(19) **Bundesrepublik Deutschland**
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 603 01 148 T2** 2006.06.01

(12) # Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 1 331 537 B1**
(21) Deutsches Aktenzeichen: **603 01 148.9**
(96) Europäisches Aktenzeichen: **03 250 141.3**
(96) Europäischer Anmeldetag: **09.01.2003**
(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **30.07.2003**
(97) Veröffentlichungstag der Patenterteilung beim EPA: **03.08.2005**
(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **01.06.2006**

(51) Int Cl.[8]: ***G05D 1/03*** (2006.01)
A47L 11/40 (2006.01)

(30) Unionspriorität:
56804 **24.01.2002** **US**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LI, LU, MC, NL, PT, SE, SI, SK, TR

(73) Patentinhaber:
iRobot Corp., Burlington, Mass., US

(74) Vertreter:
Meissner, Bolte & Partner GbR, 80538 München

(72) Erfinder:
Jones, Joseph L., Acton, Massachusetts 01720, US; Mass, Philip R., Somerville, Massachusetts 02113, US

(54) Bezeichnung: **Verfahren und System zur Roboterlokalisierung und Beschränkung des Arbeitsbereichs**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren und System zur Roboterlokalisierung und -arbeitsbereichsbeschränkung.

[0002] Im Stande der Technik wurden viele Systeme vorgeschlagen, um einen Roboter auf einen spezifischen physikalischen Raum zu Zwecken der Durchführung von Arbeit zu beschränken. Diese Systeme sind typischerweise für jede Art von Roboteranwendung ausgelegt, wie etwa Rasenpflege, Bodenreinigung, Inspektion, Transport und Unterhaltung, wobei es gewünscht wird, dass ein Roboter in einem beschränkten Bereich wirkt, um über die Zeit Arbeit auszuführen.

[0003] Beispielsweise kann ein staubsaugender Roboter, der in einem Raum arbeitet, versehentlich von einem Raum in einen anderen wandern, ohne den ersten Raum zufriedenstellend zu Ende gesaugt zu haben. Eine Lösung besteht darin, den Roboter auf den ersten Raum zu beschränken, indem alle Türen geschlossen und er physikalisch am Verlassen des ersten Raums gehindert wird. In vielen Häusern sind jedoch die Räume oftmals durch offene Durchgänge getrennt, und es lassen sich nicht einfach Türen oder andere physikalische Barrieren in den Ausgangsweg des Roboters stellen. Genauso kann ein Benutzer wünschen, dass der Roboter nur in einem Teil eines einzelnen offenen Raums arbeitet, und deshalb wird die Effizienz gesenkt, wenn man den Roboter im gesamten Raum arbeiten lässt.

[0004] Es ist deshalb vorteilhaft, über Einrichtungen zu verfügen, die den Bereich beschränken, in dem ein Roboter arbeitet.

[0005] Ein Lösungsansatz im Stande der Technik besteht darin, ausgefeilte Systeme zur Navigation und Orientierung für den Roboter bereitzustellen, so dass er sich entweder entlang eines vorbestimmten Pfads weiterbewegt und/oder seine momentane Aufenthaltsstelle anhand eines in seinem Speicher abgelegten Plans überwacht. Diese Systeme erfordern eine ausgefeilte Hardware wie Präzisionssensoren und erhebliche Computerspeicher- und Rechnerleistung, und lassen sich typischerweise nicht gut an Veränderungen in dem Bereich, in dem der Roboter arbeitet, anpassen. Gleichermaßen kann der Roboter ohne wesentliches Umprogrammieren und Trainieren nicht so ohne weiteres von einem Gebäude in ein anderes, und auch nicht von Raum zu Raum verlegt werden.

[0006] Zum Beispiel erfordert das im US-Patent Nr. 4,700,427 (Knepper) offenbarte Verfahren eine Einrichtung, um einen Pfad zu schaffen, den der Roboter zurücklegen soll, was entweder in einer manuell gesteuerten Unterrichtung des Pfads oder einer automatischen Abbildungsfunktion bestehen kann. Wenn sich „der Einsatzort häufig ändert" oder „Räume verändert werden", werden große Mengen an Datenspeicher erforderlich, um die Daten zu speichern, die sich auf jede Örtlichkeit beziehen. Auf ähnliche Weise erfordern das Verfahren und System, die im US-Patent Nr. 4,119,900 (Kremnitz) offenbart sind, leistungsstarke Berechnung und Sensoren, um konstant die Lage des Roboters in einem bestimmten Raum zu ermitteln. Andere Beispiele für Robotersysteme, die eingegebene Information über den Raum benötigen, in dem der Roboter arbeitet, umfassen die in den US-Patenten Nr. 5,109,566 (Kobayashi et al.) und 5,284,522 (Kobayashi et al.) aufgezeigten Verfahren und Systeme.

[0007] Ähnlich machen bestimmte Systeme aus dem Stand der Technik nicht nur das Trainieren oder Programmieren des Roboters auf die spezifischen Eigenheiten eines bestimmten Raums erforderlich, sondern machen auch eine gewisse Vorbereitung oder Änderung an dem Raum nötig, in dem der Roboter arbeiten soll. Beispielsweise offenbart das US-Patent Nr. 5,341,540 (Soupert et al.) ein System, das in einer bevorzugten Ausführungsform fordert, dass der Roboter ein Positionierungssystem umfasst, und dass der Bereich für den Roboter mit „Orientierungshilfen" ausgestattet wird, die „... an feststehenden Bezugspunkten angebracht sind". Obwohl dieses System ein unbekanntes Hindernis umgehen und durch Signale aus den Orientierungshilfen zu seinem vorprogrammierten Weg zurückkehren kann, erfordert es doch sowohl erhebliche Benutzereinstellungs- als auch roboterintegrierte Rechnerleistung.

[0008] Die US 5,165,064 (Mattaboni) umfasst auch einen mobilen Roboter, der eine Anordnung oder mehrere Anordnungen von Ultraschallwandlern einsetzt, die mit einem Infrarotorientierungshilfesystem verwendet werden können. Eine andere Vorrichtung ist in der WO 00/38029 (Notetry Limited) aufgezeigt, die die Verwendung von Schwellensuchgeräten erläutert, um den Roboter in einem Raum einzugrenzen. Allerdings ist auch hier wie im vorstehenden Stand der Technik eine erhebliche Benutzereinstellarbeit erforderlich.

[0009] Ähnliche Systeme und Verfahren, die einen oder mehrere der vorstehend beschriebenen Nachteile in sich bergen, sind in den US-Patenten Nr. 5,353,224 (Lee et al.), 5,537,017 (Feiten et al.), 5,548,511 (Bancroft) und 5,634,237 (Paranjpe) offenbart.

[0010] Noch ein anderer Lösungsansatz, um einen Roboter auf einen bestimmten Bereich zu beschränken, bringt es mit sich, eine Vorrichtung bereitzustellen, die die gesamte Abgrenzung des Bereichs festlegt. Beispielsweise offenbart das US-Patent Nr. 6,300,737 (Bergvall et al.) ein elektronisches Grenz-

festlegungssystem, bei dem ein Kabel auf oder unter dem Boden verlegt wird, um den inneren Bereich vom äußeren Bereich zu trennen. Gleichermaßen macht das im US-Patent Nr. 6,255,793 (Peless et al.) offenbarte System den Einbau eines Metalldrahts erforderlich, durch den Elektrizität fließt, um eine Grenze festzulegen. Obwohl diese Systeme eine effiziente Einrichtung zur Beschränkung bereitstellen, sind sie doch schwierig zu installieren, lassen sich nicht von Raum zu Raum transportieren, und können unansehnlich sein oder eine Stolpergefahr darstellen, wenn sie nicht unter dem Boden oder unterhalb eines Teppichbelags verlegt werden. Gleichermaßen von Belang ist, dass solche Systeme, wenn der Draht oder eine andere Beschränkungsvorrichtung ausfällt, schwierig zu reparieren sein können, weil es schwierig sein kann, die Stelle solcher Ausfälle zu bestimmen, wenn das System im Boden oder unter Teppich verlegt ist.

[0011] Die vorliegende Erfindung stellt ein abgewandeltes und verbessertes System zur Beschränkung eines Roboters auf einen bestimmtem Raum ohne die Nachteile aus dem Stand der Technik bereit.

[0012] Erfindungsgemäß wird ein wie in Anspruch 1 dargelegtes Roboterarbeitsbereichsbeschränkungssystem bereitgestellt.

[0013] Dementsprechend hat die vorliegende Erfindung mehrere Aufgaben und Vorteile.

[0014] Eine Aufgabe der Erfindung besteht darin, ein vereinfachtes und tragbares System und ein Verfahren zur Beschränkung eines Roboters auf einen bestimmten Bereich bereitzustellen.

[0015] Eine Aufgabe der Erfindung besteht darin, ein Beschränkungssystem bereitzustellen, das nicht installiert zu werden braucht.

[0016] Eine Aufgabe der Erfindung besteht darin, ein Schrankensystem bereitzustellen, das intuitiv eingestellt werden kann und eine Einrichtung zur visuellen Anzeige der Schranke umfasst.

[0017] Eine zusätzliche Aufgabe der Erfindung besteht darin, ein System bereitzustellen, derart, dass ein Roboter, der sich der Schranke von irgendeiner Seite der Schranke nähert, sich so dreht, dass er ein Überschreiten der Schranke vermeidet.

[0018] Eine Aufgabe der Erfindung besteht darin, ein Roboterarbeitsbereichsbeschränkungssystem bereitzustellen, das ungeachtet des Winkels arbeitet, in dem sich der Roboter der Schranke nähert.

[0019] Eine zusätzliche Aufgabe einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung besteht darin, ein System bereitzustellen, das in Bezug die Auswirkungen von Sonnenlicht im Wesentlichen unempfindlich ist, keine Störung mit anderen Geräten verursacht, und von anderen Geräten nicht gestört wird.

[0020] Die bevorzugte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist für eine für den Innenraum bestimmte Reinigungsrobotervorrichtung vorgesehen, ähnlich der Arten, die in den US-Patenten Nr. 4,306,329 (Yokoi), 5,293,955 (Lee), 5,369,347 (Yoo), 5,440,216 (KKim), 5,613,261 (Kawakami et al.), 5,787,545 (Colens), 5,815,880 (Nakanishi), 6,076,226 (Reed) offenbart sind. Dem Fachmann auf dem Gebiet wird klar sein, dass die vorliegende Erfindung in beliebig vielen Roboteranwendungen eingesetzt werden kann, wo eine Beschränkung gewünscht wird. Darüber hinaus wird der Fachmann, obwohl die hier beschriebenen bevorzugten Ausführungsformen für einen Roboter ohne Navigationssystem vorgesehen sind, die Nützlichkeit der Erfindung bei Anwendungen, die ausgefeiltere Roboter verwenden, erkennen.

[0021] Nach einem weiteren Aspekt der Erfindung wird ein wie in Anspruch 15 dargelegtes Roboterarbeitsbereichsbeschränkungssystem bereitgestellt, wobei eine Steuereinheit einen Algorithmus ablaufen lässt, der eine Richtungsumkehr des Roboters erleichtert.

[0022] Nach noch einem weiteren Aspekt der Erfindung wird ein wie in Anspruch 16 dargelegtes Verfahren zum Beschränken des Arbeitsbereichs eines Roboters bereitgestellt.

[0023] Weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung gehen aus der folgenden ausführlichen Beschreibung einschließlich der dazugehörigen Zeichnungen und aus den Ansprüchen hervor.

[0024] Fig. 1A zeigt eine Ausführungsform des erfindungsgemäßen Roboterarbeitsbereichsbeschränkungssystems, wobei sich der Schrankensignalsender in einem ausgeschalteten Zustand befindet; Fig. 1B zeigt eine Ausführungsform des erfindungsgemäßen Roboterarbeitsbereichsbeschränkungssystems, wobei sich der Schrankensignalsender in einem eingeschalteten Zustand befindet,

[0025] Fig. 2A zeigt eine schematische Darstellung einer bevorzugten Ausführungsform des Schrankensignalsenders; Fig. 2B zeigt ein Schaltungsschema einer speziellen Ausführungsform des Schrankensignalsenders;

[0026] Fig. 3A zeigt eine schematische Seitenansichtsdarstellung eines mobilen Roboters, der in einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung zum Einsatz kommt; Fig. 3B zeigt eine schematische Draufsichtsdarstellung eines mobilen Roboters, der in einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung

zum Einsatz kommt;

[0027] Fig. 4 zeigt eine Seitenansicht einer bevorzugten Ausführungsform eines allseitig gerichteten Schrankensignalsensors;

[0028] Fig. 5 stellt ein Hardware-Blockschema des in den Fig. 3A und Fig. 3B gezeigten Roboters dar;

[0029] Fig. 6 stellt eine Schemadarstellung einer alternativen Ausführungsform des Roboters dar, der mehrere Schrankensignalsensoren einsetzt;

[0030] die Fig. 7A und Fig. 7B sind Ablaufdiagramme des Schrankenumgehungsalgorithmus einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung;

[0031] die Fig. 8A–C sind Schemadarstellungen des Systems und Verfahrens einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung;

[0032] die Fig. 9A–C sind Schemadarstellungen des Systems und Verfahrens einer alternativen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

[0033] Mit Bezug auf die Fig. 1A und Fig. 1B ist ein Wohnzimmer **10** gezeigt, das durch Innenwände **14** und **15** von einem Speisezimmer **12** getrennt ist. Das Wohn- und/oder Speisezimmer kann verschiedene Einrichtungsgegenstände enthalten, beispielsweise eine Couch **16**, einen Fernseher **17**, eine Anrichte **18** und einen Tisch und Stühle **19**.

[0034] Die Räume enthalten auch einen mobilen Roboter **20** und eine Schrankensignalaussendevorrichtung **30**, die zu Zwecken dieser Beschreibung auch Roboterarbeitsbereichsbeschränkungssender **30** (oder RCON-Sender – Robot Confinement Transmitter) genannt wird. In den Fig. 1A und Fig. 1B befindet sich der Roboter im Wohnzimmer **10**, und der RCON-Sender **30** befindet sich in dem Bereich an einer Innenwand **14**, der das Wohnzimmer **10** vom Speisezimmer **12** abteilt, und ist zur Innenwand **15** hin gerichtet.

[0035] Wie hier noch ausführlicher beschrieben wird, zeigt Fig. 1B dieselbe Raumgestaltung, wobei der RCON-Sender **30** in einem eingeschalteten Zustand ist und sendet, d.h. ein Infrarotstrahl **42** wird vom RCON-Sender **30** zur Innenwand **15** hin abgegeben. Der Strahl ist primär entlang einer Achse gerichtet, um eine Grenze oder Schranke zwischen dem Wohnzimmer **10** und dem Speisezimmer **12** zu schaffen.

[0036] Das hier beschriebene System und Verfahren greifen jeweils auf eine tragbare RCON-Sendereinheit **30** und einen mobilen Roboter **20** zurück. Jedes dieser Elemente wird zunächst unabhängig beschrieben, und dann wird der Betrieb einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung erläutert.

RCON-Sender

[0037] Fig. 2A stellt eine bevorzugte Ausführungsform des RCON-Senders **30** dar. Der RCON-Sender **30** umfasst einen ersten Infrarotsender **32**, einen zweiten Infrarotsender **34**, einen Leistungsschalter **36** und einen verstellbaren Leistungseinstellregler **38**. Das Gehäuse **31** des RCON-Senders enthält auch die Batterien (nicht gezeigt) und die für die verschiedenen Bauteile notwendige Elektronik.

[0038] Fig. 2B zeigt ein Schaltungsschema für die notwendige Elektronik für eine Ausführungsform des RCON-Senders **30**. Andere Ausführungsformen können andere herkömmliche Leistungsquellen verwenden.

[0039] In der in Fig. 2A gezeigten Ausführungsform würde ein Benutzer den RCON-Sender **30** unter Verwendung des Leistungsschalters **36** zur selben Zeit einschalten, zu der der Roboter **20** zu arbeiten beginnt. Der Benutzer kann unter Verwendung des Reglers **38** auch eine variable Leistung wählen. In anderen Ausführungsformen kann eine beliebige Anzahl von bekannten Eingabevorrichtungen, wie Tastaturen, Kippschalter, usw. verwendet werden, um die Einheit einzuschalten und/oder eine Leistungseinstellung zu wählen. Es kann eine höhere Leistung verwendet werden, um eine längere Schranke bereitzustellen, die zum Unterteilen eines einzelnen Raums nützlich ist, während eine niedrigere Leistungseinstellung verwendet werden kann, um eine Schranke für einen einzelnen Türdurchgang bereitzustellen. Aufgrund der reflektierenden Eigenschaften verschiedener Materialien wie weiß getünchter Wände, sollte die Leistung des RCON-Senders **30** vorzugsweise auf das zum Bereitstellen der gewünschten Schranke notwendige Minimum eingestellt werden.

[0040] In alternativen Ausführungsformen kann die Leistung des RCON-Senders nach einem vorbestimmten Zeitbetrag automatisch abgeschaltet werden, um die Batterie zu schonen.

[0041] In alternativen Ausführungsformen kann ein Steuersystem zum Ein- und Ausschalten des RCON-Senders oder mehrerer RCON-Sender und/oder Roboter verwendet werden, um ein automatisches Reinigen mehrerer Zimmer oder Räume auf eine gesteuerte Weise zuzulassen. Beispielsweise könnte ein „intelligentes haustechnisches" Steuersystem direkt mit einem RCON-Sender oder mehreren RCON-Sendern kommunizieren, um ein Durchlaufen von Arbeitsbereichen zuzulassen. In der Alternative könnte der Roboter **20** dem RCON-Sender ein Signal schicken, um ihn einzuschalten.

[0042] In der bevorzugten Ausführungsform werden zwei Infrarotsender **32** und **34** verwendet. Der erste IR-Sender **32**, der primäre Sender, wird mit Strom versorgt, um eine gerichtete Schranke **42** mit einer bestimmten Länge vom RCON-Sender **30** aus bereitzustellen. In dieser Ausführungsform ist der Strahl **42** ein modulierter, schmaler IR-Strahl. In der bevorzugten Ausführungsform wird ein Kollimations-IR-Sender wie ein Waitrony p/n IE-320H verwendet. Die spezifischen Eigenschaften des/der Sender/s sind dem Fachmann überlassen; jedoch muss der Strahl **42** aber, wie nachstehend noch erläutert wird, eine ausreichende Breite haben. Bevorzugt ist die Mindeststrahlbreite größer als der Drehradius des Sensors an einem bestimmten Roboter.

[0043] Der zweite IR-Sender **34** – der sekundäre Sender – wird mit Strom versorgt, um einen Streubereich **44** nahe des RCON-Senders **30** bereitzustellen, um den Roboter **20** daran zu hindern, den Strahl **42** in seiner schmälsten Zone im unmittelbaren Nahbereich des RCON-Senders **30** zu durchqueren, was den Roboter **20** zusätzlich daran hindert, in direkten Kontakt mit dem RCON-Sender **30** zu geraten. In der bevorzugten Ausführungsform wird für den sekundären Sender eine Linse verwendet, die identisch zum Linsenabschnitt des nachstehend beschriebenen RCON-Sensors ist. In anderen Ausführungsformen kann ein einzelner aktiver Sender, der die beiden hier offenbarten Sendersysteme umfasst und der mit einer geeigneten Optik in Wirkverbindung steht, verwendet werden, um mehrere Sendepunkte zu schaffen.

[0044] Aufgrund der möglichen Interferenz mit Sonnenlicht und anderen IR-Quellen modulieren die meisten IR-Vorrichtungen, wie Fernbedienungen, PDAs und andere IR-Kommunikationsvorrichtungen, das Sendesignal. Hier modulieren die Sender **32** und **34** den Strahl mit 38 kHz. Zusätzlich modulieren die IR-Vorrichtungen den Strahl, um der zu steuernden Einheit einen seriellen Bitstrom zukommen zu lassen, um ihr zu sagen, was sie zu tun hat. In einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung verhindert eine zusätzliche Modulation des Strahls mit einer Frequenz von beispielsweise 500 Hz, die sich von der Frequenz allgemeiner IR-Bitströme unterscheidet, eine Interferenz mit anderer IR-Ausrüstung.

[0045] Obwohl die bevorzugte Ausführungsform ein Infrarotsignal verwendet, kann das System und Verfahren der vorliegenden Erfindung auch andere Signale wie elektromagnetische Energie, einschließlich Funkwellen, Röntgenstrahlen, Mikrowellen, usw. zum Erreichen der Ziele einsetzen. Viele dieser Wellenarten haben signifikante Nachteile. Beispielsweise lassen sich Funkwellen nur schwieriger und aufwändiger richten, und sichtbares Licht leidet an von vielen Quellen kommender Interferenz und kann auf Benutzer störend wirken. Schallwellen könnten auch verwendet werden, es ist aber ähnlich schwierig, sie sauber zu richten, und sie neigen mehr dazu, zu streuen und zu reflektieren.

Der Roboter

[0046] Wie in den Fig. 3A und Fig. 3B gezeigt ist, umfasst der Roboter **20** in der bevorzugten Ausführungsform eine im Wesentlichen kreisförmige Schale **21**, die auf einem Fahrwerk angebracht ist, das zwei Räder **22** und **23** enthält, die an entgegengesetzten Seiten einer Mittellinie angebracht sind, wobei jedes der Räder **22** und **23** unabhängig angesteuert werden kann, um den Roboter sich drehen zu lassen. In der bevorzugten Ausführungsform sind die Räder so angebracht, dass sich der Roboter im Wesentlichen auf der Stelle drehen kann. Die bevorzugte Ausführungsform des Roboters **20** umfasst auch Motoren **24**, eine Reinigungseinrichtung **25**, eine wiederaufladbare Batterie **26**, einen Mikroprozessor **27** und verschieden Berührungs- und optische Sensoren **28**.

[0047] In Fig. 5 ist ein Hardware-Blockschema eines Roboters ähnlich dem in den Fig. 3A und Fig. 3B gezeigten dargestellt. Die Hardware ist um einen 8-Bit-Prozessor der Serie Winbond W78 XXX herum aufgebaut. Der Prozessor wird von einer Software gesteuert, die in einem ROM gespeichert ist. Das in Fig. 5 gezeigte System umfasst verschiedene Steuerfunktionen und Motortreiber, zusammen mit verschiedenen Sensoren z.B. physikalischen Stoßsensoren, Abgrundsensoren, und den RCON-Detektor/Sensor). Für die vorliegende Erfindung besitzt der Roboter auch einen RCON-Sensor **50**, der in der bevorzugten Ausführungsform als standardmäßiges IR-Empfängermodul vorliegt, das eine Fotodiode und einen dazugehörigen Verstärkungs- und Erfassungsschaltkreis umfasst, der unter einer allseits gerichteten Linse angebracht ist, wobei sich allseits gerichtet auf eine einzelne Ebene bezieht. In einer bevorzugten Ausführungsform handelt es sich bei dem IR-Empfängermodul um einen East Dynamic Corporation p/n IRM-8601S. Jedoch kann auch irgendein anderes IR-Empfängermodul, ungeachtet der Modulation oder Spitzenerfassungswellenlänge, verwendet werden, wenn auch der RCON-Sender so verändert wird, dass er zum Empfänger passt. Wie in den Fig. 3A und Fig. 3B gezeigt ist, ist der RCON-Sensor am höchsten Punkt auf dem Roboter **20** und zur Vorderseite des Roboters hin angebracht, wie sie durch die erste Hauptfortbewegungsrichtung des Roboters definiert ist, wie in Fig. 3B durch einen Pfeil angegeben ist.

[0048] Obwohl der RCON-Sensor am höchsten Punkt des Roboters angebracht sein sollte, um Schatten zu vermeiden, ist es in manchen Anwendungen wünschenswert, die Höhe des Roboters **20** und/oder des RCON-Sensors **50** zu minimieren, um den Roboter **20** unter Möbeln oder anderen Hinder-

nissen durchlaufen zu lassen. In manchen Ausführungsformen kann der RCON-Sensor **50** federnd angebracht sein, um in den Körper des Roboters zurückzuweichen, wenn sich dieser unter einem festen überhängenden Gegenstand bewegt.

[0049] Fig. 4 zeigt die bevorzugte Ausführungsform des RCON-Sensors **50** im Detail. Der RCON-Sensor umfasst eine Linse **52**, die das Schrankensignal (oder die Strahlen) **42** von allen Richtungen durch die äußere Linsenwand **54** einlässt und das Signal am Brennpunkt **55** fokussiert. Gleichzeitig sind das Verfahren und die Systeme der vorliegenden Erfindung dazu geeignet, bei Vorhandensein von Sonnenlicht verwendet zu werden. Da direktes Sonnenlicht den IR-Sensor **55** leicht sättigen kann, kann versucht werden, Sonnenlicht vom RCON-Sensor **50** fernzuhalten. Deshalb wird in der bevorzugten Ausführungsform eine opake horizontale Kunststoffplatte **57** verwendet, die von einer Stütze **58** gehaltert ist.

[0050] Die in der bevorzugten Ausführungsform verwendete Linse **52** ist eine in erster Linie zylindrische Vorrichtung, die dazu ausgelegt ist, Strahlen senkrecht zur Linsenachse aufzunehmen und Strahlen im Wesentlichen über oder im Wesentlichen unter der zur Linsenachse senkrechten Ebene zurückzuwerfen. Die Linse fokussiert horizontale Strahlen primär auf den unter der Linse angebrachten IR-Sensor **50**.

[0051] In der bevorzugten Ausführungsform ist die Geometrie der Linse dadurch bestimmt, dass eine Parabel um ihren Brennpunkt gedreht wird, wobei der Brennpunkt mit dem aktiven Element des Empfängers **55** zusammengelegt ist. Die innere Linsenwand **53** ist dabei durch die gewundene Parabel gebildet. Die Strahlen werden durch die Totalreflexion genannte Erscheinung reflektiert, die hier durch die Unterbrechung zwischen dem Linsenmaterial und dem zur inneren Linsenwand **53** innenliegenden Material gebildet ist. Die bevorzugte Ausführungsform besteht aus klarem Polycarbonat, das seiner niedrigen Kosten und seines niedrigen Brechungsindexes wegen ausgewählt wurde.

[0052] Die allseits gerichtete Beschaffenheit des RCON-Sensors **50** ermöglicht es, dass das System mit nur einem einzigen RCON-Sensor **50** genauso gut funktionieren kann, ganz gleich, wie der Winkel einfallenden Lichts vom RCON-Sender auch sein mag. Falls der RCON-Sensor **50** für die Strahlen **42** und **44** aus bestimmten Winkeln unempfänglich ist, kann der Roboter **20** die Beschränkungsstrahlen **42** und **44** durchbrechen, wenn der Roboter **20** sich dem/den Strahl/en so nähert, dass der/die Strahl/en die tote Zone des RCON-Sensors **50** einnimmt/einnehmen.

[0053] Zusätzlich ist der RCON-Sender **30** in der bevorzugten Ausführungsform batteriebetrieben. Dies setzt bei dem am Roboter angebrachten Sensor **50** eine hohe Empfindlichkeit voraus, um eine lange Batterienutzdauer im Sender **30** zu fördern. Als solches sollte das RCON-Erfassungssystem so ausgelegt sein, dass es so viel IR-Signale wie möglich von dem/den Sender/n aufnimmt.

[0054] Der RCON-Sensor der bevorzugten Ausführungsform ist dazu ausgelegt, durch modulierte IR-Signale über einer bestimmten Intensitätsschwelle ausgelöst zu werden. Liegen die IR-Pegel unter der bestimmten Schwelle, berechnet der RCON-Sensor keine wie auch immer geartete Erfassung und löst deshalb keine speziellen Steuerbefehle aus.

[0055] Ein Fachmann wird erkennen, dass in alternativen Ausführungsformen mehrere RCON-Sensoren **50** verwendet werden können. Fig. 6 stellt eine solche Ausführungsform dar, die sechs seitenmontierte Sensoren **50** einsetzt. Jeder der Sensoren sollte so ausgerichtet sein, dass sein Sichtfeld demjenigen des einzelnen, an der Spitze angebrachten Sensors entspricht. Weil ein einzelner, allseits gerichteter RCON-Sensor für optimale Leistung am höchsten Punkt des Roboters angebracht sein sollte, ist es möglich, die Außenlinie des Roboters tiefer zu legen, indem man mehrere Sensoren einbaut.

[0056] Wie vorstehend offenbart, lässt sich das System und Verfahren der vorliegenden Erfindung mit jeder beliebigen Anzahl von im Stande der Technik vorkommenden Robotern einsetzen, einschließlich derjenigen, die für Innenraumreinigungsanwendungen ausgelegt sind.

Betrieb des Systems und Verfahrens

[0057] Wie in den Fig. 8A–C gezeigt ist, wird ein IR-Strahl dazu verwendet, den Raum (Wohnzimmer **10** und Speisezimmer **12**) in zwei einzelne Bereiche zu unterteilen. Um diesen Strahl **42** zu erfassen, besitzt der Roboter einen oben an seiner Vorderseite angebrachten Sensor. Wie in Fig. 8B zu sehen ist, wird, wann immer ein messbarer Pegel an IR-Strahlung auf den Sensor trifft, das IR-Vermeidungsverhalten des Roboters ausgelöst. In einer bevorzugten Ausführungsform bringt dieses Verhalten den Roboter dazu, sich so lange an einer Stelle nach links zu drehen, bis das IR-Signal unter erfassbare Pegel sinkt (Fig. 8C). Der Roboter nimmt dann seine vorherige Bewegung wieder auf. Eine Linksdrehung ist in manchen Systemen erwünscht, weil es sein kann, dass der Roboter herkömmlicher Weise versucht, während der folgenden Betriebsabläufe alle Gegenstände zu seiner Rechten zu halten. Das Beschränkungsverhalten des Roboters stimmt mit seinen sonstigen Verhaltensweisen überein, wenn er sich beim Erfassen des Beschränkungsstrahls **42** nach links dreht. In dieser Ausführungsform wirkt der IR-Sensor als Gradientendetektor. Wenn der Roboter

auf einen Bereich mit höherer IR-Intensität trifft, dreht er sich an der Stelle. Da der IR-Sensor an der Vorderseite des Roboters angebracht ist und sich der Roboter nicht rückwärts bewegt, sieht der Sensor die zunehmende IR-Intensität immer vor den anderen Teilen des Roboters. So bringt das Drehen an der Stelle den Sensor dazu, sich zu einem Bereich mit niedrigerer Intensität zu verschieben. Wenn sich der Roboter dann wieder dem Sensor folgend nach vorn bewegt, bewegt er sich unweigerlich – weg vom Strahl – zu einem Bereich mit niedrigerer Intensität.

[0058] In einer anderen bevorzugten Ausführungsform wirkt das Raumbeschränkungsverhalten als Einzelverhalten in einem strikt auf Priorität beruhenden Verhaltenssystem, das die Roboterbewegung steuert. Jeder der Verhaltensweisen ist eine Priorität zugeteilt, und das Verhalten mit der höchsten Priorität verlangt jederzeit nach der Steuerung des Roboters und verfügt über die volle Steuerung des Roboters. Diese Verhaltensweisen können umfassen, nach vorn zu fahren, zu drehen, wenn angestoßen wurde, Spiralen zu fahren, usw. Das Beschränkungsverhalten ist eine der Verhaltensweisen mit der höchsten Priorität. Es verlangt die Steuerung des Roboters, wenn der IR-Sensor für Raumbeschränkung ein Signal von einem Sender für Raumbeschränkung erfasst hat.

[0059] Ein Ablaufdiagramm einer bevorzugten Ausführungsform der Steuerlogik des Beschränkungsverhaltens ist in Fig. 7A gezeigt. Der Roboter ermittelt, ob der RCON-Sensor ein Signal erfasst (Schritt **110**). Wird ein Signal erfasst, wählt der Roboter eine Drehrichtung (Schritt **120**). Der Roboter beginnt dann, sich in der gewählten Richtung zu drehen, bis das Signal nicht mehr erfasst wird (Schritt **130**). Sobald das Signal nicht mehr erfasst wird, dreht sich der Roboter um einen zusätzlichen Abstand weiter (Schritt **140**).

[0060] In der bevorzugten Ausführungsform von Schritt **120** wird die Richtung durch einen Algorithmus gewählt, der in dem in Fig. 7B gezeigten Ablaufdiagramm dargestellt ist. Die Steuerlogik des Roboters verfolgt die einzelnen Interaktionen des Roboters mit dem Strahl. Der Roboter lässt zuerst den Zähler um Eins vorrücken (Schritt **122**). Bei Interaktionen mit ungeraden Zahlen wählt der Roboter zufällig eine neue Drehrichtung (Schritte **124** und **126**); bei Interaktionen mit geraden Zahlen verwendet der Roboter seine letzte Drehrichtung.

[0061] In anderen Ausführungsformen kann sich der Roboter immer in eine einzige Richtung drehen oder zufällig eine Richtung wählen. Wenn sich der Roboter immer in eine Richtung dreht, kann er in einer Schleife hängen bleiben, indem er sich vom Strahl wegdreht, an ein anderes Hindernis in einem Raum stößt, sich wieder zurück zum Strahl dreht, den Strahl wieder sieht, sich wegdreht, wieder anstößt, usw., usf. Wenn sich der Roboter nur in einer einzigen Richtung dreht, hört dies vorzugsweise an einem Ende des Strahls auf. Wenn die Aufgabe des Roboters darin besteht, seine Arbeit, wie Reinigen, gleichmäßig über einen ganzen Raum fertigzustellen, ist eine einzige Drehrichtung nicht optimal. Wird die Richtung rein zufällig gewählt, kann sich der Roboter ein ganzes Stück nach vorn und hinten drehen, wenn er mehr als einmal auf den Strahl trifft.

[0062] In der bevorzugten Ausführungsform von Schritt **140** dreht sich der Roboter um zusätzliche 20 Grad ab dem Punkt, an dem er das Signal verliert. Der Betrag der Drehung, die in der bevorzugten Ausführungsform willkürlich gewählt war, bleibt dem besonderen Roboter und der besonderen Anwendung überlassen. Die zusätzliche Drehung verhindert, dass der Roboter sofort, nachdem er aus dem Strahl ausgetreten ist, wieder auf den Beschränkungsstrahl trifft. Für verschiedene Anwendungen kann der Betrag zusätzlicher Bewegung (linear oder drehend) eine vorbestimmte Distanz oder Zeit sein, oder kann als Alternative eine Zufallskomponente umfassen.

[0063] In noch einer anderen Ausführungsform kann es das Vermeidungsverhalten des Roboters umfassen, seine Richtung umzukehren, bis der Strahl **42** nicht mehr erfasst wird.

[0064] In anderen Ausführungsformen ist der RCON-Sensor in der Lage, die Gradientenpegel des Strahls zu bestimmen. Diese Information kann dazu verwendet werden, den Roboter in die Richtung mit dem niedrigsten Erfassungspegel zu schicken und somit die Situation zu verhindern, in der sich der Roboter vollkommen im Strahl befindet und sich deshalb um 360 Grad dreht, ohne dass der Sensor aus dem Strahl austritt. Wenn sich in diesen Ausführungsformen der Roboter um 360 Grad dreht, ohne aus dem Strahl auszutreten, kann die Steuerlogik einem „Gradientenverhalten" eine höhere Priorität einräumen. Das Gradientenverhalten unterteilt die möglichen Robotersteuerkurse in eine feststehende Anzahl von Winkelsegmenten, wobei jedes Segment den gleichen Durchlauf eines Winkelbereichs um den Roboter abdeckt. Der Roboter dreht sich dann mit einer konstanten Rate, während er die Anzahl der Erfassungen in jedem Winkelsegment abtastet. (Bei einem System, das Infrarotsignale verwendet, werden die Erfassungszählungen gleichförmig zur Signalstärke in Bezug gesetzt.) Nachdem sich der Roboter um mehr als 360 Grad gedreht hat, befiehlt das Gradientenverhalten dem Roboter, sich zum Winkelsegment mit der niedrigsten Erfassungszahl zu drehen. Wenn der Roboter den richtigen Steuerkurs erreicht, befiehlt das Gradientenverhalten dem Roboter, sich um einen vorbestimmten Abstand, z.B. die Hälfte der Breite des Roboters, nach vorn zu bewegen, dann findet keine Steuerung des Gradientenverhaltens

mehr statt. Falls nötig wird dieser Vorgang wiederholt, bis sich der Roboter in einen Bereich bewegt hat, in dem die IR-Intensität unter der Erfassungsschwelle liegt.

[0065] Ein Fachmann auf dem Gebiet wird erkennen, dass das Sender-/Sensorsystem auch dazu verwendet werden kann, den Roboter auf beliebig vielen Wegen zu führen. Beispielsweise könnte der Strahl **42** dazu verwendet werden, den Roboter parallel zum Rand des Strahls Arbeit verrichten zu lassen, ihn beispielsweise den Boden bis zum Rand des Raumbeschränkungsstrahls reinigen zu lassen.

[0066] In einer alternativen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann der RCON-Sender sowohl einen Signalsender als auch einen Signalsensor umfassen. Wie in Fig. 9A gezeigt ist, umfasst der RCON-Sender **210** sowohl einen primären Sender **212** als auch einen Sensor **214**. Der RCON-Sender **210** ist an einem Ende der gewünschten Schranke angeordnet, und ein Rückstrahler **230** ist am entgegengesetzten Ende der gewünschten Schranke angeordnet. Der Rückstrahler, der den Strahl ungeachtet der Ausrichtung des Rückstrahlers in Bezug auf den Strahl zurück zum Sender reflektiert, kann beispielsweise aus standardmäßigen Fahrradrückstrahlern bestehen. Wie in Fig. 9A gezeigt ist, erzeugt der primäre Sender **212** einen Strahl **242**. Ein Teil des Strahls **242** wird vom Rückstrahler **230** reflektiert und vom Sensor **214** erfasst.

[0067] In der in den Fig. 9A und Fig. 9B gezeigten Ausführungsform kann die vom primären Sender **212** abgegebene IR-Strahlung auf eine oder zwei Weisen moduliert werden, die ein Signal A oder ein Signal B darstellen. Während des normalen Betriebs wird der vom primären Sender **212** abgegebene Strahl **242** durch das rückstrahlende Material **230** zurück in den Sensor **214** gestrahlt. Wenn dies zutrifft, sendet der RCON-Sender Signal A, das vom Roboter **220** empfangen wird. Wenn wie in Fig. 9B gezeigt, der Roboter oder ein anderes Objekt zwischen den Sender **212** und das Rückstrahlmaterial **230** gerät, wird kein Signal zum Empfänger **214** zurückgeschickt, und der RCON-Sender **210** sendet Signal B, das vom Roboter **220** empfangen wird. Der Roboter **220** nutzt dann diese Information, um seine Leistung zu verbessern. Der Roboter dreht sich nur dann wie vorstehend beschrieben vom Strahl weg, wenn er Signal B erfasst. Wenn der Roboter Signal A erfasst, wird nichts unternommen.

[0068] Für bestimmte Anwendungen stellt die in den Fig. 9A und Fig. 9B gezeigte Ausführungsform eine verbesserte Leistung bereit. Beispielsweise wird bei einer Reinigungsanwendung die Vollständigkeit der Reinigung verbessert, weil der Roboter dazu neigt, bis zu der Linie zu reinigen, die die Beschränkungsvorrichtung und das rückstrahlende Material verbindet. Auch ist diese Ausführungsform widerstandsfähiger gegen ein Versperren des Strahls. Wenn Möbel oder andere Hindernisse den Strahl teilweise verdecken, neigt der Roboter dazu, sich wegzudrehen, wenn er vom Überschreiten des Strahls weiter weg ist. Schließlich kann dem RCON-Sender noch eine Anzeigevorrichtung wie eine LED hinzugefügt werden, um anzuzeigen, wann die Vorrichtung funktioniert und richtig auf Zielkurs ist.

[0069] In anderen Ausführungsformen kann der RCON-Sender dazu verwendet werden, einen ringförmigen Beschränkungsbereich festzulegen. Beispielsweise kann ein RCON-Sender mit zwei allseits gerichteten Sendern verwendet werden, wobei der erste Sender den modulierten Standardstrahl und der zweite Sender eine zum Ausgang des ersten Senders um 180 Grad phasenverschobene Strahlung senden würde, aber mit weniger Leistung. Der Roboter wäre so programmiert, dass er sich dreht, wenn die IR-Strahlung nicht erfasst wird. Wenn der Roboter weiter weg vom Sender gerät, würde er eventuell den Strahl verlieren und in ihn zurückkehren. Wenn er näher kommt, würde die Strahlung aus dem zweiten Sender die Strahlung aus dem ersten Sender stören, wodurch ein im Wesentlichen unmoduliertes IR-Signal erzeugt wird. Der Sensor würde dieses nicht erfassen können und der Roboter würde wieder in den Kreisring zurückkehren.

[0070] In noch einer anderen Ausführungsform kann der RCON-Sender als „Zielbasis" verwendet werden. Sobald zum Beispiel die Spannung der Roboterbatterie unter einen vorbestimmten Pegel absinkt, kann der Roboter das Gradientenerfassungsverhalten einsetzen, um den RCON-Sender als Ziel anzusteuern. Dies lässt den Benutzer den Roboter, wenn dieser seine Reinigungsarbeit beendet hat, leicht auffinden, denn er endet nicht zufällig in irgendwelchen Ecken, unter Möbelstücken, usw.

[0071] Obwohl die vorstehende Erfindung viele spezielle Merkmale enthält, sollten diese nicht als den Umfang der Erfindung einschränkend, sondern vielmehr als lediglich Darstellungen einiger der gegenwärtig bevorzugten Ausführungsformen dieser Erfindung bereitstellend aufgefasst werden.

[0072] Andere Ausführungsformen der Erfindung liegen im Rahmen der folgenden Ansprüche.

Patentansprüche

1. Roboterarbeitsbereichbeschränkungssystem, umfassend:

a. eine tragbare Schrankensignalaussendevorrichtung (**30**), die mindestens einen primären Sender (**32**) umfasst, **dadurch gekennzeichnet**, dass der primäre Sender so wirkt, dass er einen parallel gerichteten Beschränkungsstrahl (**42**) primär entlang ei-

ner axialen Länge aussendet, um eine gerichtete Schranke zu schaffen, die einen Bereich in zwei verschiedene Bereiche aufteilt;
b. einen beweglichen Roboter (**20**);
c. wobei der bewegliche Roboter (**20**) umfasst: eine Einrichtung, um sich in mindestens einer Richtung zu drehen; einen Sensor (**50**), der so wirkt, dass er die gerichtete Schranke erfasst, die von dem ausgesendeten Beschränkungsstrahl (**42**) errichtet wurde; und eine Steuereinheit, welche die Einrichtung zum Drehen steuert;
d. wobei die Steuereinheit einen Algorithmus ablaufen lässt, um die gerichtete Schranke, die vom ausgesendeten Beschränkungsstrahl (**42**) errichtet wurde, bei Erfassung der gerichteten Schranke, die vom ausgesendeten Beschränkungsstrahl (**42**) errichtet wurde, zu umgehen; wobei der Algorithmus so wirkt, dass er den Roboter in eine ausgewählte Richtung dreht, bis die gerichtete Schranke, die vom ausgesendeten Beschränkungsstrahl (**42**) errichtet wurde, nicht mehr erfasst wird.

2. Roboterarbeitsbereichsbeschränkungssystem nach Anspruch 1, bei dem der Algorithmus darüber hinaus so wirkt, dass der Roboter (**20**) zumindest um einen bestimmten Betrag weiter in die ausgewählte Richtung gedreht wird, nachdem die gerichtete Schranke, die vom ausgesendeten Beschränkungsstrahl (**42**) errichtet wurde, nicht mehr erfasst wurde.

3. Roboterarbeitsbereichsbeschränkungssystem nach Anspruch 2, bei dem die ausgewählte Drehrichtung, die vom Algorithmus implementiert wird, im Allgemeinen im Uhrzeiger- oder Gegenuhrzeigersinn ist.

4. Roboterarbeitsbereichsbeschränkungssystem nach Anspruch 3, bei dem die ausgewählte Drehrichtung, die vom Algorithmus implementiert wird, eine Zufallsrichtungsauswahlfunktion ist.

5. Roboterarbeitsbereichsbeschränkungssystem nach Anspruch 4, bei dem die ausgewählte Drehrichtung, die vom Algorithmus implementiert wird, darüber hinaus umfasst, mindestens zweimal in dieselbe Richtung zu drehen, bevor die endgültige Drehrichtung zufällig ausgewählt wird.

6. Roboterarbeitsbereichsbeschränkungssystem nach Anspruch 3, bei dem der allgemeine Uhrzeiger- oder Gegenuhrzeigersinn, der die durch den Algorithmus implementierte Drehrichtung umfasst, auf der Erfassung von Gradientenpegeln der gerichteten Schranke, die vom ausgesendeten Beschränkungsstrahl (**42**) errichtet wurde, in einer Vielzahl von Ausrichtungen basiert.

7. Roboterarbeitsbereichsbeschränkungssystem nach Anspruch 6, bei dem die ausgewählte Drehrichtung, die vom Algorithmus implementiert wird, die Richtung mit dem geringsten Pegel des ausgesendeten Beschränkungsstrahls (**42**) ist.

8. Roboterarbeitsbereichsbeschränkungssystem nach Anspruch 1, bei dem die tragbare Schrankensignalaussendevorrichtung (**30**) darüber hinaus einen sekundären Sender (**34**) umfasst, bei dem der primäre Sender (**32**) so wirkt, dass er einen parallel gerichteten Beschränkungsstrahl (**42**) aussendet, um die gerichtete Schranke zu errichten, und der sekundäre Sender (**34**) so wirkt, dass er einen im Allgemeinen allseitig gerichteten Strahl aussendet.

9. Roboterarbeitsbereichsbeschränkungssystem nach Anspruch 1, bei dem die gerichtete Schranke, die vom ausgesendeten Beschränkungsstrahl (**42**) errichtet wurde, der vom ersten Sender (**32**) ausgesendet wurde, ein moduliertes Signal in einer Infrarotfrequenz ist.

10. Roboterarbeitsbereichsbeschränkungssyste m nach Anspruch 9, bei dem der Betrieb des Richtschrankensensors (**50**) im Wesentlichen allseitig gerichtet ist.

11. Roboterarbeitsbereichsbeschränkungssyste m nach Anspruch 10, bei dem der bewegliche Roboter (**20**) ein Gehäuse (**21**) umfasst, und bei dem sich der Richtschrankensensor (**50**) oben auf dem Gehäuse (**21**) des Roboters (**20**) befindet, so dass der Betrieb des Richtschrankensensors (**50**) vom Gehäuse (**21**) des Roboters im Wesentlichen nicht beeinträchtigt ist.

12. Roboterarbeitsbereichsbeschränkungssyste m nach Anspruch 1, bei dem der Roboter (**20**) darüber hinaus mehrere Sensoren für die gerichtete Schranke umfasst.

13. Roboterarbeitsbereichsbeschränkungssyste m nach Anspruch 1, bei dem die tragbare Schrankensignalaussendevorrichtung (**30**) darüber hinaus einen Reflexionssensor umfasst, bei dem der primäre Sender (**32**) so wirkt, dass er mindestens einen ersten und einen zweiten Beschränkungsstrahl (**42**) aussendet, wobei der primäre Sender (**32**) so wirkt, dass er den zweiten Beschränkungsstrahl (**42**) aussendet, wenn der Reflexionssensor den ersten ausgesendeten Beschränkungsstrahl (**42**) nicht erfassen konnte.

14. Roboterarbeitsbereichsbeschränkungssyste m nach Anspruch 1, bei dem der Roboter (**20**) einen vorbestimmten Drehradius hat, und bei dem die gerichtete Schranke, die durch den ausgesendeten Beschränkungsstrahl (**42**) errichtet wurde, eine Breite hat, die zumindest so breit ist wie der Drehradius des Roboters.

15. Roboterarbeitsbereichbeschränkungssystem , umfassend:

a. eine tragbare Schrankensignalaussendevorrichtung (**30**), die mindestens einen primären Sender (**32**) umfasst, dadurch gekennzeichnet, dass der primäre Sender so wirkt, dass er einen parallel gerichteten Beschränkungsstrahl (**42**) primär entlang einer Achse aussendet, wobei die Achse des ausgesendeten Beschränkungsstrahls (**42**) eine gerichtete Schranke festlegt;
b. einen beweglichen Roboter (**20**);
c. wobei der bewegliche Roboter (**20**) umfasst: eine Einrichtung, um in mindestens einer Richtung zu drehen; einen Sensor (**50**), der so wirkt, dass er die gerichtete Schranke erfasst, die von dem ausgesendeten Beschränkungsstrahl (**42**) errichtet wurde; und eine Steuereinheit, welche die Einrichtung zum Drehen steuert;
d. wobei die Steuereinheit einen Algorithmus ablaufen lässt, um die gerichtete Schranke, die vom ausgesendeten Beschränkungsstrahl (**42**) errichtet wurde, bei Erfassung der gerichteten Schranke, die vom ausgesendeten Beschränkungsstrahl (**42**) errichtet wurde, zu umgehen, wobei der Algorithmus so wirkt, dass er die Richtung, in die sich der Roboter (**20**) zuletzt bewegte, umkehrt, bis die gerichtete Schranke, die vom ausgesendeten Beschränkungsstrahl (**42**) errichtet wurde, nicht mehr erfasst wird.

16. Verfahren zum Beschränken des Arbeitsbereichs eines Roboters (**20**) unter Verwendung einer gerichteten Schranke, das die folgenden Schritte umfasst:
a) Bereitstellen einer tragbaren Schrankensignalaussendevorrichtung (**30**), die einen primären Sender (**32**) umfasst, dadurch gekennzeichnet, dass der primäre Sender (**32**) so wirkt, dass er einen parallel gerichteten Beschränkungsstrahl (**42**) entlang einer Achse aussendet, um eine gerichtete Schranke bereitzustellen, die primär linear ist und einen Bereich in zwei verschiedene Bereiche aufteilen kann;
b) Bereitstellen eines am Roboter (**20**) angeordneten Sensors, wobei der Sensor so wirkt, dass er die gerichtete Schranke erfasst, die vom ausgesendeten Beschränkungsstrahl (**42**) errichtet wurde;
c) Vorsehen von Beweglichkeitseinrichtungen am Roboter, so dass sich der Roboter in zumindest eine Richtung drehen kann;
d) Umgehen der gerichteten Schranke, die vom ausgesendeten Beschränkungsstrahl (**42**) errichtet wurde, beim Erfassen der gerichteten Schranke durch den Sensor, die vom ausgesendeten Beschränkungsstrahl (**42**) errichtet wurde, indem ein Algorithmus implementiert wird, um den Roboter in eine ausgewählte Richtung zu bewegen.

17. Verfahren nach Anspruch 16, wobei die gerichtete Schranke, die, die vom ausgesendeten Beschränkungsstrahl (**42**) errichtet wurde, der vom ersten Sender ausgesendet wurde, ein moduliertes Signal in einer Infrarotfrequenz ist.

18. Verfahren nach Anspruch 17, wobei der Betrieb des Richtschrankensensors im Wesentlichen allseitig gerichtet ist.

19. Verfahren nach Anspruch 18, wobei der Roboter (**20**) einen vorbestimmten Drehradius hat, und bei dem die gerichtete Schranke, die durch den ausgesendeten Beschränkungsstrahl (**42**) errichtet wurde, eine Breite hat, die zumindest so breit ist wie der Drehradius des Roboters (**20**).

Es folgen 12 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

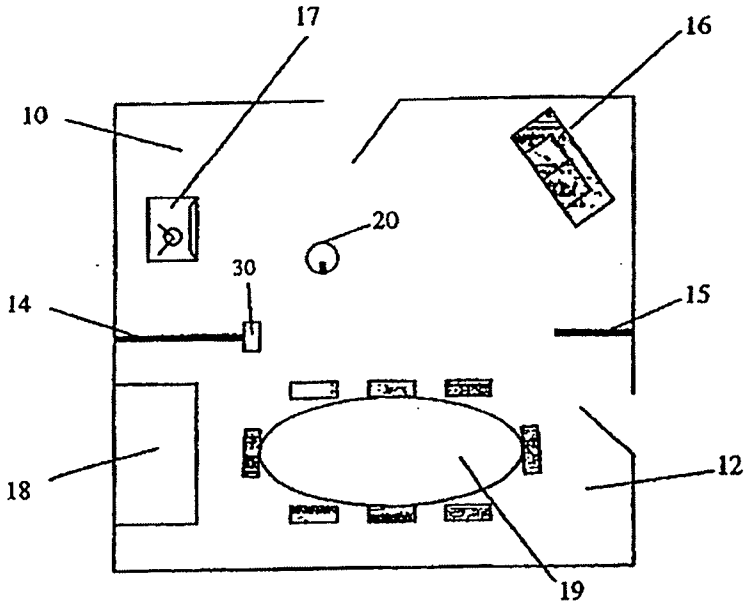


Fig. 1A

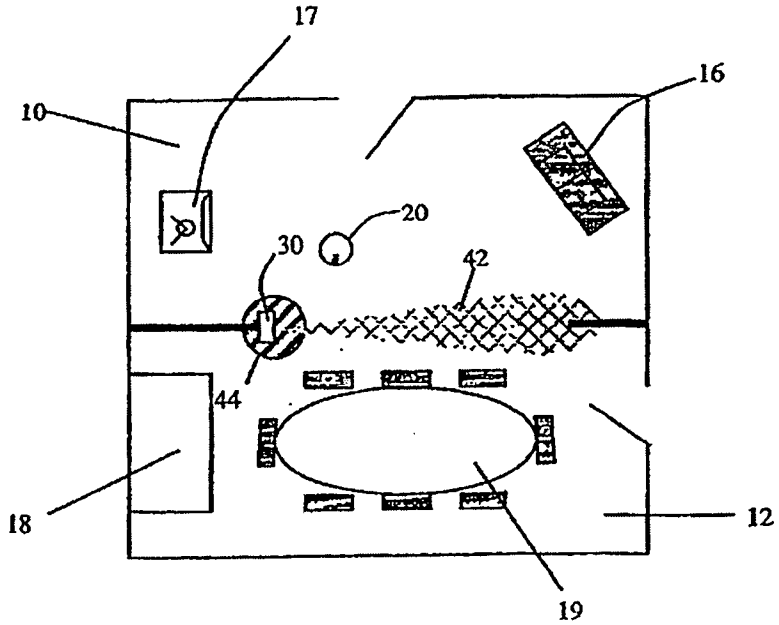


Fig. 1B

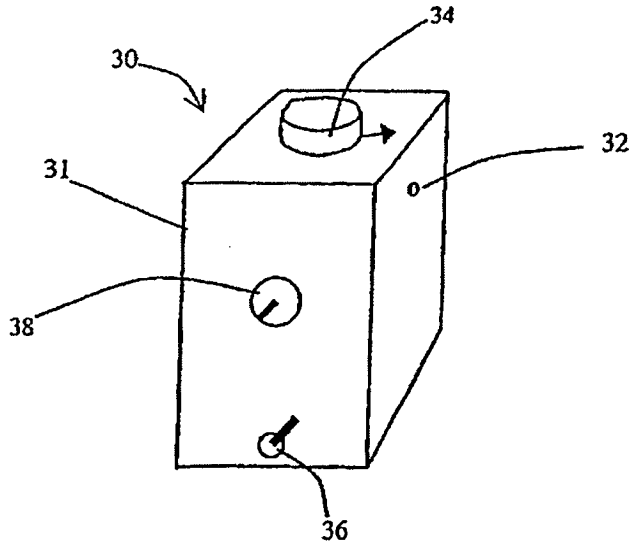

34
30
32
31
38
36

Fig. 2A

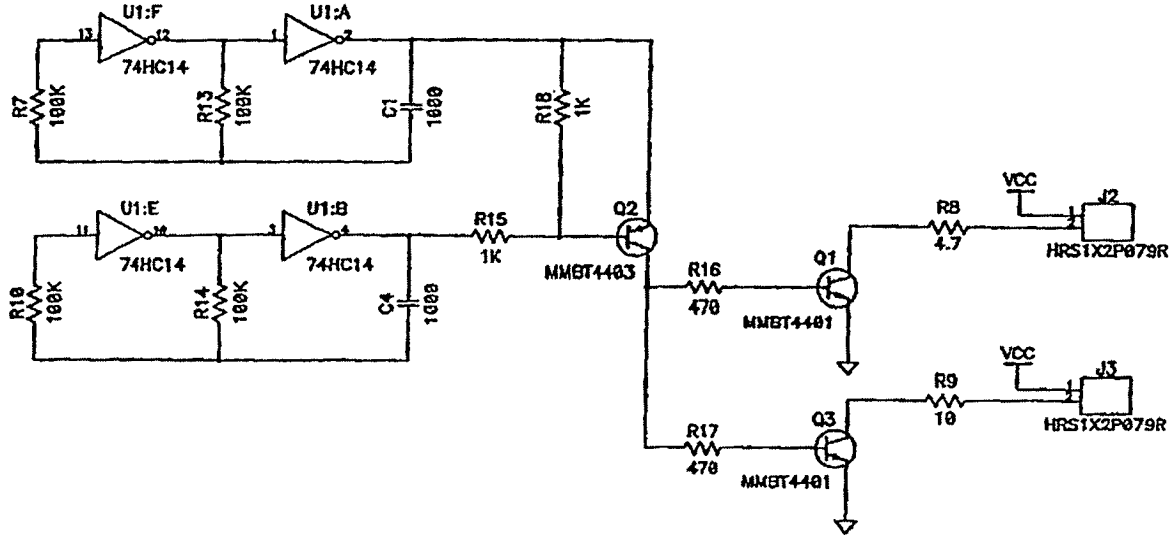

U1:F
74HC14
U1:A
74HC14
R7
100K
R13
100K
C1
1000
R18
1K
U1:E
74HC14
U1:B
74HC14
R15
1K
Q2
MMBT4403
R16
470
Q1
MMBT4401
R8
4.7
VCC
J2
HRS1X2P079R
R10
100K
R14
100K
C4
1000
R17
470
Q3
MMBT4401
R9
10
VCC
J3
HRS1X2P079R

Fig. 2B

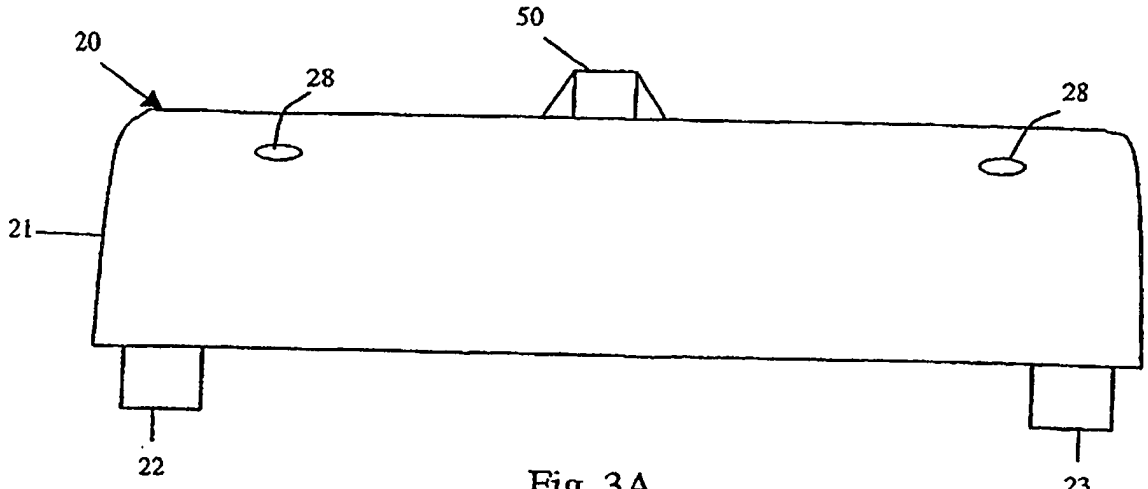


Fig. 3A

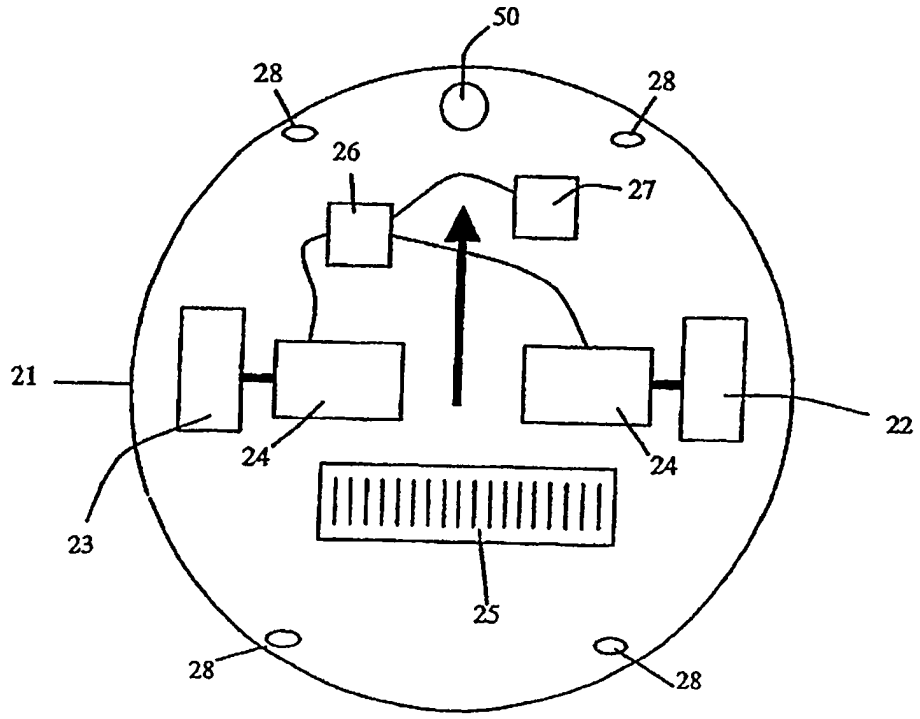


Fig. 3B

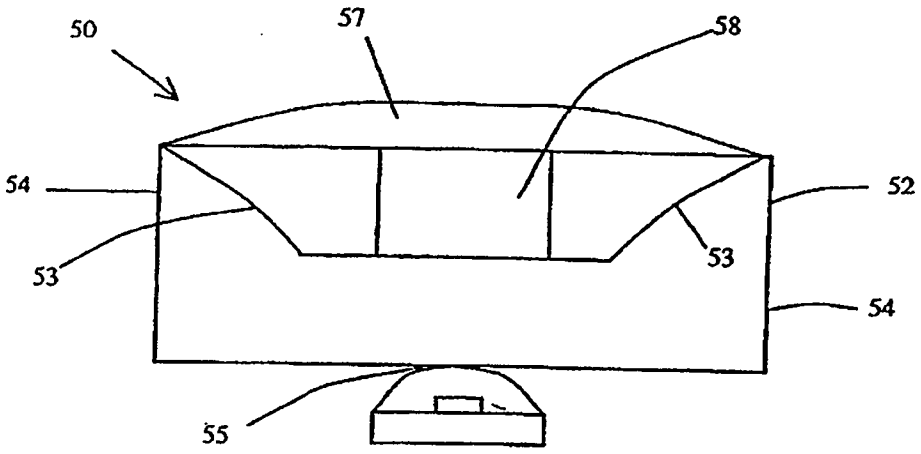


Fig. 4

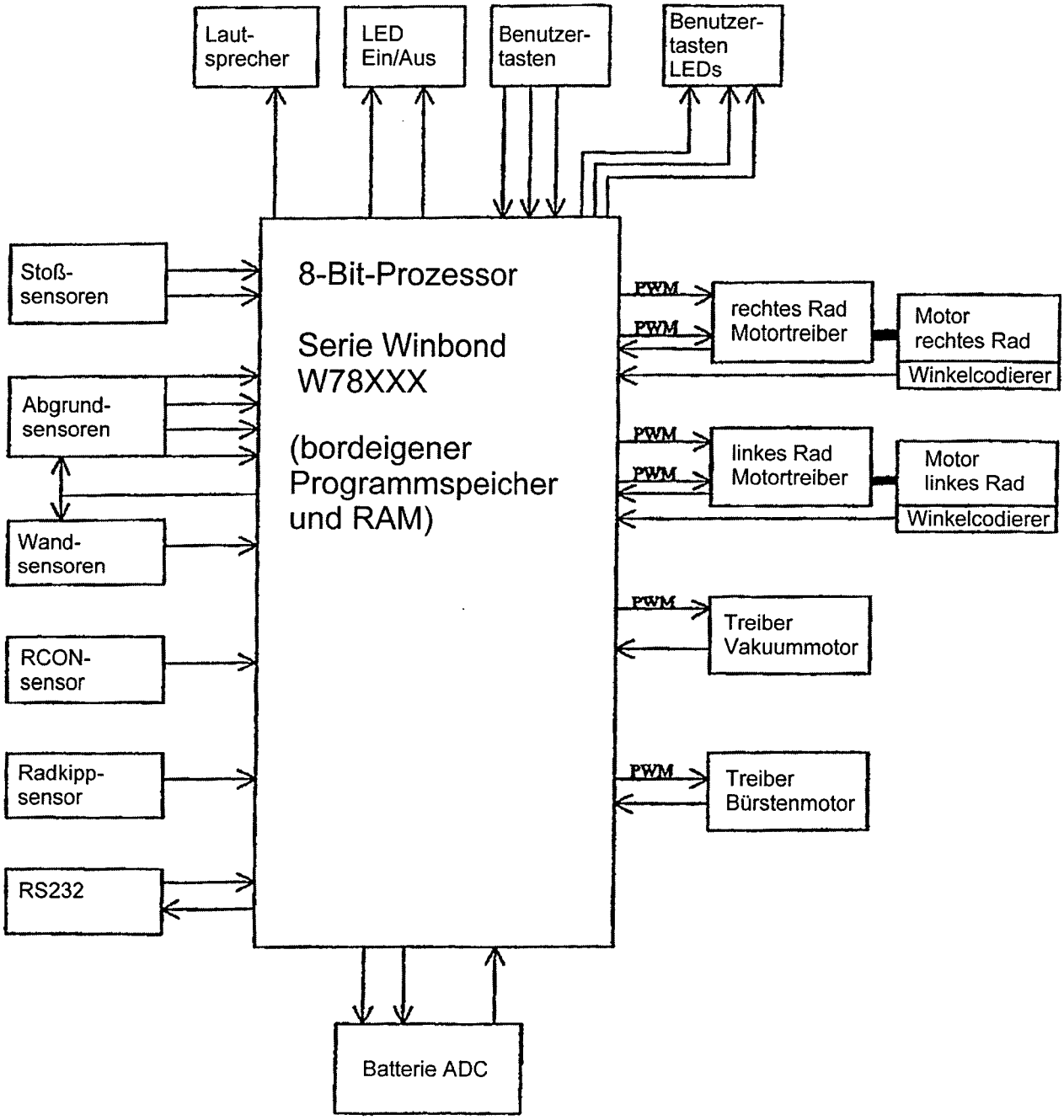

Laut-
sprecher
LED
Ein/Aus
Benutzer-
tasten
Benutzer-
tasten
LEDs
Stoß-
sensoren
Abgrund-
sensoren
Wand-
sensoren
RCON-
sensor
Radkipp-
sensor
RS232
8-Bit-Prozessor
Serie Winbond
W78XXX
(bordeigener
Programmspeicher
und RAM)
PWM
PWM
rechtes Rad
Motortreiber
Motor
rechtes Rad
Winkelcodierer
PWM
PWM
linkes Rad
Motortreiber
Motor
linkes Rad
Winkelcodierer
PWM
Treiber
Vakuummotor
PWM
Treiber
Bürstenmotor
Batterie ADC

FIG. 5

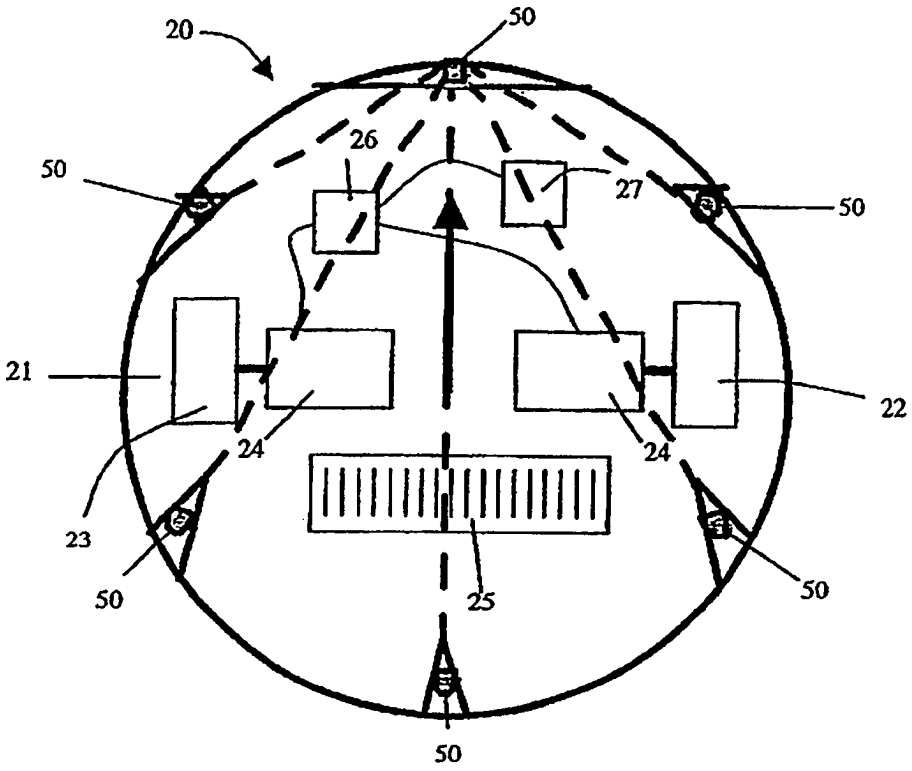


Fig. 6

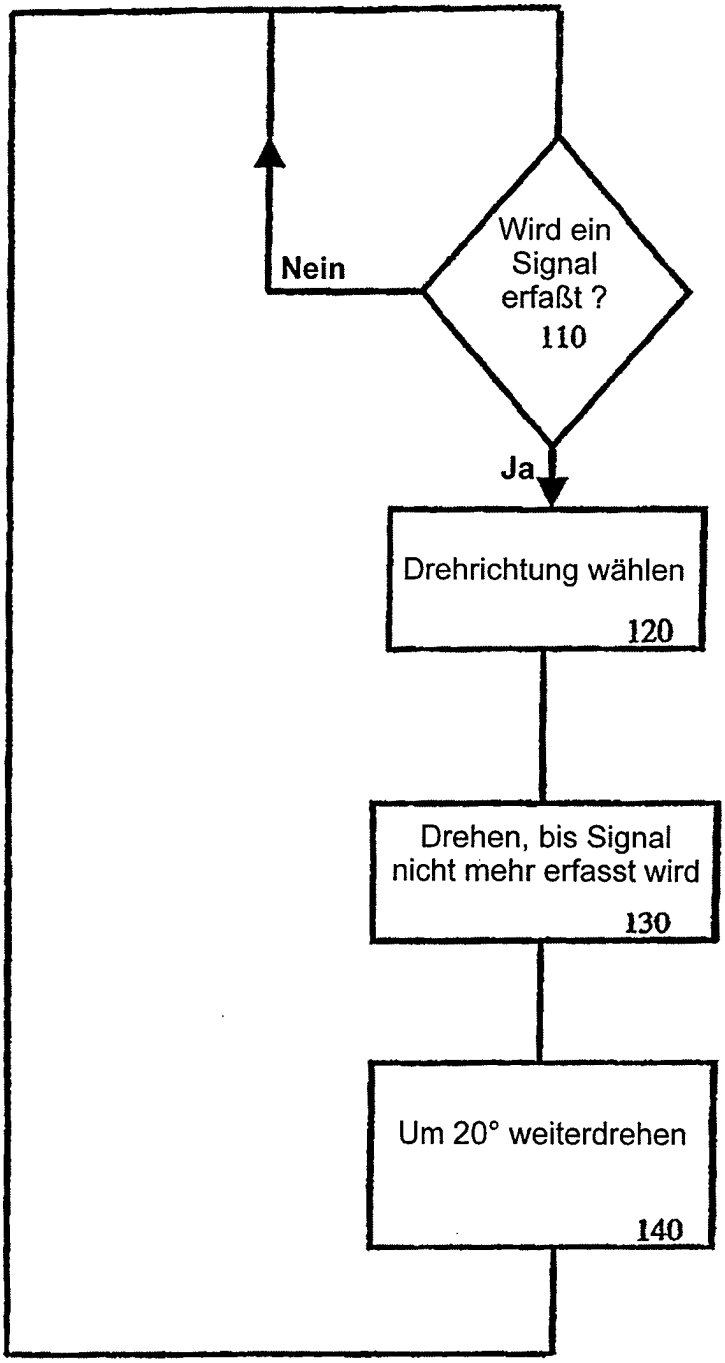

Wird ein Signal erfaßt ?
110
Nein
Ja
Drehrichtung wählen
120
Drehen, bis Signal nicht mehr erfasst wird
130
Um 20° weiterdrehen
140

Fig. 7A

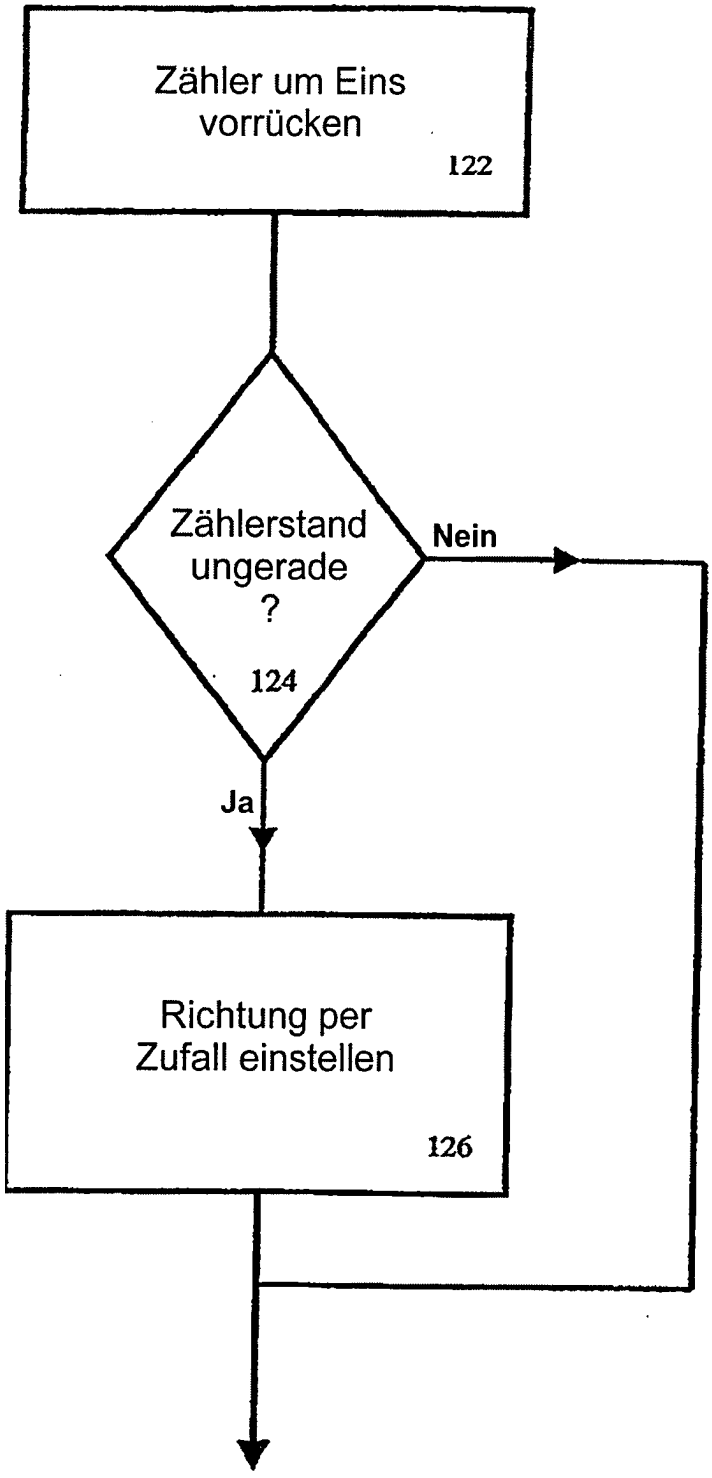

Zähler um Eins vorrücken
122
Zählerstand ungerade ?
124
Nein
Ja
Richtung per Zufall einstellen
126

Fig. 7B

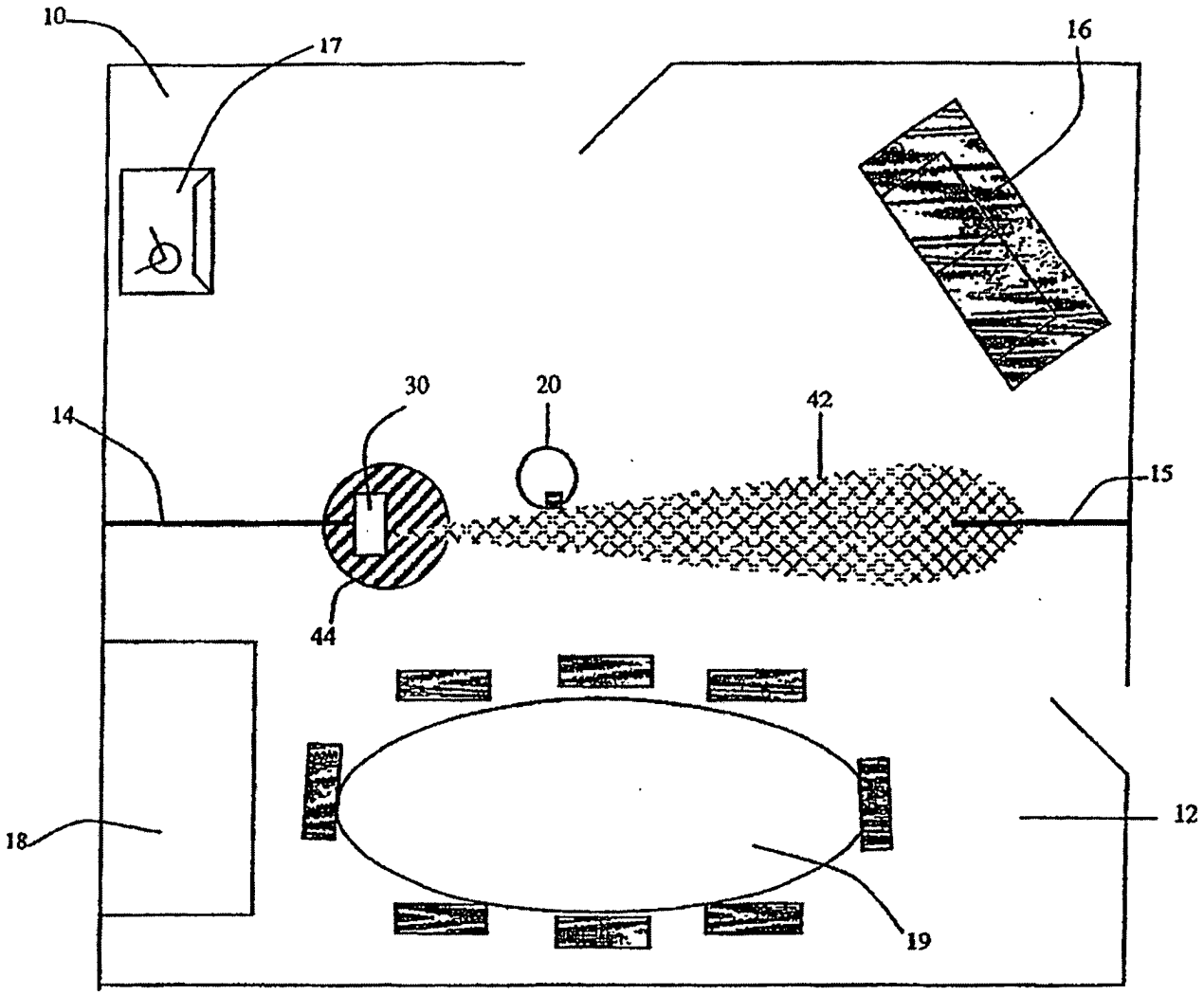


Fig. 8A

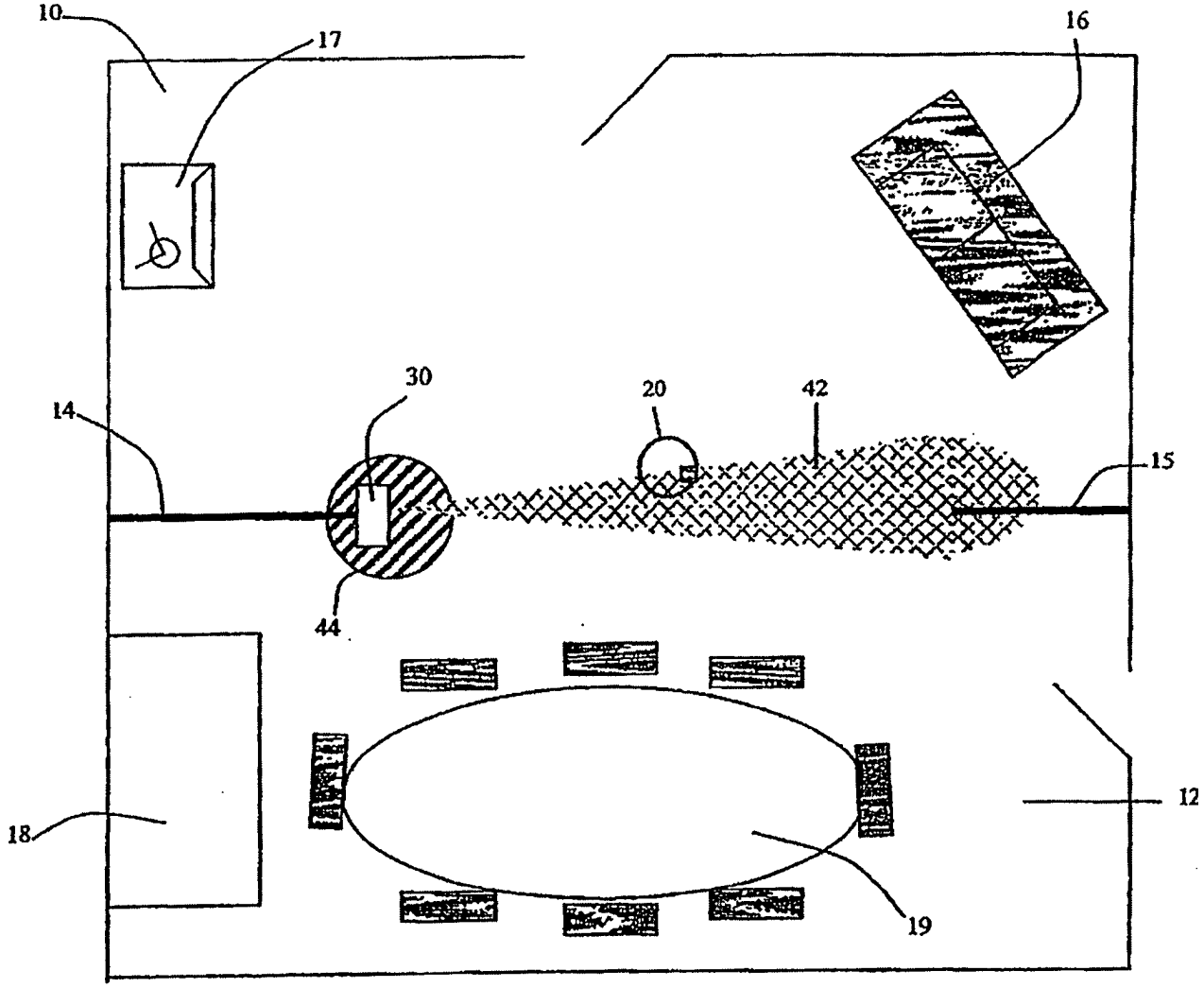


Fig. 8B

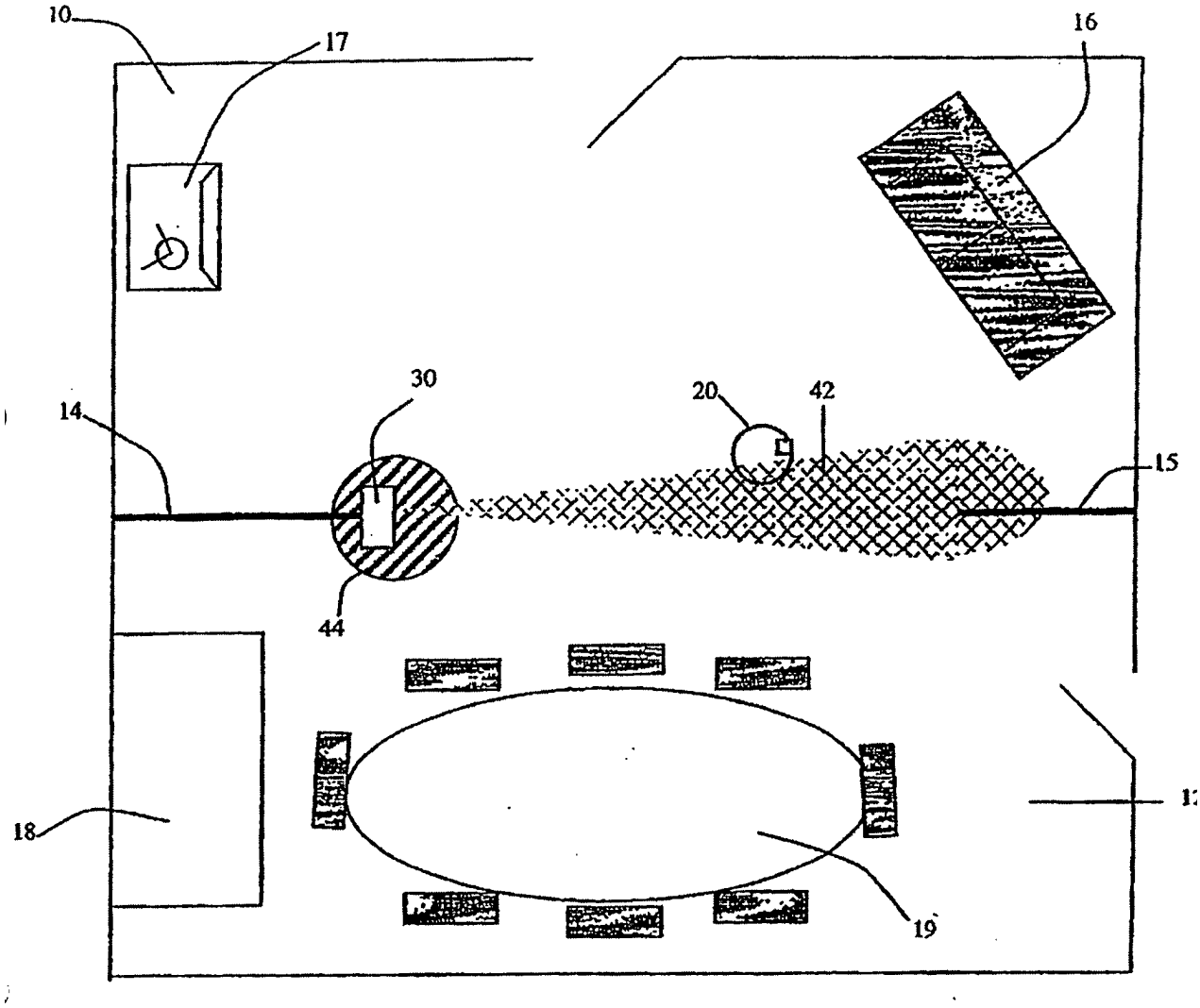


Fig. 8C

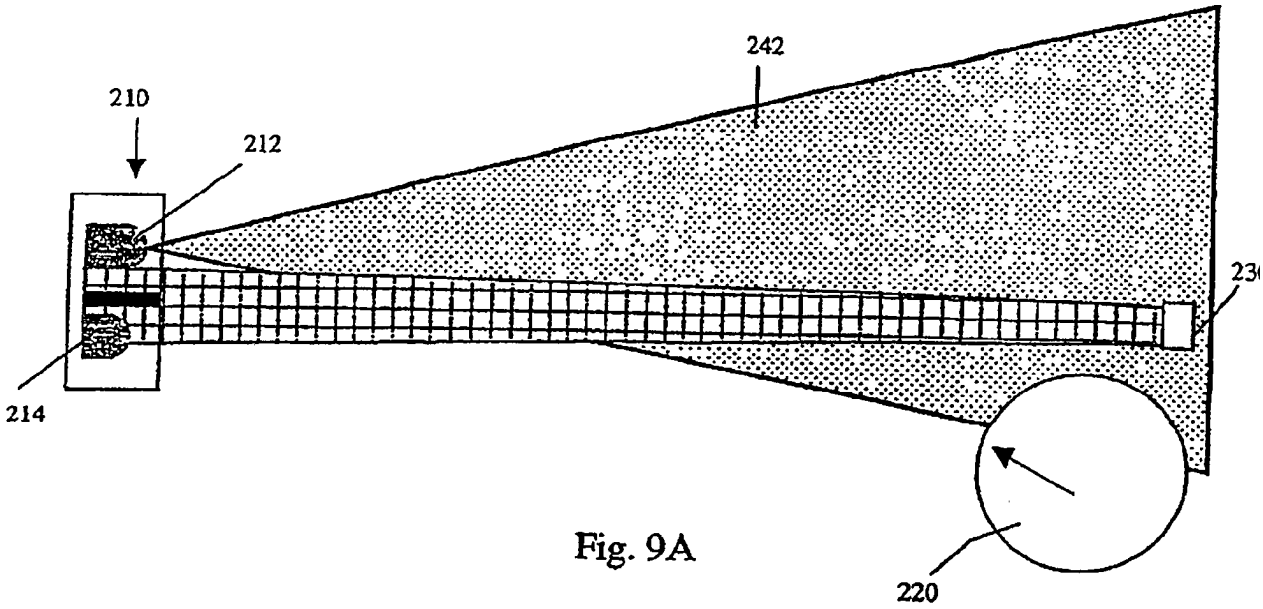


Fig. 9A

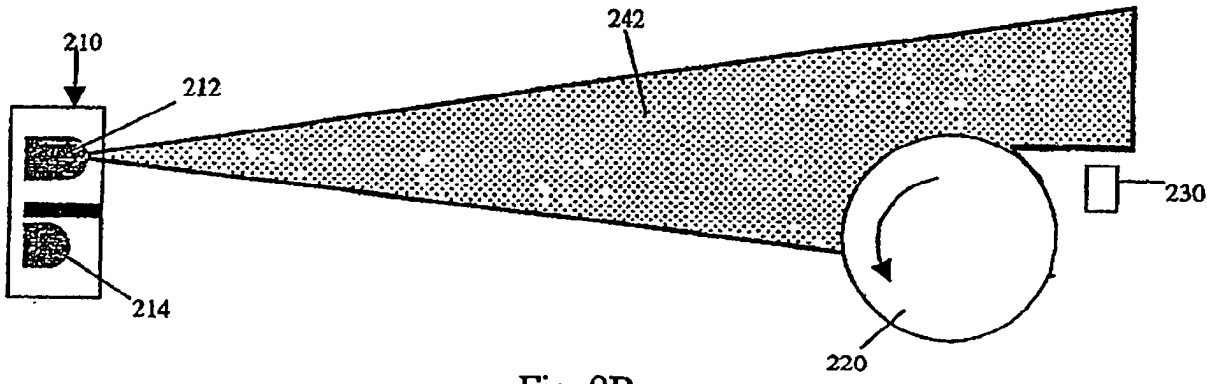


Fig. 9B