engages the stop means 32 such that the dowel is locked with the spring 26 tensioned in a compressed, lower position. Before or simultaneously, the drive wheel 12 is fixed on the shaft 13. The complete wheel support 16 is then placed on the lower wall part 24 of the housing by means of the slide rail 22, after which the housing with the seat 29 is placed at the upper part of the dowel 25 at the same time as the upper part of the slide rail 22 is inserted in a corresponding recess in the upper wall part 23. Then the upper wall part 23 is connected to the lower wall part 24 after which the hook 31 is released from the stop means 32 by turning the dowel 25. This turning motion is achieved by means of an extending lug, not shown, in the seat 29 cooperating with the upper part of the dowel 25 and which, after being turned, prevents the dowel from being unintentionally turned and thereby prevents the dowel from getting stuck in a locked position. Consequently, the weight of the vacuum cleaner, when it is placed on a surface, will rest on the springs of the two wheel supports and press them together.

When the robot vacuum cleaner is placed on a floor and is activated it will move forwards on the floor surface (i.e. to the right in Fig 2) and continue according to a movement path defined by a microprocessor. At the same time, the floor surface is brushed by the brush roll S and dust laden air and/or dirt is sucked in through the nozzle M by means of the fan unit V. The dust laden air and/or dirt flows into the filter container F where particles, dirt, and other solids are separated from the air, while the air continues to flow through the fan to several outlet openings arranged in the housing, where the air exits the robot vacuum cleaner.

When the vacuum cleaner is placed on the floor surface, its weight causes the drive wheel support 16 and hence the drive wheels to move from a resilient extended to a partially retracted position. This means that the weight of the vacuum cleaner will overcome some portion of the force that the springs 26 create on the drive wheel supports 16. The vertical movement of the drive wheel support is limited by the engagement of a support means 14, 15, with the surface. Support means 14, 15

can be implemented by using rolls or wheels, for example. When the drive wheel supports 16 are depressed, control knobs 34 are released, signalling the electric circuit of the robot vacuum cleaner and notifying the microprocessor, which reacts such that the vacuum cleaner is activated, and begins to move on the floor.

5           If the peripheral, slanted portion at the front part of the bottom of the housing engages an obstacle or object on the floor surface having a height change or uneven surface (for instance a treshold or the end of a rug) during the movement of the robot vacuum cleaner, then the vacuum cleaner will tilt upwards about the rear support roll 14 such that the part that engages the obstacle will rise, and thus the complete drive  
10 wheel support with the drive wheels 21 will spring downwards such that the drive wheels are kept in contact with the floor surface, whereby the drive wheels are capable of driving the vacuum cleaner further over the obstacle or uneven surface. The tilting motion described above, which depends on the influence of the torque of the drive wheels and the position of the center of gravity with respect to drive  
15 wheels and support wheels, also occurs when the movement of the vacuum cleaner is hindered by other reasons. This also contributes to increase the passability of the vacuum cleaner on soft rugs where the wheels have a tendency to sink down heavily into the rug.

          When the vacuum cleaner moves on a hard floor the support rolls 14, 15 will  
20 be in touch with the floor, such that the nozzle M is placed slightly above the surface whereby dust laden air and dirt flows into the slot between the surface and the nozzle. When the vacuum cleaner moves on a soft floor, for example a rug, the support rolls and drive wheels will sink down somewhat into the rug whereby the nozzle opening touches, or very nearly touches, the surface.

## Claims

1. An autonomous cleaning apparatus comprising : a housing (10) enclosing a dust container (V) and an electrically driven vacuum source (V); the housing having a  
5 nozzle (M) through which air and dust particles flow into the dust container; a wheel arrangement supporting the housing, the wheel arrangement having at least two individually driven drive wheels (12), **characterized in** that each drive wheel (12) is rotatably fastened to a corresponding drive wheel support, and wherein the drive wheel support (16) with the corresponding drive wheel  
10 can rise and sink in a substantially vertical motion with respect to the housing, and further wherein the drive wheel support (16) is arranged such that the corresponding drive wheel is directed towards a floor surface by a force creating means; the drive wheel support (16) including an electric motor (17) connected to a transmission (18) for driving the drive wheel (12); the drive wheel support  
15 also including means (21) for cooperating with a guide (22) in order to achieve a linear, substantially vertical motion of the drive wheel support (16).
2. The apparatus according to claim 1, **characterized in** that the force creating means is a spring (26), preferably a coil spring.
3. The apparatus according to claim 2, **characterized in** that the drive wheel  
20 support (16) comprises a dowel (25) and a means for receiving the dowel, wherein the dowel can move within the means for receiving the dowel, and further wherein the spring (26) is in contact with the dowel, the dowel substantially enclosed by a wall of the means for receiving the dowel.
4. The apparatus according to claim 3, **characterized in** that the dowel (25)  
25 includes a collar shaped portion (27) that abuts the spring (26).
5. The apparatus according to claim 4, **characterized in** that the dowel (25) is turnably arranged and connected to a hook (30) or the like, and wherein the dowel, when the spring (26) is compressed, abuts against a stop means (32) arranged on the drive wheel support.



6. The apparatus according to any of the preceding claims, **characterized in** that the force created by the spring is substantially constant during the substantially vertical motion of the drive wheel support (16).
7. The apparatus according to any of the preceding claims, **characterized in** that the weight of the apparatus is sufficient to overcome the resulting force created by the spring.
8. The apparatus according to any of the preceding claims, **characterized in** that the nozzle is arranged at a bottom (24) of the housing (10) facing the floor surface, the bottom also including support means (14,15), preferably wheels or rolls, wherein, when the apparatus is placed on the floor surface, the support means provide a gap between the bottom of the apparatus and the floor surface when the floor surface is hard and substantially flat.
9. The apparatus according to 6, **characterized in** that the bottom (24) is substantially circular and, at least in its front part, has a peripheral smooth portion extending obliquely outwards and upwards, the bottom further including further support means (19) in its front part, the further support means positioned such that, when the apparatus is moved on the floor surface, the further support means are some distance above the floor surface when the floor surface is hard and substantially flat.
10. The apparatus according to claim 8, **characterized in** that the drive wheels (12) include shafts (13) arranged in the same vertical plane, and wherein the support means (14,15) are arranged at each side of the vertical plane, and further wherein the housing (10) is arranged to tilt about one or several of the support means (14,15) under the influence of the torque of the individually driven drive wheels when the apparatus is hindered in its movement or when the apparatus engages an obstacle.
11. The apparatus according to any of the preceding claims, **characterized in** that each drive wheel support (16) includes a micro switch (35), wherein the micro switch gives a control signal to an electric circuit of the apparatus when the corresponding drive wheel is in an extended position.

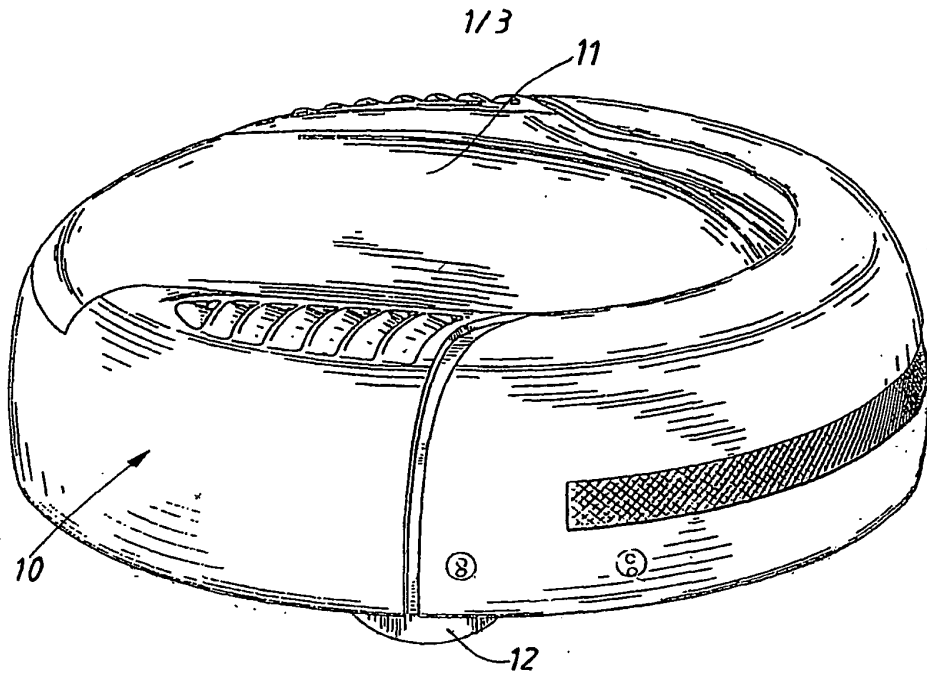


FIG. 1

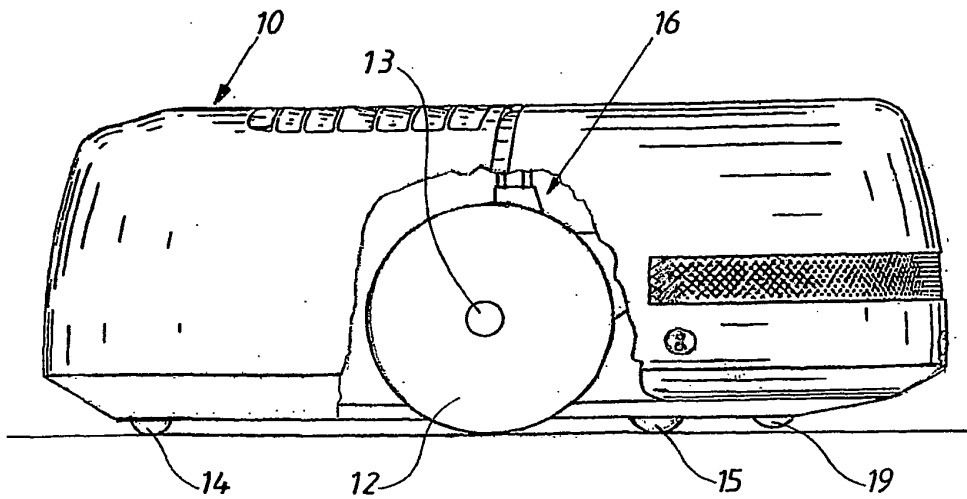


FIG. 2

2/3

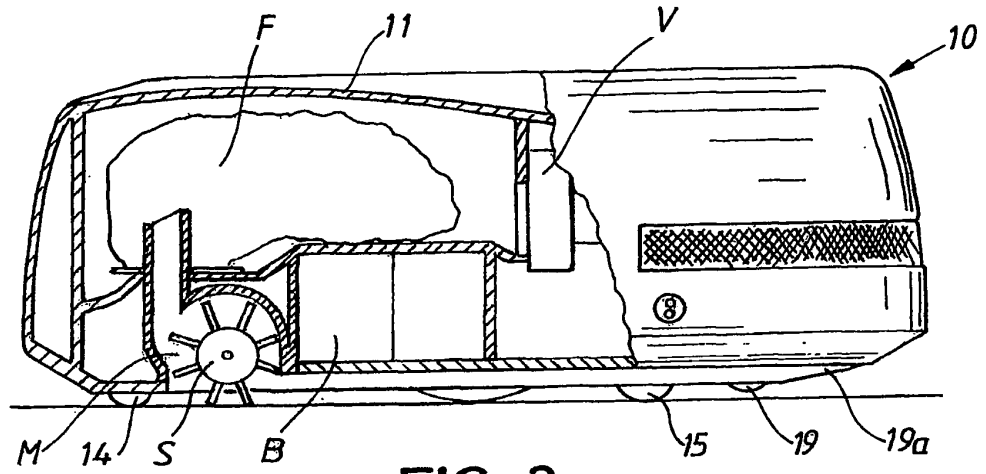


FIG. 3

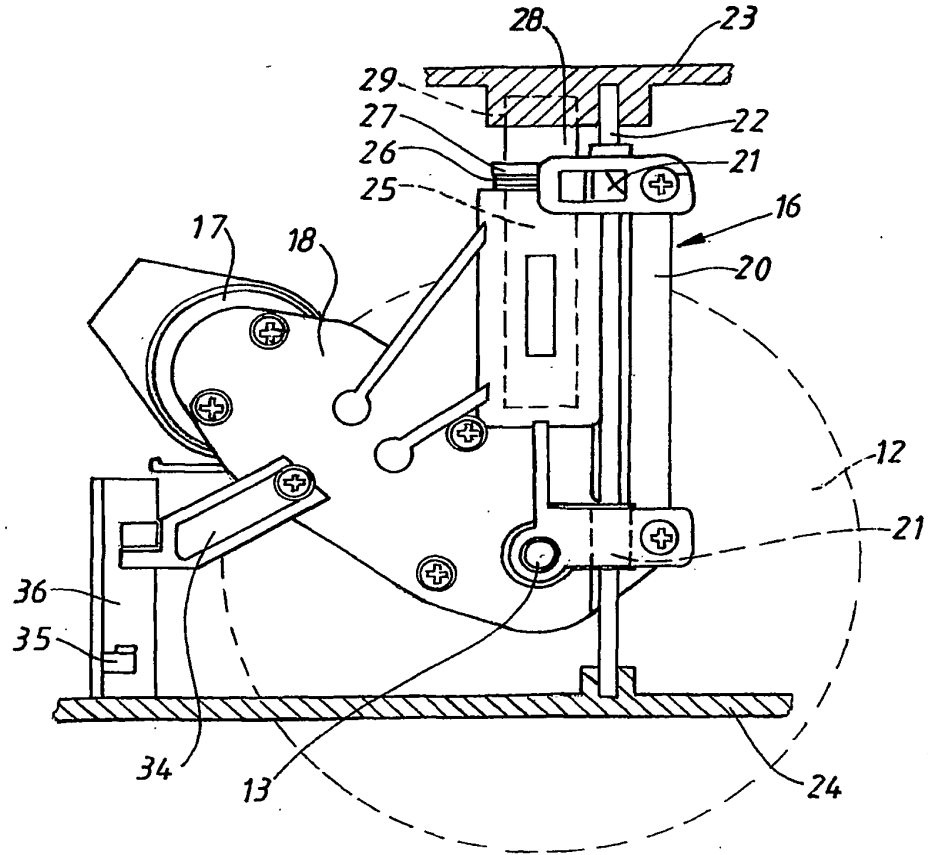


FIG. 4

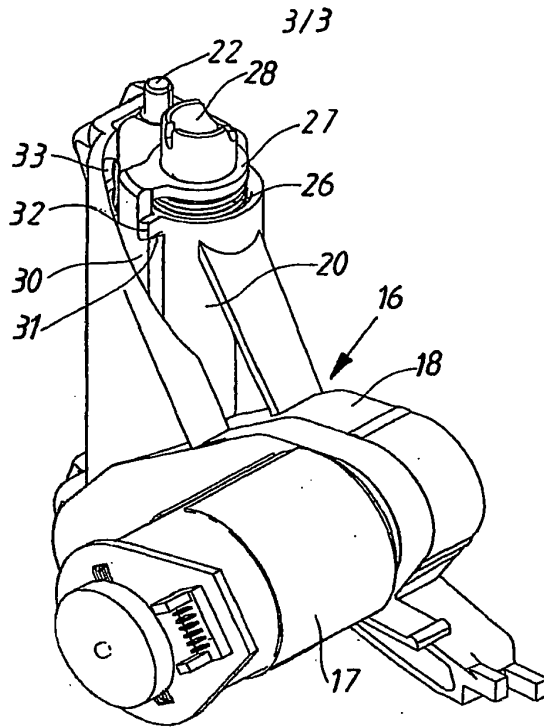


FIG. 5

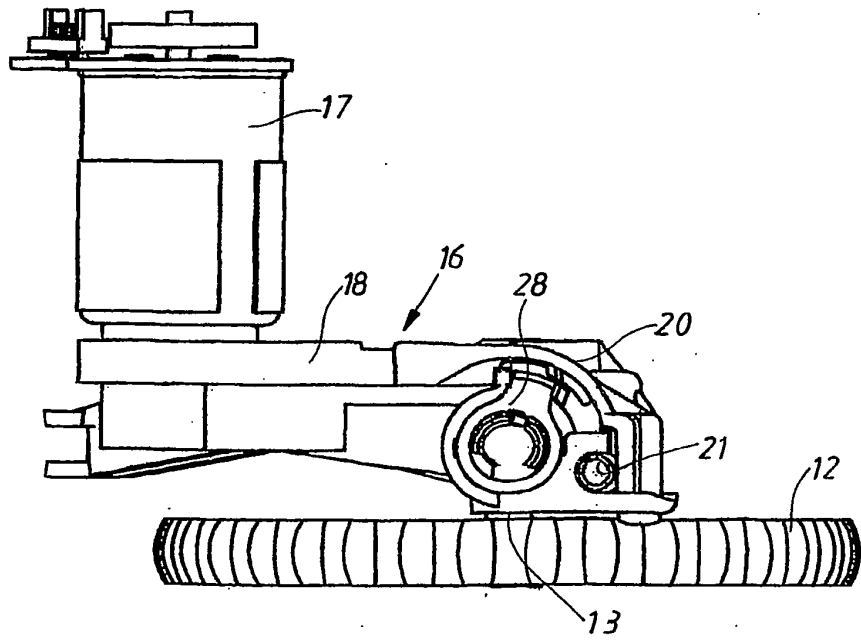


FIG. 6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.  
PCT/SE 02/00341

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
  
IPC7: A47L 9/00, A47L 11/40  
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**  
  
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
  
IPC7: A47L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched  
  
SE,DK,FI,NO classes as above

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)  
  
EPO-INTERNAL, WPI DATA, PAJ

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 5720077 A (NAKAMURA ET AL), 24 February 1998 (24.02.98), column 3, line 6 - line 13, figure 1  --	1
A	US 5815880 A (NAKANISHI), 6 October 1998 (06.10.98), column 3, line 11 - line 14, figures 1, 2  -- -----	1

Further documents are listed in the continuation of Box C.  See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:  
 "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance  
 "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date  
 "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)  
 "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means  
 "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed  
 "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention  
 "X" document of particular relevance: the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone  
 "Y" document of particular relevance: the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art  
 "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
**15 April 2002**

Date of mailing of the international search report  
**02 -05- 2002**

Name and mailing address of the ISA/  
Swedish Patent Office  
Box 5055, S-102 42 STOCKHOLM  
Facsimile No. +46 8 666 02 86

Authorized officer  
**Jan-Axel Ylivainio / JA A**  
Telephone No. +46 8 782 25 00

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

28/01/02

International application No.

PCT/SE 02/00341

Patent document cited in search report			Publication date	Patent family member(s)			Publication date
US	5720077	A	24/02/98	JP	7319542	A	08/12/95
US	5815880	A	06/10/98	JP	9047413	A	18/02/97

(19) World Intellectual Property Organization  
International Bureau



(43) International Publication Date  
26 September 2002 (26.09.2002)

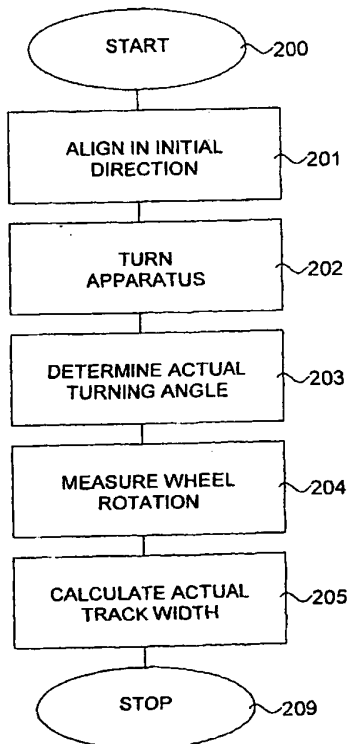
PCT

(10) International Publication Number  
WO 02/075469 A1

- (51) International Patent Classification<sup>7</sup>: G05D 1/02
- (21) International Application Number: PCT/SE02/00420
- (22) International Filing Date: 7 March 2002 (07.03.2002)
- (25) Filing Language: English
- (26) Publication Language: English
- (30) Priority Data: 0100925-7 15 March 2001 (15.03.2001) SE
- (71) Applicant (for all designated States except US): AK-TIEBOLAGET ELECTROLUX [SE/SE]; S-105 45 Stockholm (SE).
- (72) Inventor; and
- (75) Inventor/Applicant (for US only): HULDÉN, Jarl [SE/SE]; Hagalundsgatan 42 9tr., S-169 64 Solna (SE).
- (74) Agent: SVAHN, Göran; AB Electrolux (publ.), Group Intellectual Property, S-105 45 Stockholm (SE).
- (81) Designated States (national): AE, AG, AI., AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZM, ZW.
- (84) Designated States (regional): ARIPO patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), Eurasian patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), European patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), OAPI patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[Continued on next page]

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR DETERMINING POSITION OF AN AUTONOMOUS APPARATUS



(57) Abstract: The present invention discloses a position determination device (50) for an autonomous apparatus (1). The position determination device (50) comprises means (54) for dividing up driving of the autonomous apparatus (1), based on rotation velocities of the driving wheels (17, 18), into different driving modes (40a-40u), in which the actual track width (30) of the apparatus (1) is substantially constant. The device (50) further comprises calibration means for calculating the actual track width (30) for each one of the driving modes (40a-40u). The calibration means performs a calculation method, in which the apparatus (1) is aligned in an initial direction and turns in one of the driving modes (40a-40u). The actual total turning angle of the apparatus (1) is measured together with the wheel rotations of the driving wheels (17, 18). Calculation of the actual track width (30) is performed on the basis of this actual total turning angle and the wheel rotations.

WO 02/075469 A1



**Published:**

— with international search report

*For two-letter codes and other abbreviations, refer to the "Guidance Notes on Codes and Abbreviations" appearing at the beginning of each regular issue of the PCT Gazette.*



METHOD AND DEVICE FOR DETERMINING POSITION OF AN AUTONOMOUS  
APPARATUS

**TECHNICAL FIELD**

5 The present invention generally relates to autonomous apparatuses, and in particular to devices and methods for improving position determination thereof.

**BACKGROUND**

10 Autonomous apparatuses such as autonomous or robotic vacuum cleaners and other self moving devices are well known in the prior art, for example as disclosed in the International Patent Applications WO 97/41451 (US Patent No. 5,935,179) and WO 00/38028, respectively. Such autonomous surface treatment apparatuses generally have a main body, being supported on or by a number of motor-driven wheels or  
15 rollers and means for surface treatment such as rotating brushes in combination with a vacuum cleaning device. Further, a sensing system, usually in combination with transmitters, is provided for guidance, navigation and obstacle detection. The sensing system generally sweeps around the horizon in analogy, for example, with a ship radar. A microprocessor together with appropriate software controls the transmitters  
20 and motors of the device. Normally, the microprocessor also receives input data from the wheels and the sensing system for the purpose of position information and localization of wall limitations as well as potential obstacles. This input data is then typically used as the basis for navigating the autonomous apparatus so that it, for instance, will be able to perform a cleaning function or other surface treatment  
25 function according to some predetermined strategy and at the same time avoid colliding with different obstacles, which may be arranged in the field of operation, besides avoiding collisions with limitations such as walls or the like.

Typically, an autonomous apparatus orients itself at any time within its permitted  
30 motion area defined by a map on the basis of information obtained from the sensing

system. Furthermore, the map is typically generated and updated by the autonomous apparatus itself during its movements. It is often vital for the apparatus to obtain an as accurate map as possible, as well as an exact positioning and orientation within the area defined by the map, to be able to perform its operations. Several systems for  
5 position determination of autonomous apparatuses have therefore been developed, based on different techniques of prior art. Apparatus contained internal systems such as distance sensors in connection to wheels, have proven to be most cost effective.

The internal position determination systems usually are composed of wheel sensors  
10 registering the rotational motion of the wheels. In order to determine how far the apparatus has travelled since previous registration, the information from the wheel rotations is used together with the wheel diameter. This can be done with a reasonable good accuracy when the surface is not too soft, since the effective wheel diameter then can be assumed to be constant. When the surface is slippery or soft,  
15 the apparatus may skid and/or the wheels may spin. The calculated travelled distance based on the wheel rotations is then incorrect compared to the actual distance travelled by the apparatus. In order to correct for this slippage, a position calibration method has to be performed. Such a method is disclosed in the US Patent 5,794,166. The method includes prediction of a cumulative overall slippage of the apparatus  
20 occurring when the apparatus travels from a starting point to a destination point along an imaginary path. This imaginary path includes a rotation of the apparatus at the starting point by a first rotation angle so that the apparatus is directed towards the destination point. The apparatus then travels forwards from the starting point to the destination point. Finally, a rotation of the apparatus at the destination point is  
25 performed that aligns the apparatus with the required rotational position of this point. Furthermore, an overall slippage per wheel based on at least one distance dependent prescribed slippage is calculated. To determine this, the distance between the effective contact points between the two driving wheels and the surface onto which the apparatus is to operate, defined as the "track width" of the autonomous  
30 apparatus, must be known. The track width is furthermore utilized for calculating the

rotational angle of the autonomous apparatus, as the apparatus moves along the imaginary path.

5 A problem with the method disclosed in US Patent 5,794,166 is that the actual track width of the autonomous apparatus varies depending on the surface, as well as on the type and direction of the turn. The reason for this is both that the effective contact point varies and that the wheel suspension is not totally rigid. As the effective contact point is displaced during turning of the apparatus, the actual track width will change, and the slippage calculation method in US Patent 5,794,166 will fail and an erroneous rotation  
10 of the apparatus is performed.

### SUMMARY

15 An object of the present invention is to provide an accurate position determination method for autonomous apparatuses and devices therefore. Another further object of the present invention is to improve the position determination using a calibration method for calculating an actual track width of the apparatuses and devices therefore.

20 The above objects are achieved by devices and methods according to the enclosed claims. In general words, an autonomous apparatus is equipped with a position determination device for position determination and localization during its operation. The position device comprises encoders for generating signals corresponding to wheel rotations of the driving wheels. The position change and the heading of the apparatus since the previous recording are obtained from these wheel rotations, in combination  
25 with the diameter of the wheels and the track width of the apparatus. The motion of the autonomous apparatus is in the present invention divided up into different driving modes, each one associated with a separate actual track width. Each driving mode is preferably defined in such a way that the track width of the apparatus is substantially constant with that driving mode.

30

The position determination device further comprises calibration means for calculating the actual track width associated with each one of the driving mode used by the autonomous apparatus. The calibration means in turn comprises means for aligning the apparatus in an initial direction decided by the operator, or an internal or external source. The apparatus is then caused to turn in the driving mode, whose actual track width is to be calculated. As the apparatus is turning, a means determines the total turning angle of the apparatus, based on an external reference or some internal device. Encoders register the corresponding wheel rotations during the turning. Preferably, from the wheel rotation and a temporary track width, an expected turning angle is calculated. A difference between the actual and the expected turning angles is then determined, and the actual track width is calculated as a correction of the temporary track width based on the angle difference.

The major advantages of the present invention come as a result of the division of the operation of the autonomous apparatus into different driving modes, in which the actual track width is substantially constant. This gives a much more accurate and reliable position determination compared to methods according to the prior art, based on one track width.

#### **BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS**

The invention, together with further objects and advantages thereof, will be best understood by reference to the following description taken together with the accompanying drawings, in which:

25

Fig. 1 illustrates a top view of an embodiment showing a vacuum-cleaning robot equipped according to the present invention;

30

Fig. 2 is a side view of the autonomous apparatus according to Fig. 1;

Fig. 3 is a front view of the autonomous apparatus according to Fig. 1;

Fig. 4 illustrates a hardware block diagram of the embodiment of Fig. 1;

5 Fig. 5a, 5b and 5c illustrate different possible ways of defining driving modes of an autonomous apparatus according to the present invention;

Fig. 6a and 6b illustrate the principles of associating the contact points between the wheels and the surface and an actual track width;

10

Fig. 7 is a detailed view of the hardware block diagram of Fig. 4 illustrating the hardware and the software mainly used by the present invention;

15 Fig. 8 illustrates a flow diagram of the position determination method of the present invention; and

Fig. 9a and 9b are flow diagrams of the position calibration method of the present invention.

20

## DETAILED DESCRIPTION

Throughout the drawings, the same reference characters will be used for corresponding or similar elements.

25 In the following, the invention will be described with reference to a particular example of an autonomous apparatus, namely an autonomous vacuum-cleaning device. It should, however, be understood that the invention is not limited thereto, and that the invention is applicable to various other autonomous apparatuses, such as transport vehicles in manufacturing environments, movable multi-purpose robots and robotic

lawnmowers, as well as autonomous surface treatment devices for sweeping, brushing and floor polishing.

In the present disclosure, "speed" refers to the absolute value of "velocity", which has both a magnitude and a direction, i.e. can be either positive or negative.

#### General features

Fig. 1 illustrates in a three-dimensional top view of an illustrative embodiment of an autonomous vacuum-cleaning device 1, which by itself will move on a floor and vacuum-clean a room. In the front portion there is arranged an ultrasonic system. The ultrasonic system comprises a strip-shaped ultrasonic transmitter 10 having a length covering of the order 180° of the front perimeter of the device as illustrated in Figs. 2 and 3. As seen in Fig. 2, the transmitter 10 with strip-shaped elements is mounted above a lower first row of microphone units 12. Above the strip-shaped transmitter elements a second row of microphone units 13 is localized. The ultrasonic echo sensor microphones 12 and 13 together with the transmitter 10 form an ultrasonic sonar system for the navigation of the device. In the illustrative embodiment the transmitter transducer is countersunked in a forward directed, movable bumper unit 16. The bumper 16 controls a left and a right bumper touch sensor, either one being actuated if the bumper makes contact with an obstacle. In Figs. 2 and 3 it will be seen that the device has two diametrically positioned wheels 17, 18. Each wheel 17, 18 is independently driven by a separate motor preferably equipped with a gearbox. The driven wheels 17 and 18 will enable the device to also rotate around its own symmetry center or around either wheel 17, 18. On the axis from each motor, driving the respective wheel 17 and 18, a respective quadrature sensor is mounted. Quadrature signals from the sensors are connected to a built-in microprocessor controlling the device. The signals from these sensors, or equivalent devices will be used for obtaining a dead count for estimating the distance of travel. This is described more in detail below. Optional wheels support the back of the device. The device is generally balanced with a slightly larger weight on the rear half of the device, carrying for

instance the batteries, such that it will always move with all wheels in contact with the floor. Due to this balancing the device may easily climb the edges of floor carpets and the like.

5 Further, the autonomous device may advantageously be equipped with Hall effect sensors, preferably one in front of each wheel, for detection of a magnetic fence and/or one or more magnetic strips in connection with the automatic charging station used for charging the device. The magnetic fence can be used to restrict the movement of the device. For example, the fence can be placed so that device does not fall down the  
10 stairs. It can also be placed so as to separate rooms without having to close the door. In this way, it is possible clean one room at a time, which has turned out to be an effective way of cleaning.

Fig. 4 is a hardware block diagram of the device according to Figs. 1, 2 and 3. The  
15 hardware basically consists of a processor board, which is configured to drive the ultrasonic transmitter and the corresponding microphone based receiver system, the fan and brush motors, the two wheel motors, as well as other components of the autonomous vacuum-cleaning device. The processor board is essentially built around a data processor such as the MC68332 from Motorola Inc.

20 The sonar localization sensing system formed by the transmitter and receiver system is utilized by the autonomous vacuum-cleaning device for obstacle detection purposes, such as detection of obstacles in the path of the moving device, pinpointing the exact location of the nearest obstacle. The processor controls the transmitter and  
25 receives input data from the receiver system for subsequent evaluation.

The processor also controls the motor for the rotating brush as well as the motor for the fan, wherein the fan generates the necessary vacuum for the general function of the vacuum cleaner. Air from the fan motor is additionally in a known manner

utilized for cooling purposes and the air is exhausted at a gilled outlet at the top of the device.

5 The processor is controlled by software stored in a number of different types of digital memories for example of type FEPROM, RAM or EEPROM, which are all well known to a person familiar to computer techniques. Additionally the processor has its own clocking system CLK also known from the prior art.

10 The system as illustrated in Fig. 4 further comprises a number of switches, two bumper switches and two tilt switches. The two bumper switches L-Bumper, R-Bumper are connected to two TPU input pins working in discrete I/O mode, and are used as a complement to the sonar system for detection of collisions with obstacles. The tilt switches are used to detect whether the device is leveled with the floor or tilted.

15 The system also includes a number of switches for input commands from a control panel. For example, this enables the user to turn the vacuum cleaner on and off, and to select one of a number of cleaning programs.

20 Signals representative of the magnetic fields that are sensed by the Hall sensors are fed to the processor via the A/D-converter and processed thereby to allow detection of the automatic charging station and the magnetic fence. The offset voltages of the analogue Hall sensors may vary with time, temperature and individual sensors, and therefore a zero field reference point is constantly recalculated with a slow averaging filter and adjusted based on pulse width modulated signals from the processor.

25

In order to detect malfunctions, various signals are continuously measured and fed to the processor for evaluation, either directly via the A/D-converter or first through the multiplexer MUX and then via the A/D-converter.



The wheel motors for driving the apparatus are separately controlled by pulse-width modulated signals of 5 kHz generated by two more channels from the Time Processor Unit in the main processor. In order to detect how much each wheel has rotated, the quadrature encoders mounted in connection with the wheels generate quadrature signals that are connected to Time Processor Unit (TPU) inputs of the MC68332. The quadrature signals are processed by the processor to provide position information by keeping track of the distance of travel and preferably also the rotation of the autonomous device during movement, which will be described in more detail below.

#### Position determination

In Fig. 6a, a position determination of the autonomous apparatus 1 according to the present invention is performed using signals from encoders 51, 52 located in connection to the driving wheels 17, 18. These encoders 51, 52 register the rotation of respective wheel 17, 18 and the signals are then outputted to a microprocessor. The microprocessor calculates the position change of the apparatus 1 since previous registration by combining the wheel rotation signals with information of the wheel diameters. In a first embodiment of the present invention the encoders 51, 52 are made of Hall sensors generating a quadrature signal in response to rotation of a magnetic disc 55 mounted in connection with the wheels 17, 18. The magnetic discs 55 are discs divided up into a number of sectors with different magnetic directions. As the discs 55 rotate the encoders 51, 52 register the change in magnetism and can thereby measure the rotation of respective wheel 17, 18. Other embodiments are possible, such as slotted disc encoders and related devices.

The signals from the encoders 51, 52 are not only used for determining travelled distances but also for calculating the heading of the apparatus 1 during its movement. Turning of the autonomous apparatus is given by:

$$\Delta\alpha = \frac{DistRight - DistLeft}{TrackWidth} * \frac{180}{\pi} \quad (1)$$

where  $\Delta\alpha$  is the turning angle in degrees of the apparatus 1 since previous position, DistRight and DistLeft is the distance traveled by the right and the left wheel, respectively, and TrackWidth is the actual track width 30 of the apparatus 1. Thus, to determine the heading of the apparatus 1, in addition to the wheel rotation signals, the actual track width 30 is needed. The problem is that the track width 30 of the autonomous apparatus 1 varies depending on the surface, as well as on the type and direction of the turn. The motion of the apparatus 1 is therefore in the present invention separated into different driving modes, in which the track width 30 is substantially constant or only varies between acceptable limits. Figs. 5a, 5b and 5c illustrate how such driving modes 40a-40u are defined by the rotation velocities of the driving wheels 17, 18. In respective Fig., a coordinate system, in which the x-axis represents rotation velocity of the left wheel and rotation velocity of the right wheel is represented by the y-axis, is illustrated. Which wheel is defined as the left wheel or the right wheel does not matter as long as the definition is used consistently throughout the entire procedure, i.e. there is no risk for mix-up between the two wheels.

In the embodiment of the present invention illustrated in Fig. 5a, the driving modes 40a-40l are defined by a respective range of ratios between the rotation velocities:

$$A \leq \frac{VelRightWheel}{VelLeftWheel} \leq B \quad (2)$$

where VelRightWheel and VelLeftWheel are the velocities of the two driving wheels 17, 18, respectively, and A and B are the limits, within which the quotient associated with the driving mode 40a-40l is to be defined. This way of defining driving modes divides the coordinate system into sectors, such as 40a in Fig. 5a. The quotient will

be the same if the magnitudes of the velocities of the two wheels are the same but the directions are different. If the ratio is the single defining parameter, driving forwards with both wheels and driving backwards with the same rotation speed of respective wheel are also defined, in this embodiment, as the same driving mode. In Fig. 5a, sectors 40a and 40b are e.g. then associated with the same driving mode. However, additional defining parameters, such as the sign of one of the velocities, may also be used. The sectors 40a and 40b may then constitute separate driving modes.

Fig. 5b illustrates another embodiment for defining driving modes 40m-40p of the present invention. The driving modes 40m-40p are defined in that the rotation velocity of one or both wheels is within a predetermined velocity range. The rotation velocities are, thus, limited by an upper rotation velocity limit and/or a lower rotation velocity limit. This can be applied for each wheel independently, 40m or 40n, or simultaneously for both wheels 40o. In the latter case a more precise division of driving modes is obtained. For some operations it may, however, be sufficient to base the driving mode definition on the rotation velocity of only one wheel. The driving mode 40p illustrates the use of indefinite velocity range.

The driving modes illustrated in Fig. 5b should only be interpreted as examples of possible driving modes. In a preferred embodiment, the driving modes should be complementary and together cover all allowed motion patterns.

Fig. 5c illustrates yet another embodiment for defining the driving modes 40q-40u of the present invention, which today is considered as the most preferred embodiment. This definition divides the driving operation of the apparatus 1 into five driving modes, of which three 40r, 40t, 40u correspond to distinct velocity ratios and two 40q, 40s correspond to ranges of rotation velocity ratios. 40r is the driving mode used for forward travel, where the rotation velocities of the two driving wheels 17, 18 are the same. Here, any associated actual track width may be used, since the apparatus, at least ideally, does not turn. A compensation for unintentional turns

may, however, optionally be present. 40t and 40u illustrate driving modes turning the apparatus around its own axis on the spot in a respective direction. The magnitudes of the rotation velocities of the wheels are the same but the directions of rotation are opposite, in 40u the right wheel is rotating forwards whereas the left wheel is rotating backwards. The opposite is true for 40t, where the left rotates forwards and the right wheel rotates backwards. In order to turn while driving forwards, the two driving modes 40q and 40s are needed. 40q represents a mode involving turning the apparatus to the left and 40s represents a mode turning the apparatus to the right. In the former driving mode, 40q, the right wheel is rotating forwards either alone or in combination with forward rotation of the left wheel. The rotation speed of the left wheel has, though, to be lower than the rotation speed of the right wheel. The same is true for 40s except that it is the left wheel that rotates alone or faster than the right wheel. In this definition of driving modes, the apparatus is never allowed to move backwards. It instead turns on the spot and then moves forwards. Its movement is, thus, limited to the five different driving modes, which are sufficient to cover the allowed motions used during operation of the autonomous apparatus 1. A backward motion may, however, be used at special occasions, e.g. when the apparatus encounters an obstacle or a magnetic fence. If such motion is used, it is then preferably straight, whereby there is no track width dependence.

The motion of the autonomous apparatus 1 is, as mentioned above, generally divided up into different driving modes 40a- 40u, in which the track width 30 may be considered as substantially constant. Figs. 6a and 6b illuminate the need for this division.

Referring to Fig. 6a, this is a view of principle of the lower part of an autonomous apparatus 1 showing the effective contact points 31, 32 between the driving wheels 17, 18 and a surface 33, when the apparatus is driving, forwards with the same rotation speed on both driving wheels. The effective contact points 31, 32 of respective wheel are typically, in this driving mode, located in the center of the parts

of the lateral areas of the wheels 17, 18 that are in contact with the surface 33, as illustrated in Fig. 6a. These effective contact points 31, 32 define the actual track width 30 of the apparatus.

5 In Fig. 6b, the actual track width 30 in a different driving mode is shown. In this driving mode the apparatus is turning right while driving. The effective contact point 32 of the driving wheel in the direction of the turn, i.e. the right wheel 18, is displaced from the center of the lateral area as in Fig. 6a towards the side facing the turning direction. This displacement of contact points changes the actual track width  
10 30 of the apparatus, resulting in a noticeably different track width compared to the driving mode associated with Fig. 6a.

Figs. 6a and 6b should merely be viewed as illustrative examples showing the dependence of the track width 30 upon the driving mode of the apparatus 1. The  
15 actual track width 30 and the effective contact points 31, 32 will change further at other driving modes but the spirit of the driving mode concept should be clear from the Figs 6a and 6b.

Fig. 7 illustrates a part of the hardware block diagram of Fig. 4 in more detail,  
20 omitting the parts not directly used for position determination purposes. In order to move the autonomous apparatus 1, pulse-width modulated signals (PWM) are outputted from the Time Processor Unit in the microprocessor 21. These PWM signals control the applied voltage to respective driving motor and thereby control the rotation speed and direction of respective wheel. As mentioned above, encoders  
25 51, 52 register the wheel positions, generating quadrature signals that are forwarded to the microprocessor 21, and corresponding velocities are determined. In order to determine the position change of the apparatus 1 since previous recording the actual track width 30 and the driving mode 40 of the apparatus 1 have to be determined. In the digital memories 20, software used for position determination, is stored. Based  
30 on the wheel positions, encoded in the quadrature signals, determination means 54 in

the digital memories 20 determines the present driving mode 40 of the apparatus 1 by use of wheel rotation velocities. From this driving mode 40 the associated actual track width 30 is obtained, which is used in the subsequent position calculations.

5 Before the actual position calculations it has to be determined which track width to use. The driving mode and therefore also the definition of driving modes have to be known. It might be, from operational point of view, most suitably to have several different definitions of driving modes, such as some of the definitions of Figs. 5a, 5b and 5c. The operator can then switch between definitions of different sets of driving  
10 modes when i.e. the surface changes or when the autonomous apparatus is to perform a new operation where the former driving mode definition is not perfectly representative. Whichever driving mode definition used, the actual track width has to be determined and associated to each driving mode. This is in the present invention preferably performed by a calibration method, which is described further below.

15

Once the actual track width is known, the position change is calculated by calculation means 53 stored in the digital memories 20, which are loaded and executed in the microprocessor 21. The travelled distance is calculated using the wheel rotations and the diameter of respective wheel, whereas the heading is given by equation (1). By  
20 starting in an initial well defined position and calculating the position change at some intervals as the apparatus moves, and storing this information in the digital memories, the apparatus may keep track of its movement during its operation and thus of its present location. This information is used by e.g. surface treatment autonomous apparatuses together with a map over the area of operation, to know  
25 which parts of the operation area that have been treated and which parts that are untreated.

In order to determine the actual track width 30 of respective driving mode 40a-40u, a position calibration means of the present invention is preferably used. Firstly  
30 aligning means 22 aligns the autonomous apparatus 1 in an initial direction. The

aligning means 22 controls the driving means 60 via the PWM signals from the microprocessor 21 so that the apparatus 1 turns and possibly also moves to face a direction selected by the aligning means 22. The aligning means 22 could preferably comprise magnetic detectors 23, 24, e.g. Hall sensors, detecting a magnetic field that is provided to direct the apparatus 1 in the correct direction. The magnetic field may originate from magnetic stripes or other magnetic sources, such as the magnetic fence and/or one or more of the magnetic strips in connection with the automatic charging station mentioned above. Other embodiments are also possible; the aligning means 22 may comprise push buttons that the operator pushes when the apparatus 1 is to calculate the track width 30. The initial direction may then be the direction the apparatus is facing when the button is pushed so no turning before the actual calibration is necessary. Alternatively, an external signal from some source may trigger the calibration method and the aligning means 22 then comprises a receiver, sensitive to the external signal.

15

Once the apparatus 1 has been aligned in the initial direction, the microprocessor 21 sends PWM signals to the driving means 60. The driving means 60, in turn, causes the apparatus 1 to turn in the driving mode 40a-40u associated with the actual track width 30 to be determined. If the apparatus moves according to the driving mode 40r in Fig. 5c, it is actually moving straight ahead, i.e. not turning. In this driving mode 40r, the actual track width 30 is in fact arbitrary, e.g. given by the distance between the wheels and no calibration is necessary. On the other hand, for other possible driving modes an actual calculation is necessary to obtain the correct track width. The actual total turning angle of the apparatus, during the turning in the selected driving mode, is then determined by reference means 80. The reference means 80 uses some internal or external reference for obtaining the actual turning angle. Gyros, sensitive to changes in travelling direction, could be used as an internal reference for calculating the total turning angle of the apparatus 1. External references could be a magnetic field sensed by the magnetic detectors 23, 24 in the aligning means 22 or other magnetic detectors. Just as for the initial aligning other

30

external signals, such as a signal beacon or another source somewhere in the area of operation, may be used as a stationary reference. Doing the turning in the selected driving mode, the angle relative the reference changes and the reference means 80 can thereby calculate the total turning angle of the apparatus. The apparatus may preferably turn a predetermined total turning angle, which e.g. could be determined by the operator. The wheel rotations corresponding to this turning, predetermined or not, are simultaneously registered by the encoders 51, 52. By using the wheel rotations and the total turning angle, the actual track width 30 of the driving mode 40a- 40u can be calculated by means of a calculation means 70. From the wheel rotations, an expected total turning angle of the apparatus is preferably calculated in an expectation means 71, based on a temporary track width. This temporary track width may be the track width used during driving straight forward, 40r in Fig. 5c, the nominal track width or a previously calculated track width. Difference means 72 calculates a possible difference between the actual total turning angle, determined by the reference means 80, and the expected turning angle, obtained from the expectation means 71. Based on this difference, a correction of the temporary track width is determined by correction means 73. The temporary track width is, thus, calibrated to correspond to the actual track width 30 of the apparatus 1.

It is also possible to calibrate the apparatus by rotating the wheels a predetermined number of rotations and simply registering the corresponding actual turning angle. Similar calculations as above are used to obtain the correct actual turning angle of the apparatus.

The track widths may, using the method above, be calculated for all possible driving modes at one instance, e.g. at the start of the operation. The information of the driving modes and associated track widths may then be stored in the digital memories 20 of the autonomous apparatus 1. As the driving mode changes during the operation, the respective stored actual track width is used for position determination. This stored data can be used for longer-term operations so that



calculations are only performed if a new, until now not used, driving mode is encountered, and not every time the apparatus is started. Another possibility is to calculate the track width as the apparatus changes driving mode. In this way the calibration method has to be performed at least once for every new driving. The information may be stored in the memories 20 for later uses. However, preferably the calibration is performed regularly or when there are indications of changes in motion conditions.

Fig. 8 illustrates a schematic flow diagram of the position determination method of the present invention. The method starts in step 100. In step 101, a wheel rotation is determined for the two driving wheels. A driving mode is then in step 102 determined, based on the wheel rotations. In step 103, the position change since previous calculation is calculated, based on an actual track width, associated with the driving mode. Finally, the position determination method is completed in step 104.

The calibration method of the present invention is briefly described in Figs. 9a and 9b. The calibration procedure starts in step 200. In step 201, the apparatus is aligned in the initial direction, decided by the operator or some external or internal input. The apparatus is then in step 202 caused to turn, in the driving mode associated with the actual track width to be calculated. The actual turning angle is determined in step 203, using an external reference or an internal means. In step 204, the corresponding wheel rotations are registered preferably by encoders in connection with respective wheel. The actual track width of the present driving mode is calculated in step 205, before the method is completed in step 209.

Fig. 9b describes a preferred manner to accomplish the calculation step 205 in more detail. In step 206, an expected total turning angle is calculated based on the wheel rotations and a temporary track width. The calculation continues in step 207, where a difference between the actual and the expected total turning angles is determined.

In step 208, the actual track width is calculated as a correction of the temporary track width using the difference in step 207. Finally the method is ended in step 209.

5 It will be understood by a person skilled in the art that various modifications and changes may be made to the present invention without departure from the scope thereof, which is defined by the appended claims.

## CLAIMS

1. A position determination method for an autonomous apparatus (1), comprising the steps of:
  - 5 determining a wheel rotation of a first (17) and a second (18) wheel, respectively; and
  - calculating a position change based on said first and second wheel rotations and a track width (30), **characterized by** the further step of:
    - 10 determining a driving mode (40a-40u) based on said wheel rotations, whereby said calculating step is based on an actual track width (30) associated with said driving mode (40a-40u).
- 15 2. The method according to claim 1, **characterized in that** said driving mode (40a-40u) is defined by means of rotation velocities of said first (17) and said second (18) wheels.
3. The method according to claim 2, **characterized in that** said driving mode (40a-40l, 40q, 40s) is defined by a range of ratios between said rotation velocities.
- 20 4. The method according to claim 2, **characterized in that** said driving mode (40m-40p) is defined in that said rotation velocity of said first wheel (17) is within a predetermined first velocity range.
- 25 5. The method according to claims 2 or 4, **characterized in that** said driving mode (40m-40p) is defined in that said rotation velocity of said second wheel (18) is within a predetermined second velocity range.
6. The method according to claim 2, **characterized by** five driving modes (40q-40u) defined by:

forward rotation of said first wheel (17) and forward rotation of said second wheel (18) with equal rotation velocities;

forward rotation of said first wheel (17) and backward rotation of said second wheel (18) with equal rotation speed;

5 backward rotation of said first wheel (17) and forward rotation of said second wheel (18) with equal rotation speed;

forward rotation of said first wheel (17) either alone or in combination with forward movement of said second wheel (18), where the rotation speed of said second wheel (18) is lower than the rotation speed of said first wheel (17); and

10 forward rotation of said second wheel (18) either alone or in combination with forward movement of said first wheel (17), where the rotation speed of said first wheel (17) is lower than the rotation speed of said second wheel (18).

7. A calibration method for a positioning device (50) of an autonomous apparatus  
15 (1), **characterized by the steps of:**

aligning said autonomous apparatus (1) in an initial direction;

turning said autonomous apparatus (1) in a first of a number of driving modes (40a-40u);

determining an actual total turning angle of said autonomous apparatus (1);

20 measuring a wheel rotation of a first (17) and a second (18) wheel, respectively; and

calculating an actual track width (30) associated with said first driving mode (40a-40u) based on said measured wheel rotations and said determined actual total turning angle.

25

8. The method according to claim 7, **characterized in that** said calculating step in turn comprises the steps of:

calculating an expected total turning angle of said autonomous apparatus (1) based on said measured wheel rotations and a temporary track width;

calculating a difference between said expected and said actual turning angles of said autonomous apparatus (1); and

determining said actual track width (30) as a correction of said temporary track width based on said difference.

5

9. The method according to claims 7 or 8, **characterized in that** said driving modes (40a-40u) are defined by means of rotation velocities of said first (17) and said second (18) wheels.

10 10. The method according to claim 9, **characterized in that** said driving modes (40a-40l, 40q, 40s) are defined by a range of ratios between said rotation velocities.

11. The method according to claim 9, **characterized in that** at least one of said driving modes (40m-40p) is defined in that said rotation velocity of said first wheel  
15 (17) is within a predetermined first velocity range.

12. The method according to claims 9 or 11, **characterized in that** at least one of said driving modes (40m-40p) is defined in that said rotation velocity of said second wheel (18) is within a predetermined second velocity range.

20

13. The method according to claim 9, **characterized by** five driving modes (40q-40u) defined by:

forward rotation of said first wheel (17) and forward rotation of said second wheel (18) with equal rotation velocities;

25 forward rotation of said first wheel (17) and backward rotation of said second wheel (18) with equal rotation speed;

backward rotation of said first wheel (17) and forward rotation of said second wheel (18) with equal rotation speed;

forward rotation of said first wheel (17) either alone or in combination with forward movement of said second wheel (18), where the rotation speed of said second wheel (18) is lower than the rotation speed of said first wheel (17); and

forward rotation of said second wheel (18) either alone or in combination with  
5 forward movement of said first wheel (17), where the rotation speed of said first wheel (17) is lower than the rotation speed of said second wheel (18).

14. The method according to any of the claims 7 to 13, **characterized in that** said actual turning angle determining step in turn comprises the step of:

10 utilizing an operator input or an external input.

15 15. The method according to claim 14, **characterized in that** said external input is a signal generated by detection of a magnetic field.

16. A position determining device (50) of an autonomous apparatus (1) comprising:  
means (51, 52) for determining a wheel rotation of a first (17) and a second  
(18) wheel, respectively; and

calculation means (53) for calculating a position change based on said first and second wheel rotations and a track width (30), said calculation means being  
20 connected to said means (51, 52) for measuring said wheel rotations, **characterized by**

means (54) for determining a driving mode (40a-40u) based on said wheel rotations connected to said calculation means (53), whereby said calculation means 53 is arranged to base said calculation on an actual track width (30) associated with  
25 said driving mode (40).

17. The device according to claim 16, **characterized in that** said driving mode (40a-40u) is defined by means of rotation velocities of said first (17) and said second (18) wheels.

30

18. The device according to claim 17, **characterized in that** said driving mode (40a-40l, 40q, 40s) is defined by a range of ratios between said rotation velocities.

19. The device according to claim 17, **characterized in that** said driving mode (40m-40p) is defined in that said rotation velocity of said first wheel (17) is within a predetermined first velocity range.

20. The device according to claims 17 or 19, **characterized in that** said driving mode (40m-40p) is defined in that said rotation velocity of said second wheel (18) is within a predetermined second velocity range.

21. The device according to claim 17, **characterized by five driving modes** (40q-40u) defined by:

forward rotation of said first wheel (17) and forward rotation of said second wheel (18) with equal rotation velocities;

forward rotation of said first wheel (17) and backward rotation of said second wheel (18) with equal rotation speed;

backward rotation of said first wheel (17) and forward rotation of said second wheel (18) with equal rotation speed;

forward rotation of said first wheel (17) either alone or in combination with forward movement of said second wheel (18), where the rotation speed of said second wheel (18) is lower than the rotation speed of said first wheel (17); and

forward rotation of said second wheel (18) either alone or in combination with forward movement of said first wheel (17), where the rotation speed of said first wheel (17) is lower than the rotation speed of said second wheel (18).

22. The device according to any of the claims 16 to 21, **characterized by position calibration means** in turn comprising:

means (22) for aligning said autonomous apparatus (1) in an initial direction;

means (21) for causing driving means (60) to turn said autonomous apparatus (1) in a first of a number of driving modes (40a-40u);

means (80) for determining an actual total turning angle of said autonomous apparatus (1);

5 first calculation means (70) for calculating said actual track width (30) associated with said first driving mode (40a-40u) based on said measured wheel rotations and said determined actual total turning angle.

23. The means according to claim 22, **characterized in that** said first calculation means (70) in turn comprises:

10 second calculation means (71) for calculating an expected total turning angle of said autonomous apparatus (1) based on said measured wheel rotations and a temporary track width;

15 third calculation means (72) for calculating a difference between said expected and said actual turning angles of said autonomous apparatus (1); and

means (73) for determining said actual track width (30) as a correction of said temporary track width based on said difference.

24. A position calibration means of an autonomous apparatus, **characterized by** means (22) for aligning said autonomous apparatus (1) in an initial direction;

20 means (21) for causing driving means (60) to turn said autonomous apparatus (1) in a first of a number of driving modes (40a-40u);

means (80) for determining an actual turning angle of said autonomous apparatus (1);

25 means (51, 52) for measuring a wheel rotation of a first wheel (17) and a second wheel (18), respectively; and

first calculation means (70) for calculating an actual track width (30) associated with said first driving mode (40a-40u) based on said measured wheel rotations and said determined actual total turning angle, said first calculation means (70) being



connected to said means (80) for determining said actual turning angle and said means (51, 52) for measuring said wheel rotations.

25. The means according to claim 24, **characterized in that** said first calculation means (70) in turn comprises:

second calculation means (71) for calculating an expected total turning angle of said autonomous apparatus (1) based on said measured wheel rotations and a temporary track width;

third calculation means (72) for calculating a difference between said expected and said actual turning angles of said autonomous apparatus (1); and

means (73) for determining said actual track width (30) as a correction of said temporary track width based on said difference.

26. The means according to claims 24 or 25, **characterized in that** driving modes (40a-40u) are defined by means of rotation velocities of said first (17) and said second (18) wheels.

27. The means according to claim 26, **characterized in that** said driving modes (40a-40l, 40q, 40s) are defined by a range of ratios between said rotation velocities.

28. The means according to claim 26, **characterized in that** at least one of said of driving modes (40m-40p) is defined in that said rotation velocity of said first wheel (17) is within a predetermined first velocity range.

29. The means according to claims 26 or 28, **characterized in that** at least one of said of driving modes (40m-40p) is defined in that said rotation velocity of said second wheel (18) is within a predetermined second velocity range.

30. The means according to claim 26, **characterized by** five driving modes (40q-40u) defined by:

forward rotation of said first wheel (17) and forward rotation of said second wheel (18) with equal rotation velocities;

forward rotation of said first wheel (17) and backward rotation of said second wheel (18) with equal rotation speed;

5 backward rotation of said first wheel (17) and forward rotation of said second wheel (18) with equal rotation speed;

forward rotation of said first wheel (17) either alone or in combination with forward movement of said second wheel (18), where the rotation speed of said second wheel (18) is lower than the rotation speed of said first wheel (17); and

10 forward rotation of said second wheel (18) either alone or in combination with forward movement of said first wheel (17), where the rotation speed of said first wheel (17) is lower than the rotation speed of said second wheel (18).

31. The means according to any of the claims 24 to 30, **characterized in that** said means (22) determining said actual total turning angle of said autonomous apparatus in turn comprises operator input or external input means.

32. The means according to claim 31, **characterized in that** said external input means is a magnetic field detector.

20

33. The means according to claim 32, **characterized in that** said magnetic field detector is a Hall sensor (23, 24).

1/7

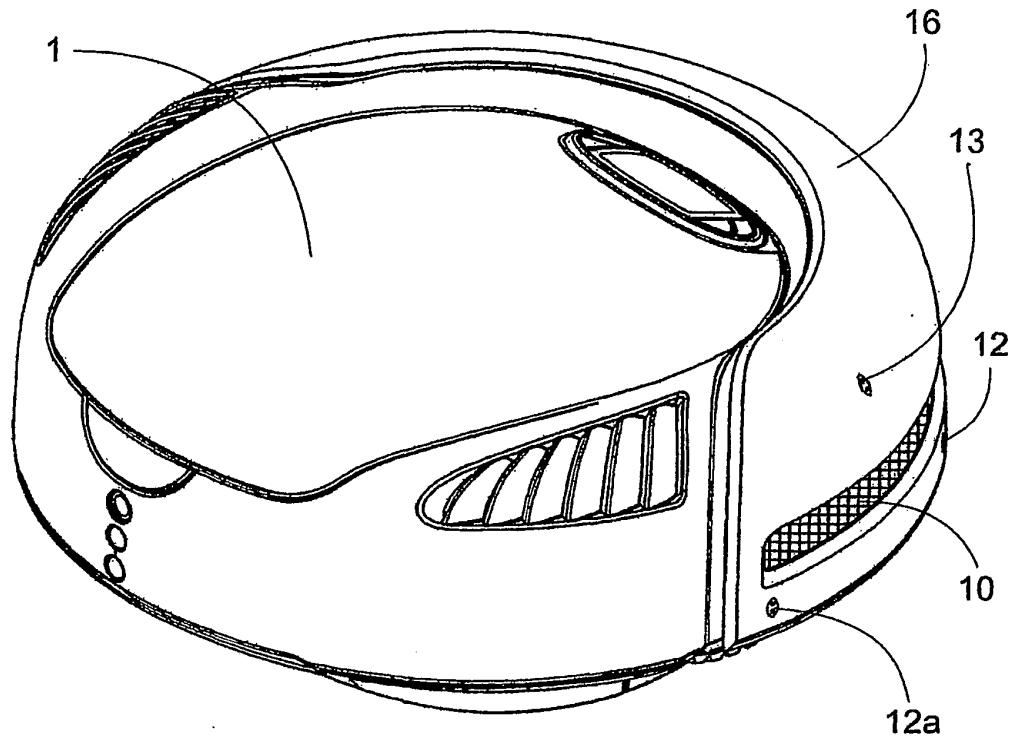


Fig. 1

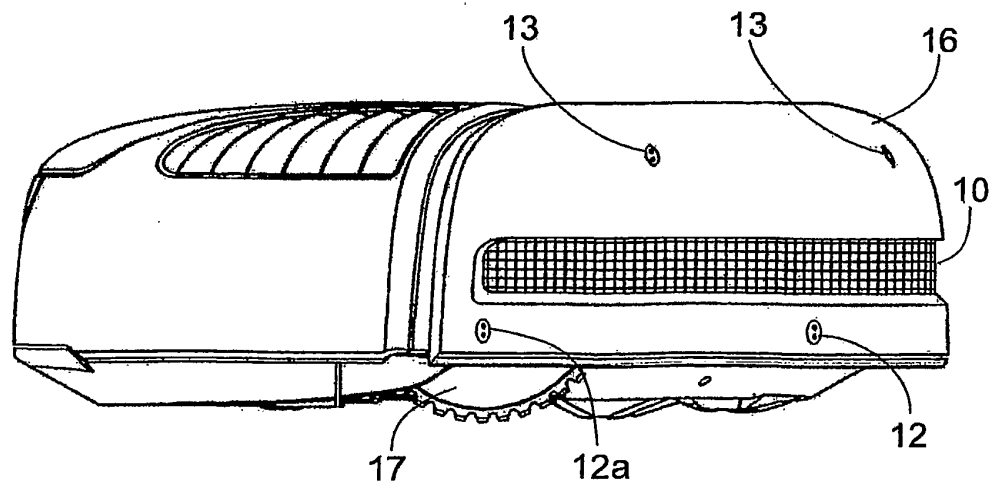


Fig. 2

217

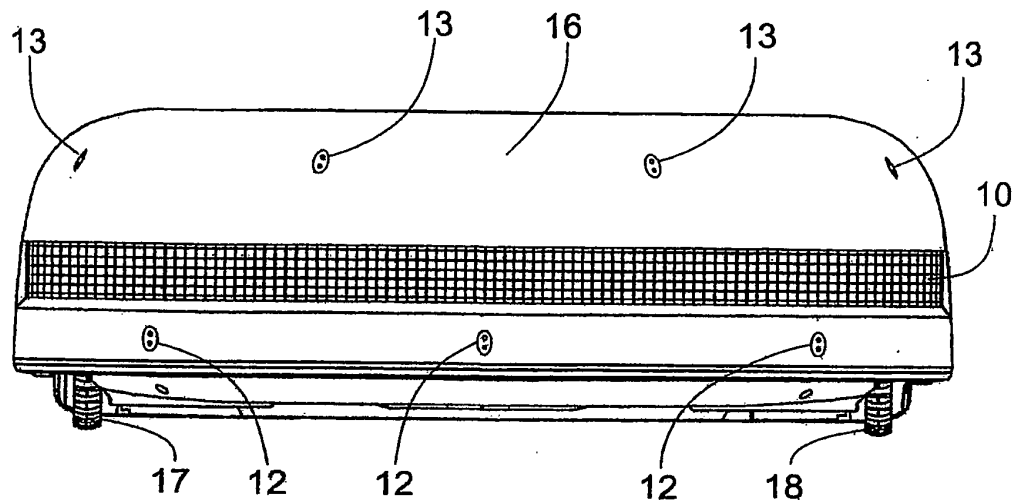


Fig. 3

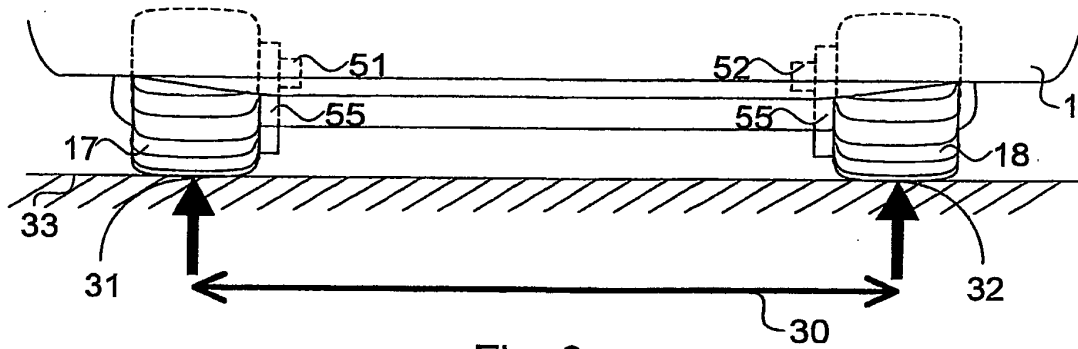


Fig. 6a

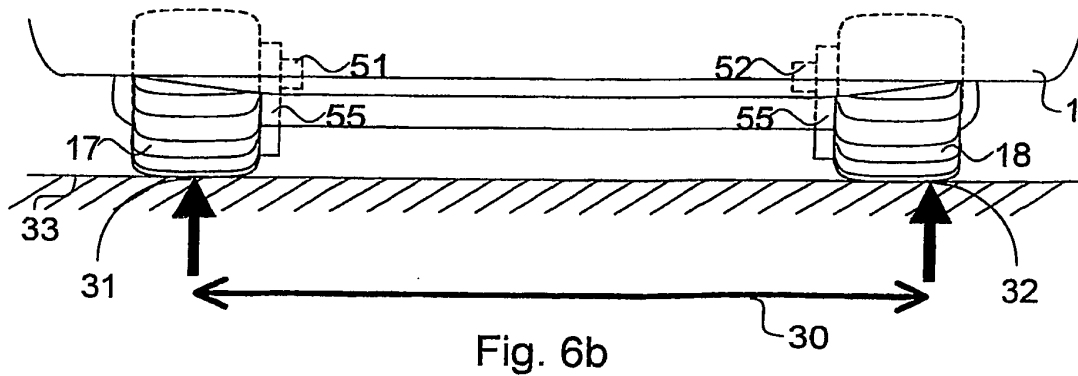


Fig. 6b

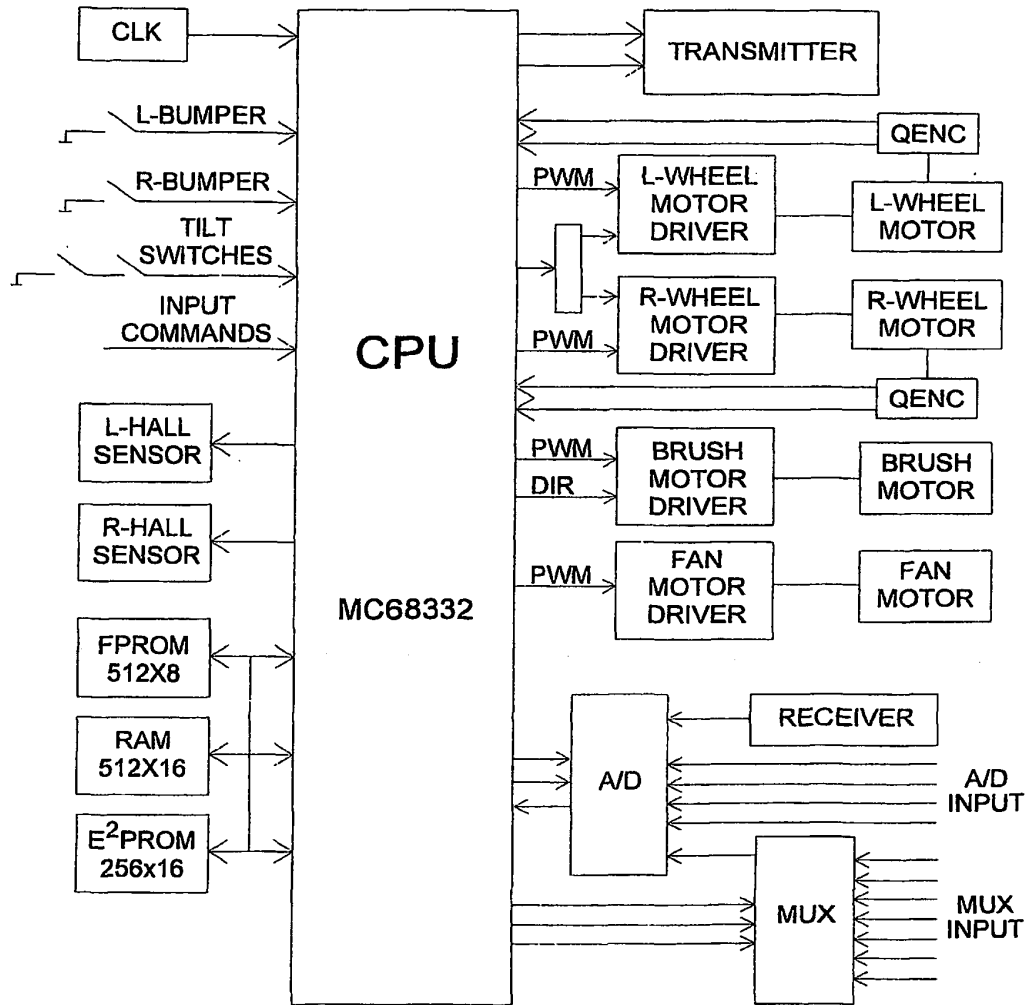


Fig. 4

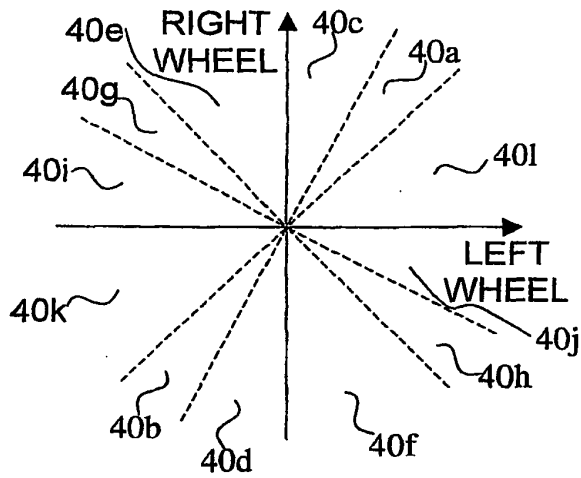


Fig. 5a

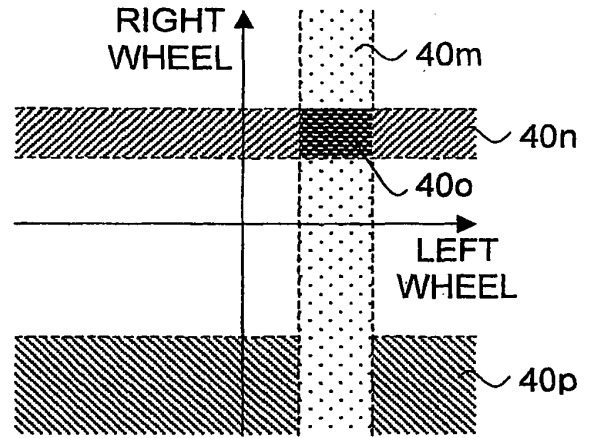


Fig. 5b

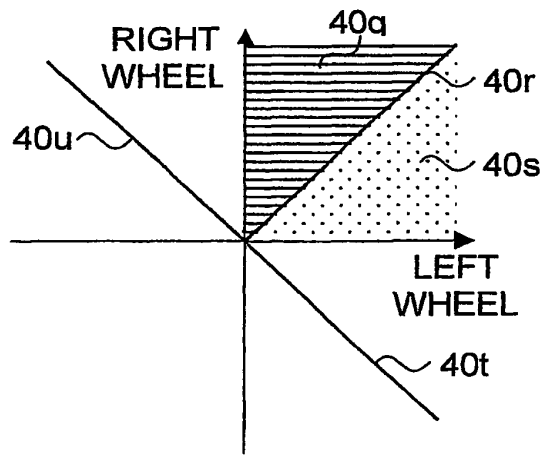


Fig. 5c

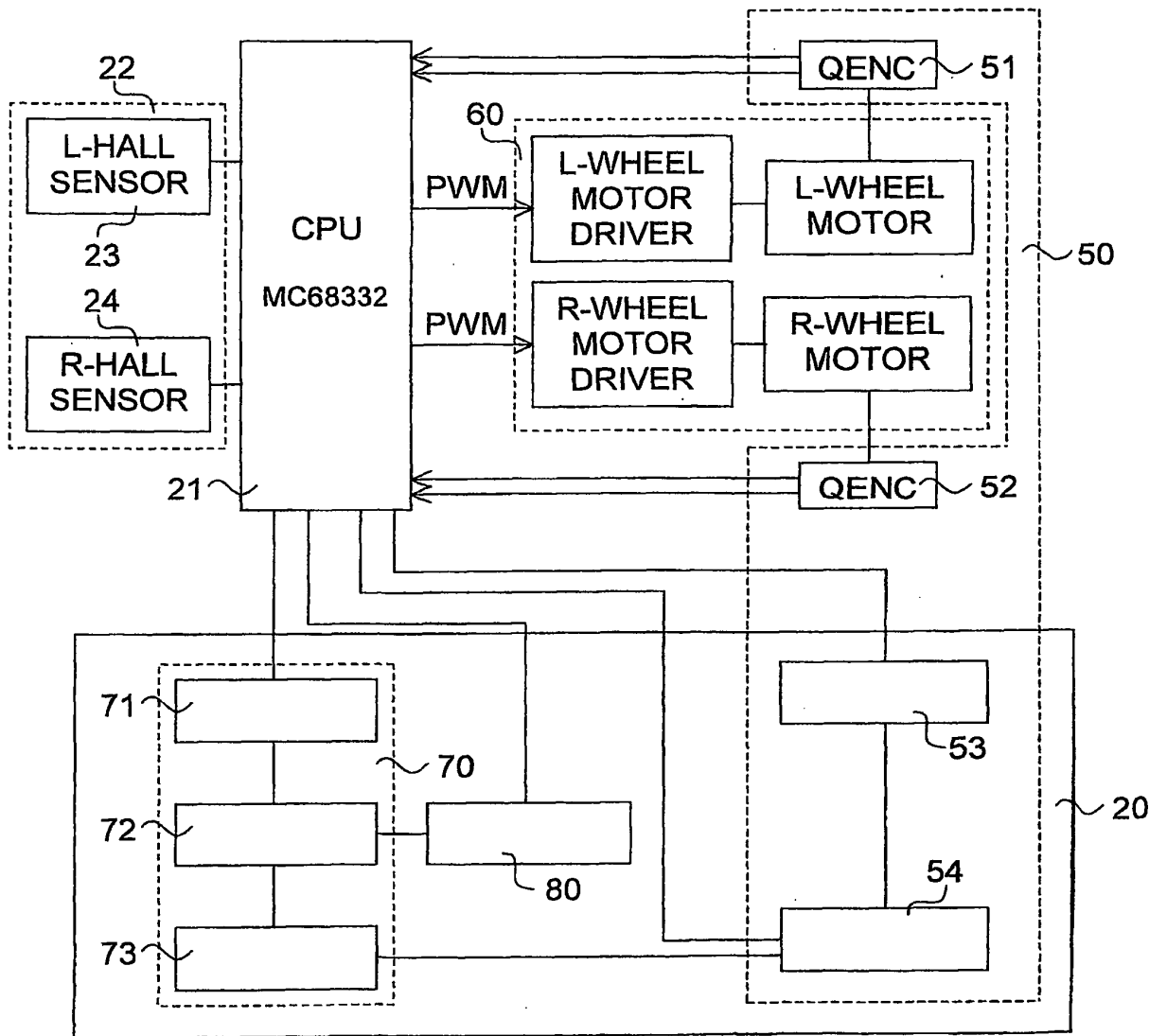
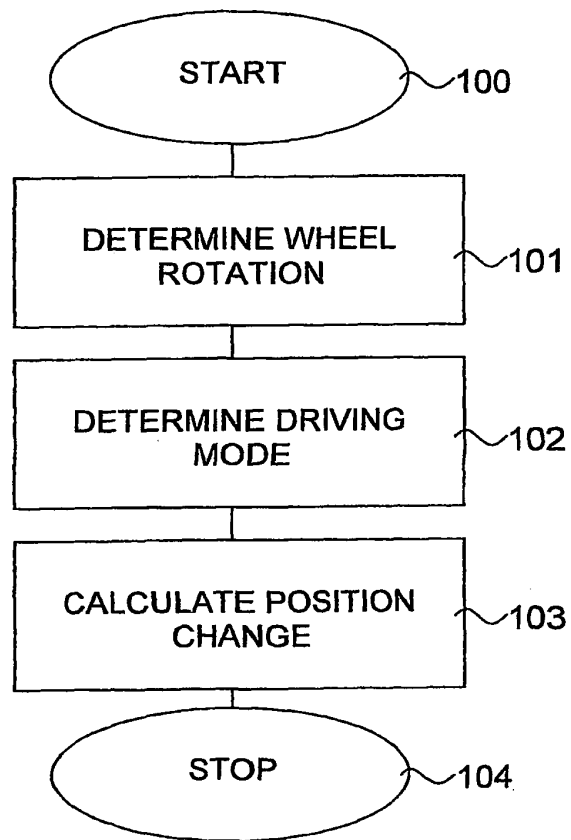


Fig. 7



**Fig. 8**



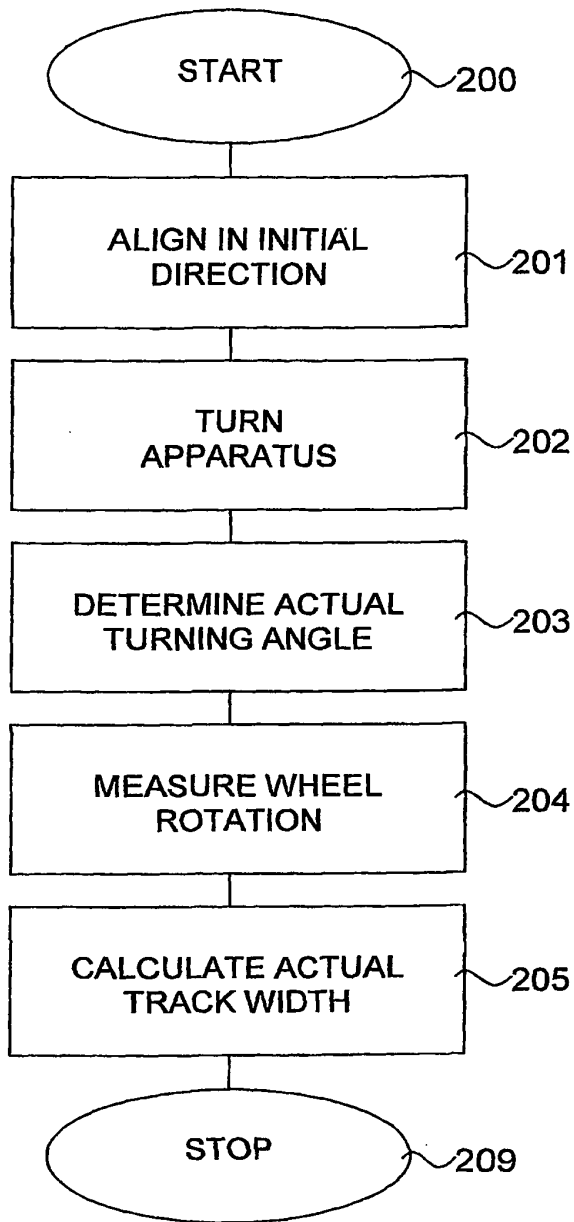


Fig. 9a

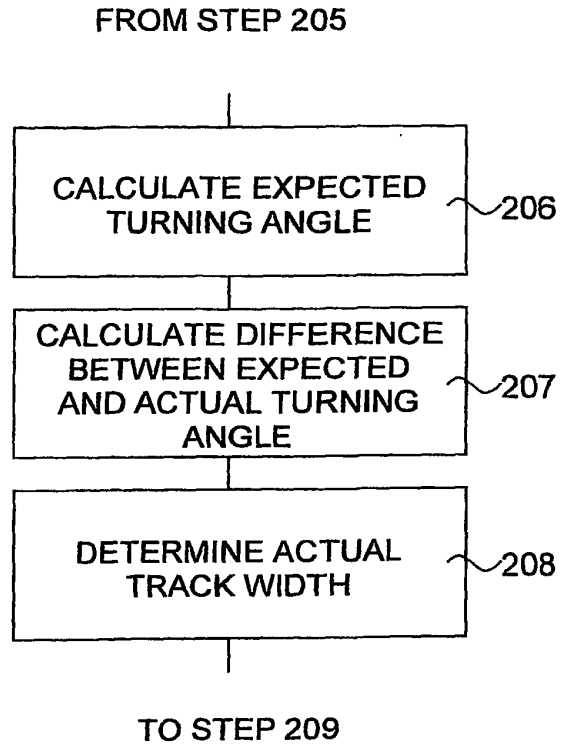


Fig. 9b

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.  
**PCT/SE 02/00420**

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b>		
<b>IPC7: G05D 1/02</b> According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b>		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)		
<b>IPC7: G05D</b>		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
<b>SE,DK,FI,NO classes as above</b>		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 4852677 A (M.OKAZAKI), 1 August 1989 (01.08.89), column 3, line 5 - line 62; column 5, line 32 - line 68  --	1-33
A	US 5794166 A (R.BAUER ET AL), 11 August 1998 (11.08.98), cited in the application  --	1-33
A	US 5402365 A (E.M.KOZIKARO), 28 March 1995 (28.03.95)  --	1-33
A	US 5156038 A (E.M.KOZIKARO), 20 October 1992 (20.10.92), abstract  -- -----	1-33
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance: the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance: the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search		Date of mailing of the international search report
6 June 2002		18 -06- 2002
Name and mailing address of the ISA/ Swedish Patent Office Box 5055, S-102 42 STOCKHOLM Facsimile No. + 46 8 666 02 86		Authorized officer  Göran Magnusson /itw Telephone No. + 46 8 782 25 00

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
Information on patent family members

International application No.  
**PCT/SE 02/00420**

Patent document cited in search report			Publication date	Patent family member(s)		Publication date
US	4852677	A	01/08/89	JP	2572968 B	16/01/97
				JP	63020508 A	28/01/88
				SE	503587 C	08/07/96
				SE	8702830 A	15/01/88
-----						
US	5794166	A	11/08/98	DE	19521358 C	05/09/96
				JP	9145392 A	06/06/97
-----						
US	5402365	A	28/03/95	DE	69319887 D,T	04/03/99
				EP	0619873 A,B	19/10/94
				JP	7502825 T	23/03/95
				WO	9410537 A	11/05/94
-----						
US	5156038	A	20/10/92	EP	0596946 A	18/05/94
				JP	3225519 B	05/11/01
				JP	6509421 T	20/10/94
				WO	9303327 A	18/02/93
-----						

(12) INTERNATIONAL APPLICATION PUBLISHED UNDER THE PATENT COOPERATION TREATY (PCT)

(19) World Intellectual Property Organization  
International Bureau



(43) International Publication Date  
26 September 2002 (26.09.2002)

PCT

(10) International Publication Number  
WO 02/075470 A1

- (51) International Patent Classification<sup>7</sup>: G05D 1/02
- (21) International Application Number: PCT/SE02/00471
- (22) International Filing Date: 13 March 2002 (13.03.2002)
- (25) Filing Language: English
- (26) Publication Language: English
- (30) Priority Data:  
0100924-0 15 March 2001 (15.03.2001) SE
- (71) Applicant (for all designated States except US): AK-TIEBOLAGET ELECTROLUX [SE/SE]; S-105 45 Stockholm (SE).

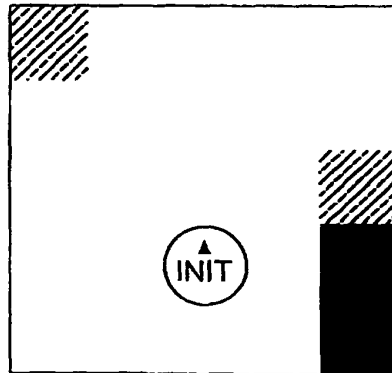
- (81) Designated States (national): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PI, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZM, ZW.
- (84) Designated States (regional): ARIPO patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), Eurasian patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), European patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), OAPI patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

- (72) Inventor; and
- (75) Inventor/Applicant (for US only): HULDÉN, Jarl [SE/SE]; Hagalundsgatan 42 9tr., S-169 64 Solna (SE).
- (74) Agent: SVAHN, Göran; AB Electrolux (publ.), Group Intellectual Property, S-105 45 Stockholm (SE).

Published:  
— with international search report

For two-letter codes and other abbreviations, refer to the "Guidance Notes on Codes and Abbreviations" appearing at the beginning of each regular issue of the PCT Gazette.

(54) Title: ENERGY-EFFICIENT NAVIGATION OF AN AUTONOMOUS SURFACE TREATMENT APPARATUS



201	200	200	200	200
200	200	200	200	200
200	200	200	200	201
200	200	INIT	200	255
200	200	200	200	255

(57) Abstract: The idea according to the invention is to divide a given area into cells, each of which is being indicated as treated, untreated or occupied by an obstacle, and to determine a navigation route, to an untreated cell, that requires the smallest amount of energy according to a predetermined energy cost function. The apparatus is then navigated for the current cell to the untreated cell according to the navigation route and the indication of that cell is updated as treated. Preferably, the energy cost function depends both on the distance from the current cell to the untreated cell as well as the total change of direction required for moving thereto, a larger change of direction and a larger distance being given a larger cost. Preferably, the task of determining a navigation route to an untreated cell is based on an efficient structured search procedure of low computational complexity.

WO 02/075470 A1

## ENERGY-EFFICIENT NAVIGATION OF AN AUTONOMOUS SURFACE TREATMENT APPARATUS

### TECHNICAL FIELD OF THE INVENTION

5 The present invention generally relates to autonomous apparatuses for surface treatment, and especially to the navigation of such apparatuses over a predetermined field of operation.

### BACKGROUND OF THE INVENTION

10

Autonomous surface treatment apparatuses such as autonomous or robotic vacuum cleaners are well known in the prior art, for example as disclosed in the International Patent Applications WO 97/41451 (US Patent No. 5,935,179) and WO 00/38028, respectively. Such autonomous surface treatment apparatuses generally have a main  
15 body, being supported on or by a number of motor-driven wheels or rollers and means for surface treatment such as rotating brushes in combination with a vacuum cleaning device. Further, a sensing system, usually in combination with transmitters, is provided for guidance, navigation and obstacle detection. The sensing system generally sweeps around the horizon in analogy, for example, with ship radar. A microprocessor  
20 together with appropriate software controls the transmitters and motors of the device. Normally, the microprocessor also receives input data from the wheels and the sensing system for the purpose of position information and localization of wall limitations as well as potential obstacles. This input data is then typically used as the basis for navigating the autonomous apparatus so that it, for instance, will be able to perform a  
25 cleaning function or other surface treatment function according to some predetermined strategy and at the same time avoid colliding with different obstacles and limitations such as walls or the like.

For example, many robotic vacuum cleaners of today start their cleaning task by tracking the walls of the room in question and then continue to move in a random pattern until they estimate that the whole room, apart from possible obstacles, has been covered. Although this strategy works quite well in practice, it is evident that such a vacuum cleaner may go over the same area several times, while other areas remain uncleaned even after a long period of operation.

The issue of providing a more efficient strategy for navigating an autonomous surface treatment apparatus over a given area has been addressed in the prior art:

10

US Patent 4,674,048 relates to a guidance system for a mobile robot. The system is based on a grid-like map in which columns and rows are defined. The system studies and stores a travelling range, and guides the robot through a travel pattern within the specified range by sequentially moving the robot back and forth along one of the columns and rows of the map in the specified range, while sequentially shifting the robot to one of the subsequent columns and rows. In response to detection of an obstruction the robot shifts to one of the next column and the next row by turning the robot at a position where the obstruction is sensed. In this way, the robot is allowed to travel within the range without leaving any region untravelled and taking notice of possible obstructions which alters its course.

20

US Patent 5,440,216 relates to a robot cleaner, which initially follows the walls of a room to memorize the structure and size of the room and then compares the memorized structure with previously stored data to select the program most similar to the memorized structure. The cleaner then performs the cleaning operation according to the selected program, moving in parallel lines in accordance with the room structure.

25

The International Patent Application WO 99/59402 discloses a robot provided with a sensor unit and a navigation system. The sensor unit senses the proximity to boundary markers located along the outer edge of an area to be covered. The navigation system navigates the robot in generally straight, parallel lines and turns the robot when the robot encounters a boundary marker.

The International Patent Application WO 00/38025 discloses a floor cleaning device arranged so that it first completes a traverse around the edge of a room and then moves inwards and completes a second traverse of the room, and continues to move inwards after each traverse until the room, apart from areas occupied by obstacles, has been cleaned, thus generally defining an inwardly spiral pattern of movement.

Although the above strategies can be used with quite satisfactory results, the efficiency tends to decrease significantly in many practical cases when there are several obstacles of various sizes and forms that constantly break the nominal path of the autonomous apparatus. In particular, the strategy of moving the autonomous apparatus back and forth in generally straight, parallel lines has turned out to be sensitive to environments with elongated obstacles, especially when some of the elongated obstacles are arranged perpendicularly to the movement of the apparatus.

Consequently, there is still a general need for an efficient strategy for navigating an autonomous surface treatment apparatus over a given field of operation.

#### **RELATED ART**

US Patent 5,006,988 relates to an obstacle-avoiding navigation system for guiding an autonomous device through a field of operation without colliding with obstacles. The system utilizes a memory for storage of data defining an array of grid cells which correspond to respective subfields in the field of operation. Each grid cell contains a

value that is indicative of the probability that an obstacle is present in the associated subfield. The subfields are scanned for determining the presence of an obstacle therein and the values in the grid cells are incremented individually in response to each scan of the subfields. Furthermore, a region of operation in the vicinity of the vehicle is defined, and a plurality of vectorial values are computed in response to the location of the grid cells within the defined region of operation with respect to the location of the vehicle as well as the values in the relevant grid cells. Finally, a resultant guide vector that can be used in guiding the vehicle through the field of operation so as to avoid collisions is produced based on the vectorial values.

US Patent 5,684,695 and the International Patent Application WO 98/00767 concern various improvements relating to the so-called occupancy levels in the cells of a cellularly structured map of the field of operation for providing efficient obstacle-avoiding navigation.

The International Patent Application WO 00/10062 discloses a method and device for determining a path around a defined reference position. The path is determined by iteratively determining an arc-shaped path around the reference position at a defined distance therefrom, and verifying the absence of obstacles along the arc-shaped path. As long as no obstacles are detected, the path is extended. If an obstacle is however detected, the distance is increased by a given value and the process is repeated using the increased distance.

### SUMMARY OF THE INVENTION

It is a general object of the present invention to provide an energy-efficient strategy for navigating an autonomous surface treatment apparatus over a predetermined field of operation.



It is another object of the invention to provide a mechanism for performing a structured search for untreated areas within a field of operation. In this respect, it is desirable to perform the search in a computationally efficient manner.

- 5 These and other objects are met by the invention as defined by the accompanying patent claims.

The invention represents a new approach for navigating an autonomous surface treatment apparatus over a predetermined field of operation. The general idea according to the invention is to divide the field of operation into cells, each of which  
10 is being indicated as treated, untreated or occupied by an obstacle, and to determine a navigation route, to an obstacle-free and untreated cell, that requires the smallest amount of energy for moving the autonomous apparatus thereto according to a predetermined energy cost function. Subsequently, the autonomous apparatus is  
15 navigated from the current cell to the obstacle-free and untreated cell according to the determined navigation route and the indication of that cell is changed from untreated to treated once the cell has been treated. Preferably, the procedure is repeated until the complete field of operation has been treated. In this way, the energy-consumption for moving over a given field of operation can be substantially  
20 reduced by using a proper energy cost function.

Preferably, the energy cost function depends both on the distance from the current cell to an untreated cell as well as the total change of direction required for moving thereto, a larger change of direction and a larger distance being given a larger cost.  
25 Consequently, consideration is not only taken to the total distance of travel required to reach an untreated cell, but also to the number of rotations of the autonomous apparatus. It is important to reduce the number of rotations to a minimum since the useful work of the autonomous surface treatment apparatus is accomplished when the

apparatus is moving over the surface performing for instance a cleaning task, and not when the apparatus rotates on the spot.

Preferably, the task of determining a navigation route to an untreated cell is based on  
5 an efficient structured search procedure of low computational complexity. Advantageously, the search procedure involves allocation of costs to a number of cells in the surroundings of the current cell based on distance as well as required change of direction for moving to the respective cell. In general, the cells are checked in cost-order starting from the cell having the lowest cost until a cell that is  
10 indicated as untreated is found. The route to the found cell is extracted as a lowest-cost navigation route to an untreated cell, and the autonomous surface treatment apparatus is navigated from the current cell to the untreated cell according to the extracted navigation route. Each cost-allocated cell is conveniently assigned a direction indicator to enable extraction of the lowest-cost route by means of back  
15 tracing. Once the untreated cell has been treated by the autonomous apparatus, the indication of that cell is updated as treated.

Checking the cells in cost-order ensures that a lowest-cost route is found, and keeps the computational complexity of the search procedure at a low level. Using  
20 procedures of low computational complexity is of outmost importance in order to relax the requirements on memory and processor capacity.

The invention offers the following advantages:

- Energy-efficient navigation over a given field of operation;
- 25 - Minimized number of rotations;
- Structured and efficient search for untreated areas;
- Low computational complexity, leading to relaxed requirements on memory and processor capacity.

Other advantages offered by the present invention will be appreciated upon reading of the below description of the embodiments of the invention.

### BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

5

The invention, together with further objects and advantages thereof, will be best understood by reference to the following description taken together with the accompanying drawings, in which:

10 Fig. 1 demonstrates a top view of an autonomous device in form of an embodiment showing a vacuum-cleaning robot equipped according to the present invention;

Fig. 2 shows a side view of the autonomous device according to Fig. 1;

15 Fig. 3 shows a front view of the autonomous device illustrating the transmitter member at the front and two rows of receiving sensors;

Fig. 4 is a hardware block diagram of the device according to Figs. 1, 2 and 3;

20 Fig. 5 is a schematic drawing of a predetermined field of operation and a corresponding cell-based map;

Figs. 6A-D are schematic drawings of a search map at different stages during the search for an uncleaned cell according to a basic embodiment of the invention;

25

Fig. 7 is a schematic flow diagram of a search procedure according to an illustrative embodiment of the invention;

Fig. 8 is a schematic drawing of a predetermined field of operation and a corresponding cell-based map;

5 Figs. 9A-D are schematic drawings of a search map at different stages during the search for an uncleaned cell according to a preferred embodiment of the invention;

Fig. 10 is a schematic drawing of a given cleaning area;

10 Figs. 11A-P are schematic drawings of a cell-based map during navigation of a vacuum-cleaner over a given cleaning area, together with corresponding search maps; and

Fig. 12 is a schematic drawing showing an example of how the autonomous vacuum cleaner may navigate to perform cleaning of an entire room.

15

### **DETAILED DESCRIPTION OF EMBODIMENTS OF THE INVENTION**

Throughout the drawings, the same reference characters will be used for corresponding or similar elements.

20

In the following, the invention will be described with reference to a particular example of an autonomous surface treatment apparatus, namely an autonomous vacuum-cleaning device. It should however be understood that the invention is not limited thereto, and that the invention is applicable to various other autonomous apparatuses  
25 for surface treatment, such as autonomous devices for sweeping, brushing and floor polishing as well as robotic lawnmowers.

General features

Fig. 1 illustrates in a three dimensional top view an illustrative embodiment of an autonomous vacuum-cleaning device 1, which by itself will move on a floor and vacuum-clean a room. In the front portion there is arranged an ultrasonic system. The ultrasonic system comprises a strip-shaped ultrasonic transmitter 10 having a length covering of the order 180° of the front perimeter of the device as illustrated in Figs. 2 and 3. As seen in Fig. 2, the transmitter 10 with strip-shaped elements is mounted above a lower first row of microphone units 12. Above the strip-shaped transmitter elements a second row of microphone units 13 is localized. The ultrasound echo sensor microphones 12 and 13 together with the transmitter 10 form an ultrasonic sonar system for the navigation of the device. In the illustrative embodiment the transmitter transducer is countersunked in a forward directed, movable bumper unit 16. The bumper 16 controls a left and a right bumper touch sensor, either one being actuated if the bumper makes contact with an obstacle. In Figs. 2 and 3 it will be seen that the device has two diametrically positioned wheels 17, 18. The wheels 17, 18 are each independently driven by a separate motor preferably equipped with a gearbox. The driven wheels 17 and 18 will enable the device to also rotate around its own symmetry center or around either wheel 17, 18. On the axis from each motor driving the respective wheel 17 and 18 a respective quadrature sensor is mounted. Quadrature signals from the sensors are connected to a built-in microprocessor controlling the device. The signals from these sensors, or equivalent devices, will be used for obtaining a dead count for estimating the distance of travel. Optional wheels support the back of the device. The device is generally balanced with a slightly larger weight on the rear half of the device, carrying for instance the batteries, such that it will always move with all wheels in contact with the floor. Due to this balancing the device may easily climb the edges of floor carpets and the like.

Further, the autonomous device may advantageously be equipped with Hall effect sensors, preferably one in front of each wheel, for detection of a magnetic fence and/or one or more magnetic strips in connection with the automatic charging station used for charging the device. The magnetic fence can be used to restrict the movement  
5 of the device. For example, the fence can be placed so that the device does not fall down the stairs. It can also be placed so as to separate rooms without having to close the door. In this way, it is possible clean one room at a time, which has turned out to be an effective way of cleaning.

10 Fig. 4 is a hardware block diagram of the device according to Figs. 1, 2 and 3. The hardware basically consists of a processor board, which is configured to drive the two wheel motors, the ultrasonic transmitter and the corresponding microphone based receiver system, the fan and brush motors as well as other components of the autonomous vacuum-cleaning device. The processor board is essentially built around a  
15 data processor such as the MC68332 from Motorola Inc.

The wheel motors are separately controlled by pulse-width modulated signals of 5 kHz generated by two more channels from the Time Processor Unit in the main processor. In order to detect how much each wheel has rotated, the quadrature  
20 encoders mounted in connection with the wheel motors generate quadrature signals that are connected to Time Processor Unit (TPU) inputs of the MC68332. The quadrature signals are processed by the processor to provide position information by keeping track of the distance of travel and preferably also the rotation of the autonomous device during movement. The processor (running in QDEC mode) gives  
25 such position information with an accuracy of 2642 slots per revolution controls.

The sonar localization sensing system formed by the transmitter and receiver system is utilized by the autonomous vacuum-cleaning device for obstacle detection purposes, such as detection of obstacles in the path of the moving device, pinpointing the exact

location of the nearest obstacle. The processor controls the transmitter and receives input data from the receiver system for subsequent evaluation.

5 The processor also controls the motor for the rotating brush as well as the motor for the fan, wherein the fan generates the necessary vacuum for the general function of the vacuum cleaner. Air from the fan motor is additionally in a known manner utilized for cooling purposes and the air is exhausted at a gilled outlet at the top of the device.

10 The processor is controlled by software stored in a number of different types of digital memories for example of type FPROM, RAM or EEPROM, which are all well known to a person familiar to computer techniques. Additionally the processor has its own clocking system CLK also known from the prior art.

15 The system as illustrated in Fig. 4 further comprises a number of switches, two bumper switches and two tilt switches. The two bumper switches L-Bumper, R-Bumper are connected to two TPU input pins working in discrete I/O mode, and are used as a complement to the sonar system for detection of collisions with obstacles. The tilt switches are used to detect whether the device is levelled with the floor or tilted.

20

The system also includes a number of switches for input commands from a control panel. For example, this enables the user to turn the vacuum cleaner on and off, and to select one of a number of cleaning programs.

25 Signals representative of the magnetic fields that are sensed by the Hall sensors are fed to the processor via the A/D-converter and processed thereby to allow detection of the automatic charging station and the magnetic fence. The offset voltages of the analogue Hall sensors may vary with time, temperature and individual sensors, and therefore a

zero field reference point is constantly recalculated and adjusted with a slow averaging filter based on pulse width modulated signals from the processor.

In order to detect malfunctions, various signals are continuously measured and fed to the processor for evaluation, either directly via the A/D-converter or first through the  
5 multiplexer MUX and then via the A/D-converter.

#### Cost-based navigation according to the invention

The invention is preferably, although not necessarily, implemented as software in the  
10 form of computer program modules, functions or equivalent stored in appropriate memories. The software may be written in any type of computer language, such as C, C++, Java or even specialized proprietary languages. In practice, the steps, functions and actions to be described are mapped into a computer program, which when being executed by the processor performs the cost-based navigation of the autonomous  
15 vacuum cleaner.

The autonomous vacuum cleaner basically operates in the following manner. In order to traverse a given area to be cleaned, the wheels of the vacuum-cleaner are driven by the wheel motors under the control of the processor, while the fan and brush motors  
20 are operated to perform the cleaning task. The movement of the vacuum cleaner is generally determined by control software executed by the processor in response to calculated position information and information on detection of obstacles from the sonar system. Preferably, the vacuum-cleaner starts by making a wall-tracking round, allowing the processor to produce a general map of the cleaning area as the walls or  
25 similar limitations are detected during the tracking round.

According to a basic embodiment of the invention, the control software then divides the entire area covered by the map or a predetermined part thereof into cells, and continuously keeps track of which cells that are treated, untreated and occupied by



obstacles as the vacuum-cleaner is navigated over the given field of operation. Standing in a given cell, the vacuum-cleaner determines a navigation route to an obstacle-free and untreated cell, and moves to that cell for performing cleaning. Once the new cell has been cleaned, the cell is indicated as treated, and the cleaner  
5 normally determines a new navigation route to another obstacle-free and untreated cell. By defining an energy cost function, it is possible to determine a navigation route, to an untreated cell, that requires the smallest amount of energy for moving the vacuum-cleaner to the cell.

10 It has been recognized that the energy-consumption of an autonomous surface treatment apparatus during treatment of a given field of operation is generally not only dependent on the total distance of travel, but also on the number of required rotations of the apparatus. Therefore, a suitable energy cost function is based both on the distance from the current cell to an obstacle-free and untreated cell as well as the  
15 total change of direction required for moving thereto and defined so that a larger change of direction and a larger distance are given a larger cost.

Cost-based navigation according to a first embodiment of the invention will now be described in relation to a particular example by referring to Figs. 5, 6A-D and 7.

20

Fig. 5 is a schematic drawing of a predetermined field of operation and a corresponding cell-based map. As can be seen in the left side drawing, the vacuum-cleaner is located in an initial position INIT with an obstacle (in black) on the right side and uncleaned areas (in diagonal lines) above the obstacle and in the upper left  
25 corner. In the map, each cell is being indicated as treated, untreated or occupied by an obstacle. In this example, treated cells are indicated by the integer 200, while untreated cells are indicated by the integer 201. Obstacles of any kind are indicated by the integer 255. It is assumed that the obstacle has been detected by the sonar system of the vacuum-cleaner, and that there are two cells, one above the obstacle

and one in the upper left corner of the field of operation, that have not been treated by the vacuum-cleaner.

The task is to find the most cost-effective navigation route to an untreated cell. This is preferably accomplished by a structured search procedure, which involves allocation of costs to a number of cells in the surroundings of the current cell based on distance as well as required change of direction for moving to the respective cell. For example, if only the four cardinal directions (forward, 90° to the left, 90° to the right and backward) are considered, it may be assumed that the cost to drive forward 1 cell is 1 unit, and the cost to turn 90° is 1 unit. The corresponding energy cost function E is defined by accumulating the costs of all forward cell-to-cell movements and all 90° rotations required to reach a given cell:

$$E = \sum_i C_i^{\text{forward}} + \sum_j C_j^{\text{rotation}},$$

15

where  $C^{\text{forward}}$  is the cost of driving forward 1 cell and  $C^{\text{rotation}}$  is the cost of turning 90°. Of course, these assumptions are not completely accurate, but give a rather good estimate of the total cost to reach a specific location. With the above assumptions, the search algorithm may be based on the question whether there is an untreated cell with cost N, where N starts at 1 and is incremented by 1 each iteration.

In this particular implementation, the procedure starts by building a list of cell(s) having cost N around the current cell (step 101 in Fig. 7). When a cell is added to a list, the corresponding cost is preferably stored in a special search map together with a direction indicator that gives the direction from which the search algorithm came to reach the cell at this cost.

Initially, the threshold  $N$  is set to 1. Accordingly, the first list contains the coordinates for cells with cost 1. This list contains a single cell, since the only operation that has the maximum cost of 1 is driving forward 1 cell. Fig. 6A shows the search map at this stage. The cell with cost 1 is examined with respect to whether or not the cell is indicated as untreated (step 102 in Fig. 7). From the basic map of Fig. 5 it can be seen that the cell is indicated as treated. Consequently,  $N$  is incremented by 1 (step 103 in Fig. 7) and the procedure continues by building a list with cells of cost 2 (step 101). Fig. 6B shows the search map at this stage. The cells in the list are examined to see whether any cell of cost 2 is indicated as untreated (step 102). The basic search map of Fig. 5 indicates that no cell in the list of cost 2 is marked as untreated. This means that  $N$  is incremented once again (step 103), and that a list with cells of cost 3 is built (step 101). Fig. 6C shows the search map at this stage. Please, note that the presence of the obstacle prevents the allocation of cost 3 to the cell located two cells to the right of the current cell. The cells in the list of cost 3 are then examined (step 102). Since no cell in the list of cost 3 is indicated as untreated in the basic map of Fig. 5,  $N$  is incremented once again (step 103). This time, a list of cells with cost 4 is built (step 101) and examined (step 102). Fig. 6D shows the search map at this stage. In this case, an untreated cell is found above the obstacle, and the corresponding lowest-cost route is extracted (step 104 in Fig. 7) by using the direction indicators.

Thus, the most cost-effective way according to the above energy cost assumptions is UP, RIGHT, RIGHT. Using cells with a resolution of 30 cm (corresponding to the effective size of the vacuum-cleaner), the route can be translated into drive vectors: drive forward 30 cm and stop, make a right  $90^\circ$  turn and then drive forward 60 cm.

The size of the cells can of course be modified, and a resolution of for instance 10 cm or 20 cm may also be appropriate if the effective size of the vacuum cleaner is 30 cm.

- 5 In the following, a more elaborated implementation of the overall search procedure will be described with reference to Figs. 8 and 9A-D.

It is assumed that the autonomous vacuum-cleaner is located in the same field of operation as described in connection with Fig. 5, and therefore Fig. 8 is identical to  
10 Fig. 5. In the same way as before, the task is to find the most cost-effective navigation route to an untreated cell, assuming that the cost to drive forward 1 cell is 1 unit, and the cost to turn 90° is 1 unit. The search algorithm is based on the question whether there is an untreated cell with cost N, where N starts at 1 and counts upwards.

15

In the currently most preferred implementation, the search procedure is initialized by building three lists around the current cell. The first list contains the coordinates of the cell with cost 1, reached by driving forward 1 step. In the same way, lists with cost 2 and cost 3 are built, but limited to cells adjacent the starting cell. Fig. 9A  
20 illustrates the search map after initialization.

The lists are processed one by one in cost-order, starting with the list having the lowest cost. As a list is being processed, the cells are examined one by one to see whether any cell is indicated as untreated. However, during the processing of a given  
25 list, new cells are also added to lists of higher costs by considering, for each cell in the list under process, the adjacent cells in the directions forward, left and right.

For example, starting with the first list, the cell with cost 1 is examined with respect to whether or not the cell is indicated as untreated. From the basic map of Fig. 8 it can be seen that the cell is indicated as treated. At the same time, the lists of cost 2 and 3 are updated by considering the cells around the cell with cost 1. From the cell with cost 1, it is possible to continue forward, or to turn to either side. As mentioned above, the cost of driving forward is 1 unit, while the cost of first turning 90° and then driving forward is 2 units. Accumulating the costs from the starting cell means that the cell in the forward direction of the cell with cost 1 is allocated a total cost of 2 and added to the corresponding list, while the cells to the left and right of the cell with cost 1 are allocated the total cost of 3 and added to the list of cost 3. The search map after processing the list with cost 1 is illustrated in Fig. 9B. Once, the list of cost 1 has been processed and the lists of costs 2 and 3 have been updated, the list of cost 1 is discarded and the procedure continues with the next list.

In the same way as before, the cells within the list of cost 2 are examined one by one to see whether any cell is indicated as untreated. As can be seen from the basic map of Fig. 8, all cells of cost 2 are indicated as treated. During the processing of the list of cost 2, cells are also added to the list of cost 3 and a new list with cells of cost 4 is created. The search map after processing of the list of cost 2 is illustrated in Fig. 9C.

The procedure then continues with the list of cost 3, processing the cells one by one. With reference to the basic map of Fig. 8, it can be seen that all cells of cost 3 are indicated as treated. Once the list of cost 4 has been updated and the new list of cost 5 has been created, the list of cost 3 is discarded and the procedure continues with the next list of cost 4. When the cell of cost 4 above the obstacle is examined, an untreated cell is found and the search is completed (Fig. 9D). Finally, the route is extracted as a lowest-cost route to an untreated and obstacle-free cell.

Although it has been assumed above that the cost to drive forward 1 cell is 1 unit, and the cost to turn 90° is 1 unit, it is apparent that these assumptions can be modified in various ways. For example, the relationship between the cost of driving forward 1 cell and the cost of turning 90° can be changed. It is also possible to  
5 assign costs for turning in various other directions as well. It should also be understood that the costs do not have to be in integer values, and that any real values can be assigned to represent the costs of driving forward and turning in different directions.

10 It is apparent that the cost-based navigation of the invention can be used for cleaning entire rooms or similar areas in an energy-efficient way. However, it should be understood that the invention is also suitable for so-called "spot cleaning", performing effective cleaning of a smaller area within a room. It is also possible to combine the lowest-cost navigation of the invention with any of the prior art techniques, for  
15 example by starting with a prior art pattern of movement and continuing with the lowest-cost navigation of the invention for areas and spots that have been left over.

For a better understanding of the invention, an illustrative example of how the autonomous vacuum cleaner navigates to perform spot cleaning of a given cleaning  
20 area will now be described with reference to Figs. 10 and 11A-P.

Fig. 10 is a schematic drawing of a given cleaning area. The vacuum cleaner is located in the middle of the area, with an obstacle (black) some distance straight ahead. Initially, the entire area is uncleaned (diagonal lines).  
25

The control software produces and continuously updates a cell-based map of the area to be cleaned, as can be seen on the right hand side of Figs. 11A-P. Each of the cells is indicated as cleaned, uncleaned or occupied by an obstacle. Cleaned cells are

usually indicated by 200, while uncleaned cells are indicated by 201 and cells occupied by obstacles of any kind are indicated by 255. In the following however, cleaned cells will simply be indicated by the trace of movement of the vacuum cleaner. The control software also produces a number of search maps, as illustrated  
5 on the left-hand side of Figs. 11A-P.

As can be seen in Fig. 11A, the vacuum cleaner is initially located in the middle of the cell-based map, surrounded by uncleaned cells. It is possible to drive forward 1 step to find an uncleaned cell at cost 1, and the cleaner therefore drives forward 1  
10 step. From the new position, it is not possible to continue to drive forward due to the obstacle, as can be seen in Fig. 11B. Therefore, the cleaner has to turn to the left or the right to reach the next uncleaned cell (at cost 2). In this example, the default choice will always be a left turn if it is possible to turn both to the left and to the right. Therefore, the cleaner turns to the left and drives forward 1 step (Fig. 11C).  
15 The vacuum cleaner then continues to drive forward (Fig. 11D), and turns to the left (Fig. 11E) when it reaches the left limitation of the predetermined cleaning area. The cleaner now continues to drive along the outer limitation (Fig. 11F-G) until it reaches the lower limitation of the cleaning area. The vacuum cleaner then turns left and follows the lower and right limitations of the cleaning area (not shown) until it  
20 reaches the upper limitation (Fig. 11H). At this point, the only way out is to turn 180°. This gives a cost of 2 units. Driving forward 1 step gives an additional cost of 1 unit, a total of 3 units. However, this cell has already been cleaned, and so has the cell of cost 4. The cell of cost 5 is indicated as uncleaned and therefore the vacuum cleaner navigates to that cell (Fig. 11I). Now, the cleaner turns to the left (Fig. 11J),  
25 avoiding the obstacle to the right and the forward cell that has already been cleaned. From that position, the cleaner finds an uncleaned cell in the forward direction and consequently drives forward 1 step (Fig. 11K). Now, the cleaner has to turn once again to reach a new uncleaned cell (Fig. 11L). The cleaner continues in the forward

direction (Fig. 11M), and then turns to the right (Fig. 11N). From this position, the cleaner searches for a new uncleaned cell and by investigating the cells of cost 2 in the search map, the cleaner finds that the lowest-cost route to the next uncleaned cell is to drive forwards 2 steps (Fig. 11O). The remaining cell to be cleaned is finally  
5 reached by turning to the left and driving forwards 1 step (Fig. 11P).

Finally, an illustrative example of how the autonomous vacuum cleaner may navigate to perform cleaning of an entire room will now be outlined with reference to Fig. 12. In this particular example the room has two elongated obstacles, for example two  
10 bookshelves. It is furthermore assumed that the vacuum-cleaner is initially located at the charging station, and then starts by making a wall-tracking round, with (or without) the fan and brush motors operating. Once the vacuum-cleaner returns to the charging station, the cleaner knows that the wall-tracking round has been completed. Now, the vacuum cleaner continues by using the lowest-cost navigation according to the  
15 invention and traverses the remaining uncleaned areas of the room except for the obstacles.

The embodiments described above are merely given as examples, and it should be understood that the present invention is not limited thereto. Further modifications,  
20 changes and improvements which retain the basic underlying principles disclosed and claimed herein are within the scope and spirit of the invention.



**CLAIMS**

1. A method of navigating an autonomous surface treatment apparatus over a predetermined field of operation, comprising the steps of:

- dividing said predetermined field of operation into cells, each of which being adapted to be indicated as treated, untreated or occupied by an obstacle;
- 5 - determining, for a current cell in which the autonomous apparatus is located, a navigation route to an obstacle-free and untreated cell that requires the smallest amount of energy for moving the autonomous surface treatment apparatus thereto according to a predetermined energy cost function; and
- navigating the autonomous surface treatment apparatus from the current cell  
10 to the obstacle-free and untreated cell according to the determined navigation route and updating the indication of that cell as treated,

**characterized by the steps of:**

- defining a search algorithm based on the question whether there is an untreated cell with cost N, where N starts at 1 and counts upwards to create  
15 a number of cost levels based on specific movements of the autonomous surface treatment apparatus required for it to arrive at said untreated cell;
- building three lists around the current cell each list containing the coordinates of cells with the lowest cost and of the coordinates of cells of the two consecutive higher cost levels, but limited to cells adjacent to the current  
20 cell;
- processing the lists, one by one in cost-order, starting with the list having the lowest cost, wherein as a list is processed the cells are examined one by one to identify cells indicated as untreated;
- during processing of a list, adding cells to the two consecutive lists of higher  
25 cost by considering, for each cell under process, adjacent cells in the directions forward, left and right;
- after processing of a list and updating the two consecutive lists of higher cost, discarding the list under process and processing the list next to follow;

- repeating the search process until an untreated and unoccupied cell has been found;
2. The method according to claim 1,  
**characterized** in that said energy cost function depends both on the distance from the current cell to an obstacle-free and untreated cell as well as the total change of direction required for moving thereto, a larger change of direction and a larger distance being given a larger cost.
  3. The method according to claim 1 or 2,  
**characterized** by restricting said autonomous apparatus to move from cell to cell in a limited number of directions.
  4. The method according to claim 3,  
**characterized** in that the cost for a route that requires more than one cell-to-cell movement is determined by accumulating the cost for each change of direction along the route and taking the total distance into account.
  5. The method according to any of the preceding claims,  
**characterized** in that the step of determining a navigation route that requires the smallest amount of energy according to a predetermined energy cost function includes the steps of:
    - allocating to each of a number of cells in the surroundings of the current cell a cost based on the distance to that cell as well as the total change of direction required for moving thereto;
    - checking, in cost-order starting from the cell having the lowest cost, whether any of the cost-allocated cells is indicated as untreated until an untreated cell is found; and
    - extracting the route to the found cell as a lowest-cost route that is used as the navigation route.
  6. The method according to claim 5,  
**characterized** by allocating costs to cells in the surroundings of the current cell that fall within a given cost interval and checking the cost-allocated cells for an untreated cell in cost-order, and if no such untreated cell is found among these cells, gradually

increasing the cost interval within which cells are allocated costs and continuing to check cells in cost-order until an untreated cell is found.

7. The method according to claim 5 or 6,

**characterized** by assigning to each cost-allocated cell a direction indicator to enable  
5 extraction of the lowest-cost route by means of back tracing.

8. The method according to any of the preceding claims,

**characterized** in that the size of the cells is approximately equal to or smaller than the size of the autonomous apparatus.

9. The method according to any of the preceding claims,

10 **characterized** in that said determining step and said navigating step are repeated until the entire field of operation has been treated.

10. The method according to any of the preceding claims,

**characterized** in that cells are being indicated as occupied by an obstacle based on information from an obstacle detection system of the autonomous apparatus.

15 11. An autonomous surface treatment apparatus having power operated means for moving the apparatus, a sensing system for detection of obstacles and a navigation system for navigating the apparatus over a predetermined field of operation, said navigation system comprising:

- 20 – means for logically dividing said predetermined field of operation into cells, each of which is being adapted to be indicated as treated, untreated or occupied by an obstacle;
- means for determining, for a current cell in which the autonomous apparatus is located, a navigation route to an obstacle-free and untreated cell that requires the smallest amount of energy for moving the autonomous surface  
25 treatment apparatus thereto according to a predetermined energy cost function; and
- means for navigating the autonomous surface treatment apparatus from the current cell to the obstacle-free and untreated cell according to the determined navigation route and updating the indication of that cell as treated,

30 **characterized** by computing means adapted to perform the following operations:

- defining a search algorithm based on the question whether there is an untreated cell with cost N, where N starts at 1 and counts upwards, to create a number of cost levels based on specific movements of the autonomous surface treatment apparatus required for it to arrive at said untreated cell;
- 5 - building three lists around the current cell each list containing the coordinates of cells with the lowest cost and of the coordinates of cells of the two consecutive higher cost levels, but limited to cells adjacent to the current cell;
- processing the lists, one by one in cost-order, starting with the list having the lowest cost, wherein as a list is processed the cells are examined one by one
- 10 to identify cells indicated as untreated;
- during processing of a list, adding cells to the two consecutive lists of higher cost by considering, for each cell under process, adjacent cells in the directions forward, left and right;
- after processing of a list and updating the two consecutive lists of higher cost,
- 15 discarding the list under process until an untreated and unoccupied cell has been found.

12. The apparatus according to claim 11,  
**characterized** in that said energy cost function depends both on the distance from the current cell to an obstacle-free and untreated cell as well as the total change of  
20 direction required for moving thereto, a larger change of direction and a larger distance being given a larger cost.

13. The apparatus according to claim 11 or 12,  
**characterized** in that said autonomous apparatus is restricted to move from cell to cell in a limited number of directions.

25 14. The apparatus according to claim 13,  
**characterized** in that the cost for a route that requires more than one cell-to-cell movement is determined by accumulating the cost for each change of direction along the route and taking the total distance into account.

15. The apparatus according to any of the claims 11-14,  
30 **characterized** in that said means for determining a navigation route that requires the

smallest amount of energy according to a predetermined energy cost function includes:

- means for allocating to each of a number of cells in the surroundings of the current cell a cost based on the distance to that cell as well as the total change of direction required for moving thereto;
- 5 - means for checking, in cost-order starting from the cell having the lowest cost, whether any of the cost-allocated cells is indicated as untreated until such an untreated cell is found; and
- means for extracting the route to the found cell as a lowest-cost navigation route to an untreated cell.

10 16. The apparatus according to claim 15,  
**characterized** in that said allocating means and said checking means interwork in such a manner that costs are allocated to cells in the surroundings of the current cell that fall within a given cost interval and that these cost-allocated cells are checked in cost-order to find an untreated cell, and that if no such untreated cell is found among these cells  
15 the cost interval within which cells are allocated costs is gradually increased and the checking of cells is continued in cost-order until an untreated cell is found.

17. The apparatus according to claim 15 or 16,  
**characterized** in that said navigation system further comprises means for assigning to each cost-allocated cell a direction indicator to enable extraction of the lowest-cost  
20 route by means of back tracking.

18. The apparatus according to any of the claims 11-17,  
**characterized** in that the size of the cells is approximately equal to or smaller than the size of the autonomous apparatus.

19. The apparatus according to any of the claims 11-18,  
25 **characterized** in that determining means is configured for determining a sequence of navigation routes according to which the navigation means operates until the entire field of operation has been treated.

20. The apparatus according to any of the claims 11-19,  
**characterized** in that said autonomous surface treatment apparatus is operable for  
30 performing floor treatment such as vacuum cleaning, sweeping, brushing or polishing

within said field of operation.

21. A computer program for navigating an autonomous surface treatment apparatus over

a predetermined field of operation, when the program is executed by a computer  
5 arranged in connection with said autonomous apparatus,  
said computer program comprising:

- program means for logically dividing said predetermined field of operation into cells, each of which adapted to be indicated as treated, untreated or occupied by an obstacle;
- 10 – program means for performing, for a current cell in which the autonomous apparatus is located, a structured search for an obstacle-free and untreated cell, wherein said program means for performing a structured search comprises:
  - program means for allocating to each of a number of cells in the  
15 surroundings of the current cell a cost based on the distance to that cell as well as the total change of direction required for moving thereto;
  - program means for checking, in cost-order starting from the cell having the lowest cost, whether any of the cost-allocated cells is indicated as untreated until such an untreated cell is found; and
  - 20 – program means for extracting the route to a found cell as a lowest-cost navigation route to an untreated cell; and
  - program means for navigating the autonomous surface treatment apparatus from the current cell to an obstacle-free and untreated cell according to the extracted lowest-cost navigation route and updating the indication of that  
25 cell as treated,

**characterized** in that said program means for performing a structured search further comprises:

- program means for building three lists around the current cell, a first list containing the coordinates of cells with the lowest cost and the two  
30 additional lists containing the coordinates for cells of the two following

cost levels, respectively;

- program means for processing the lists, one by one in cost-order, starting with the list having the lowest cost, wherein as a list is processed the cells are examined one by one to identify cells indicated as untreated;
- 5 - said program means for processing the lists in doing so adding cells to the two consecutive lists of higher cost by considering, for each cell under process, adjacent cells in the direction forward, left and right;
- said program means for processing the lists, after completion of a list and updating the two consecutive lists of higher cost, discarding the list thus  
10 completed and processing the list next to follow;

22. The computer program according to claim 21,

**characterized** in that said allocating program means and said checking program means interwork in such a manner that costs are allocated to cells in the surroundings of the current cell that fall within a given cost interval and that these cost-allocated cells are  
15 checked in cost-order to find an untreated cell and that if no such untreated cell is found among these cells the cost interval within which cells are allocated costs is gradually increased and the checking of cells is continued in cost-order until an untreated cell is found.

23. The computer program according to claim 21 or 22,

20 **characterized** by program means for assigning to each cost-allocated cell a direction indicator to enable extraction of the lowest-cost route by means of back tracing.

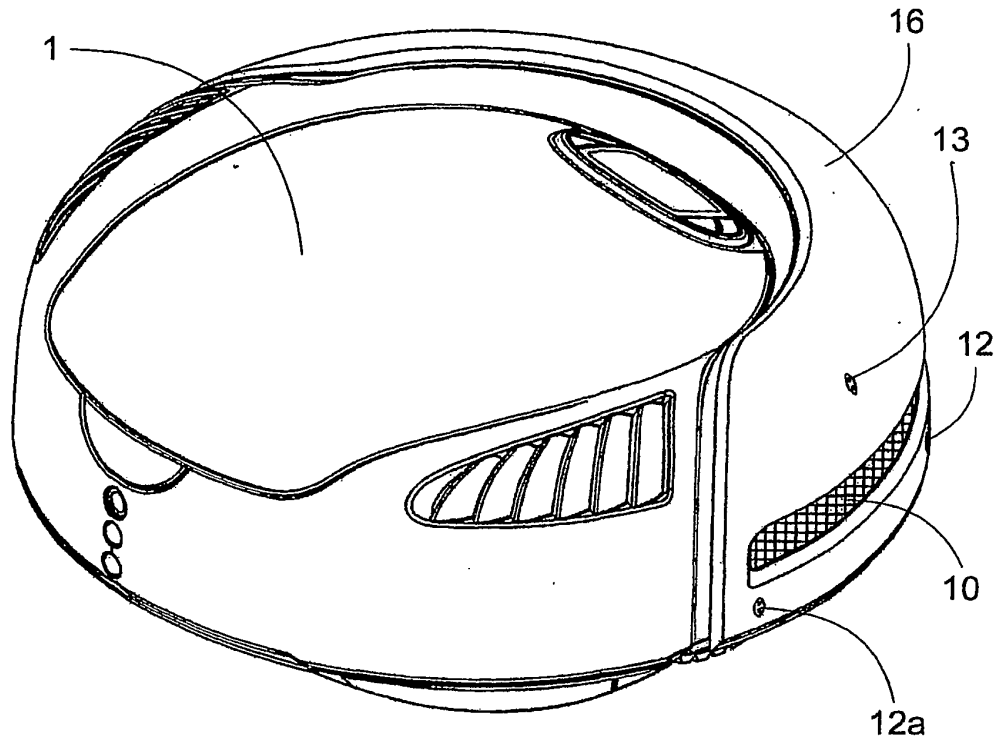


Fig. 1

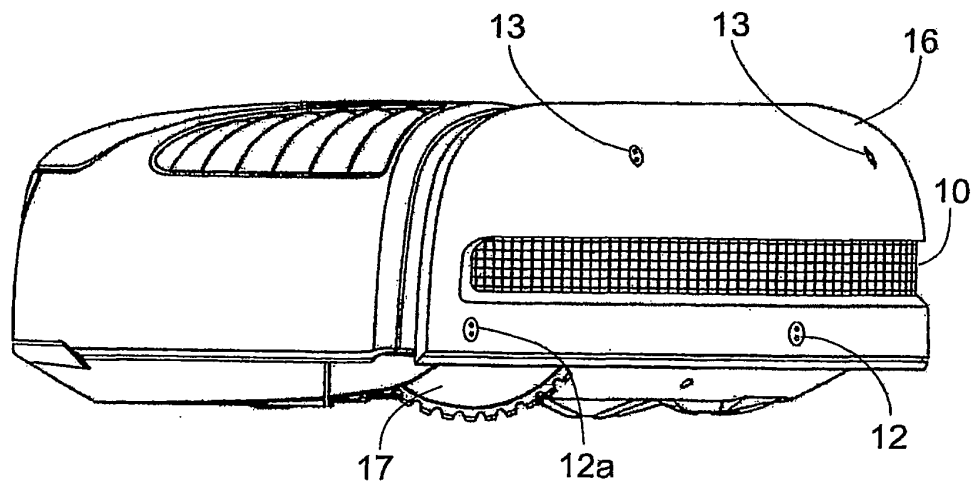


Fig. 2



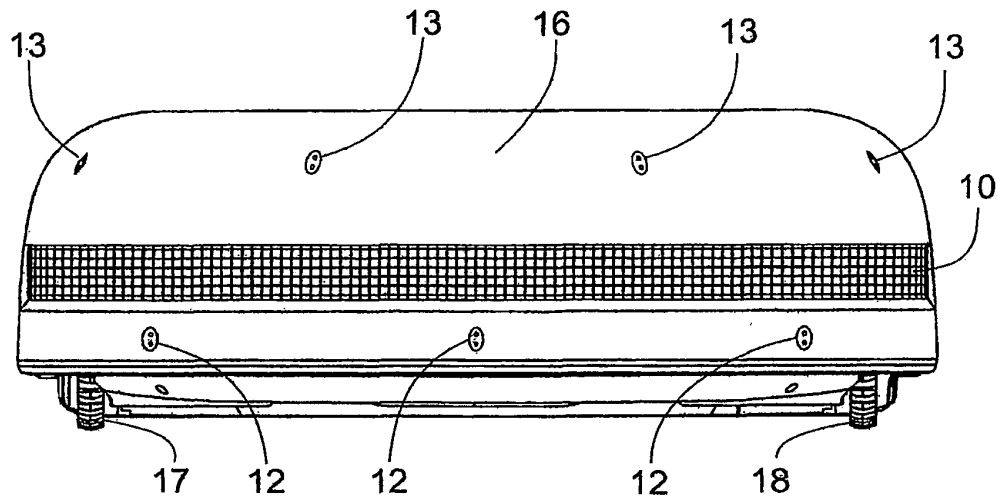


Fig. 3

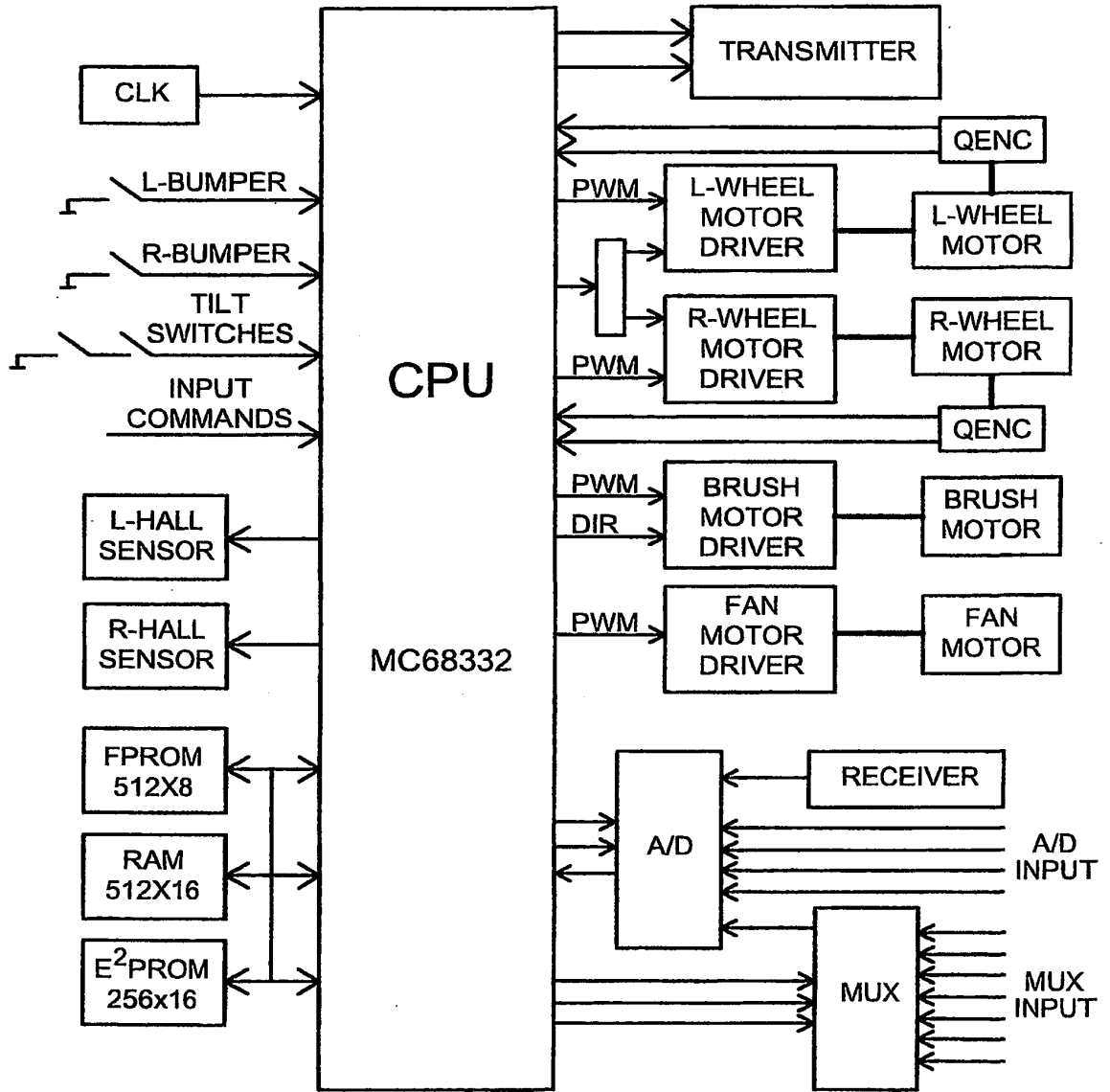
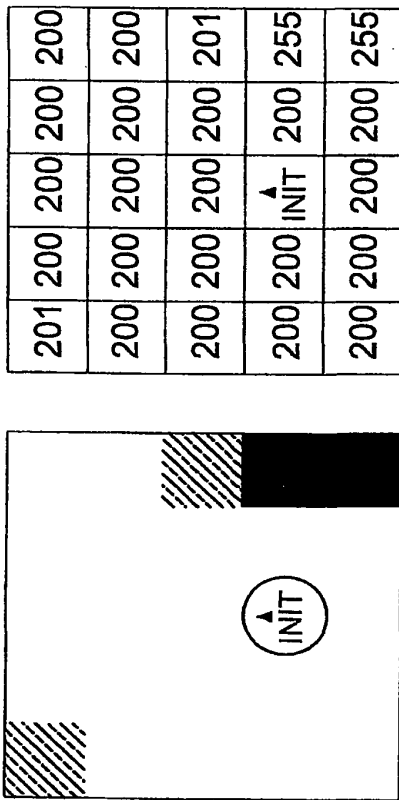


Fig. 4



201	200	200	200	200
200	200	200	200	200
200	200	200	200	201
200	200	INIT	200	255
200	200	200	200	255

Fig. 5

		1		
			0	

Fig. 6A

		2		
			1	
				2

Fig. 6B

				3
		3	1	3
			2	0

Fig. 6C

				3
		4	2	4
		4	3	1

Fig. 6D

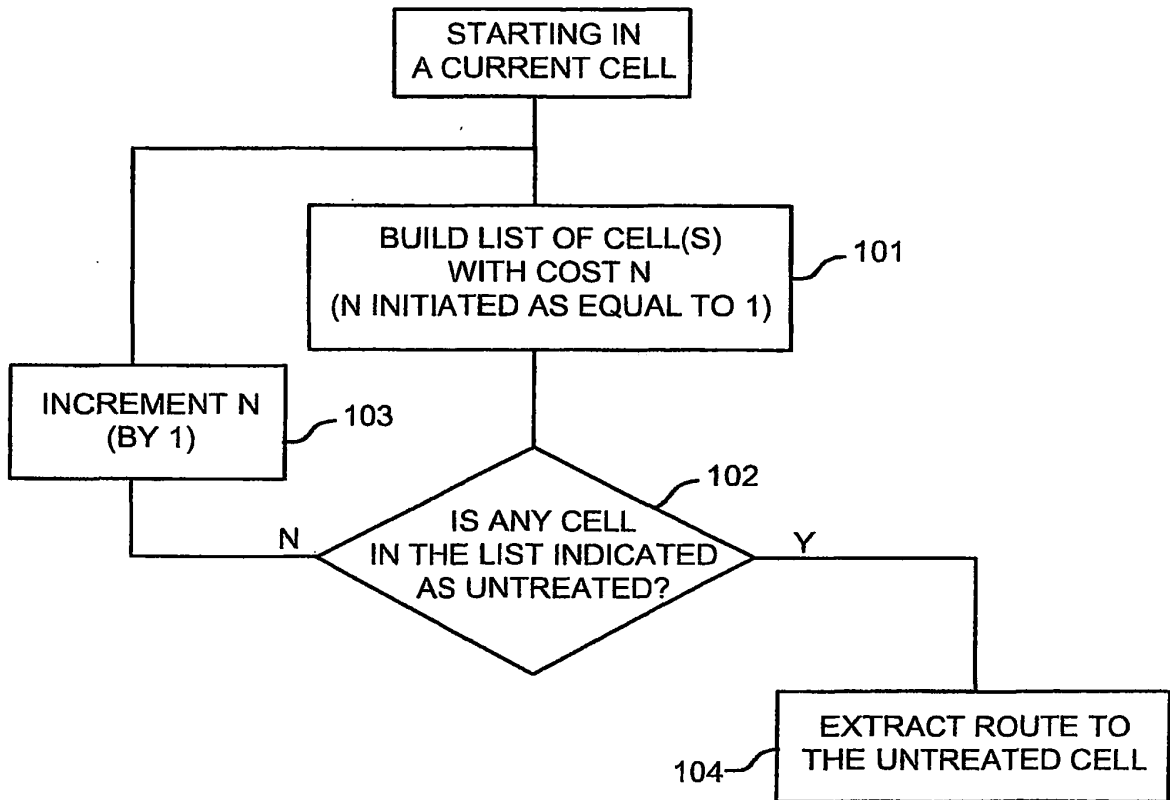


Fig. 7

6/13

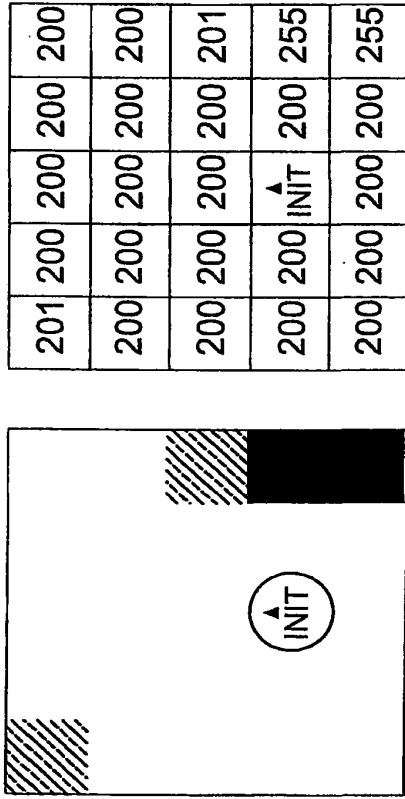


Fig. 8

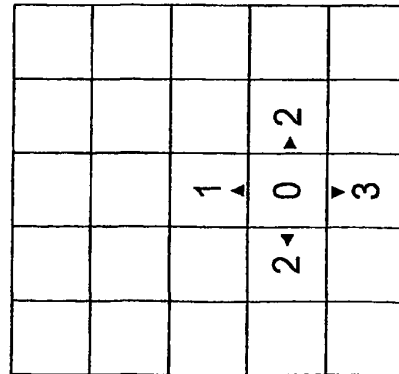


Fig. 9A

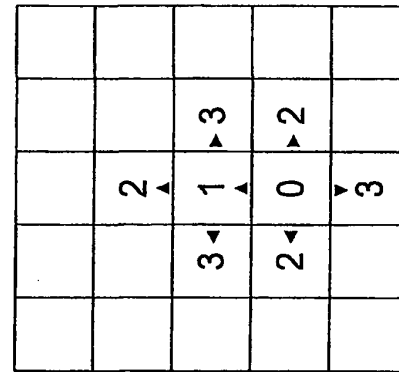


Fig. 9B

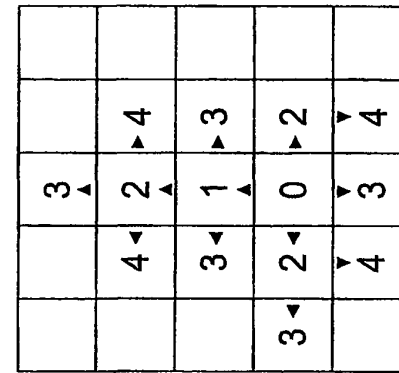


Fig. 9C

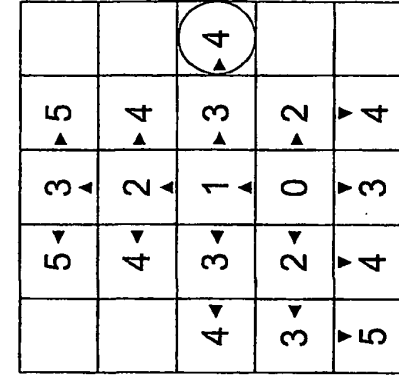


Fig. 9D

7/13

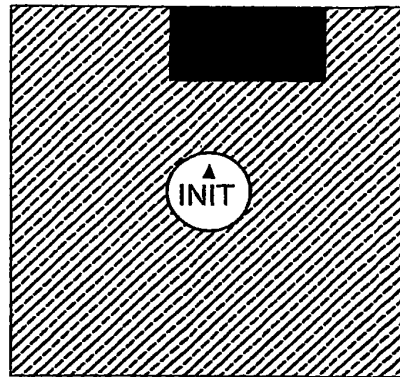


Fig. 10

		1		
		0		

201	201	255	255	201
201	201	201	201	201
201	201	INIT	201	201
201	201	201	201	201
201	201	201	201	201

Fig. 11A

	2	0	2	

201	201	255	255	201
201	201	↑	201	201
201	201		201	201
201	201	201	201	201
201	201	201	201	201

Fig. 11B

8/13

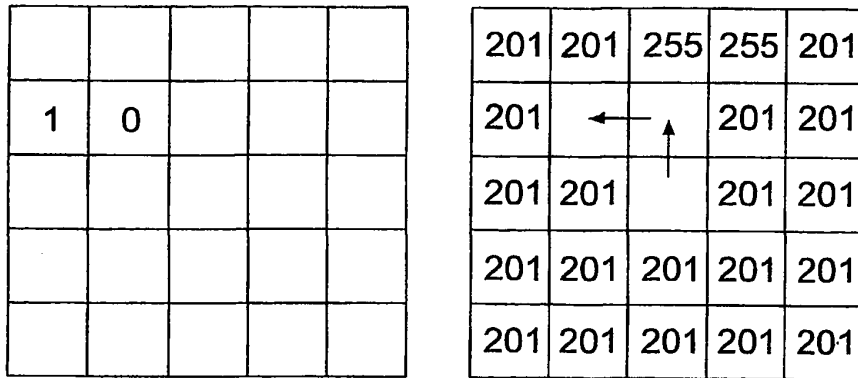


Fig. 11C

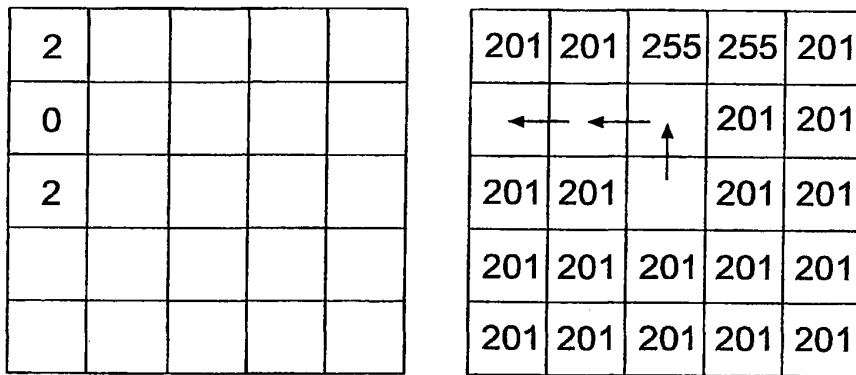


Fig. 11D

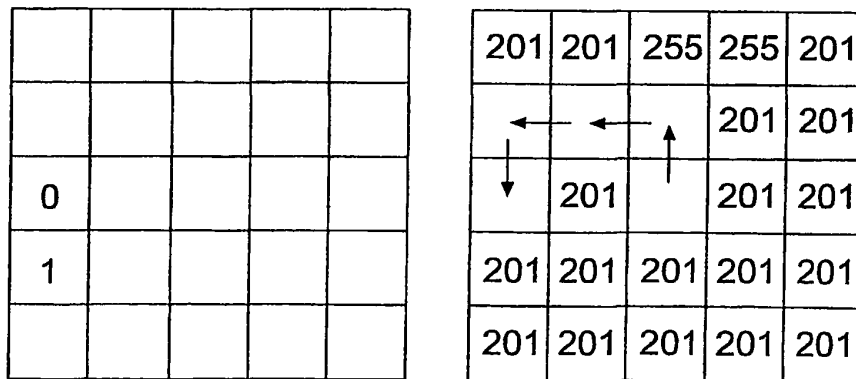


Fig. 11E

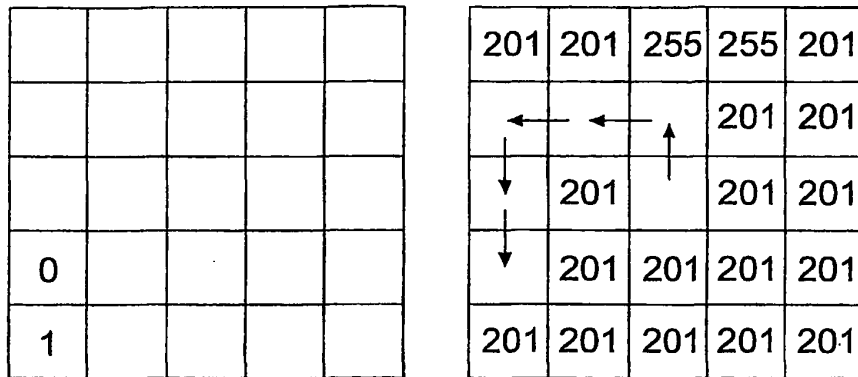


Fig. 11F

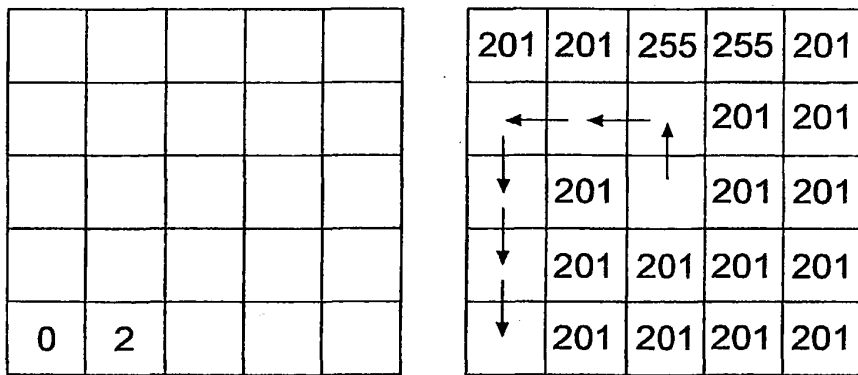


Fig. 11G

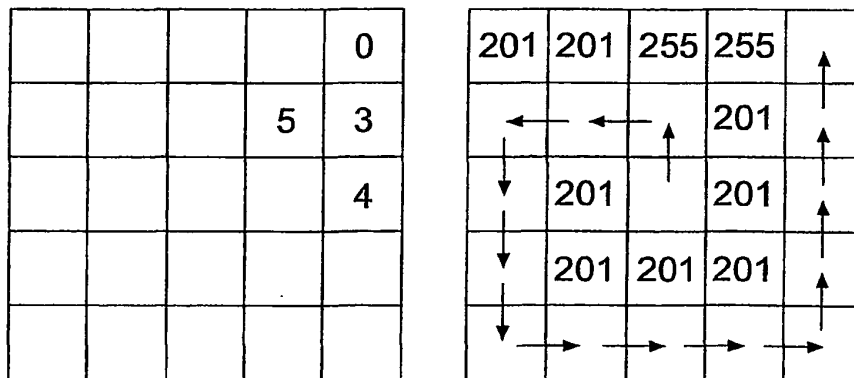


Fig. 11H



10/13

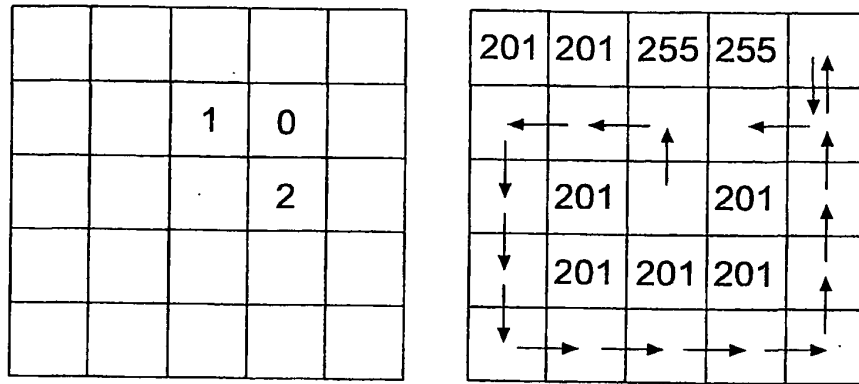


Fig. 11I

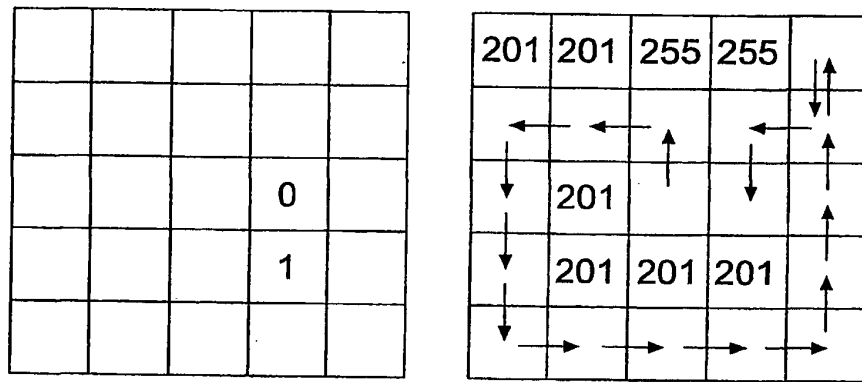


Fig. 11J

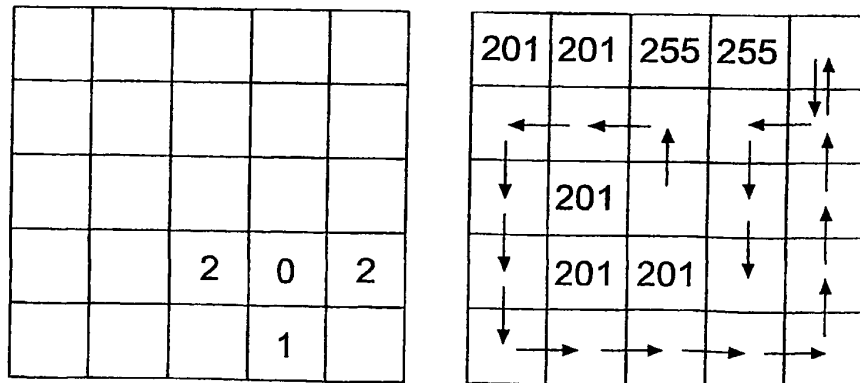


Fig. 11K

11/13

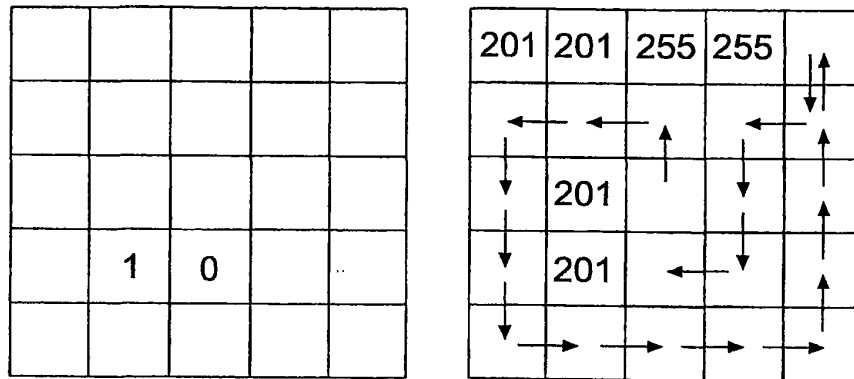


Fig. 11L

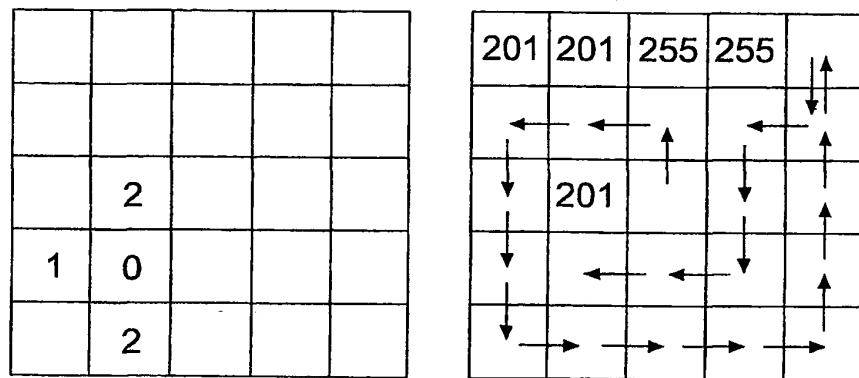


Fig. 11M

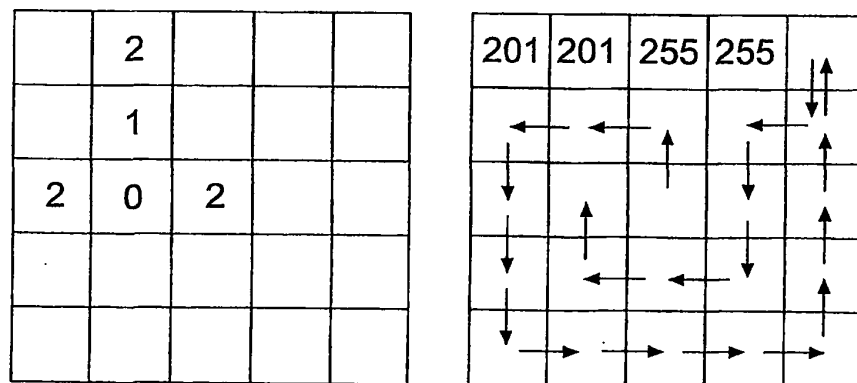


Fig. 11N

12/13

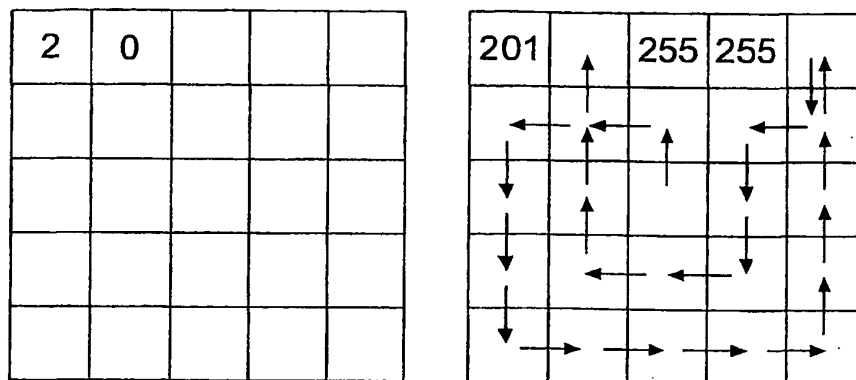


Fig. 11O

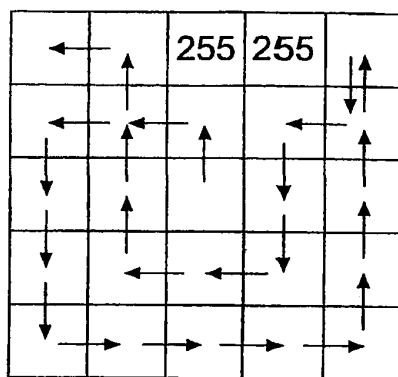


Fig. 11P

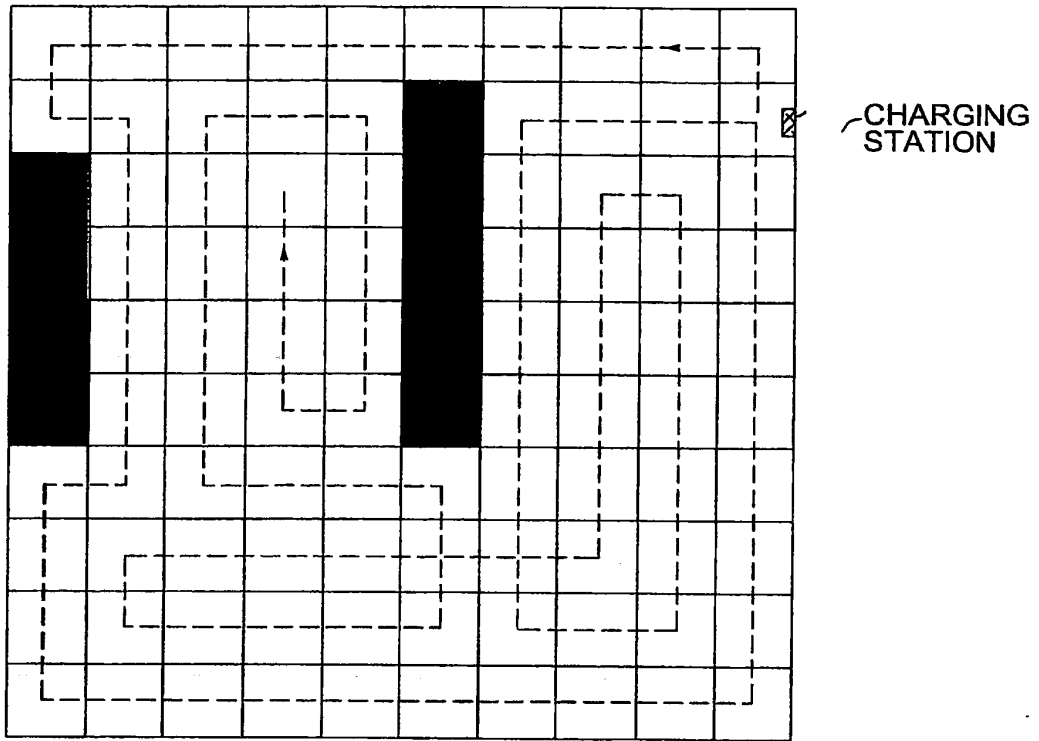


Fig. 12

International application No.  
PCT/SE 02/00471

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b>		
IPC7: G05D 1/02 According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b>		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)		
IPC7: B25J, G05D		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
SE,DK,FI,NO classes as above		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
EPO-INTERNAL, WPI, PAJ		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 9940496 A (SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT), 12 August 1999 (12.08.99), page 2, line 29 - line 36, abstract --	1-23
A	US 4674048 A (K.OKUMURA), 16 June 1987 (16.06.87), column 3, line 33 - column 6, line 17, figures 3-6, cited in the application --	1-23
A	US 5353224 A (J.W.LEE ET AL), 4 October 1994 (04.10.94), column 3, line 41 - column 5, line 4, abstract --	1-23
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance: the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance: the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search		Date of mailing of the international search report
6 June 2002		02-07- 2002
Name and mailing address of the ISA/ Swedish Patent Office Box 5055, S-102 42 STOCKHOLM Facsimile No. +46 8 666 02 86		Authorized officer Göran Magnusson /itw Telephone No. +46 8 782 25 00

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 1998)

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/SE 02/00471

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 5321614 A (G.T.D.ASHWORTH), 14 June 1994 (14.06.94), column 1, line 56 - column 4, line 28, figure 4, abstract --	1-23
A	US 5659779 A (R.T.LAIRD ET AL), 19 August 1997 (19.08.97), column 3, line 17 - line 37 -- -----	1-23

Form PCT/ISA/210 (continuation of second sheet) (July 1998)

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/SE 02/00471

Patent document cited in search report			Publication date	Patent family member(s)		Publication date
WO	9940496	A	12/08/99	DE	19804195 A	05/08/99
				DE	59900221 D	00/00/00
				EP	1053516 A,B	22/11/00
				SE	1053516 T3	
				JP	2002502997 T	29/01/02
				US	6240342 B	29/05/01
US	4674048	A	16/06/87	AT	44322 T	15/07/89
				CA	1217836 A	07/02/87
				DE	3478824 D	00/00/00
				EP	0142594 A,B	29/05/85
				SE	0142594 T3	
				JP	60093522 A	25/05/85
				JP	1708982 C	11/11/92
				JP	3079723 B	19/12/91
				JP	60093524 A	25/05/85
US	5353224	A	04/10/94	DE	69124587 D,T	11/09/97
				EP	0490736 A,B	17/06/92
				JP	4333902 A	20/11/92
				KR	9300081 B	08/01/93
				KR	9605628 Y	10/07/96
US	5321614	A	14/06/94	NONE		
US	5659779	A	19/08/97	NONE		

Form PCT/ISA/210 (patent family annex) (July 1998)

(12) INTERNATIONAL APPLICATION PUBLISHED UNDER THE PATENT COOPERATION TREATY (PCT)

(19) World Intellectual Property Organization  
International Bureau



(43) International Publication Date  
15 May 2003 (15.05.2003)

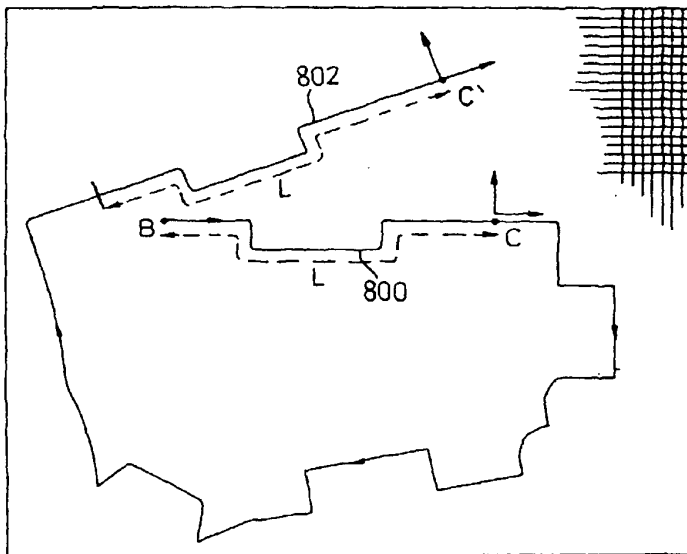
PCT

(10) International Publication Number  
**WO 03/040845 A1**

- (51) International Patent Classification<sup>7</sup>: **G05D 1/02**
- (21) International Application Number: PCT/GB02/04919
- (22) International Filing Date: 31 October 2002 (31.10.2002)
- (25) Filing Language: English
- (26) Publication Language: English
- (30) Priority Data:  
0126497.7 3 November 2001 (03.11.2001) GB
- (71) Applicant (for all designated States except US): **DYSON LTD** [GB/GB]; Tetbury Hill, Malmesbury, Wiltshire SN16 0RP (GB).
- (72) Inventors; and
- (75) Inventors/Applicants (for US only): **ALDRED, Michael, David** [GB/GB]; 16 Sutherland Crescent, Cepen Park North, Chippenham, Wiltshire SN14 6RS (GB). **SHARDLOW, Andrew, Michael** [GB/GB]; 4 Castlewood Cottages, Highwalls Road, Dinas Powys, South Glamorgan CF64 4AN (GB).
- (74) Agents: **CAGE, John, D.** et al.; Intellectual Property Department, Dyson Limited, Tetbury Hill, Malmesbury, Wiltshire SN16 0RP (GB).
- (81) Designated States (national): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.
- (84) Designated States (regional): ARIPO patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), Eurasian patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), European patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SK, TR), OAPI patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- Published:  
— with international search report

[Continued on next page]

(54) Title: AN AUTONOMOUS MACHINE



(57) Abstract: An autonomous machine explores the area in which it is located, constructing a map of the area based on information collected by the machine as the machine explores the area. The machine determines when it has returned to a previously visited position within the area. The map is corrected when the machine returns to the previously visited position, based on the knowledge that the current position and the previously visited position are the same.



WO 03/040845 A1





---

*For two-letter codes and other abbreviations, refer to the "Guidance Notes on Codes and Abbreviations" appearing at the beginning of each regular issue of the PCT Gazette.*

### An Autonomous Machine

This invention relates to an autonomous machine, such as an autonomous machine for cleaning a floor area.

5

There have been various proposals to provide autonomous or robotic machines for performing duties such as cleaning or polishing a floor area or for mowing grass. In their simplest form, an autonomous machine requires a training phase during which the machine is manually led around the area in which it is to work. Following this training phase, the autonomous machine will then perform the required work as it follows the path which it stored in its memory during the training phase. Other machines may simply follow a predetermined route which is marked by means such as a cable which is buried beneath the working area.

15 Other autonomous machines are supplied with a map of the environment in which they are to be used. The machine then uses this map to plan a route around the environment.

There have also been proposals for autonomous machines which are capable of exploring the environment in which they are placed without human supervision, and without advance knowledge of the layout of the environment. The machine may explore the environment during a learning phase and will subsequently use this information during a working phase. An autonomous machine shown in WO 00/38025 initially travels around the perimeter of an area, recognises when it has completed a single lap of the area, and then steps inwardly after that and subsequent laps of the room so as to cover the area in a spiral-like pattern.

25 Autonomous machines are known to build a map of the working area using the information they acquire during the learning phase. Autonomous machines of this last type are particularly attractive to users as they can be left to work with minimal human supervision.

30 Autonomous machines usually have some form of odometry system for measuring the distance and direction travelled by the machine. Distance and direction information can be derived from sensors which monitor movement of each of the wheels. The machine uses

the odometry information to deduce how far it has travelled since a starting position in the working area, and thus where it currently is located within the area. Unfortunately, relying on odometry information alone is unreliable as errors can quickly accumulate, and this can eventually lead to a complete disorientation of the machine. For example, if  
5 one of the drive wheels of the machine slips on the floor surface the odometry system will record a movement, since the wheel has turned, whereas, due to the wheel slippage, the machine does not actually move across the surface. Poor odometry information results in a difference between the calculated position of the machine and the actual position of the machine. In a floor cleaning machine this could result in the machine not travelling across  
10 some areas of the floor surface, which would remain dirty, or the machine becoming lost.

Odometry information can be supplemented, or replaced entirely, by other information. A paper entitled "Gyrodometry: A New Method for Combining Data from Gyros and Odometry in Mobile Robots" presented at the 1996 IEEE International Conference on  
15 Robotics and Automation, Minneapolis, Apr 22-28, 1996, pp. 423-428, describes a proposal for reducing the problems of odometry-based robots in which the odometry data is substituted by gyro data during the short periods when odometry data is unreliable. Some systems position navigation beacons around an area such that the machine can calculate its position by a process of triangulating information received from a number of  
20 beacons. However, this has the obvious disadvantage of requiring beacons to be positioned around each area where the machine will work, and the associated cost of these beacons. US 6,255,793 describes a system of this type where the boundary of the working area is defined by markers. One of the ways in which the calculated location of the autonomous machine can be corrected is by detecting the presence of markers which each  
25 have a unique identity.

The present invention seeks to provide an improved autonomous machine.

A first aspect of the present invention provides an autonomous machine comprising:

- driving means for moving the machine along a surface, and
- 5       - a navigation system, including a memory means, for navigating the cleaning machine around an area,

the navigation system comprising:

- means for causing the machine to explore the area in which it is located, constructing a map of the area based on information collected by the machine as the machine explores the
- 10    area,
- means for determining when the machine has returned to a previously visited position within the area,
- means for correcting the map when the machine returns to the previously visited position, based on the knowledge that the current position and the previously visited position are the
- 15    same.

This allows the machine to create a map which is an accurate representation of the area, even where the machine may suffer from errors in gathering information to construct the map, such as the errors which accumulate when relying on odometry information.

- 20    Preferably, the exploring means is arranged to cause the machine to follow a boundary of the area, storing path information on the path travelled by the machine as the machine follows the boundary; and the determining means is arranged to determine when the machine has returned to a previously visited position in the area by comparing the latest
- 25    section of the path travelled by the machine with information representing a section of the path previously stored in the memory, and for deciding when the new path information and previously stored path information are substantially the same.

- 30    The boundary can take many forms. In a room of a building, the boundary will be the walls of the room and the boundaries of objects placed within the room such as items of furniture. In an outdoor area, the boundary may be a pre-existing barrier such as a fence

or wall or it may be any form of barrier which is positioned especially for use with the autonomous machine.

5 As an alternative to using path data to recognise when the machine has returned to a previously visited position, the machine can use feature-based information which is collected by sensors on the machine. The feature-based information can be light-based information such as the amplitude, direction and/or colour of light at positions within the room, magnetic measurements or distance measurements. Alternatively, the machine could recognise some kind of marker at a position in the area.

10

The navigation system can be implemented entirely in hardware, in software running on a processor, or a combination of these. Accordingly, a further aspect of the present invention provides software for operating the cleaning machine in the manner described herein. The software is conveniently stored on a machine-readable medium such as a  
15 memory device.

The autonomous machine can take many forms: it can be a robotic vacuum cleaner, floor polisher, lawn mower or a robotic machine which performs some other function. Alternatively, it could be a general purpose robotic vehicle which is capable of carrying or  
20 towing a work implement chosen by a user.

Embodiments of the present invention will now be described, by way of example only, with reference to the accompanying drawings, in which:-

25 Figure 1 shows an embodiment of an autonomous machine according to the invention;

Figure 2 shows the electrical systems in the machine of Figure 1;

Figure 3 shows the overall set of machine behaviours;

Figure 4 shows the method for navigating the machine around the boundary of a  
30 working area;

Figures 5 and 6 show the machine operating in an example room scenario;

Figure 7 shows the process for matching path sections;

Figure 8 shows the machine-generated map of the working area following an initial traverse of the boundary of the working area;

Figure 9 shows the map correction process;

Figure 10 shows the coordinate system used in the map correction process;

5 Figure 11 shows the method for scanning the working area;

Figure 12 shows a reciprocating scanning movement;

Figure 13 shows the map of a room and free space areas;

Figure 14 shows one of the selected free space areas of the room;

Figure 15 shows types of free space areas which may exist within the room;

10 Figure 16 shows a way of reaching scanning start points;

Figure 17 shows a way of coping with centrally positioned objects; and,

Figures 18-20 show scanning behaviours.

15 Figure 1 of the drawings shows a robotic, or autonomous, floor cleaning machine in the form of a robotic vacuum cleaner 100.

The cleaner comprises a main body or supporting chassis 102, two driven wheels 104, a brushbar housing 120, batteries 110, a dust separating and collecting apparatus 130, a user interface 140 and various sensors 150, 152, 154. The supporting chassis 102 is  
20 generally circular in shape and is supported on the two driven wheels 104 and a castor wheel (not shown). The driven wheels 104 are arranged at either end of a diameter of the chassis 102, the diameter lying perpendicular to the longitudinal axis of the cleaner 100. The driven wheels 104 are mounted independently of one another via support bearings (not shown) and each driven wheel 104 is connected directly to a traction  
25 motor which is capable of driving the respective wheel 104 in either a forward direction or a reverse direction. A full range of manoeuvres are possible by independently controlling each of the traction motors.

Mounted on the underside of the chassis 102 is a cleaner head 120 which includes a  
30 suction opening facing the surface on which the cleaner 100 is supported. A brush bar 122 (not shown) is rotatably mounted in the suction opening and a motor is mounted on the cleaner head 120 for driving the brush bar.

The chassis 102 carries a plurality of sensors 150, 152, 154 which are positioned on the chassis such that the navigation system of the cleaner can detect obstacles in the path of the cleaner 100 and the proximity of the cleaner to a wall or other boundary such as a piece of furniture. The sensors shown here comprise several ultrasonic sensors 150 which are capable of detecting walls and objects and several passive infra red (PIR) sensors which can detect the presence of humans, animals and heat sources such as a fire. However, the array of sensors can take many different forms. Position Sensitive Devices (PSDs) may be used instead of, or in addition to, the ultrasonic sensors. In an alternative embodiment the cleaner may navigate by mechanically sensing the boundary of the working area and boundaries of obstacles placed within the area. Each side of the vehicle carries an odometry wheel. This is a non-driven wheel which rotates as the machine moves along the surface. Each wheel has an optical encoder associated with it for monitoring the rotation of the odometry wheel. By examining the information received from each odometry wheel, the navigation system can determine both the distance travelled by the machine and the change in angular direction of the machine. It is preferred that the odometry wheel is a non-driven wheel as this increases the accuracy of the information obtained from the wheel. However, a simpler embodiment of the machine can derive odometry information directly from one of the driven wheels.

20

The vacuum cleaner 100 also includes a motor and fan unit supported on the chassis 102 for drawing dirty air into the vacuum cleaner 100 via the suction opening in the cleaner head 120.

Figure 2 shows, in schematic form, the electrical systems for the cleaner of Figure 1. The navigation system comprises a microprocessor 200 which operates according to control software which is stored on a non-volatile memory 210, such as a ROM or FLASH ROM. Another memory 220 is used during normal operation of the machine to store data, such as the path data and a map of the working area, and other operating parameters. The navigation system receives inputs about the environment surrounding the machine from sensor array 150, 152, 154 and inputs about movement of the machine from odometry wheel movement sensors 160, 162. The navigation system also receives

30

inputs from switches 142 on the user interface, such as start, pause, stop or a selection of operating speed or standard of required cleanliness. The navigation system provides a plurality of output control signals: signals for driving the traction motors 105 of the wheels 104, a signal for operating the suction motor 132 which drives the suction fan 130 and a signal for operating the motor 122 which drives the brush bar 125. It also provides outputs from illuminating indicator lamps 144 on the user interface 140. Power is supplied by rechargeable battery packs 110.

### Navigation method

The operation of the machine will now begin to be described with reference to Figures 3-7. Figure 3 is a flow chart of the overall set of behaviours followed by the machine. Figure 4 is a flow chart of the process for navigating around a boundary of the working area. Figures 5 and 6 show an example of a working area in a room of a house, the room having a boundary which is defined by walls 405, a doorway 410, a fire place 415 and articles of furniture 420 – 426 (e.g. sofa, chair) placed against the walls of the room. These figures also show an example path 430 taken by the machine. Figure 6 illustrates the path matching process.

When the machine is first started it has no knowledge of the area in which it is positioned. Thus, the machine must first explore the area in which it is to work to acquire a knowledge of the area.

### Boundary Scanning

The machine is left in the room by a user. Ideally the user is required to place the machine pointing towards an outer boundary of the room or with its left side against the boundary. The user can start the machine at any point on the boundary. In Figure 4 the machine is shown starting at point A. The first action of the machine is to detect the closest wall 405 (step 305) and move towards it. The machine then aligns to the wall (point B) and starts the suction motor 132 and brush bar motor 122. It waits until the motors reach operating speed and then moves off. The machine then begins to navigate around the boundary of the room, continuously detecting the presence of the wall and maintaining the machine at a predetermined distance from the wall. The machine navigates around the obstacles 420-



426 in the same manner as for the walls 405, maintaining the machine at a predetermined distance from the obstacles. The machine continuously records information about the path that it takes in following the boundary of the room. The machine derives information on the distance and direction of travel from the odometry wheel sensors 160, 162.

5

As the machine follows the boundary of an area, the navigation system samples, at regular distance intervals, the angular change in direction of the machine (compared with the direction at the previous sample). It is important to note that this information represents the path (or trajectory) of the machine rather than information about objects that it senses around it. The distance between samples will depend, inter alia, on the environment where the machine is used, the processing power available, memory size, the matching criteria. At each sample period, the navigation system determines the angular change in the direction of the machine compared with the previous sample. The angular change is stored in the memory 220 as part of a vector of all sampled values. Figure 5 shows part of the path 430 followed by the machine. At each sampling point 500 the corresponding arrow and angular value indicates the change compared with the previous sampling point 500.

10  
15

In addition to recording the angular direction changes at regular, fairly widely spaced apart intervals, the navigation system also plots, in detail, the path followed by the machine in order to construct a map of the working area. Figure 8 shows an example of the map of the room shown in Figure 4. Each point of the machine's path around the boundary is defined by a coordinate on the map. Also, as will be described later, the machine uses sensors on the left and right hand sides of the machine to detect the distance to the nearest obstacles on each side of the machine. This 'distance to obstacle' information is recorded on the map for points along the machine's path.

20  
25

As soon as the machine has travelled a distance L, it begins to compare the last L metres worth of the angular path data with previous L metre blocks of path data to find a match and hence to establish whether the machine has returned to a previously visited position along the boundary. Once the machine has made one complete clock-wise trip around the boundary of the room, and arrived again at point B, the matching process should not yet have found a suitable path match, so the machine continues to follow the boundary.

30

At point C' (i.e. point C on the second lap of the room) the machine recognises that it has returned to a previously visited position on the boundary of the room. This is because the matching process will have found a suitable match between the most recent L metres worth of path data and the initial L metres worth of path data stored by the machine. This completion point will always result in a L metre overlap of the boundary that is double covered. Once the start point has been detected the machine stops and shuts down the suction and brush bar motors.

The matching process works by comparing a block ('window') of the stored direction data with a previously stored block of direction data. This technique is often called a sliding window technique.

The angular change of direction data is processed by a sub-sampling process to derive three other sets of data, which are also stored in the path data vector. (Note, for simplicity only two sub-sampled sets of data are shown in Figure 7.) Each sub-sampled set of data represents a coarser interpretation of the actual path travelled by the machine. Since even a good machine is likely to vary in the first and second attempts that it takes to traverse the same portion of boundary, these sub-sampled data sets provide useful information on the underlying direction changes which are likely to form a good match in the matching process.

For each level of sub-sampling, the most recent window of data is compared with earlier, equally sized, windows of data in the overall data vector. For each comparison, each element in the new and tested windows of data are compared. The overall difference between the two windows of data, at each sub-sampling level, is converted to a metric representative of the 'quality of match'. We favour using a percentage value, but other techniques can equally be used. The matching process has a threshold value for the 'quality of match' metric which indicates, from experience, a positive match between two sets of path data. For example, we have found a match of >98% is indicative of a positive match between two sets of path data which represent the same position in a room. A skilled person will appreciate that there are many refinements

which can be made to this basic scheme and many other ways in which the path data can be compared.

5 The matching process allows the machine to establish when it has returned to a start position on the boundary. This is something that a machine must discover when it is set to work in an area of which it has no advance knowledge of the size, shape, layout etc.

10 While the machine is moving around the boundary it stores sections of path data from the boundary path as "markers". The use of markers will be described more fully below. They are a way of allowing the machine to quickly determine its position on the boundary. The number of markers that are stored around the boundary depends on the amount of processing power available in the matching engine of the machine – more markers requires more comparisons. If the machine can only store a limited number of markers, the navigation system can automatically expand the distance between the markers as the length  
15 of the perimeter increases.

The path length  $L$  required for matching, the distance between sampling points and the quality metric threshold indicative of a strong match are all dependent on the working area and conditions where the machine will be used. These can be readily determined  
20 by trial. In a domestic environment we have found that a distance  $L$  of 3.6m, a distance between sampling points of 7.5 cm and markers positioned every 2m around the boundary provides good results.

### **Boundary Map Correction**

25 As described above, the initial exploration process involves the machine following the boundary for just over one full circuit, and storing the path that the machine follows. The machine determines that it has returned to the starting point on the boundary after an overlap distance. As shown in Figure 8, the boundary map produced in this way is usually not closed, which means that the common start 800 and finish 802 path sections (which in  
30 the real world are the same, as identified by the path matching process) have different locations and orientations due to accumulated odometry errors. It is necessary to represent all path points on a single Cartesian co-ordinate system (frame), though the choice of

frame is arbitrary. If we choose the frame to be that of the finish point of the robot, then the error in the path increases as we move backwards from the finish section, along the travelled path, towards the start point.

- 5 The map closure (correction) process progressively deforms the map as we travel from the end (no deformation) to the start (maximum deformation) such that the start segment maps onto the finish segment. This ensures that we have zeroed the error at the start point and have generally reduced the error elsewhere.
- 10 Figure 9 shows the steps of the map correction process. The initial steps of the process 355, 360 are the boundary following method. We can set up two local Cartesian coordinate systems (local frames or *views*)  $V_1$  and  $V_2$  such that their origins and x-axes are positioned and oriented relative to corresponding locations in the start and finish boundary map segments, respectively, which were identified by the path
- 15 matching process.

As shown in Figure 10, a view is defined by three vectors, a position vector  $r$  for the origin, and unit vectors for the local x and y axes,  $e_x$  and  $e_y$ .

- 20 The position of any point  $p$  in a view is given in vector notation by:

$$p'_x = (p - r) \cdot e_x \quad p'_y = (p - r) \cdot e_y$$

or equivalently in matrix notation:

$$p' = M(p - r) \text{ where } M = \begin{bmatrix} \langle e_x \rangle \\ \langle e_y \rangle \end{bmatrix}$$

- 25 In view  $V_1$ , the start of the boundary is at the origin and a tangent to the boundary at the start points along the x-axis. Similarly, in view  $V_2$ , the start of the overlapping segment is at the origin, and the tangent to the path at this point is along the x-axis. By “looking” at the start with  $V_1$  and the finish with  $V_2$ , the projection of start and finish segments have the same position and orientation. For points  $P$  between the start and finish, we must use some intermediate view between  $V_1$  and  $V_2$ . As a view is a linear
- 30 operator, and as error accumulates as the robot travels on its path, a simple scheme is to

linearly interpolate between the two as a function of the proportion of the total boundary length travelled.

$$V_i(\rho) = (1 - \rho)V_1 + \rho V_2$$

and the position of any intermediate path point is given by:

$$5 \quad \mathbf{p}_\rho = V_i(\rho)\mathbf{p}_\rho$$

The view which projects each point into the new map changes smoothly from the start view to the end view as we travel along the boundary path from start to finish.

10 Finally, to make the finish segment correspond to the segment in the robot co-ordinate system, a post-projection rotation and translation is applied (step 380).

An alternative way of considering the map correction is as follows. When the machine has completed a circuit of the area and the path matching process has determined that the machine has returned to a known position, it is possible to calculate the difference in  
15 distance and angle between the two points on the navigation system's map of the area which are known to be the same position. This total accumulated error can then be divided among the coordinates which have been recorded for that initial traverse of the area. In its simplest form, the error can be equally divided among all of the points in a linear manner (small portion of the error for the points near the start, larger portion for  
20 the points near the finish.) Once the machine has updated the map coordinates, it uses the updated map for the subsequent navigation of the area.

25 Once the machine has established a good map of the working area the machine then begins the task of cleaning the entire floor area, which is described in the flow chart of Figure 11.

The basic technique that the machine uses to cover a floor area is a reciprocating scanning movement, as shown in Figure 12. That is, from a start point 450, the machine follows a set of parallel straight line paths 451, each path 451 being followed by a step across movement 455 that positions the machine pointing back in the direction from which it has  
30 just come but translated one brush bar width across in the direction of the scan. The straight line path is maintained by monitoring the orientation of the machine and correcting the speeds of the left and right traction motors so as to maintain a straight line. The step

across action can take place in multiple segments, as shown by action 460. This allows the machine to match the profile of the object that has impeded the straight trajectory. There are a number of movement sequences that are used to maximise the depth of the scan and these are detailed after this general description. Eventually the machine will no longer be able to continue scanning in the direction it has chosen. This will occur when there is no more space to move into or when there have been a number of short traverses.

For a simple room, the machine may be able to completely traverse the floor area with one reciprocating scanning movement. However, for most room layouts the combination of unusual room shape and objects placed within the room (particularly objects positioned away from the walls) will require two or more separate scanning movements.

Once the boundary map has been corrected the machine examines the shape of the room and looks for the most appropriate point to start the cleaning scan from. There are various ways of doing this.

### **Room scanning**

A preferred way of scanning the room will now be described. Initially the machine looks for uncleaned regions that are adjacent to the boundary. As the machine travelled around the boundary of the area it also used the sensor or sensors on the sides of the machine to measure the distance to the nearest obstacles located to the sides of the machine and recorded that information on the map. Once the machine completes a lap of the boundary of the area it then processes the 'distance to obstacle' data to derive a free space vector. The free space vector (605, Figure 13) represents the amount of uncleaned space in a direction from that point on the map. The free space will be the distance to an obstacle minus any distance that the machine has already covered during its path. The free space vectors are plotted on the map at regular points around the boundary path. Since the machine has not travelled through the centre of the area, and lacks any advance knowledge of the layout of the area, this is the best information that the machine has of the layout of the area within the boundary. When deciding where to begin scanning, the navigation system looks at where, on the map, the free space vectors are located (step 505, Figure 11). The system looks for the longest length of boundary with free space vectors. An