

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
19. März 2020 (19.03.2020)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2020/053215 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

G01C 21/00 (2006.01) G01S 13/02 (2006.01)
G01C 21/20 (2006.01) G01S 13/08 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2019/074118

(22) Internationales Anmeldedatum:
10. September 2019 (10.09.2019)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2018 215 715.4
14. September 2018 (14.09.2018) DE

(71) Anmelder: **FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR
FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG
E.V.** [DE/DE]; Hansastraße 27c, 80686 München (DE).

(72) Erfinder: **MOLINA MARTEL, Francisco de Asís**; c/o
Fraunhofer-Institut für Optronik, Systemtechnik und Bild-
auswertung IOSB, Gutleuthausstr. 1, 76725 Ettlingen (DE).
SIDORENKO, Juri; c/o Fraunhofer-Institut für Optronik,
Systemtechnik und Bildauswertung IOSB, Gutleuthausstr.
1, 76725 Ettlingen (DE).

(74) Anwalt: **SCHENK, Markus** et al.; Schoppe, Zimmer-
mann, Stöckeler, Zinkler, Schenk & Partner mbB, Radlko-
ferstr. 2, 81373 München (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY,
BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM,

(54) Title: SYSTEM AND METHOD FOR RADIO-WAVE-BASED LOCATING AND COORDINATE TRANSFORMATION

(54) Bezeichnung: SYSTEM UND VERFAHREN ZUR FUNKWELLENBASIERTEN ORTUNG UND
KOORDINATENTRANSFORMATION

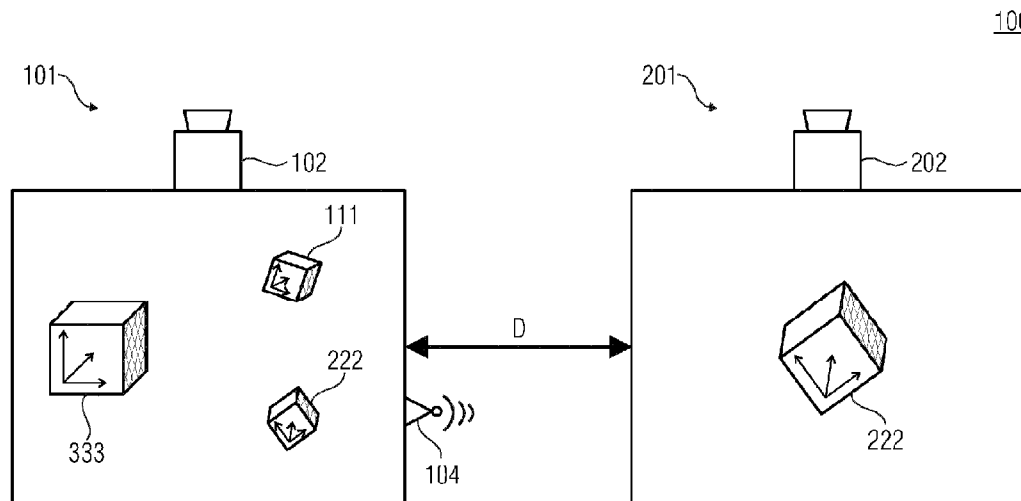


Fig. 1A

(57) **Abstract:** The invention relates to a system (100), comprising a first and a second mobile device (101, 201). The first mobile device (101) has a first environment-sensing- and mapping device (102) for creating a virtual first local environment map (103) of a real environment (2101) in a first local coordinate system. The second mobile device (201) has a second environment-sensing- and mapping device (202) for creating a virtual second local environment map (203) of a real environment (2102) in a second local coordinate system. At least the first mobile device (101) has a radio-based locating device (104) for locating the second mobile device (201). The first mobile device (101) is also designed, on the basis of locating data captured by means of the radio-based locating device (104), to perform a coordinate transformation between the first local coordinate system and the second local coordinate system and to create a common global coordinate system.

(57) **Zusammenfassung:** Die Erfindung betrifft ein System (100) mit einer ersten und einer zweiten mobilen Vorrichtung (101, 201).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



WO 2020/053215 A1

DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

Die erste mobile Vorrichtung (101) weist eine erste Umgebungserfassungs- und Kartierungsvorrichtung (102) zum Erstellen einer virtuellen ersten lokalen Umgebungskarte (103) einer realen Umgebung (210₁) in einem ersten lokalen Koordinatensystem auf. Die zweite mobile Vorrichtung (201) weist eine zweite Umgebungserfassungs- und Kartierungsvorrichtung (202) zum Erstellen einer virtuellen zweiten lokalen Umgebungskarte (203) einer realen Umgebung (210₂) in einem zweiten lokalen Koordinatensystem auf. Zumindest die erste mobile Vorrichtung (101) weist eine funkbasierte Ortungsvorrichtung (104) zum Orten der zweiten mobilen Vorrichtung (201) auf. Die erste mobile Vorrichtung (101) ist ferner ausgestaltet, um basierend auf mittels der funkbasierten Ortungsvorrichtung (104) erfassten Ortungsdaten eine Koordinatentransformation zwischen dem ersten und dem zweiten lokalen Koordinatensystem auszuführen und ein gemeinsames globales Koordinatensystem zu erstellen.

SYSTEM UND VERFAHREN ZUR FUNKWELLENBASIERTE ORTUNG UND KOORDINATENTRANSFORMATION

5

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein System und ein Verfahren bei welchem eine funkwellenbasierte Ortung zwischen zwei mobilen Vorrichtungen Ortungsdaten erzeugt, die zum Zwecke einer Koordinatentransformation eingesetzt werden können. Bei dieser Koordinatentransformation können die jeweiligen lokalen Koordinatensysteme der jeweiligen mobilen Vorrichtungen in ein gemeinsames globales Koordinatensystem überführt werden. Die mobilen Vorrichtungen können beispielsweise virtuelle lokale Umgebungskarten einer realen Umgebung erstellen, wobei jede mobile Vorrichtung ein eigenes lokales Koordinatensystem aufweist, innerhalb dessen die jeweilige lokale Umgebungskarte generiert wird.

Derartige virtuelle Umgebungskarten können beispielsweise von realen Umgebungen, die zunächst unbekannt sind, erzeugt werden. Hierfür können beispielsweise mobile Roboter eingesetzt werden, die sich in einer realen Umgebung bewegen und diese reale Umgebung dabei erfassen. Der Roboter kann die erfassten Daten dann kartieren und eine virtuelle Umgebungskarte der realen Umgebung erstellen. Dieses automatisierte Verfahren des Erfassens der realen Umgebung, der Erstellung einer virtuellen Umgebungskarte und das gleichzeitige Schätzen der eigenen Pose relativ zur Umgebungskarte wird in der Robotik auch als SLAM (engl.: Simultaneous Localization and Mapping) bezeichnet.

Eine der grundlegenden Fähigkeiten einer SLAM-basierten mobilen Vorrichtung besteht darin, sich orientieren zu können, also zu wissen, wie ihre Umgebung aussieht und wo sie sich befindet. Ist die absolute Position der SLAM-basierten mobilen Vorrichtung in der realen Umgebung bekannt, kann eine virtuelle Umgebungskarte aufgebaut werden. Beispielsweise kann die aktuelle Position der SLAM-basierten mobilen Vorrichtung relativ zu einem topografischen Merkmal (z.B. Wand) in der realen Umgebung erfasst werden, und es kann mit Hilfe einer bereits bekannten Position innerhalb des eigenen lokalen Koordinatensystems die absolute Position des topografischen Merkmals darin bestimmt werden. Das erfasste topographische Merkmal kann anschließend in die virtuelle Umgebungskarte eingetragen werden.

Allerdings ist zu Beginn eines SLAM-Verfahrens weder die virtuelle Umgebungskarte selbst noch die eigene Pose (Orientierung und Position) der SLAM-basierten mobilen

Vorrichtung innerhalb dieser Umgebungskarte bekannt. Daher müssen die Umgebungskarte und die Pose gleichzeitig geschätzt werden. SLAM ist somit ein bekanntes Henne-Ei Problem.

5 Kooperatives Mapping oder kooperatives SLAM bezeichnet den Einsatz von mehreren SLAM basierten Geräten für das Erstellen einer globalen Karte. Die einzelnen SLAM-Geräte erstellen dabei jeweils eine eigene virtuelle lokale Umgebungskarte, die dann wiederum zu einer gemeinsamen virtuellen globalen Umgebungskarte zusammengefügt werden können. Die initiale Pose der einzelnen SLAM-Geräte relativ zueinander ist in der Praxis jedoch unbekannt, sodass meistens gewartet werden muss, bis Teile der einzelnen
10 virtuellen lokalen Umgebungskarten sich überlappen. Es kann somit kostbare Zeit vergehen, bis die einzelnen SLAM-Geräte sich gegenseitig lokalisieren können und eine gemeinsame virtuelle globale Umgebungskarte gebildet werden kann.

Der einfachste Fall erfolgt, zumindest in der Theorie, unter der Annahme, dass die initialen Posen bekannt sind [9]. In der Praxis ist diese Information jedoch in der Regel nicht
15 gegeben. Die initialen relativen Posen der SLAM-Geräte werden in der Regel berechnet, indem gemeinsame Merkmale der einzelnen lokalen virtuellen Umgebungskarten übereinandergelegt werden [6][7] oder die Position eines anderen SLAM-Geräts in der eigenen lokalen virtuellen Umgebungskarte geschätzt wird [8]. Durch die gemessenen relativen Rotationen und Distanzen zueinander kann die initiale Pose der SLAM-Geräte bestimmt
20 werden.

Die für die vorliegende Erfindung relevanteste Methode ist die Schätzung der initialen relativen Posen wie in [1][2][3][4] beschrieben. Darin finden sich mehrere mathematische Beweise, dass sich die initiale relative Pose anhand einer bestimmten Anzahl an Distanzmessungen und den entsprechenden Punktpaaren in den eigenen Koordinatensystemen
25 schätzen lässt. In [1] und [2] wird der zweidimensionale Fall behandelt. In [3] und [4] der dreidimensionale Fall mit sechs Freiheitsgraden. Getestet wurde die Theorie in [2] mittels zwei Robotern des Typs Pioneer II. Die Positionen der Roboter wurden durch die Umdrehungszahl der Räder gemessen und die Distanz zueinander durch montierte Kameras. Die Kameras haben die Grundwahrheit der Pose beider Roboter bestimmt.

30 In [5] wird ein kooperatives SLAM-Verfahren beschrieben, bei dem zwei mobile Roboter eingesetzt werden. Jeder Roboter ist mit einem laserbasierten Distanzmesssystem und einer Farbkamera ausgestattet. Das laserbasierte Distanzmesssystem misst den Abstand des jeweiligen Roboters zu topografischen Elementen in der realen Umgebung. Die

Farbkamera verfügt über eine Mustererkennung. Auf jedem der beiden Roboter ist jeweils ein farbiger Zylinder angeordnet, der mittels der Mustererkennung erkannt werden kann. Anhand der im Bild erkannten Größe und Orientierung des Zylinders wird der Abstand und die Orientierung der beiden Roboter zueinander geschätzt. Das Problem hierbei ist, dass die beiden Roboter sich hierfür treffen und eine direkte Sichtverbindung zueinander herstellen müssen, weshalb diese Veröffentlichung [5] auch den Untertitel „Robot Rendez-vous Case“ trägt.

Prinzipiell funktionieren die bisher bekannten Systeme zur Durchführung von SLAM sehr zuverlässig und auch das Zusammenspiel einzelner SLAM-Komponenten bei kooperativem SLAM ist heutzutage gut beherrschbar. Allerdings sind diese bekannten Systeme sehr komplex aufgebaut und somit nur unter hohem Aufwand herstellbar, was sie teuer und bisher unwirtschaftlich für den kommerziellen Einsatz macht.

Es wäre demnach wünschenswert, bekannte Verfahren und Systeme zum Erstellen von virtuellen Umgebungskarten einer realen Umgebung diesbezüglich zu verbessern.

Daher wird ein System mit den Merkmalen von Anspruch 1 vorgeschlagen. Außerdem wird ein Verfahren mit den Merkmalen von Anspruch 15 vorgeschlagen. Ausführungsformen und weitere vorteilhafte Aspekte des Systems und des Verfahrens sind in den jeweils abhängigen Patentansprüchen genannt.

Das erfindungsgemäße System weist eine erste mobile Vorrichtung und eine zweite mobile Vorrichtung auf. Die erste mobile Vorrichtung weist eine erste Umgebungserfassungs- und Kartierungsvorrichtung zum Erstellen einer virtuellen ersten lokalen Umgebungskarte einer realen Umgebung in einem ersten lokalen Koordinatensystem auf. Die reale Umgebung wird also virtuell kartographiert, wobei „virtuell“ im Sinne von „computergeneriert“ zu verstehen ist. Die zweite mobile Vorrichtung weist eine zweite Umgebungserfassungs- und Kartierungsvorrichtung zum Erstellen einer virtuellen zweiten lokalen Umgebungskarte einer realen Umgebung in einem zweiten lokalen Koordinatensystem auf. Erfindungsgemäß weist zumindest die erste mobile Vorrichtung eine funkbasierte Ortungsvorrichtung zum Orten der zweiten mobilen Vorrichtung auf. Als Ortung werden generell Verfahren bezeichnet, mit denen die räumliche Position entfernter Objekte im Verhältnis zum Beobachter ermittelt wird. Beispielsweise kann hierfür in einer bestimmten Richtung eine Distanzmessung zwischen der ersten und der zweiten mobilen Vorrichtung vorgenommen werden. Im vorliegenden Fall kann mittels der Ortung beispielsweise die relative räumliche Pose zwischen der ersten und der zweiten mobilen Vorrichtung bestimmt werden.

Erfindungsgemäß kann die erste mobile Vorrichtung ausgestaltet sein, um basierend auf mittels der funkbasierten Ortungsvorrichtung erfassten Ortungsdaten eine Koordinatentransformation zwischen dem ersten und dem zweiten lokalen Koordinatensystem auszuführen und ein gemeinsames globales Koordinatensystem zu erstellen. In anderen Worten kann die erste mobile Vorrichtung ein erstes lokales Koordinatensystem aufweisen, und die zweite mobile Vorrichtung kann ein zweites lokales Koordinatensystem aufweisen. Die erste Vorrichtung kann nun mittels einer geeigneten Koordinatentransformation die beiden lokalen Koordinatensysteme in ein gemeinsames globales Koordinatensystem überführen. Eines der beiden lokalen Koordinatensysteme kann dabei als Referenz dienen, d.h. beispielsweise kann das zweite Koordinatensystem in das als Referenz dienende erste Koordinatensystem überführt werden. In diesem Fall wäre das als Referenz dienende erste Koordinatensystem das gemeinsame globale Koordinatensystem. Es wäre aber auch denkbar, dass das erste lokale Koordinatensystem und das zweite lokale Koordinatensystem mittels einer geeigneten Koordinatentransformation in ein drittes Koordinatensystem überführt werden. In diesem Falle wäre ebendieses dritte Koordinatensystem das gemeinsame globale Koordinatensystem. Erfindungsgemäß basiert die Koordinatentransformation auf den mittels der funkwellenbasierten Ortung ermittelten Ortungsdaten. Beispielsweise können eine oder mehrere funkwellenbasierte Ortungsvorgänge (z.B. Distanzmessungen) ausgeführt werden, um entsprechend viele Ortungsdaten (z.B. gemessene Distanzen) zu erhalten. Beispielsweise kann eine Vielzahl (zum Beispiel fünf) von funkwellenbasierten Ortungsvorgängen (z.B. Distanzmessungen) ausgeführt werden, und die dabei erhaltene entsprechende Vielzahl von einzelnen Ortungsdaten (z.B. die jeweils gemessenen Distanzen) können gemeinsam in einem Datensatz gespeichert werden. Die Koordinatentransformation kann dann auf ebendiesem Datensatz, der die entsprechende Vielzahl an Ortungsdaten enthält, ausgeführt werden. Da das Ortungsverfahren erfindungsgemäß mittels Funkwellen geschieht, muss keine direkte Sichtverbindung zwischen den einzelnen mobilen Vorrichtungen bestehen. Die Ortungsdaten können über einen Übertragungskanal der funkbasierten Ortungsvorrichtung und/oder über einen separaten Übertragungskanal (z.B. WLAN, Bluetooth, etc.) an die erste mobile Vorrichtung übertragen werden. Außerdem können die Ortungsdaten optional eine zu einem durchgeführten Ortungsvorgang zugehörige Position und/oder Orientierung im Raum der jeweiligen mobilen Vorrichtung beinhalten. Beispielsweise kann die zweite mobile Vorrichtung ihre zum Zeitpunkt des Ortungsvorgangs gültige lokale Pose (d.h. innerhalb ihres eigenen bzw. zweiten lokalen Koordinatensystems) an die erste mobile Vorrichtung übermitteln.

Gemäß einem Ausführungsbeispiel kann die funkbasierte Ortungsvorrichtung, wie eingangs erwähnt, eine Distanzmessungsvorrichtung aufweisen, und die Ortungsdaten können in diesem Falle zumindest eine zwischen der ersten mobilen Vorrichtung und der zweiten mobilen Vorrichtung gemessene Distanz aufweisen. Das heißt, die erfassten Ortungsdaten beinhalten mindestens eine gemessene Distanz zwischen der ersten und der zweiten mobilen Vorrichtung. Pro Ortungsvorgang kann mindestens eine Distanzmessung ausgeführt werden, wobei pro Distanzmessung je ein Satz Ortungsdaten (z.B. eine gemessene relative Distanz zwischen der ersten und der zweiten mobilen Vorrichtung) erfasst werden kann, die dem Ortungsvorgang, z.B. mittels Time Stamps, zugeordnet werden kann. Die Ortungsdaten können optional zu einer gemessenen Distanz eine zugehörige Position und/oder Orientierung im Raum der jeweiligen mobilen Vorrichtung beinhalten.

Gemäß einem Ausführungsbeispiel kann das System ein kooperatives SLAM-System (SLAM – engl.: Simultaneous Localization and Mapping) sein, wobei die erste mobile Vorrichtung eine erste mobile SLAM-Vorrichtung ist, und wobei die zweite mobile Vorrichtung eine zweite mobile SLAM-Vorrichtung ist. Demnach sind die erste mobile Vorrichtung und die zweite mobile Vorrichtung jeweils ausgestaltet, um ihre Umgebung zu erfassen und zu kartieren. Die Umgebungserfassung und die Kartierung erfolgen vorzugsweise etwa zeitgleich.

Gemäß einem Ausführungsbeispiel kann die funkbasierte Ortungsvorrichtung eine Ultrabreitband-Ortungsvorrichtung sein, die ausgestaltet ist, um eine Ortung der zweiten mobilen Vorrichtung unter Verwendung von Funkwellen im Ultrabreitband durchzuführen. Hierfür kann die funkbasierte Ortungsvorrichtung beispielsweise einen Ultrabreitband- bzw. UWB-Transceiver (engl.: Ultra Wide Band – UWB) aufweisen. Das Ultrabreitband deckt Frequenzen im Bereich zwischen 3,1 GHz und 10,6 GHz ab. Ein Vorteil besteht unter anderem darin, dass extrem preisgünstige und energieeffiziente Geräte mit der Möglichkeit einer Positionsbestimmung und moderaten Datenraten nutzbar sind. Außerdem können UWB-Wellen durch Gegenstände, wie beispielsweise Mauern, hindurchtreten. Die Verwendung von UWB ist daher insbesondere bei Indoor Anwendungen deutlich vorteilhaft gegenüber GPS-gestützten Systemen. Im Vergleich zu konventionellen GPS-gestützten Systemen können also die erfindungsgemäßen mobilen Vorrichtungen auch in Innenräumen genutzt werden, da sie sich auch dort problemlos gegenseitig orten können, während GPS hingegen in Innenräumen meist nicht (zuverlässig) verfügbar ist.

Gemäß einem Ausführungsbeispiel kann die funkbasierte Ortungsvorrichtung ausgestaltet sein, um eine Ortung der zweiten mobilen Vorrichtung mittels Time of Arrival – ToA – Messungen oder mittels Time Difference of Arrival – TDoA – Messungen auszuführen. Diese Methoden erlauben eine zuverlässige Ortung in Echtzeit.

5

Gemäß einem Ausführungsbeispiel kann die Umgebungserfassungs- und Kartierungsvorrichtung mindestens ein optisches Mittel aufweisen, das ausgestaltet ist, um die reale Umgebung mittels optischer Sensorik topografisch zu erfassen und optisch erfasste topografische Umgebungsdaten virtuell zu kartieren. Das optische Mittel kann beispielsweise einen
10 Bildsensor aufweisen. Das optische Mittel kann beispielsweise eine Kamera aufweisen, und die reale Umgebung kann mittels bildbasierter Mustererkennung erfasst werden. Alternativ oder zusätzlich kann das optische Mittel ein LIDAR (engl.: Light Detection and Ranging) und/oder ein LADAR (Laser Detection and Ranging) aufweisen, mittels dem die reale Umgebung erfasst werden kann. LIDAR und LADAR haben gegenüber konventio-
15 nellen bildgebenden Verfahren, wie z.B. Kameras, den Vorteil, dass diese auch bei schlechten Sicht- bzw. Lichtverhältnissen nutzbar sind.

Gemäß einem Ausführungsbeispiel kann die Umgebungserfassungs- und Kartierungsvorrichtung mindestens ein funkbasiertes Mittel aufweisen, das ausgestaltet ist, um die reale
20 Umgebung mittels Funkwellen topografisch zu erfassen und erfasste topografische Umgebungsdaten virtuell zu kartieren. Das funkbasierte Mittel kann beispielsweise ein RADAR (engl.: Radio Detection and Ranging) aufweisen. Funkwellenbasierte Mittel haben gegenüber optischen Mitteln den Vorteil, dass diese auch bei sehr schlechten Sichtverhältnissen einsetzbar sind. Beispielsweise kann ein funkbasiertes Mittel zum Erfassen der Umge-
25 bung auch in stark verrauchten Räumen bei Bränden eingesetzt werden, um die Umgebung zu erfassen.

Gemäß einem Ausführungsbeispiel kann die erste mobile Vorrichtung ausgestaltet sein, um basierend auf der Koordinatentransformation die Pose der zweiten mobilen Vorrichtung relativ zu der ersten mobilen Vorrichtung zu bestimmen. In anderen Worten kann die
30 erste mobile Vorrichtung mittels der Koordinatentransformation die jeweilige Pose der ersten und der zweiten mobilen Vorrichtung in ein gemeinsames Koordinatensystem, und zwar in das gemeinsame globale Koordinatensystem, übertragen. Beispielsweise kann die zweite mobile Vorrichtung ihre zum Ortungszeitpunkt gültige lokale Pose (d.h. innerhalb des eigenen bzw. zweiten Koordinatensystems) an die erste mobile Vorrichtung
35 übermitteln. Die beiden mobilen Vorrichtungen können hierfür Posen-bezogene Daten

untereinander austauschen. Diese Posen-bezogenen Daten können ein Bestandteil der Ortungsdaten selbst sein, oder als ein separater Datensatz übertragen werden.

- Gemäß einem Ausführungsbeispiel kann die erste mobile Vorrichtung und/oder die zweite mobile Vorrichtung ausgestaltet sein, um die virtuelle erste lokale Umgebungskarte sowie
- 5 die virtuelle zweite lokale Umgebungskarte zu einer virtuellen globalen Umgebungskarte innerhalb des gemeinsamen globalen Koordinatensystems zusammenzufügen. Die zweite mobile Vorrichtung kann beispielsweise einen bereits erstellten Teil ihrer eigenen bzw. zweiten virtuellen lokalen Umgebungskarte an die erste mobile Vorrichtung übermitteln. Wenn also beispielsweise die zweite mobile Vorrichtung zum Zeitpunkt des Ortungsvor-
- 10 gangs bereits eine virtuelle zweite lokale Umgebungskarte ganz oder teilweise erstellt hat, so kann der bereits erstellte Teil der virtuellen zweiten lokalen Umgebungskarte an die erste mobile Vorrichtung übermittelt werden. Die beiden mobilen Vorrichtungen können hierfür Umgebungskartendaten untereinander austauschen. Dieser bereits erstellte Teil der virtuellen zweiten lokalen Umgebungskarte kann ein Bestandteil der Ortungsdaten
- 15 selbst sein, oder als ein separater Datensatz übertragen werden. Basierend auf der Koordinatentransformation kann die erste mobile Vorrichtung die erste und die zweite virtuelle lokale Umgebungskarte dann zu einer virtuellen globalen Umgebungskarte innerhalb des globalen Koordinatensystems zusammenfügen. Ein Vorteil des erfindungsgemäßen Konzepts liegt darin, dass sich die einzelnen lokalen Umgebungskarten dabei nicht überlap-
- 20 pen müssen, um eine globale Umgebungskarte erstellen zu können. Die vorliegende Erfindung kombiniert dabei eine Umgebungserfassungsvorrichtung vorteilhaft mit einer funkbasierten Ortungsvorrichtung. Dies ermöglicht einen im Vergleich zum Stand der Technik deutlich einfacheren und kostengünstigeren Aufbau der mobilen Vorrichtungen.
- 25 Gemäß einem Ausführungsbeispiel kann zumindest die erste mobile Vorrichtung eine Augmented Reality Brille sein, die eine bildgebende Vorrichtung aufweist, die ausgestaltet ist, um die virtuelle erste lokale Umgebungskarte und/oder die virtuelle zweite lokale Umgebungskarte und/oder die virtuelle globale Umgebungskarte anzuzeigen. Das heißt, mit der Augmented Reality Brille kann zumindest eine der virtuellen ersten lokalen Umge-
- 30 bungskarte, der virtuellen zweiten lokalen Umgebungskarte und der virtuellen globalen Umgebungskarte angezeigt werden. Der Träger der Augmented Reality Brille bekommt die jeweilige virtuelle Umgebungskarte in der bildgebenden Vorrichtung angezeigt. Die bildgebende Vorrichtung kann die jeweilige virtuelle Umgebungskarte in das Sichtfeld des Trägers einblenden. Hierfür kann die bildgebende Vorrichtung beispielsweise teiltranspa-
- 35 rent sein, sodass der Träger die reale Umgebung und gleichzeitig die jeweilige virtuelle

Umgebungskarte sieht. Dies kann beispielsweise für Feuerwehrleute vorteilhaft sein, die ein brennendes Gebäude mit der Augmented Reality Brille betreten. Die Räume des brennenden Gebäudes werden für den Feuerwehrmann in der Regel unbekannt sein. Wenn die Räume noch dazu stark verraucht sind, so wird der Feuerwehrmann nichts sehen und muss sich auf seinen Tastsinn verlassen. Die erfindungsgemäße Augmented Reality Brille hingegen erfasst die reale Umgebung und erstellt gleichzeitig eine virtuelle Umgebungskarte der erfassten Umgebung. Die virtuelle Karte wird dem Feuerwehrmann in der Augmented Reality Brille angezeigt. Der Feuerwehrmann kann den Raum somit trotz der durch Rauch verursachten starken Sichtbehinderung durch die Augmented Reality Brille hindurch sehen.

Gemäß einem Ausführungsbeispiel kann die zweite mobile Vorrichtung eine Augmented Reality Brille sein, die eine bildgebende Vorrichtung aufweist, die ausgestaltet ist, um die virtuelle erste lokale Umgebungskarte und/oder die virtuelle zweite lokale Umgebungskarte und/oder die virtuelle globale Umgebungskarte anzuzeigen. Beispielsweise können die erste und die zweite mobile Vorrichtung jeweils eine Augmented Reality Brille sein, die kooperativ zusammenwirken können. Zwei Augmented Reality Brillen können miteinander kommunizieren und beispielsweise Ortungsdaten und/oder Positionsdaten und/oder Umgebungskartendaten und/oder Posen-bezogene Daten und/oder Bilddaten miteinander austauschen. Gemäß einem denkbaren Ausführungsbeispiel kann die zweite Augmented Reality Brille einen bereits erstellten Teil einer zweiten virtuellen lokalen Umgebungskarte an die erste Augmented Reality Brille übertragen. Die erste Augmented Reality Brille kann dann diesen erstellten Teil der zweiten virtuellen lokalen Umgebungskarte mit ihrem bereits erstellten Teil einer ersten virtuellen lokalen Umgebungskarte zu einer gemeinsamen virtuellen globalen Umgebungskarte zusammenfügen. Wenn mehrere mit Augmented Reality Brillen ausgestattete Feuerwehrleute im Gebäude verteilt sind, so können die jeweiligen einzelnen lokalen virtuellen Umgebungskarten der jeweiligen Feuerwehrleute raum- und stockwerkübergreifend zu einer globalen virtuellen Umgebungskarte zusammengefügt werden. Je mehr virtuelle lokale Umgebungskarten erzeugt werden, desto schneller kann eine für alle Augmented Reality Brillen gemeinsam verfügbare virtuelle globale Umgebungskarte erzeugt werden.

Gemäß einem Ausführungsbeispiel kann die bildgebende Vorrichtung der ersten und/oder zweiten Augmented Reality Brille ausgestaltet sein, um einen in der realen Umgebung zwischen der ersten und der zweiten Augmented Reality Brille angeordneten Gegenstand, der eine Sichtverbindung zwischen der ersten und der zweiten Augmented Reality Brille

behindert, in der virtuellen globalen Umgebungskarte zumindest teilweise auszublenden oder gar nicht erst anzuzeigen. Wenn also beispielsweise eine Wand zwischen den beiden Augmented Reality Brillen vorhanden sein sollte, dann haben die beiden Augmented Reality Brillen zwar keinen direkten Sichtkontakt zueinander. Dennoch erstellt jede Augmented Reality Brille für sich zunächst eine virtuelle lokale Umgebungskarte. Beim Zusammenfügen der virtuellen lokalen Umgebungskarten zu der virtuellen globalen Umgebungskarte kann die Wand in der virtuellen globalen Umgebungskarte ausgeblendet werden. Das heißt, in der virtuellen globalen Umgebungskarte werden die verfügbaren lokalen Umgebungskarten in das Sichtfeld eingeblendet, sodass der Träger der Augmented Reality Brille sozusagen durch die im realen Raum befindliche Wand hindurchsehen und den dahinter befindlichen Raum erkennen kann.

Gemäß einem Ausführungsbeispiel kann die erste mobile Vorrichtung ausgestaltet sein, um die zweite mobile Vorrichtung ohne eine bestehende Sichtverbindung zwischen der ersten und der zweiten mobilen Vorrichtung zu orten und/oder um das erste und das zweite lokale Koordinatensystem ohne eine bestehende Sichtverbindung zwischen der ersten und der zweiten mobilen Vorrichtung in das globale Koordinatensystem zu überführen. Im Gegensatz zu aus dem Stand der Technik bekannten Systemen ist bei dem erfindungsgemäßen Konzept also keine direkte Sichtverbindung zwischen der ersten und der zweiten mobilen Vorrichtung nötig. Dies macht das erfindungsgemäße System deutlich vielseitiger einsetzbar.

Gemäß einem Ausführungsbeispiel wird eine mobile Vorrichtung zur Verwendung in einem vorbeschriebenen System vorgeschlagen.

Ferner betrifft die Erfindung ein entsprechendes Verfahren. Erfindungsgemäß werden topografische Umgebungsmerkmale in einer realen Umgebung erfasst. Dabei kann es sich beispielsweise um Umgebungsmerkmale, wie zum Beispiel Mauern, Tische und dergleichen, in einem Raum handeln. Außerdem wird eine virtuelle erste lokale Umgebungskarte basierend auf den erfassten topographischen Umgebungsmerkmalen erstellt. Das heißt, der erfasste reale Raum wird virtuell kartographiert. Die virtuelle erste lokale Umgebungskarte wird dabei in einem ersten lokalen Koordinatensystem erstellt. Ferner umfasst das Verfahren eine Ortung einer mobilen Vorrichtung, und zwar durch Erfassen von Ortungsdaten mittels Funkwellen. Die mittels Funkwellen geortete mobile Vorrichtung weist ein eigenes (bzw. zweites) lokales Koordinatensystem auf, in welchem die geortete mobile Vorrichtung eine virtuelle zweite lokale Umgebungskarte erstellen kann. Das zweite lokale

Koordinatensystem kann sich von dem ersten lokalen Koordinatensystem unterscheiden. Das Verfahren weist ferner einen Schritt des Durchführens einer Koordinatentransformation zwischen dem ersten lokalen Koordinatensystem und dem zweiten lokalen Koordinatensystem auf, um ein gemeinsames globales Koordinatensystem zu erzeugen, und zwar
5 basierend auf den mittels der Funkwellen erfassten Ortungsdaten.

Die Erfindung betrifft ferner ein Computerprogramm mit einem Programmcode zur Durchführung des vorgenannten Verfahrens, wenn das Programm auf einem Computer abläuft.

Einige Ausführungsbeispiele sind exemplarisch in der Zeichnung dargestellt und werden
10 nachstehend erläutert. Es zeigen:

Fig. 1A eine schematische Übersicht eines erfindungsgemäßen Systems gemäß einem Ausführungsbeispiel,

Fig. 1B eine schematische Übersicht eines erfindungsgemäßen Systems gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel,

15 Fig. 2 eine schematische Übersicht eines erfindungsgemäßen Systems gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel, und

Fig. 3 ein schematisches Blockschaltbild eines erfindungsgemäßen Verfahrens gemäß einem Ausführungsbeispiel.

Im Folgenden werden Ausführungsbeispiele mit Bezug auf die Figuren näher beschrieben, wobei Elemente mit derselben oder ähnlichen Funktion mit denselben Bezugszeichen versehen sind.
20

Verfahrensschritte, die in einem Blockdiagramm dargestellt und mit Bezugnahme auf das selbige erläutert werden, können auch in einer anderen als der abgebildeten beziehungsweise beschriebenen Reihenfolge ausgeführt werden. Außerdem sind Verfahrensschritte,
25 die ein bestimmtes Merkmal einer Vorrichtung betreffen mit ebendiesem Merkmal der Vorrichtung austauschbar, was ebenso anders herum gilt.

Einige nicht limitierende Beispiele für erfindungsgemäße mobile Vorrichtungen können beispielsweise Roboter sein. Hierbei kann es sich beispielsweise um autonom bewegliche Fahrzeuge jeglicher Art, wie z.B. autonom fahrende Autos, Drohnen, und dergleichen
30 handeln. Nachfolgend wird das erfindungsgemäße Konzept am nicht limitierenden Beispiel einer Augmented Reality Brille als eine mobile Vorrichtung beschrieben. Augmented

Reality wird auch als Augmented Virtuality oder Mixed Reality bezeichnet. Bei Augmented Reality werden dem Sichtfeld der realen Umgebung virtuelle Elemente (z.B. virtuelle Umgebungskarten) überlagert beziehungsweise darin eingeblendet. Als weitere nicht limitierende Beispiele für mobile Vorrichtungen können auch Virtual Reality Brillen genannt werden. Hier werden nur virtuelle Elemente angezeigt.

Figur 1A zeigt eine schematische Darstellung eines erfindungsgemäßen Systems 100. Das System 100 weist eine erste mobile Vorrichtung 101 und eine zweite mobile Vorrichtung 201 auf.

Die erste mobile Vorrichtung 101 weist eine erste Umgebungserfassungs- und Kartierungsvorrichtung 102 auf. Die Umgebungserfassungs- und Kartierungsvorrichtung 102 ist ausgestaltet, um eine reale Umgebung topografisch zu erfassen und eine virtuelle erste lokale Umgebungskarte der erfassten realen Umgebung in einem ersten lokalen Koordinatensystem 111 zu erstellen.

Die zweite mobile Vorrichtung 201 weist eine zweite Umgebungserfassungs- und Kartierungsvorrichtung 202 auf. Die Umgebungserfassungs- und Kartierungsvorrichtung 202 ist ausgestaltet, um eine reale Umgebung topografisch zu erfassen und eine virtuelle zweite lokale Umgebungskarte der erfassten realen Umgebung in einem zweiten lokalen Koordinatensystem 222 zu erstellen. Das erste und das zweite lokale Koordinatensystem 111, 222 können unterschiedliche Orientierungen zueinander aufweisen.

Unter einer topografischen Erfassung einer realen Umgebung wird im vorliegenden Fall die Erfassung von topografischen Umgebungsmerkmalen in der Umgebung verstanden. Beispielsweise können in einem Raum Wände, Stühle und ein Tisch vorhanden sein, die allesamt Beispiele für topografische Umgebungsmerkmale in diesem Raum darstellen. Diese topografischen Umgebungsmerkmale können erfasst und virtuell kartografiert, d.h. in einer virtuellen Umgebungskarte dargestellt, werden.

Zumindest die erste mobile Vorrichtung 101 weist eine funkbasierte Ortungsvorrichtung 104 auf. Die funkbasierte Ortungsvorrichtung 104 ist ausgestaltet, um die zweite mobile Vorrichtung 201 zu orten. Beispielsweise kann die erste mobile Vorrichtung 101 hierfür eine Distanzmessung ausführen, um die relative Distanz D zwischen der ersten mobilen Vorrichtung 101 und der zweiten mobilen Vorrichtung 201 zu bestimmen. Bei der Ortung der zweiten mobilen Vorrichtung 201 werden Ortungsdaten generiert. Diese Ortungsdaten können beispielsweise die ermittelte Distanz zwischen den beiden mobilen Vorrichtungen 101, 201 beinhalten.

Die erste mobile Vorrichtung 101 kann ausgestaltet sein, um basierend auf den mittels der funkbasierten Ortungsvorrichtung erfassten Ortungsdaten eine Koordinatentransformation zwischen dem ersten und dem zweiten lokalen Koordinatensystem 111, 222 auszuführen. Dabei kann die erste mobile Vorrichtung 101 die lokalen Koordinatensysteme 111, 222 zu
5 einem gemeinsamen globalen Koordinatensystem 333 zusammenführen. Eines der beiden lokalen Koordinatensysteme 111, 222 kann dabei als Referenz zur Erstellung des globalen Koordinatensystems 333 dienen, sodass jeweils eines der beiden lokalen Koordinatensysteme in das jeweils andere, als Referenz dienende, lokale Koordinatensystem überführt wird. Das als Referenz dienende lokale Koordinatensystem bildet dann das ge-
10 meinsame globale Koordinatensystem 333. Alternativ oder zusätzlich können das erste lokale Koordinatensystem 111 und das zweite lokale Koordinatensystem 222 mittels einer geeigneten Koordinatentransformation in ein drittes Koordinatensystem 333 überführt werden. In diesem Falle wäre ebendieses dritte Koordinatensystem 333 das gemeinsame globale Koordinatensystem.

15 Die Koordinatentransformation basiert auf den mittels Funkwellen erfassten Ortungsdaten. Wie eingangs erwähnt, kann es sich hierbei um eine oder mehrere Distanzmessungen zwischen der ersten und der zweiten mobilen Vorrichtung 101, 201 handeln. Beispielsweise können mehrere Distanzmessungen zu unterschiedlichen Zeitpunkten ausgeführt werden, wobei sich die mobilen Vorrichtungen 101, 201 zu den jeweils unterschiedli-
20 chen Zeitpunkten relativ zueinander bewegt haben können, sodass sich ihre relative Distanz zueinander verändert hat.

Erfindungsgemäß wird die Ortung, zum Beispiel die Distanzmessung, zwischen den mobilen Vorrichtungen 101, 201 mittels Funkwellen durchgeführt. Dies erlaubt eine hochge-
naue Ortung, z.B. Distanzmessung, auch ohne bestehenden Sichtkontakt zwischen den
25 beiden mobilen Vorrichtungen 101, 201.

Das erfindungsgemäße System 100 kann aufgrund der Erstellung des globalen Koordinatensystems 333, basierend auf der eingangs erwähnten Koordinatentransformation, unterschiedliche vorteilhafte Ausgestaltungen annehmen. Beispielsweise kann die erste mobile Vorrichtung 101 die Pose der zweiten mobilen Vorrichtung 201 berechnen, und zwar in-
30 nerhalb des gemeinsamen globalen Koordinatensystems 333. Die erste und die zweite mobile Vorrichtung 101, 201 können also orientierungs-richtig zueinander in Bezug gesetzt werden. Hierfür können beispielsweise die von der ersten mobilen Vorrichtung 101 erfassten Ortungsdaten optional zusätzliche Informationen zur Position, Lage und Orientierung der zweiten mobilen Vorrichtung 201 im realen Raum beinhalten. Somit kann

beispielsweise eine gegenseitige Lokalisierung der beiden mobilen Vorrichtungen 101, 201 ermöglicht werden. Alternativ oder zusätzlich können beispielsweise die jeweiligen lokalen Umgebungskarten zu einer gemeinsamen globalen Umgebungskarte zusammengesetzt werden. Dies soll nachfolgend unter Bezugnahme auf Figur 1B beispielhaft beschrieben werden.

Figur 1B zeigt ein Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Systems 100, welches in der Lage ist, eine virtuelle erste lokale Umgebungskarte 103 und eine virtuelle zweite lokale Umgebungskarte 203 zu einer virtuellen gemeinsamen globalen Umgebungskarte 303 zusammenzufügen.

Wie eingangs erwähnt, weist die erste mobile Vorrichtung 101 ein eigenes, bzw. erstes, lokales Koordinatensystem 111 auf, innerhalb dessen die erste virtuelle lokale Umgebungskarte 103 erzeugt wird. Die zweite mobile Vorrichtung 201 weist ein eigenes, bzw. zweites, lokales Koordinatensystem 222 auf, innerhalb dessen die zweite virtuelle lokale Umgebungskarte 203 erzeugt wird. Zur gegenseitigen Lokalisierung oder zum Zusammenfügen der beiden virtuellen lokalen Umgebungskarten 103, 203 zu einer gemeinsamen virtuellen globalen Umgebungskarte 303 wird eine Koordinatentransformation zwischen dem ersten Koordinatensystem 111 und dem zweiten Koordinatensystem 222 durchgeführt. Die Ortung, zum Beispiel mittels Distanzmessung, zwischen den beiden mobilen Vorrichtungen 101, 201 liefert die hierfür benötigten Informationen in Form von Ortungsdaten. Wie eingangs erwähnt, kann beispielsweise das Ergebnis einer oder mehrerer Distanzmessungen ein Bestandteil der von der ersten mobilen Vorrichtung 101 erfassten Ortungsdaten sein.

Basierend auf den von der ersten mobilen Vorrichtung 101 erfassten Ortungsdaten kann also die erste mobile Vorrichtung 101 ein gemeinsames globales Koordinatensystem 333 erstellen. Die virtuelle erste lokale Umgebungskarte 103 sowie die virtuelle zweite lokale Umgebungskarte 203 werden zu einer virtuellen globalen Umgebungskarte 303 innerhalb des gemeinsamen globalen Koordinatensystems 333 in der korrekten Ausrichtung zueinander zusammengefügt. Die beiden mobilen Vorrichtungen 101, 201 können hierfür beispielsweise Umgebungskartendaten untereinander austauschen. Sie können beispielsweise auch jegliche Positionsdaten aus ihrem entsprechenden eigenen lokalen Koordinatensystem 111, 222 untereinander austauschen.

Die Anzahl und die Genauigkeit der Distanzmessungen bestimmt die Qualität der Kartenzusammenführung. Je mehr Distanzmessungsergebnisse vorliegen, desto genauer wird

die Koordinatentransformation und das Zusammenfügen der beiden virtuellen lokalen Umgebungskarten 103, 203 zu der virtuellen globalen Umgebungskarte 303. Im zweidimensionalen Raum können fünf unterschiedliche Distanzmessungen ausreichend sein, um die Koordinatentransformation eindeutig bestimmen zu können. Im dreidimensionalen Raum
5 können sechs unterschiedliche Distanzmessungen ausreichend sein, um die Koordinatentransformation mit vier Freiheitsgraden (3D Translation und Rotation um den Gravitationsvektor) eindeutig zu bestimmen. Eine höhere Anzahl an Distanzmessungen verkleinert die Standardabweichung und erhöht die Genauigkeit.

Das erfindungsgemäße Konzept soll nachfolgend unter Bezugnahme auf Figur 2 an einem nicht limitierenden Beispiel von Augmented Reality Brillen beschrieben werden, die
10 beim Einsatz von Rettungskräften in einem unbekannten Raum getragen werden können. Hierbei kann es sich beispielsweise um eine stark verrauchte Wohnung 210 bei einem Gebäudebrand handeln, wobei sich mehrere Feuerwehrleute in unterschiedlichen Räumen 210₁, 210₂ der Wohnung 210 aufhalten.

Figur 2 zeigt schematisch eine Wohnung 210 mit einer darin angeordneten Wand 211, die die Wohnung 210 in ein erstes Zimmer 210₁ und in ein zweites Zimmer 210₂ unterteilt. Auf
15 der einen Seite der Wand 211, d.h. in dem ersten Zimmer 210₁, befindet sich eine erste mobile Vorrichtung 101. Auf der anderen Seite der Wand 211, d.h. in dem zweiten Zimmer 210₂, befindet sich eine zweite mobile Vorrichtung 201.

20 Die erste mobile Vorrichtung 101 ist eine Augmented Reality Brille, die mit einer Umgebungserfassungs- und Kartierungsvorrichtung 102 und einer funkbasierten Ortungsvorrichtung 104 ausgestattet ist.

Die Umgebungserfassungs- und Kartierungsvorrichtung 102 kann beispielsweise eine Kamera aufweisen, die mittels Bilderkennungsverfahren die reale Umgebung, d.h. das erste
25 Zimmer 210₁, erfasst. Alternativ oder zusätzlich kann die Umgebungserfassungs- und Kartierungsvorrichtung 102 ein LIDAR und/oder ein RADAR aufweisen. LIDAR und RADAR sind im Vergleich zu einer Kamera vorteilhaft, da mit diesen Verfahren die reale Umgebung, d.h. das erste Zimmer 210₁, auch dann erfasst werden kann, wenn keine freie Sicht herrscht, zum Beispiel wenn die reale Umgebung so stark verraucht ist, dass eine
30 Kamera keine oder nur noch eine eingeschränkte Sicht hat.

Die zweite mobile Vorrichtung 201 ist in diesem Beispiel ebenfalls eine Augmented Reality Brille, die mit einer Umgebungserfassungs- und Kartierungsvorrichtung 202 und einer funkbasierten Schnittstelle 204 ausgestattet ist. Die funkbasierte Schnittstelle 204 kann

eine funkbasierte Ortungsvorrichtung sein. Alternativ oder zusätzlich kann die funkbasierte Schnittstelle 204 eine funkbasierte Kommunikationsvorrichtung sein, mittels derer die zweite mobile Vorrichtung 102 mit der ersten mobilen Vorrichtung 101 kommunizieren kann, und beispielsweise Ortungsdaten und/oder Umgebungskartendaten, austauschen kann.

Die Umgebungserfassungs- und Kartierungsvorrichtung 202 der zweiten Augmented Reality Brille 201 kann beispielsweise eine Kamera aufweisen, die mittels Bilderkennungsverfahren die reale Umgebung, d.h. das zweite Zimmer 210₂, erfasst. Alternativ oder zusätzlich kann die Umgebungserfassungs- und Kartierungsvorrichtung 202 der zweiten Augmented Reality Brille 201 ein LIDAR und/oder ein RADAR aufweisen. LIDAR und RADAR sind im Vergleich zu einer Kamera vorteilhaft, da mit diesen Verfahren die reale Umgebung, d.h. das zweite Zimmer 210₂, auch dann erfasst werden kann, wenn keine freie Sicht herrscht, zum Beispiel wenn das zweite Zimmer 210₂ so stark verraucht ist, dass eine Kamera keine oder nur noch eine eingeschränkte Sicht hat.

Die beiden Augmented Reality Brillen 101, 201 können SLAM-basierte Geräte sein, das heißt das Erfassen der realen Umgebung, bzw. des jeweiligen Zimmers 210₁, 210₂, sowie das virtuelle Kartografieren zum Erstellen einer virtuellen lokalen Umgebungskarte 103, 203 des jeweiligen Zimmers 210₁, 210₂, können gleichzeitig erfolgen. Das erfindungsgemäße System 100 kann in diesem Fall ein kooperatives SLAM-System sein, bei dem die beiden SLAM-basierten Augmented Reality Brillen 101, 201 kooperativ zusammenarbeiten. Das heißt, mindestens eine der beiden Augmented Reality Brillen 101, 201 kann die jeweiligen virtuellen lokalen Umgebungskarten 103, 203 zu einer gemeinsamen virtuellen globalen Umgebungskarte 303 zusammensetzen. Die virtuellen lokalen Umgebungskarten 103, 203 der jeweiligen Zimmer 210₁, 210₂ können also zu einer gemeinsamen virtuellen globalen Umgebungskarte 303 der gesamten Wohnung 210 zusammengefügt werden.

Im vorliegenden Ausführungsbeispiel weist die funkbasierte Ortungsvorrichtung 104 der ersten Augmented Reality Brille 101 einen UWB-Transceiver auf. Die funkbasierte Schnittstelle 204 der zweiten Augmented Reality Brille 201 kann ebenfalls einen UWB-Transceiver aufweisen.

Der UWB-Transceiver 104 der ersten Augmented Reality Brille 101 kann eine funkbasierte Ortung der zweiten Augmented Reality Brille 201 durchführen. Hierfür kann eine Distanzmessung zwischen der ersten Augmented Reality Brille 101 und der zweiten

Augmented Reality Brille 201 durchgeführt werden, beispielsweise mittels Time of Flight (ToF), Time of Arrival (ToA) oder Time Distance of Arrival (TDoA).

Die Ortung mittels UWB ist insbesondere für Anwendungsfälle vorteilhaft, wie sie hier beispielhaft beschrieben sind. Die Ultrabreitbandwellen weisen nur eine geringe Dämpfung auf und können sich unter anderem durch feste Gegenstände hindurch ausbreiten. So kann die Ortung der zweiten Augmented Reality Brille 201 beispielsweise durch die Wand 211 hindurch erfolgen. Obwohl also keine direkte Sichtverbindung zwischen den beiden mobilen Vorrichtungen (Augmented Reality Brillen) 101, 201 besteht, kann die funkbasierte Ortung mittels UWB dennoch durchgeführt werden.

Der in dem ersten Zimmer 210₁ befindliche Feuerwehrmann kann also mittels der ersten Augmented Reality Brille 101 den in dem zweiten Zimmer 210₂ befindlichen Feuerwehrmann, der die zweite Augmented Reality Brille 201 trägt, orten obwohl sich beide Feuerwehrmänner durch die Wand 211 hindurch nicht sehen können.

Das erfindungsgemäße Konzept ist also deutlich vorteilhaft gegenüber konventionellen Systemen, bei denen die mobilen Vorrichtungen Sichtkontakt herstellen müssen [5].

Basierend auf den bei der funkbasierten Ortung (z.B. Distanzmessung) ermittelten Ortungsdaten (z.B. Distanz) kann die erste Augmented Reality Brille 101 eine Koordinatentransformation ausführen und die von der zweiten Augmented Reality Brille 201 im lokalen zweiten Koordinatensystem 222 erstellte zweite virtuelle lokale Umgebungskarte 203 in ein gemeinsames globales Koordinatensystem 333 überführen. Hierbei können die im lokalen ersten Koordinatensystem 111 erstellte erste virtuelle lokale Umgebungskarte 103 und die im lokalen zweiten Koordinatensystem 222 erstellte zweite virtuelle lokale Umgebungskarte 203, in korrekter Ausrichtung zueinander, zu der gemeinsamen globalen virtuellen Umgebungskarte 303 im gemeinsamen globalen Koordinatensystem 333 zusammengeführt werden.

Beide Augmented Reality Brillen 101, 201 weisen jeweils eine bildgebende Vorrichtung auf. Dies kann beispielsweise ein kleines Display sein, in das die virtuellen Umgebungskarten 103, 203, 303 eingeblendet werden können. Das Display kann teiltransparent sein, sodass der Träger der Augmented Reality Brille 101, 201 sowohl die reale Umgebung, d.h. den jeweiligen Raum 210₁, 210₂, sieht, als auch zumindest eine der virtuellen Umgebungskarten 103, 203, 303 gleichzeitig eingeblendet bekommt.

Ein Vorteil der Erfindung besteht also darin, dass die einzelnen Augmented Reality Brillen 101, 201 kooperativ zusammenarbeiten und gemeinsam eine virtuelle globale Umgebungskarte 303 erstellen können. Da die Distanzen der Augmented Reality Brillen 101, 201 zueinander ermittelt werden, können die einzelnen virtuellen lokalen Umgebungskarten 103, 203 in korrekter Ausrichtung zueinander zusammengefügt werden, sogar ohne dass ein Überlapp der lokalen Umgebungskarten 103, 203 vorhanden sein muss. Dies reduziert die zum Erstellen der globalen Umgebungskarte 303 benötigte Zeit erheblich gegenüber konventionellen Systemen, bei denen die lokalen Umgebungskarten überlappen müssen, um eine Mustererkennung von gemeinsam vorhandenen Merkmalen durchzuführen.

Ein weiterer Vorteil der Erfindung besteht darin, dass mit den Augmented Reality Brillen 101, 201 sozusagen ein Röntgenblick ermöglicht werden kann. Der in dem ersten Zimmer 210₁ befindliche Feuerwehrmann bekommt in seiner (ersten) Augmented Reality Brille 101 die virtuelle globale Umgebungskarte 303 eingeblendet. Wenn sich der Feuerwehrmann nun zu der Wand 211 hin dreht, dann wird ihm in seiner Augmented Reality Brille 101 die virtuelle globale Umgebungskarte 303, oder zumindest die virtuelle lokale Umgebungskarte 203 des dahinter liegenden zweiten Zimmers 210₂ eingeblendet. Die Wand 211 kann dabei in der virtuellen globalen Umgebungskarte 303 nicht angezeigt, bzw. zumindest teilweise ausgeblendet werden.

In anderen Worten sieht der in dem ersten Zimmer 210₁ befindliche erste Feuerwehrmann mit seiner ersten Augmented Reality Brille 101 die virtuelle Umgebungskarte 203 des zweiten Zimmers 210₂, die mittels der zweiten Augmented Reality Brille 201 des in dem zweiten Zimmers 210₂ befindlichen zweiten Feuerwehrmanns erstellt wurde. Auch hierbei muss keine direkte Sichtverbindung zwischen den beiden mobilen Vorrichtungen (Augmented Reality Brillen) 101, 201 bestehen.

Das unter Bezugnahme auf Figur 2 beschriebene Ausführungsbeispiel mit Einsatzkräften und Augmented Reality Brillen 101, 201 ist lediglich als ein nicht limitierendes Beispiel zu verstehen. Es wäre beispielsweise ebenso denkbar, dass die mobilen Vorrichtungen autonom agierende Roboter sind. Dies würde eine Gefährdung von Rettungskräften ausschließen. Es wäre auch denkbar, dass die mobilen Vorrichtungen Fahrzeuge oder Flugzeuge sind. Beispielsweise kann es sich um unbemannte bzw. fernsteuerbare Drohnen handeln, die auch in Innenräumen einsetzbar sind. Andere Beispiele sehen vor, dass es sich bei den mobilen Vorrichtungen um Mobilgeräte, wie beispielsweise mobile Telekommunikationsgeräte (z.B. Smartphones, Wearables, Notebooks, etc.) handelt, wobei diese Form

von Mobilgeräten meist ab Werk mit Kameras und funkbasierten Ortungsvorrichtungen ausgestattet sind.

Außerdem wurde das erfindungsgemäße Konzept am nicht limitierenden Beispiel von zwei mobilen Vorrichtungen 101, 201 beschrieben. Es ist natürlich denkbar, dass beliebig
5 viele mobile Vorrichtungen 101, 201 eingesetzt werden können, die in der hierin beschriebenen Art und Weise kooperativ miteinander interagieren können. Vorteilhafter Weise kann jede dieser mobilen Vorrichtungen 101, 201 ausgestaltet sein, um eine virtuelle globale Umgebungskarte 303 unter Anwendung des erfindungsgemäßen Konzepts zu erstellen bzw. anzuzeigen.

10 Figur 3 zeigt ein schematisches Blockschaltbild eines erfindungsgemäßen Verfahrens, wie es von den mobilen Vorrichtungen 101, 201 ausführbar sein kann.

In Block 301 werden topografische Umgebungsmerkmale in einer realen Umgebung erfasst und es wird eine virtuelle erste lokale Umgebungskarte 103 in einem ersten lokalen Koordinatensystem 111 erstellt.

15 In Block 302 wird eine mobile Vorrichtung 201 durch Erfassen von Ortungsdaten mittels Funkwellen geortet, wobei diese mobile Vorrichtung 201 ein zweites lokales Koordinatensystem 222 aufweist. Die mobile Vorrichtung 201 ist ausgestaltet, um topografische Umgebungsmerkmale in einer realen Umgebung zu erfassen und eine virtuelle zweite lokale Umgebungskarte 203 in dem zweiten lokalen Koordinatensystem 222 zu erstellen.

20 In Block 303 wird eine Koordinatentransformation zwischen dem ersten lokalen Koordinatensystem 111 und dem zweiten lokalen Koordinatensystem 222 durchgeführt, um ein gemeinsames globales Koordinatensystem 333 zu erzeugen, und zwar basierend auf den mittels der Funkwellen erfassten Ortungsdaten.

Die Erfindung soll nachfolgend nochmals in anderen Worten zusammengefasst, und deren Vorteile kurz erläutert werden.
25

Bisherige Forschung im Bereich Robotik hat gezeigt, dass sich das bekannte SLAM-Problem durch Distanzmessungen zwischen zwei SLAM-Geräten lösen lässt. In einem Ausführungsbeispiel der Erfindung können moderne Augmented Reality Brillen 101, 201 mit integrierten Ultra-Wideband (UWB) Transceivern 104, 204 für die Distanzmessung
30 mittels Time of Arrival (TOA) eingesetzt werden.

Das erfindungsgemäße Konzept verwendet kooperatives SLAM und die gemessenen Distanzen gehören zu mindestens zwei gleichwertigen Systemen 101, 201, um die relative Pose zueinander zu schätzen.

Die vorliegende Erfindung beschreibt ein System 100, das den Einsatz von kooperativem SLAM verbessern soll. Es kann mindestens eine mobile Vorrichtung 101 mit einem SLAM basierten optischen Sensor (z.B. optische Kamera, LIDAR, etc.) 102 und mindestens einem integrierten UWB Transceiver 104 aufweisen. Der Transceiver 104 führt Distanzmessungen (z.B. mittels Time of Arrival oder Time Difference of Arrival) zu mindestens einem anderen integrierten UWB Transceiver 204 eines gleichwertigen Systems (zweite mobile Vorrichtung) 201 durch.

Beispielvarianten sind ähnliche Systeme, die beispielsweise über zusätzliche Sensoren (z.B. IMU, Magnetometer, Barometer, etc.) verfügen können. Diese optionalen zusätzlichen Sensoren können dazu dienen, die Genauigkeit und Robustheit des Systems 100 zu erhöhen. Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung können „Augmented Reality“ Brillen 101 mit integrierter optischer SLAM Sensorik (z.B. Kameras) 102 und damit gekoppeltem UWB Transceiver 104 sein, die eine gleichartige Anwendung betreiben. Derartige Reality Brillen 101 können beispielsweise mindestens eine Kamera 102 und eine inertielle Messeinheit IMU (engl. Inertial Measurement Unit) für SLAM verfügen.

Mit dem erfindungsgemäßen Konzept lässt sich die Zeiteffizienz und die Verlässlichkeit von kooperativen SLAM-Systemen steigern, denn die sofortige gegenseitige Lokalisierung und globale Kartierung ist mit dieser Methode möglich. Dies ist insbesondere bei zeitkritischen Applikationen relevant. Mit dem erfindungsgemäßen Konzept lässt sich ein kooperatives SLAM auch dann realisieren, wenn sich Objekte oder Wände 211 zwischen den einzelnen SLAM-Systemen (mobilen Vorrichtungen) 101, 201 befinden.

Das erfindungsgemäße Konzept erlaubt es zwei SLAM basierten Geräten 101, 201, die mindestens einen integrierten optischen Sensor 102, 202 und mindestens einen UWB Transceiver 104, 204 aufweisen, sich schnell gegenseitig zu lokalisieren, auch wenn die Geräte 101, 201 über keine extrinsischen zusätzlichen Informationen verfügen.

Anwendungsbeispiele des erfindungsgemäßen Konzepts können beispielsweise in der Feuerwehr, Polizei, Spezialeinsätze (z.B. Terrorismusbekämpfung) und Militär in Form von „Augmented Reality“ Brillen 101, 201 sein. Im Bereich Robotik kann damit beispielsweise eine effizientere 3D-Vermessung von Innenräumen in Gebäuden oder Außenbereichen, z.B. mittels unbemannten Luftfahrzeugen UAVs (engl.: Unmanned Aerial Vehicles),

realisiert werden. Eine hohe Relevanz hat das erfindungsgemäße Konzept für Einsätze im Innenraum, dort wo GPS nicht gut funktioniert.

Die oben beschriebenen Ausführungsbeispiele stellen lediglich eine Veranschaulichung der Prinzipien der vorliegenden Erfindung dar. Es versteht sich, dass Modifikationen und

5 Variationen der hierin beschriebenen Anordnungen und Einzelheiten anderen Fachleuten einleuchten werden. Deshalb ist beabsichtigt, dass die Erfindung lediglich durch den Schutzzumfang der nachstehenden Patentansprüche und nicht durch die spezifischen Einzelheiten, die anhand der Beschreibung und der Erläuterung der Ausführungsbeispiele hierin präsentiert wurden, beschränkt sei.

10 Obwohl manche Aspekte im Zusammenhang mit einer Vorrichtung beschrieben wurden, versteht es sich, dass diese Aspekte auch eine Beschreibung des entsprechenden Verfahrens darstellen, sodass ein Block oder ein Bauelement einer Vorrichtung auch als ein entsprechender Verfahrensschritt oder als ein Merkmal eines Verfahrensschrittes zu verstehen ist. Analog dazu stellen Aspekte, die im Zusammenhang mit einem oder als ein

15 Verfahrensschritt beschrieben wurden, auch eine Beschreibung eines entsprechenden Blocks oder Details oder Merkmals einer entsprechenden Vorrichtung dar.

Einige oder alle der Verfahrensschritte können durch einen Hardware-Apparat (oder unter Verwendung eines Hardware-Apparats), wie zum Beispiel einen Mikroprozessor, einen programmierbaren Computer oder einer elektronischen Schaltung durchgeführt werden.

20 Bei einigen Ausführungsbeispielen können einige oder mehrere der wichtigsten Verfahrensschritte durch einen solchen Apparat ausgeführt werden.

Je nach bestimmten Implementierungsanforderungen können Ausführungsbeispiele der Erfindung in Hardware oder in Software oder zumindest teilweise in Hardware oder zu-

mindest teilweise in Software implementiert sein. Die Implementierung kann unter Verwendung eines digitalen Speichermediums, beispielsweise einer Floppy-Disk, einer DVD, einer BluRay Disc, einer CD, eines ROM, eines PROM, eines EPROM, eines EEPROM oder eines FLASH-Speichers, einer Festplatte oder eines anderen magnetischen oder optischen Speichers durchgeführt werden, auf dem elektronisch lesbare Steuersignale gespeichert sind, die mit einem programmierbaren Computersystem derart zusammenwirken können oder zusammenwirken, dass das jeweilige Verfahren durchgeführt wird. Deshalb kann das digitale Speichermedium computerlesbar sein.

25

30

Manche Ausführungsbeispiele gemäß der Erfindung umfassen also einen Datenträger, der elektronisch lesbare Steuersignale aufweist, die in der Lage sind, mit einem

programmierbaren Computersystem derart zusammenzuwirken, dass eines der hierin beschriebenen Verfahren durchgeführt wird.

Allgemein können Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung als Computerprogrammprodukt mit einem Programmcode implementiert sein, wobei der Programmcode
5 dahin gehend wirksam ist, eines der Verfahren durchzuführen, wenn das Computerprogrammprodukt auf einem Computer abläuft.

Der Programmcode kann beispielsweise auch auf einem maschinenlesbaren Träger gespeichert sein.

Andere Ausführungsbeispiele umfassen das Computerprogramm zum Durchführen eines
10 der hierin beschriebenen Verfahren, wobei das Computerprogramm auf einem maschinenlesbaren Träger gespeichert ist. Mit anderen Worten ist ein Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Verfahrens somit ein Computerprogramm, das einen Programmcode zum Durchführen eines der hierin beschriebenen Verfahren aufweist, wenn das Computerprogramm auf einem Computer abläuft.

15 Ein weiteres Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Verfahren ist somit ein Datenträger (oder ein digitales Speichermedium oder ein computerlesbares Medium), auf dem das Computerprogramm zum Durchführen eines der hierin beschriebenen Verfahren aufgezeichnet ist. Der Datenträger oder das digitale Speichermedium oder das computerlesbare Medium sind typischerweise greifbar und/oder nicht flüchtig.

20 Ein weiteres Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Verfahrens ist somit ein Datenstrom oder eine Sequenz von Signalen, der bzw. die das Computerprogramm zum Durchführen eines der hierin beschriebenen Verfahren darstellt bzw. darstellen. Der Datenstrom oder die Sequenz von Signalen kann bzw. können beispielsweise dahin gehend konfiguriert sein, über eine Datenkommunikationsverbindung, beispielsweise über das Internet,
25 transferiert zu werden.

Ein weiteres Ausführungsbeispiel umfasst eine Verarbeitungseinrichtung, beispielsweise einen Computer oder ein programmierbares Logikbauelement, die dahin gehend konfiguriert oder angepasst ist, eines der hierin beschriebenen Verfahren durchzuführen.

Ein weiteres Ausführungsbeispiel umfasst einen Computer, auf dem das Computerprogramm zum Durchführen eines der hierin beschriebenen Verfahren installiert ist.
30

Ein weiteres Ausführungsbeispiel gemäß der Erfindung umfasst eine Vorrichtung oder ein System, die bzw. das ausgelegt ist, um ein Computerprogramm zur Durchführung zumindest eines der hierin beschriebenen Verfahren zu einem Empfänger zu übertragen. Die Übertragung kann beispielsweise elektronisch oder optisch erfolgen. Der Empfänger kann
5 beispielsweise ein Computer, ein Mobilgerät, ein Speichergerät oder eine ähnliche Vorrichtung sein. Die Vorrichtung oder das System kann beispielsweise einen Datei-Server zur Übertragung des Computerprogramms zu dem Empfänger umfassen.

Bei manchen Ausführungsbeispielen kann ein programmierbares Logikbauelement (beispielsweise ein feldprogrammierbares Gatterarray, ein FPGA) dazu verwendet werden, manche oder alle Funktionalitäten der hierin beschriebenen Verfahren durchzuführen. Bei
10 manchen Ausführungsbeispielen kann ein feldprogrammierbares Gatterarray mit einem Mikroprozessor zusammenwirken, um eines der hierin beschriebenen Verfahren durchzuführen. Allgemein werden die Verfahren bei einigen Ausführungsbeispielen seitens einer beliebigen Hardwarevorrichtung durchgeführt. Diese kann eine universell einsetzbare
15 Hardware wie ein Computerprozessor (CPU) sein oder für das Verfahren spezifische Hardware, wie beispielsweise ein ASIC.

Quellen:

- [1] Zhou, X. S., Roumeliotis, S. 1., 2007. *Determining the Robot-to-Robot Relative Pose Using Range-only Measurements*, IEEE International Conference on Robotics and Automation.
- [2] Zhou, X. S., Roumeliotis, S. 1., 2008. *Robot-to-Robot Relative Pose Estimation From Range Measurements*, IEEE Transactions on Robotics, Val. 24, No. 6.
- [3] Trawny, N., Zhou, X. S., Zhou, K. X., Roumeliotis, S. 1., 2007. *3D Relative Pose Estimation from Distance-Only Measurements*, Proceedings of the 2007 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems.
- [4] Trawny, N., Zhou, X. S., Roumeliotis, S. 1., 2010. *3D Relative Pose Estimation from Six Distances*, Robotics: Science and Systems V, Vol. 5, pp. 233-240.
- [5] Zhou, X. S., Roumeliotis, S. 1., 2006. *Multi-robot SLAM with Unknown Initial Correspondence: The Robot Rendezvous Case*, Proceedings of the 2006 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems.
- [6] Saeedi, S. et al., 2014. *Map merging for multiple robots using Hough peak matching*. Robotics and Autonomous Systems, Val. 62, pp. 1408-1424.
- [7] Birk, A., Carpin, S., 2006. *Merging Occupancy Grid Maps From Multiple Robots*. Proceedings of the IEEE, Vol. 94, No. 7, pp. 1384-1397.
- [8] Ko, J., Stewart, B., Fox, D., Konolige, K., Limketkai, B., 2003. *A Practical, Decision-theoretic Approach to Multi-robot Mapping and Exploration*, Proceedings of the 2003 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems.
- [9] Thrun, S., 2001. *A probabilistic on-line mapping algorithm for teams of mobile robots*, The International Journal of Robotics Research, Vol. 20, No. 5, pp. 335-363.

Patentansprüche

1. System (100) aufweisend:
 - 5 eine erste mobile Vorrichtung (101) mit einer ersten Umgebungserfassungs- und Kartierungsvorrichtung (102) zum Erstellen einer virtuellen ersten lokalen Umgebungskarte (103) einer realen Umgebung (210₁) in einem ersten lokalen Koordinatensystem (111),
 - 10 eine zweite mobile Vorrichtung (201) mit einer zweiten Umgebungserfassungs- und Kartierungsvorrichtung (202) zum Erstellen einer virtuellen zweiten lokalen Umgebungskarte (203) einer realen Umgebung (210₂) in einem zweiten lokalen Koordinatensystem (222),
 - 15 wobei zumindest die erste mobile Vorrichtung (101) eine funkbasierte Ortungsvorrichtung (104) zum Orten der zweiten mobilen Vorrichtung (201) aufweist, und wobei die erste mobile Vorrichtung (101) ausgestaltet ist, um basierend auf mittels der funkbasierten Ortungsvorrichtung (104) erfassten Ortungsdaten eine Koordinatentransformation zwischen dem ersten und dem zweiten lokalen Koordinaten-
20 system (111, 222) auszuführen und ein gemeinsames globales Koordinatensystem (333) zu erstellen.
2. System (100) nach Anspruch 1, wobei die funkbasierte Ortungsvorrichtung (104) eine Distanzmessungsvorrichtung aufweist, und wobei die Ortungsdaten zumindest
25 eine zwischen der ersten mobilen Vorrichtung (101) und der zweiten mobilen Vorrichtung (201) gemessene Distanz aufweisen.
3. System (100) nach Anspruch 1 oder 2, wobei das System (100) ein kooperatives SLAM-System (SLAM – engl.: Simultaneous Localization and Mapping) ist, wobei
30 die erste mobile Vorrichtung (101) eine erste mobile SLAM-Vorrichtung ist, und wobei die zweite mobile Vorrichtung (201) eine zweite mobile SLAM-Vorrichtung ist.
4. System (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei die funkbasierte Ortungsvorrichtung (104) eine Ultrabreitband-Ortungsvorrichtung ist, die ausgestaltet ist, um

eine Ortung der zweiten mobilen Vorrichtung (201) unter Verwendung von Funkwellen im Ultrabreitband durchzuführen.

5. System (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei die funkbasierte Ortungsvorrichtung (104) ausgestaltet ist, um eine Ortung der zweiten mobilen Vorrichtung (201) mittels Time of Arrival – ToA – Messungen oder mittels Time Difference of Arrival – TDoA – Messungen auszuführen.
5
6. System (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei die erste und/oder zweite Umgebungserfassungs- und Kartierungsvorrichtung (102, 202) mindestens ein optisches Mittel aufweist, das ausgestaltet ist, um die reale Umgebung (210₁, 210₂) mittels optischer Sensorik topografisch zu erfassen, und wobei die erste und/oder zweite Umgebungserfassungs- und Kartierungsvorrichtung (102, 202) ausgestaltet ist, um optisch erfasste topografische Umgebungsdaten in der virtuellen ersten und/oder zweiten Umgebungskarte (103, 203) zu kartieren.
10
15
7. System (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei die erste und/oder zweite Umgebungserfassungs- und Kartierungsvorrichtung (102, 202) mindestens ein funkbasiertes Mittel aufweist, das ausgestaltet ist, um die reale Umgebung (210₁, 210₂) mittels Funkwellen topografisch zu erfassen, und wobei die erste und/oder zweite Umgebungserfassungs- und Kartierungsvorrichtung (102, 202) ausgestaltet ist, um erfasste topografische Umgebungsdaten in der virtuellen ersten und/oder zweiten Umgebungskarte (103, 203) zu kartieren.
20
8. System (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei die erste mobile Vorrichtung (101) ausgestaltet ist, um basierend auf der Koordinatentransformation die Pose der zweiten mobilen Vorrichtung (201) relativ zu der ersten mobilen Vorrichtung (101) zu bestimmen.
25
9. System (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei zumindest eine der ersten und zweiten mobilen Vorrichtungen (101, 201) ausgestaltet ist, um die virtuelle erste lokale Umgebungskarte (103) sowie die virtuelle zweite lokale Umgebungskarte (203) basierend auf der Koordinatentransformation zu einer virtuellen globalen Umgebungskarte (303) innerhalb des gemeinsamen globalen Koordinatensystems (333) zusammenzufügen.
30
35

10. System (100) nach Anspruch 9, wobei zumindest die erste mobile Vorrichtung (101) eine Augmented Reality Brille aufweist, die eine bildgebende Vorrichtung aufweist, die ausgestaltet ist, um die virtuelle erste lokale Umgebungskarte (103) und/oder die virtuelle globale Umgebungskarte (303) anzuzeigen.

5

11. System (100) nach einem der Ansprüche 9 oder 10, wobei die zweite mobile Vorrichtung (201) eine Augmented Reality Brille aufweist, die eine bildgebende Vorrichtung aufweist, die ausgestaltet ist, um die virtuelle zweite lokale Umgebungskarte (203) und/oder die virtuelle globale Umgebungskarte (303) anzuzeigen.

10

12. System (100) nach einem der Ansprüche 10 oder 11, wobei die bildgebende Vorrichtung ausgestaltet ist, um einen in der realen Umgebung (210₁, 210₂) zwischen der ersten und der zweiten mobilen Vorrichtung (101, 201) angeordneten Gegenstand (211), der eine Sichtverbindung zwischen der ersten und der zweiten mobilen Vorrichtung (101, 201) behindert, in der virtuellen globalen Umgebungskarte (303) zumindest teilweise nicht anzuzeigen.

15

13. System (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 12, wobei die erste mobile Vorrichtung (101) ausgestaltet ist, um die zweite mobile Vorrichtung (201) ohne eine bestehende Sichtverbindung zwischen der ersten und der zweiten mobilen Vorrichtung (101, 201) zu orten und/oder um das erste und das zweite lokale Koordinatensystem (111, 222) ohne eine bestehende Sichtverbindung zwischen der ersten und der zweiten mobilen Vorrichtung (101, 201) in das globale Koordinatensystem (333) zu überführen.

20

25

14. Mobile Vorrichtung (101, 201) zur Verwendung in einem System (100) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 13.

15. Verfahren mit den folgenden Schritten:

30

Erfassen von topografischen Umgebungsmerkmalen einer realen Umgebung (210₁) und Erstellen einer virtuellen ersten lokalen Umgebungskarte (103) in einem ersten lokalen Koordinatensystem (111),

Orten einer mobilen Vorrichtung (201) durch Erfassen von Ortungsdaten mittels Funkwellen, wobei die mobile Vorrichtung (201) ein zweites lokales Koordinatensystem (222) aufweist, und

5 Durchführen einer Koordinatentransformation zwischen dem ersten lokalen Koordinatensystem (111) und dem zweiten lokalen Koordinatensystem (222) zum Erzeugen eines gemeinsamen globalen Koordinatensystems (333) basierend auf den mittels der Funkwellen erfassten Ortungsdaten.

10 16. Verfahren nach Anspruch 15, wobei das Orten der zweiten mobilen Vorrichtung (201) das Bestimmen einer Distanz zu dieser zweiten mobilen Vorrichtung (201) beinhaltet, und wobei die Ortungsdaten zumindest eine derartige gemessene Distanz aufweisen.

15 17. Verfahren nach Anspruch 15 oder 16, wobei das Erfassen von topographischen Umgebungsmerkmalen unter Anwendung einer optischen Bilderfassung geschieht.

18. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 17, wobei die funkbasierte Ortung unter Verwendung von Funkwellen im Ultrabreitband geschieht.

20

19. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 18, wobei das Verfahren ferner den folgenden Schritt aufweist:

25 Erstellen einer virtuellen globalen Umgebungskarte (303) in dem gemeinsamen globalen Koordinatensystem (333) durch Zusammenfügen von der in dem ersten lokalen Koordinatensystem (111) erstellten virtuellen ersten lokalen Umgebungskarte (103) mit einer von der georteten mobilen Vorrichtung (201) in dem zweiten lokalen Koordinatensystem (222) erstellten virtuellen zweiten lokalen Umgebungskarte (203).

30

20. Verfahren nach Anspruch 19, wobei das Verfahren ferner den folgenden Schritt aufweist:

35 bildliches Darstellen der virtuellen ersten lokalen Umgebungskarte (103) und/oder der virtuellen globalen Umgebungskarte (303), und/oder

zumindest teilweises Ausblenden eines in der realen Umgebung (210₁, 210₂) befindlichen Gegenstands (211) in der virtuellen globalen Umgebungskarte (303).

- 5 21. Computerprogramm mit einem Programmcode zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 15 bis 20, wenn das Programm auf einem Computer abläuft.

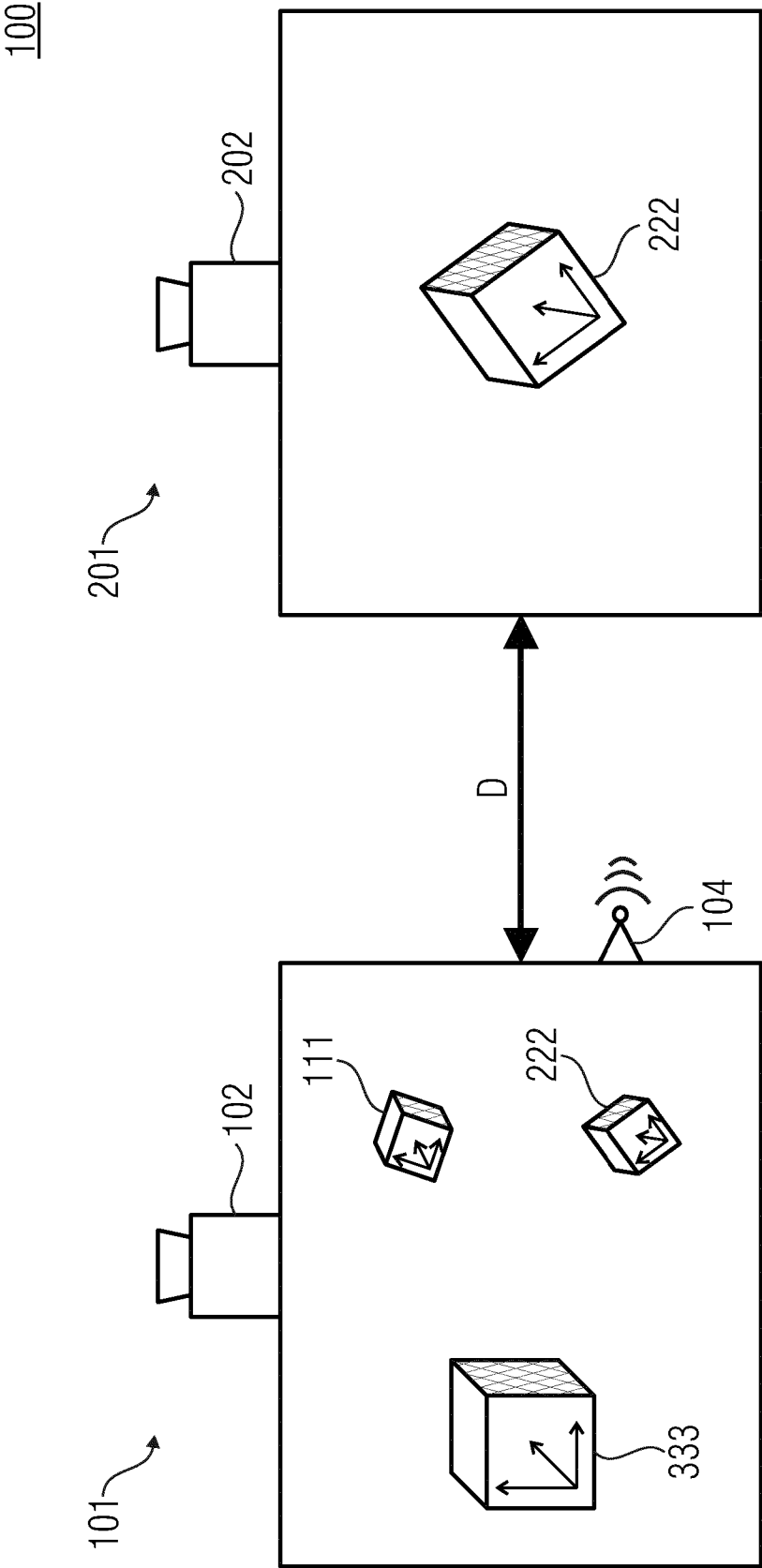


Fig. 1A

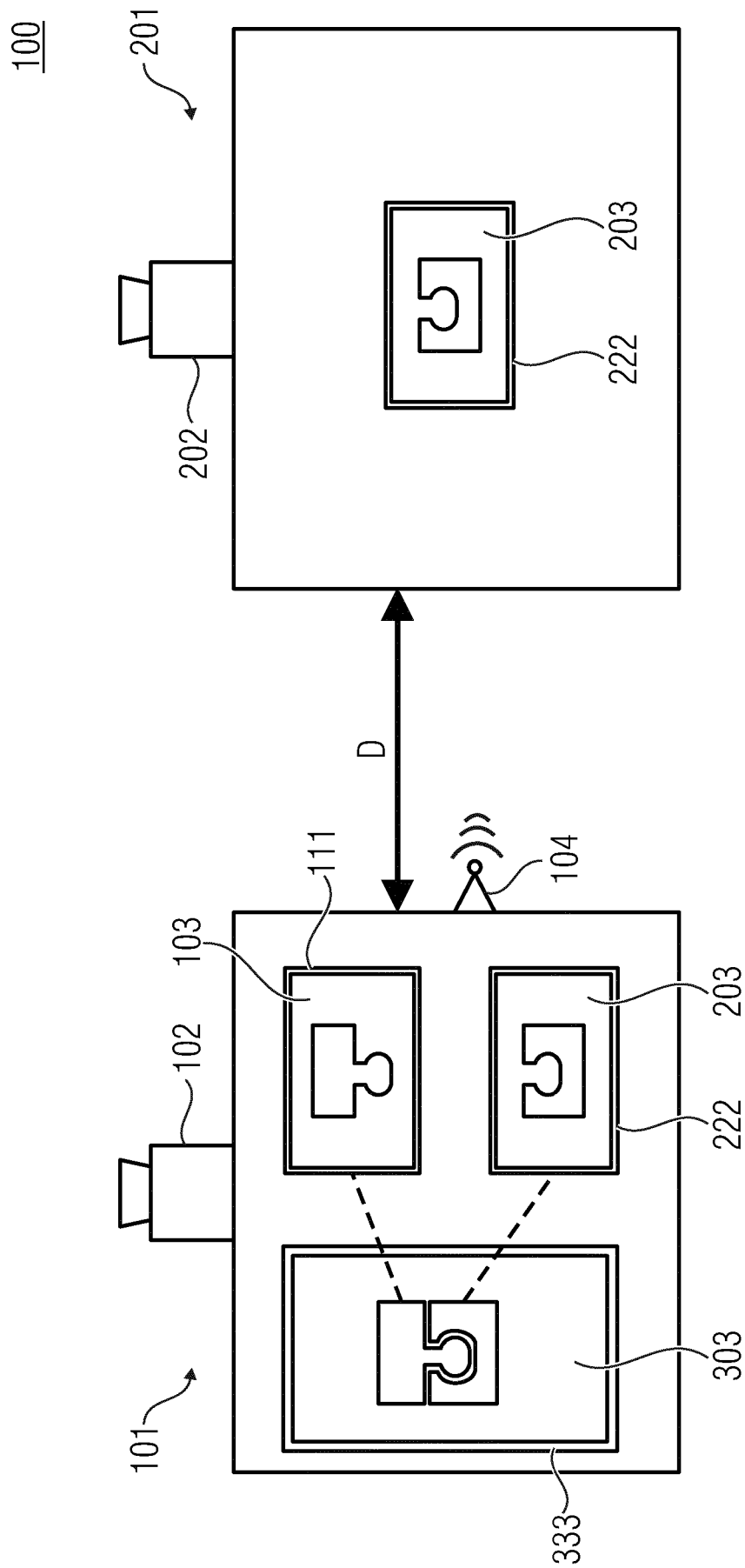


Fig. 1B

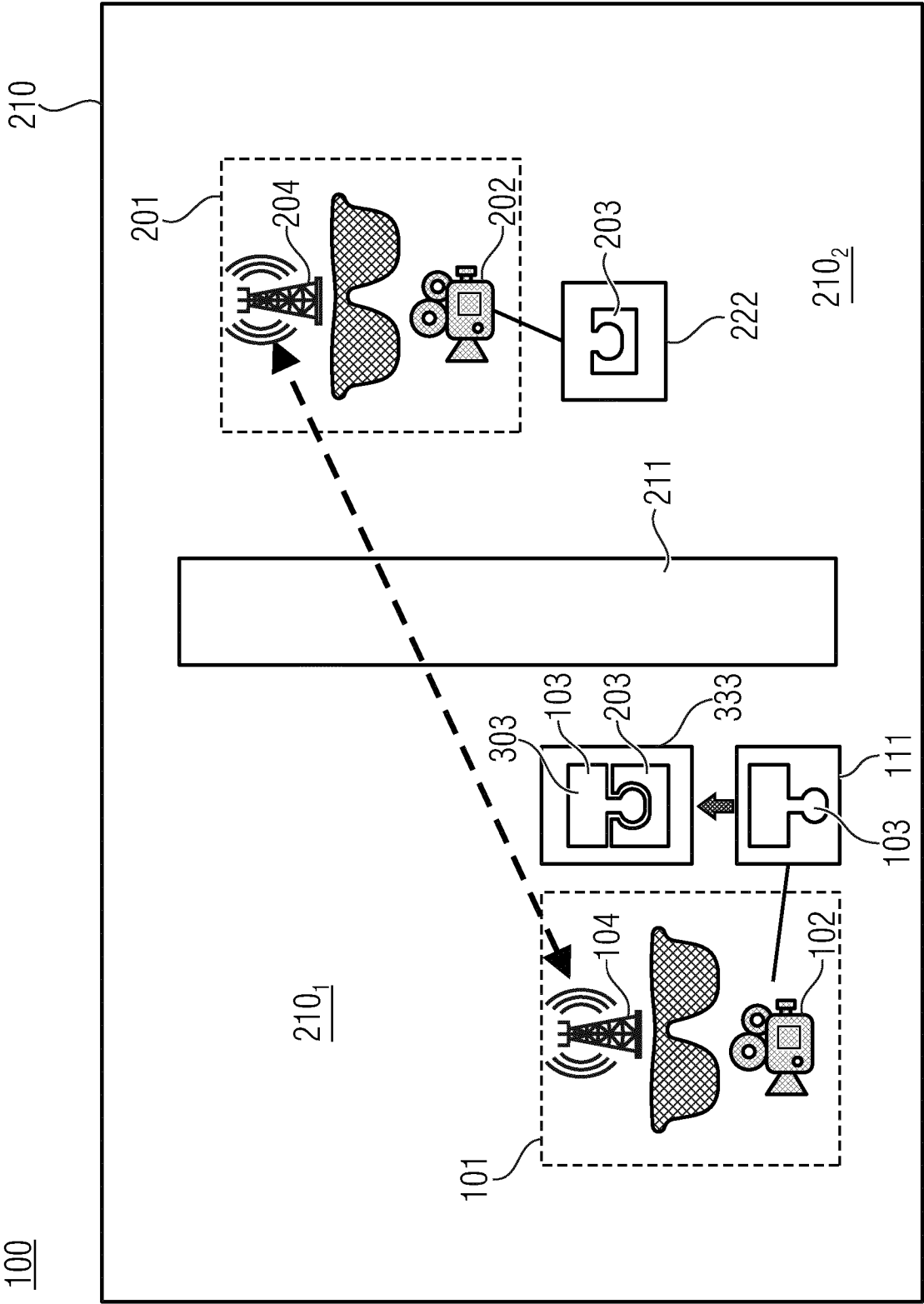


Fig. 2

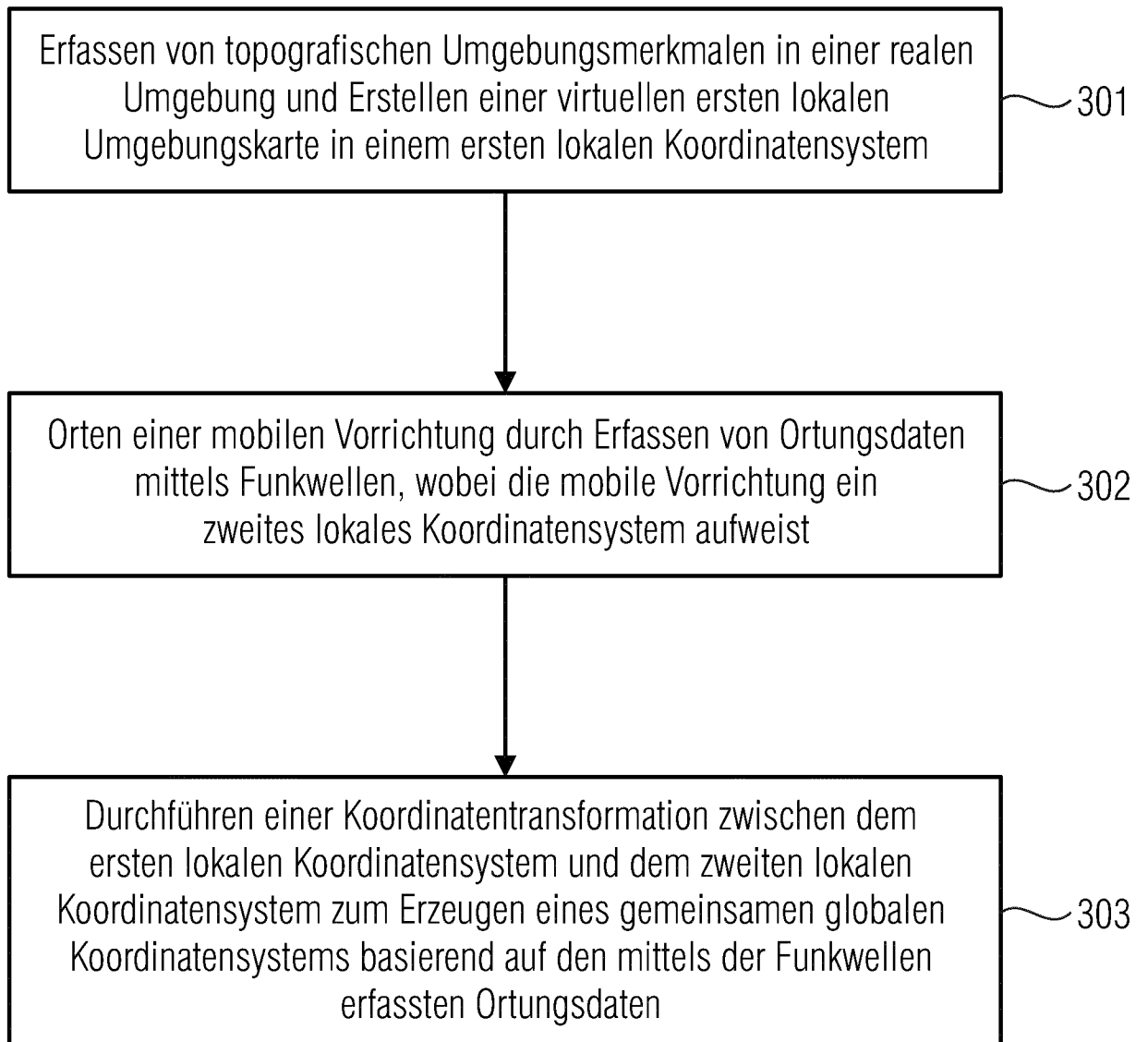


Fig. 3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2019/074118

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**G01C 21/00**(2006.01)i; **G01C 21/20**(2006.01)i; **G01S 13/02**(2006.01)i; **G01S 13/08**(2006.01)i

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)

G01C; G01S

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 practicable, search terms used)

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	ZHOU X S ET AL. "Robot-to-Robot Relative Pose Estimation From Range Measurements" <i>IEEE TRANSACTIONS ON ROBOTICS, IEEE SERVICE CENTER, PISCATAWAY, NJ, US</i> , Vol. 24, No. 6, 01 December 2008 (2008-12-01), pages 1379-1393 DOI: 10.1109/TRO.2008.2006251 ISSN: 1552-3098, XP011332793 cited in the application the whole document	1-21

☐ 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

20 November 2019

Date of mailing of the international search report

03 December 2019

Name and mailing address of the ISA/EP

European Patent Office
p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk
Netherlands

Telephone No. (+31-70)340-2040

Facsimile No. (+31-70)340-3016

Authorized officer

Tabellion, Marc

Telephone No.

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. G01C21/00 G01C21/20 G01S13/02 G01S13/08 ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) G01C G01S		
Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe) EPO-Internal		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	ZHOU X S ET AL: "Robot-to-Robot Relative Pose Estimation From Range Measurements", IEEE TRANSACTIONS ON ROBOTICS, IEEE SERVICE CENTER, PISCATAWAY, NJ, US, Bd. 24, Nr. 6, 1. Dezember 2008 (2008-12-01), Seiten 1379-1393, XP011332793, ISSN: 1552-3098, DOI: 10.1109/TR0.2008.2006251 in der Anmeldung erwähnt das ganze Dokument -----	1-21
☐ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen ☐ Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
20. November 2019		03/12/2019
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter Tabellion, Marc