



(10) **DE 10 2009 043 060 B4** 2017.09.21

(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2009 043 060.1**
(22) Anmeldetag: **28.09.2009**
(43) Offenlegungstag: **31.03.2011**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **21.09.2017**

(51) Int Cl.: **B25J 5/00 (2006.01)**

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:
**SEW-EURODRIVE GmbH & Co KG, 76646
Bruchsal, DE**

(74) Vertreter:
**Hubert Ermel & Dr. Eberhard Tüngler, 76646
Bruchsal, DE**

(72) Erfinder:
**Schmidt, Josef, 76676 Graben-Neudorf, DE;
Sliskovic, Maja, Dr., 76275 Ettlingen, DE**

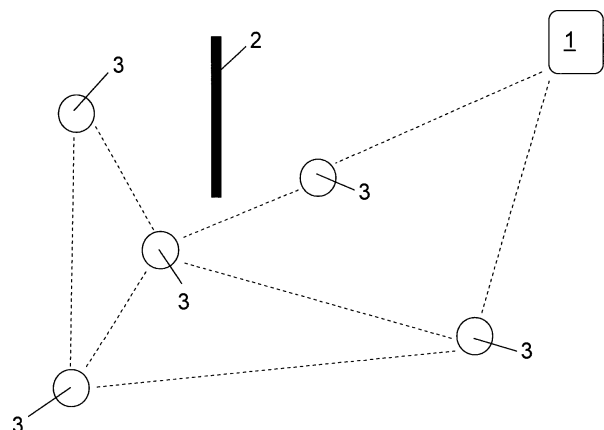
(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	692 27 242	T2
DE	695 01 205	T2
US	6 507 771	B2
US	6 687 571	B1
US	2003 / 0 220 715	A1
JP	2003- 071 772	A

(54) Bezeichnung: **System von mobilen Robotern mit einer Basisstation sowie Verfahren zum Betreiben des Systems**

(57) Hauptanspruch: System von mobilen Robotern (3, 30, 31) mit einer Basisstation (1), wobei jeder Roboter (3, 30, 31) zumindest einen Rechner umfasst, mit dem zumindest Antriebe des Roboters (3, 30, 31) steuerbar sind, wobei jeder Roboter (3, 30, 31) ein mit dem jeweiligen Rechner verbundenes Kommunikationsmittel aufweist, mit dem eine Kommunikationsverbindung zu weiteren Robotern (3, 30, 31) und/oder zur Basisstation (1) aufbaubar ist, wobei die Basisstation (1) und Roboter (3, 30, 31) als Referenzsender geeignet ausgeführt sind und/oder fungieren, wobei jeder Roboter (3, 30, 31) ein Positionsbestimmungsmittel aufweist, das Information über die Position des Roboters (3, 30, 31) zumindest auch aus der Entfernungsbestimmung zu Referenzsendern ermittelt, wobei die Roboter (3, 30, 31) induktiv mit Energie versorgbar sind aus im Boden verlegten Primärleitern, wobei die Kommunikationsverbindungen zwischen den Robotern (3, 30, 31) und der Basisstation (1) nach Art eines Ad-Hoc-Netzwerkes aufgebaut sind und die Kommunikationsverbindungen als Funkkommunikationsverbindungen ausgebildet sind, wobei zumindest einer der Roboter (3, 30, 31) sich in einem von der Basisstation (1) aus gesehenen Funkloch befindet, wobei die Roboter (3, 30, 31) zur Kommunikation innerhalb einer Gruppe (40, 41, 42) Mittel zum Datenaustausch mittels eines weiteren unabhängigen Kommunikationsnetzes aufweisen, das eine andere Frequenz verwendet als dieje-

nige Frequenz, welche für das Ad-hoc-Netzwerk verwendet wird, wobei die Signalstärke beim Senden im weiteren unabhängigen Kommunikationsnetz reduziert ist.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein System von mobilen Robotern mit einer Basisstation und ein Verfahren zum Betreiben des Systems.

[0002] Mobile Roboter sind beispielsweise als Spielzeuge bekannt. Sie umfassen einen Antrieb, beispielsweise einen Elektrischen Antrieb, und gegebenenfalls Sensoren.

[0003] Als Kommunikationsmittel sind beispielsweise Mobilfunktelefone bekannt. Diese bauen eine Kommunikationsverbindung zu einer Basisstation auf.

[0004] Für flexible Transportaufgaben werden in der Industrie Gabelstapler verwendet, die von einem Fahrer bedient werden müssen.

[0005] Aus der DE 695 01 205 T2 ist ein Stromversorgungssystem für selbständige bewegliche Roboter bekannt.

[0006] Aus der US 6 507 771 B2 ist ein Verfahren zum Steuern der Bewegung von vielen Agenten bekannt.

[0007] Aus der JP 2003-071 772 A ist ein induktiv beladbares Fahrzeug bekannt.

[0008] Aus der US 2003/0 220 715 A1 ist ein koordiniertes Steuerverfahren für Roboter bekannt.

[0009] Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine Anlage weiterzubilden, wobei Transportaufgaben flexibel und ohne Fahrer ausführbar sein sollen.

[0010] Erfindungsgemäß wird die Aufgabe bei dem System nach den in Anspruch 1 und bei dem Verfahren nach den in Anspruch 9 oder 10 angegebenen Merkmalen gelöst.

[0011] Wichtige Merkmale der Erfindung bei dem System von mobilen Robotern mit einer Basisstation sind, dass wobei jeder Roboter zumindest einen Rechner umfasst, mit dem zumindest Antriebe des Roboters steuerbar sind, wobei jeder Roboter ein mit dem jeweiligen Rechner verbundenes Kommunikationsmittel aufweist, mit dem eine Kommunikationsverbindung zu weiteren Robotern und/oder zur Basisstation aufbaubar ist, wobei jeder Roboter ein Positionsbestimmungsmittel aufweist, das Information über die Position des Roboters zumindest auch aus der Entfernungsbestimmung zu Referenzsendern ermittelt, wobei die Basisstation und Roboter als Referenzsender geeignet ausgeführt sind und/oder fungieren.

[0012] Von Vorteil ist dabei, dass auch bei Aufenthalt eines Roboters außerhalb der Sendereichweite der Basisstation ist ein Aufbau einer Kommunikationsverbindung ermöglicht, da über das Ad-hoc-Netzwerk die Informationen zu einem anderen Roboter übermittelbar sind, der wiederum an einen weiteren Roboter oder an die Basisstation die Information weitergibt. Auf diese Weise ist auch in einem von der Basisstation aus gesehenen Funkloch eine Informationsübertragung ermöglicht.

[0013] Des Weiteren ist auch ein Bestimmen der Position ermöglicht, indem der Roboter die Entfernung zu weiteren Robotern bestimmt und diese als Referenzsender, ähnlich wie bei einem GPS System, benutzt. Somit ist also auch außerhalb der Sendereichweite der Basisstation eine Positionsbestimmung ermöglicht. Dabei berücksichtigt der Roboter die Position des Referenzsenders. Vorzugsweise wird das Kommunikationssignal selbst als Grundlage für die Entfernungsbestimmung verwendet.

[0014] Erfindungsgemäß sind die Kommunikationsverbindungen als Funkkommunikationsverbindungen ausgeführt und zwischen den Robotern und der Basisstation nach Art eines Ad-Hoc-Netzwerkes aufgebaut. Von Vorteil ist dabei, dass nicht nur eine Kommunikation innerhalb des Netzwerkes ermöglicht ist sondern auch eine Positionsbestimmung der Teilnehmer unter Zuhilfenahme der von den anderen Teilnehmern schon bestimmten Positionen. Besonders vorteilhaft ist dabei, dass ruhende Roboter ihre Position besonders genau bestimmen können, da mit zur Positionsbestimmung zunehmend zur Verfügung stehender Bestimmungszeit eine zunehmende Genauigkeit erzielbar ist. Wenn nun diese ruhenden Roboter entlang der Berandung des Arbeitsbereiches positioniert sind, ist es den im Arbeitsbereich bewegten Robotern ermöglicht, ihre Position in hoher Genauigkeit zu bestimmen, da sie stets in ihrer Nähe stets einen Referenzsender mit hoch genau bestimmter Position vorfinden.

[0015] Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung ist im Speicher des Rechners zumindest eine Karte der Umgebung, insbesondere Landkarte, hinterlegbar. Von Vorteil ist dabei, dass jeder Roboter den anderen Roboter über von ihm detektierte bewegliche oder feststehende Hindernisse oder sonstige Fremdobjekte informiert und somit diese Informationen in der Karte eintragbar sind. Auf diese Weise ist eine verbesserte Bahnführung und eine verbesserte Positionsbestimmung ausführbar.

[0016] Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung sind die Kommunikationsverbindungen, insbesondere des Ad-Hoc-Netzwerkes, zur Übermittlung der Signale der Referenzsender geeignet ausgeführt. Von Vorteil ist dabei, dass der Referenzsender in erster Verwendung Signale für Kommunikation und in zwei-

ter Verwendung, insbesondere gleichzeitig, Signale zur Positionsbestimmung sendet. Dadurch, dass also die Kommunikationssignale zur Positionsbestimmung verwendet werden, ist kein zusätzlicher Zeitbedarf und keine Einschränkung der Datenübertragungsrate notwendig.

[0017] Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung ist zumindest eine Gruppe von Robotern gebildet, die synchronisiert bewegbar sind, insbesondere nach Art einer Master-Slave-Regelung, insbesondere wobei die relative Anordnung der Roboter zueinander im Wesentlichen unverändert ist während der Zeitspanne des Bestehens der Gruppe. Von Vorteil ist dabei, dass nur der Master seine Position bestimmen muss und die Bewegung der Gruppe anhand dieser Information vorgibt. Außerdem wird ein auf die Gruppe bezogenes Kommunikationsnetzwerk aufgebaut, in welchem die Roboter der Gruppe ungestört Daten austauschen. Auch die Durchleitung von Daten des Ad-Hoc-Netzwerks ist von einem ersten Roboter der Gruppe, der Teilnehmer des Ad-Hoc-Netzwerks ist, zu einem zweiten Roboter der Gruppe, der Teilnehmer des Ad-Hoc-Netzwerks ist, ermöglicht. Für diese Kommunikationsnetzwerk innerhalb der Gruppe wird vorzugsweise eine andere Frequenz benutzt als für das Ad-hoc-Netzwerk. Außerdem wird vorzugsweise die Sendestärke, also Amplitude des Sendesignals reduziert, um die Sendereichweite nur unwesentlich über die räumliche Ausdehnung der Gruppe hinaus zu erstrecken.

[0018] Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung bestimmen Roboter, insbesondere die als Slave fungierenden Roboter, ihren Abstand und ihre relativ zum Master bestehende Position mittels Abstandssensoren, insbesondere Radarsensoren und/oder Ultraschallsensoren, und regeln diese Relativposition mittels entsprechender Beeinflussung ihrer Antriebe auf eine Soll-Relativposition hin. Von Vorteil ist dabei, dass für die Positionier-Regelung innerhalb der Gruppe die Slaves andere Mittel als die ansonsten verwendete Positionsbestimmung benutzen. Somit ist eine höhere Genauigkeit für die Anordnung und Beabstandung innerhalb der Gruppe erreichbar. Außerdem sind die Abstände gering, so dass Abstandssensoren eine weitaus höhere Genauigkeit erreichbar machen als die Positionsbestimmung über das Ad-hoc-Netzwerk.

[0019] Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung umfassen die Roboter ein Anti-Kollisionssystem, insbesondere auf Basis von Ultraschall und/oder Infrarot. Von Vorteil ist dabei, dass eine Gefährdung von Menschen und Sachen vermeidbar ist.

[0020] Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung sind die Roboter induktiv mit Energie versorgbar, insbesondere aus im Boden verlegten Primärleitern. Hierzu umfassen die Roboter an ihrer Unterseite eine Sekundärwicklung, die mit den im Boden verlegten lang-

gestreckt ausgeführten Primärleitern induktiv gekoppelt sind, wobei der Sekundärwicklung eine Kapazität derart in Reihe oder parallel zugeschaltet ist, dass die zugehörige Resonanzfrequenz im Wesentlichen der in den Primärleiter eingespeisten Frequenz gleicht, insbesondere im Bereich zwischen 10 und 500 kHz liegt, insbesondere zwischen 15 kHz und 30 kHz oder zwischen 15 kHz und 50 kHz. Von Vorteil ist dabei, dass die Wegbestimmung nicht ausschließlich zeitoptimiert erfolgt sondern auch energieoptimiert ausführbar ist. Insbesondere ist der Ladezustand von Energiespeichern, die vom Roboter umfasst sind, mitberücksichtigbar. Dies bedeutet, dass bei fast leerem Ladezustand der Weg derart bestimmt wird, dass er vorwiegend entlang des Primärleiters erfolgt, und bei vollem Ladezustand derart, dass der Weg vorwiegend zeitoptimiert bestimmt ist.

[0021] Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung weisen die Roboter ein Odometrie-System auf zur Unterstützung des Positionssystems. Von Vorteil ist dabei, dass die Genauigkeit erhöhbar ist und auch autonome Bewegungen des Roboters ermöglicht sind. Sogar bei Ausfall oder hoher Ungenauigkeit des Positionsbestimmungssystems mittels Referenzsender ist also eine ausreichende Genauigkeit bei vorübergehender Positionsbestimmung durch Odometrie ermöglicht. Außerdem sind als Sensoren für die Wegbestimmung Winkelsensoren der elektrischen Radantriebe verwendbar, wobei die Winkelsensoren auch zur Geschwindigkeitsregelung notwendig sind und somit keinen Zusatzaufwand darstellen.

[0022] Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung fungieren zur Positionsbestimmung nur diejenigen Roboter als Referenzsender, welche innerhalb der Sendereichweite sich befinden und/oder mit denen eine Kommunikationsverbindung aufgebaut ist. Von Vorteil ist dabei, dass auch bei großer Entfernung von der Basisstation eine genaue Positionsbestimmung ermöglicht ist.

[0023] Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung bestimmt innerhalb der Gruppe nur einer der Roboter, insbesondere der als Master fungierende Roboter, seine Position. Von Vorteil ist dabei, dass die Bewegung der Gruppe als Einheit steuerbar ist. Die Slaves bestimmen vorzugsweise mittels anderer Sensoren die Beabstandung und ihre relative Anordnung zum Master.

[0024] Wichtige Merkmale bei dem Verfahren zum Betreiben eines Systems sind, dass ein erster Roboter seine Position bestimmt, wobei er die Entfernung zu einem als Referenzsender fungierenden weiteren Roboter, insbesondere mit dem eine Kommunikationsverbindung zum ersten Roboter aufgebaut ist, und/oder zu einer als Referenzsender verwendeten Basisstation bestimmt, insbesondere wobei die Posi-

tionsinformationen anderer Roboter mitberücksichtigt wird.

[0025] Von Vorteil ist dabei, dass eine hohe Genauigkeit bei der Positionsbestimmung erreicht wird beziehungsweise eine genügend hohe Genauigkeit von bewegten Robotern, die in einem Arbeitsbereich bewegt werden, an dessen Rand ruhende Roboter eingesetzt sind, die als Referenzsender verwendbar sind und dienen.

[0026] Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung wird zumindest einem der Roboter ein Auftrag zur Bildung einer Gruppe mitgeteilt, worauf dieser weitere Roboter anfragt um Beteiligung zur Bildung der Gruppe. Von Vorteil ist dabei, dass eine flexible Bildung von Gruppen ermöglicht ist.

[0027] Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung wird die Gruppe synchronisiert bewegt und/oder betrieben, insbesondere zur Erfüllung einer Transportaufgabe für ein Objekt. Von Vorteil ist dabei, dass große Lasten, die von einem einzigen Roboter nicht transportierbar wären, mittels der Gruppe transportierbar sind.

[0028] Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung teilt jeder Roboter nach Detektion eines Hindernisses eine entsprechende Information an andere, insbesondere alle, weiteren Roboter mit. Von Vorteil ist dabei, dass die Karte einem ständigen Verbesserungsprozess unterliegt und aktualisiert wird. Dabei speichert jeder Roboter die Karte im Speicherbereich seines Rechners.

[0029] Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung überwachen Roboter einen Arbeitsbereich mittels jeweiligen Sensoren, insbesondere indem sie entlang der Berandung des Arbeitsbereiches sich aufgestellt haben, und nach Detektion eines Fremdobjektes, insbesondere beweglichen Fremdobjektes, eine Information an alle Teilnehmer des Ad-hoc-Netzwerks gesendet wird, worauf dann die Geschwindigkeit der Roboter abgesenkt oder auf Null gesetzt wird, insbesondere zumindest solange das Fremdobjekt im Arbeitsbereich detektierbar ist. Von Vorteil ist dabei, dass die Gefährdung von Menschen und Sachen verringert oder vermieden ist.

[0030] Weitere Vorteile ergeben sich aus den Unteransprüchen.

[0031] Die Erfindung wird nun anhand von Abbildungen näher erläutert:

[0032] In der Fig. 1 ist eine Ad-hoc-Netzwerk für eine Anlage mit Robotern dargestellt.

[0033] Dabei ist eine stationäre, also unbewegliche Basisstation 1 als Access Point für bewegbar aus-

geführte Roboter ausgeführt. Jeder Roboter weist also Kommunikationsmittel auf, mit welchen eine Kommunikationsverbindung zur Basisstation 1 aufbaubar ist, wenn der Roboter 3 sich innerhalb der Sendereichweite der Basisstation 1 befindet und sich auch kein Hindernis für das Kommunikationsmedium, wie Funkwellen, Infrarot, Ultraschall, auf der Kommunikationsstrecke befindet.

[0034] Vorzugswiese ist das Kommunikationsmittel, wie beispielsweise Transceiver, konfigurierbar, bei dem also die Amplitude und Frequenz des Sendesignals veränderbar sind, insbesondere Werte aus einer Menge an Werten hierfür auswählbar sind.

[0035] Innerhalb der Anlage sind auch Hindernisse 2, insbesondere für Funkwellen undurchlässige Hindernisse, wie metallische Hindernisse, vorhanden, die unbeweglich oder beweglich sind. Beispiele sind Garagentor, Transportfahrzeuge, kurzfristig abgestellte Lasten und dergleichen.

[0036] Die Roboter 3 sind mit ihren Kommunikationsmitteln auch in der Lage, Kommunikationsverbindungen zu anderen Robotern 3 aufzubauen. Auf diese Weise ist ein Ad-hoc-Netzwerk geschaffen, dessen Reichweite die Sendereichweite der Basisstation 1 deutlich überschreitet. Außerdem sind auch Verbindungen zu Robotern aufbaubar, die in einem von der Basisstation 1 aus gesehenen Funkloch sich befinden.

[0037] Jeder Roboter 3 verfügt über ein verschiedene Sensoren, die zu einem Antikollisionssystem gehören. Beispielsweise sind als Sensoren Näherungssensoren oder Radarsensoren verwendbar. Der Rechner jedes Robotern umfasst eine Landkarte, auf der die bekannten Hindernisse eingetragen sind. Stellt einer der Roboter 3 ein weiteres Hindernis fest, wird dies den anderen Robotern 3 mitgeteilt, also allen Kommunikationsteilnehmern, vorzugsweise nach Art eines Broadcast-Telegramms.

[0038] Ebenso wird mitgeteilt, falls ein Roboter 3 das Wegfallen eines Hindernisses erkennt.

[0039] In einem weiteren erfindungsgemäßen Ausführungsbeispiel wird das Erkennen des Auftretens oder Wegfallens eines Hindernisses 2 nur dann von den anderen Robotern 3 voll berücksichtigt, wenn das Erkennen von zwei unabhängigen Robotern 3 stammt.

[0040] Zum Bestimmen seiner Position weist jeder Roboter entsprechende Mittel auf. Hierbei werden von der Basisstation 1 gesendete Signale ausgewertet, so dass ein Abstand zur Basisstation feststellbar ist.

[0041] Bei weiteren vorteilhaften Ausführungen umfassen die Roboter **3** auch ein Odometrie-System, so dass die zurückgelegten Wegestrecken relativ zu letzten bekannten Position des Roboters von der Positionsbestimmungsvorrichtung mitberücksichtigbar sind. Vorzugsweise sind hierzu am Roboter Radantriebe, insbesondere umfassend Elektromotoren mit Winkelsensoren, vorgesehen. Die zurückgelegten, von den Winkelsensoren erfassten Winkeldifferenzen werden mittels der bekannten Raddurchmesser und Lenkwinkelverläufen zur Bestimmung der jeweils aktuellen Position verwendet.

[0042] In einem weiteren erfindungsgemäßen Ausführungsbeispiel sind weitere aktive Referenzsender innerhalb der Anlage verteilt, so dass für zumindest einen Roboter **3** eine Bestimmung der Abstände zur Basisstation beziehungsweise zu den anderen Referenzsendern ermöglicht ist. Ähnlich zu einem GPS-System ist somit die Bestimmung der räumlichen Lage in hoher Genauigkeit ermöglicht.

[0043] Mittels Berücksichtigung der von der Basisstation und den Referenzsendern stammenden Entfernungsinformationen sowie der in der Landkarte eingetragenen Positionen dieser Sender und Station ist bei langsamer Fahrt oder ganz besonders bei Ruhelage eine hochgenaue Positionsbestimmung ermöglicht. Bei schnelleren Bewegungen werden zunehmend die odometrischen Daten berücksichtigt. Auf diese Weise ist eine genügend genaue Positionsbestimmung bei schnellen Bewegungen ermöglicht. Zusätzlich wird bei Detektion eines Hindernisses **2** auch diese Positionsinformation mit berücksichtigt, wenn dieses Hindernis schon bekannt und somit in der Landkarte eingetragen war.

[0044] In einem weiteren erfindungsgemäßen Ausführungsbeispiel sind weitere oder alternative System zur Positionsbestimmung verwendbar.

[0045] In Fig. 2 sind Gruppen **40** von Robotern **3** gebildet. Diese Gruppen **40** dienen dazu, eine gemeinsame Aufgabe synchronisiert auszuführen, beispielsweise eine schwere und große Palette aufzunehmen und zu transportieren.

[0046] Zur Bildung der Gruppe bekommt ein erster Roboter einen Auftrag von der Basisstation. Zumindest die Anzahl der zu gruppierenden Roboter wird hierbei übermittelt. Sodann sucht der Roboter entsprechend viele weitere Roboter oder teilt die Aufgabe des Suchens weiterer Roboter nach dem Auffinden eines weiteren Roboters, der zugestimmt hat, die Gruppe zu bilden, mit diesem weiteren Roboter.

[0047] Innerhalb der Gruppe fahren die Antriebe der Roboter **3** synchronisiert. Hierzu wird einer der Roboter **3** der Gruppe **40** als Master-Antrieb und die anderen Roboter **3** der Gruppe als Slave-Antrieb einge-

setzt. Der Master der Roboter **3** der Gruppe **40** überträgt ständig seine Positions- und/oder Geschwindigkeitsinformation, so dass die Slave-Roboter **3** der Gruppe **40** auf ihre entsprechende Position hin regeln können. Zu diesem Datenaustausch wird innerhalb der Gruppe **40** ein unabhängiges Kommunikationsnetz aufgebaut. Vorzugsweise wird hierzu für die Datenübertragung innerhalb der Gruppe eine andere Frequenz verwendet als diejenige, die für das Ad-hoc-Netzwerk verwendet wird. Außerdem wird die Signalstärke beim Senden reduziert, so dass nur Gruppenmitglieder einen genügend guten Empfang aufweisen und weit entfernte Roboter **3** keinen ausreichenden Empfang aufweisen.

[0048] Zumindest einer der Roboter **3** der Gruppe **40** ist weiterhin Teilnehmer des Ad-Hoc-Netzwerks und tauscht somit Daten von sich und/oder von anderen Mitgliedern der Gruppe **40** mit der Basisstation und/oder mit den anderen Robotern **3** aus. Vorzugsweise wird derjenige Roboter **3** der Gruppe **40** als Teilnehmer des Ad-Hoc-Netzwerks ausgewählt, der die größte Signalstärke der Basis-Station oder eines anderen Roboters detektiert. Es ist auch ein Routing ausführbar, bei dem ein erster Roboter der Gruppe Informationen empfängt, diese dann über das gruppenbezogene Kommunikationsnetz übermittelt und ein weiterer Roboter der Gruppe die Information dann weiter übermittelt an einen weiteren Teilnehmer des Ad-Hoc-Netzwerks.

[0049] Die Roboter der Gruppe tauschen auch Informationen bezüglich von Sensoren erfasste Werte physikalischer Größen aus.

[0050] Mittels der Signale der Basisstation und der Referenzsender bestimmt jeder Roboter, insbesondere auch jeder Roboter der Gruppe seine Position. Vorzugsweise sendet er selbst wiederum Signale aus, die Information über die bestimmte Position enthalten. In Weiterbildung wird mit dieser Information zusammen auch eine Information über den zugehörigen Fehler gesendet.

[0051] In Fig. 3 ist für eine beispielhafte Anlage ein logistischer Vorgang, wie das Entladen eines Transportfahrzeugs gezeigt. Zu Beginn des Vorgangs werden Roboter **30** beauftragt einen Arbeitsbereich zu beaufsichtigen. Hierzu werden die Roboter **30** entlang der Berandung des Arbeitsbereiches positioniert. Diese Roboter **30** werden dann zeitweise, also für die Dauer des Vorgangs, in Ruhestellung versetzt, so dass von diesen Robotern **30** ihre jeweilige Position hochgenau bestimmbar ist. Somit dienen diese Roboter **30** wiederum als Referenzsender für Gruppen (**40**, **41**, **42**) und gegebenenfalls weitere Roboter **31**, die währenddessen bewegt werden, insbesondere schnell bewegt werden.

[0052] Die Roboter **31** werden beauftragt zum Transportfahrzeug zu fahren und dort je nach Größe und Gewicht der aufzunehmenden Lasten einzeln oder als Gruppe (**40, 41, 42**) diese zum Lager **32** zu transportieren.

[0053] Nach Beendigung der Transportfahrt wird die Gruppe (**40, 41, 42**) gebildete Gruppe wieder aufgelöst und die Roboter fahren als einzelne Roboter **30** zurück zum Transportfahrzeug.

[0054] Bei einer weiteren erfindungsgemäßen Ausführung sind die Roboter auch mit Sensoren zur Erkennung von beweglichen Fremdobjekten, wie beispielsweise Menschen, ausgestattet. Sobald einer der Roboter ein solches Fremdobjekt, insbesondere im Arbeitsbereich, detektiert, wird eine entsprechende Information an die anderen Roboter **30** und die Roboter der Gruppe (**40, 41, 42**) weitergegeben. Nach Erhalt dieser Information wird die Geschwindigkeit aller Roboter und Gruppen von Robotern reduziert, beispielsweise auf Null oder einen endlichen Wert. Alle Roboter verfügen zusätzlich über ein Antikollisionssystem, so dass ein Unfall vermeidbar ist. Nach Verlassen des Arbeitsbereiches durch das Fremdobjekt wird die Geschwindigkeit wieder erhöht.

Bezugszeichenliste

1	Basisstation, Access Point
2	Hindernis
3	Roboter
30	Roboter
31	Roboter
32	Lager
40	Gruppe
41	Gruppe
42	Gruppe

Patentansprüche

1. System von mobilen Robotern (**3, 30, 31**) mit einer Basisstation (**1**), wobei jeder Roboter (**3, 30, 31**) zumindest einen Rechner umfasst, mit dem zumindest Antriebe des Roboters (**3, 30, 31**) steuerbar sind, wobei jeder Roboter (**3, 30, 31**) ein mit dem jeweiligen Rechner verbundenes Kommunikationsmittel aufweist, mit dem eine Kommunikationsverbindung zu weiteren Robotern (**3, 30, 31**) und/oder zur Basisstation (**1**) aufbaubar ist, wobei die Basisstation (**1**) und Roboter (**3, 30, 31**) als Referenzsender geeignet ausgeführt sind und/oder fungieren, wobei jeder Roboter (**3, 30, 31**) ein Positionsbestimmungsmittel aufweist, das Information über die Position des Roboters (**3, 30, 31**) zumindest auch aus der Entfernungsbestimmung zu Referenzsendern ermittelt,

wobei die Roboter (**3, 30, 31**) induktiv mit Energie versorgbar sind aus im Boden verlegten Primärleitern, wobei die Kommunikationsverbindungen zwischen den Robotern (**3, 30, 31**) und der Basisstation (**1**) nach Art eines Ad-Hoc-Netzwerkes aufgebaut sind und die Kommunikationsverbindungen als Funkkommunikationsverbindungen ausgebildet sind, wobei zumindest einer der Roboter (**3, 30, 31**) sich in einem von der Basisstation (**1**) aus gesehenen Funkloch befindet, wobei die Roboter (**3, 30, 31**) zur Kommunikation innerhalb einer Gruppe (**40, 41, 42**) Mittel zum Datenaustausch mittels eines weiteren unabhängigen Kommunikationsnetzes aufweisen, das eine andere Frequenz verwendet als diejenige Frequenz, welche für das Ad-hoc-Netzwerk verwendet wird, wobei die Signalstärke beim Senden im weiteren unabhängigen Kommunikationsnetz reduziert ist.

2. System nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass in einem Speicher des Rechners zumindest eine Karte der Umgebung, insbesondere Landkarte, hinterlegbar ist.

3. System nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kommunikationsverbindungen, insbesondere des Ad-Hoc-Netzwerkes, zur Übermittlung der Signale der Referenzsender geeignet ausgeführt sind und/oder dienen.

4. System nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest eine Gruppe (**40, 41, 42**) von Robotern (**3, 30, 31**) gebildet ist, die synchronisiert bewegbar sind, insbesondere nach Art einer Master-Slave-Regelung, insbesondere wobei die relative Anordnung der Roboter (**3, 30, 31**) zueinander im Wesentlichen unverändert ist während der Zeitspanne des Bestehens der Gruppe (**40, 41, 42**), insbesondere wobei Roboter (**3, 30, 31**), insbesondere die als Slave fungierenden Roboter (**3, 30, 31**), ihren Abstand und ihre relativ zum Master bestehende Position mittels Abstandssensoren, insbesondere Radarsensoren und/oder Ultraschallsensoren, bestimmen und diese Relativposition mittels entsprechender Beeinflussung ihrer Antriebe auf eine Soll-Relativposition hin regeln.

5. System nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Roboter (**3, 30, 31**) ein Anti-Kollisionssystem umfassen, insbesondere auf Basis von Ultraschall und/oder Infrarot.

6. System nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Roboter (**3, 30, 31**) ein Odometrie-System aufweisen zur Unterstützung des Positionssystems.

7. System nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass zur Positionsbestimmung nur diejenigen Roboter (3, 30, 31) als Referenzsender fungieren, welche innerhalb der Sendereichweite sich befinden und/oder mit denen eine Kommunikationsverbindung aufgebaut ist.

8. System nach einem der Ansprüche 4 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass innerhalb der Gruppe (40, 41, 42) nur einer der Roboter (3, 30, 31), insbesondere der als Master fungierende Roboter (3, 30, 31), seine Position bestimmt.

9. Verfahren zum Betreiben eines Systems nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei ein erster Roboter (3, 30, 31) seine Position bestimmt, wobei er die Entfernung zu einem als Referenzsender fungierenden weiteren Roboter (3, 30, 31) bestimmt, wobei zumindest einem der Roboter (3, 30, 31) ein Auftrag zur Bildung einer Gruppe (40, 41, 42) mitgeteilt wird, worauf dieser weitere Roboter (3, 30, 31) anfragt um Beteiligung zur Bildung der Gruppe (40, 41, 42), wobei die Gruppe (40, 41, 42) synchronisiert bewegt und/oder betrieben wird, wobei die Roboter (3, 30, 31) einen Arbeitsbereich mittels jeweiligen Sensoren überwachen, indem sie entlang der Berandung des Arbeitsbereiches sich aufgestellt haben und nach Detektion eines Fremdojektes eine Information an alle Teilnehmer des Ad-hoc-Netzwerks gesendet wird als Broadcast-Telegramm, worauf dann die Geschwindigkeit der Roboter (3, 30, 31) abgesenkt oder auf Null gesetzt wird.

10. Verfahren zum Betreiben eines Systems nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei ein erster Roboter (3, 30, 31) seine Position bestimmt, wobei er die Entfernung zu einem als Referenzsender fungierenden weiteren Roboter (3, 30, 31) bestimmt, wobei Roboter (3, 30, 31) einen Arbeitsbereich mittels jeweiligen Sensoren überwachen und eine Information an alle Teilnehmer des Ad-hoc-Netzwerks gesendet wird als Broadcast-Telegramm, worauf dann die Geschwindigkeit der Roboter (3, 30, 31) abgesenkt oder auf Null gesetzt wird.

11. Verfahren nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest einem der Roboter (3, 30, 31) ein Auftrag zur Bildung einer Gruppe (40, 41, 42) mitgeteilt wird, worauf dieser weitere Roboter (3, 30, 31) anfragt um Beteiligung zur Bildung der Gruppe (40, 41, 42).

12. Verfahren nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Gruppe (40, 41, 42) synchronisiert bewegt und/oder betrieben wird, insbesondere zur Erfüllung einer Transportaufgabe für ein Objekt.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass jeder Roboter (3, 30, 31) nach Detektion eines Hindernisses (2) eine entsprechende Information an andere, insbesondere alle, weiteren Roboter (3, 30, 31) mitteilt.

Es folgen 3 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

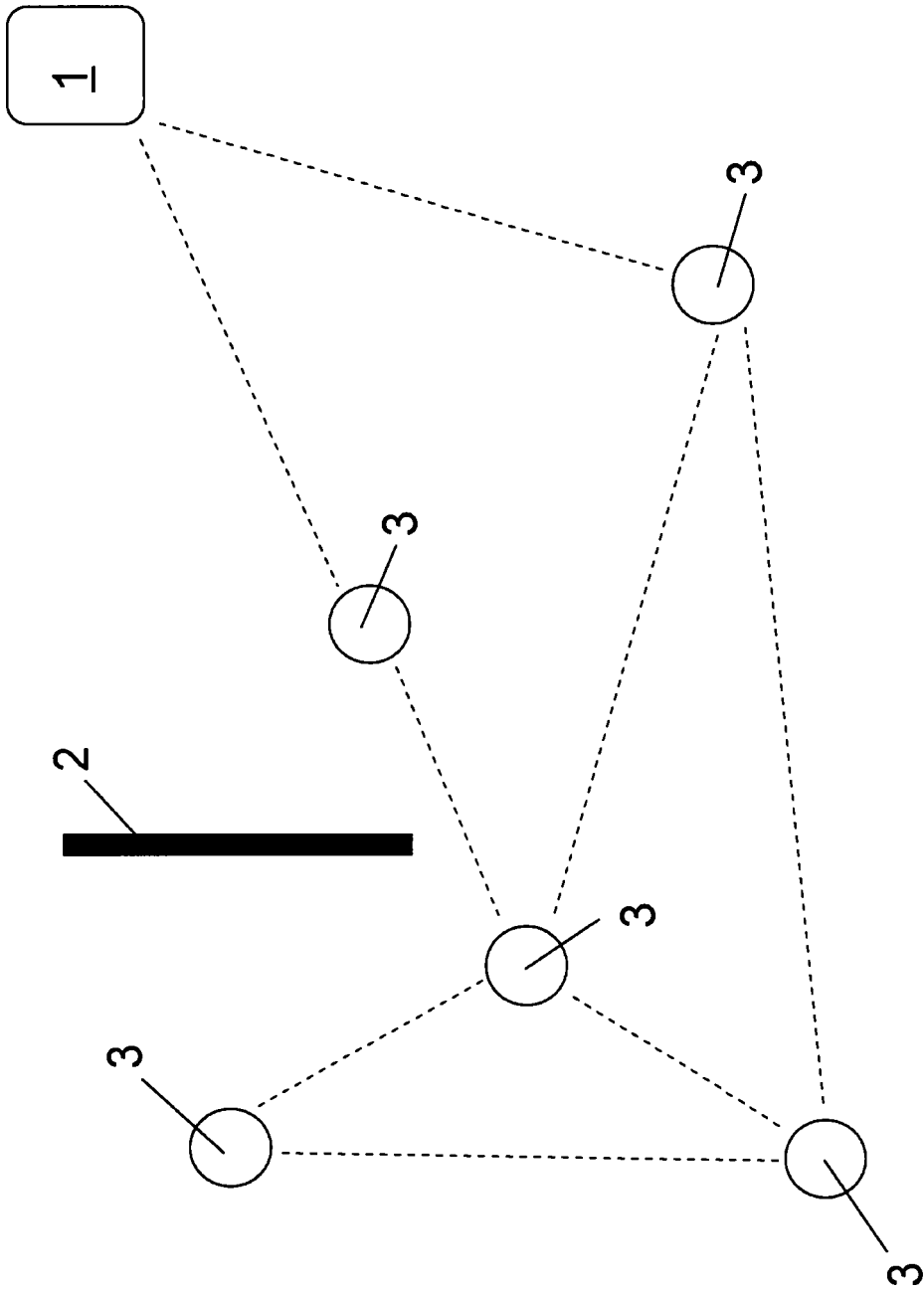


Fig. 1

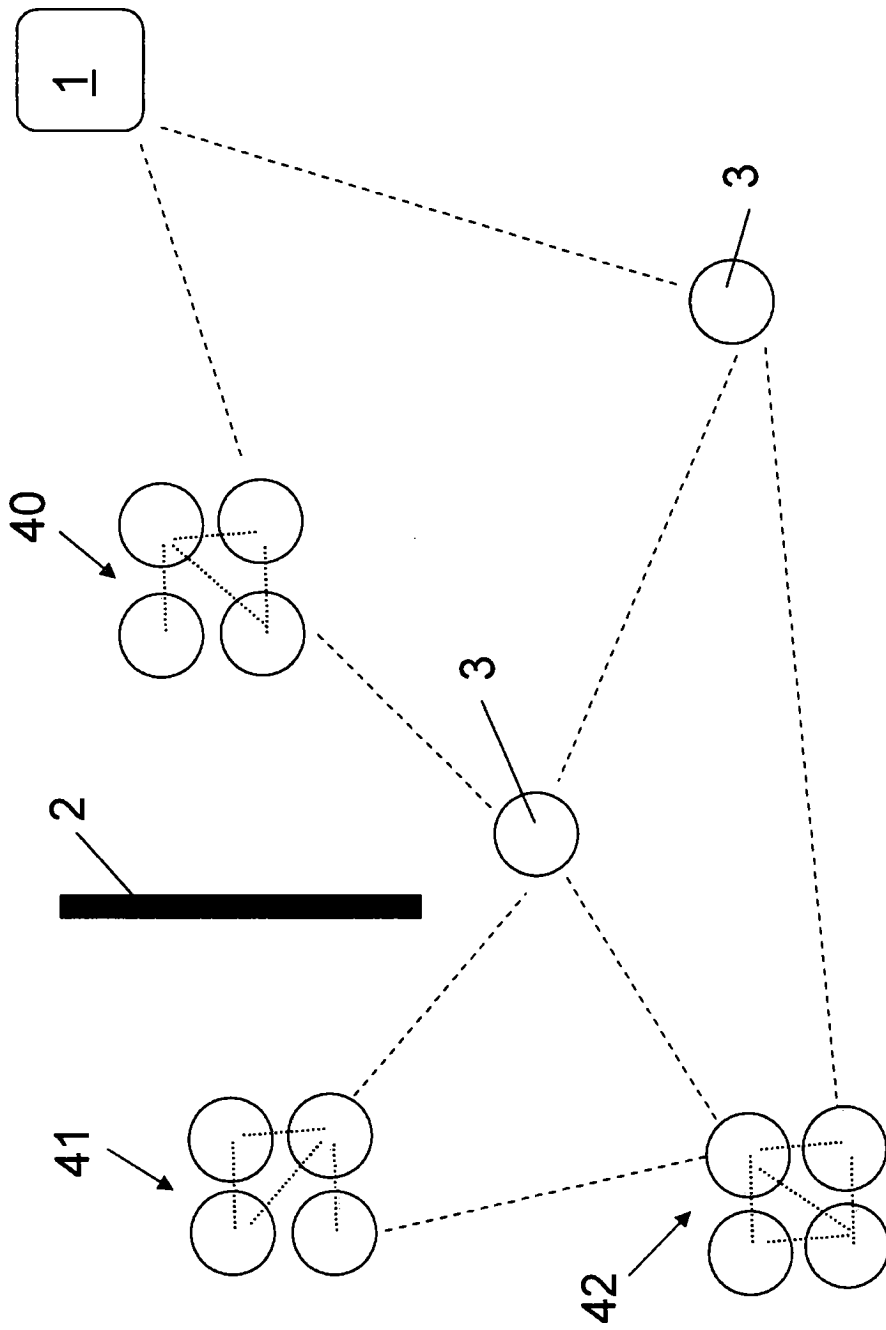


Fig. 2

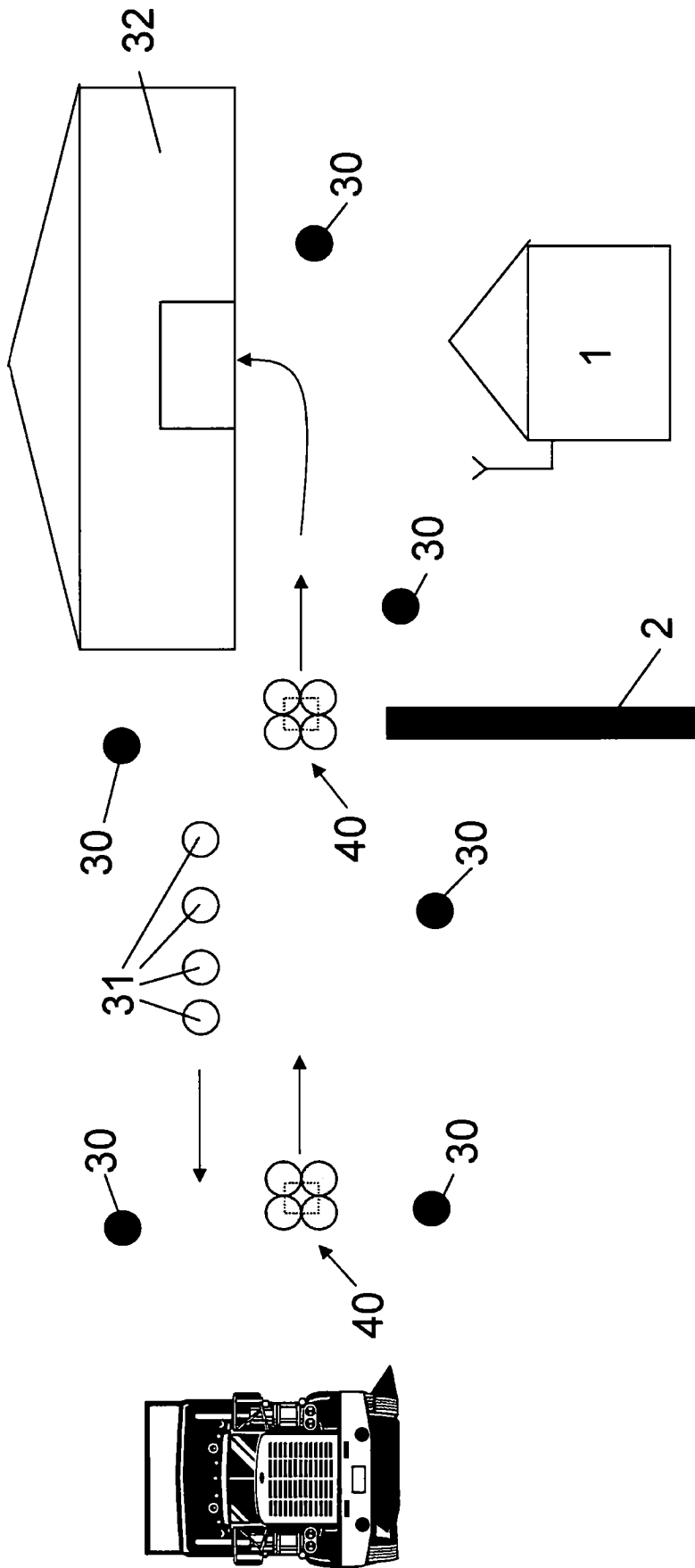


Fig. 3