



(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2020 213 111.2**

(22) Anmeldetag: **16.10.2020**

(43) Offenlegungstag: **21.04.2022**

(51) Int Cl.: **G01S 5/16** (2006.01)

(71) Anmelder:

FoP Consult GmbH, 10249 Berlin, DE; Technische Hochschule Wildau, 15745 Wildau, DE

(74) Vertreter:

Pfenning, Meinig & Partner mbB Patentanwälte, 10719 Berlin, DE

(72) Erfinder:

Schady, Rico, Dr.-Ing., 10249 Berlin, DE; Fiebelkorn, Richard, 15745 Wildau, DE; Wagner, Philipp, 10247 Berlin, DE; Rothe, Felix, 12489 Berlin, DE

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	10 2018 125 397	A1
US	2004 / O 167 667	A1
US	2020 / O 159 238	A1
EP	2 738 519	B1

LEUTENEGGER, Stefan [u.a.]: Keyframe-based visual-inertial odometry using nonlinear optimization. In: International Journal of Robotics Research, The, Bd. 34, 2015, H. 3, S. 314-334. - ISSN 0278-3649 (p); 1741-3176 (e). DOI: 10.1177/0278364914554813. URL: <https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/0278364914554813> [abgerufen am 2020-11-27].

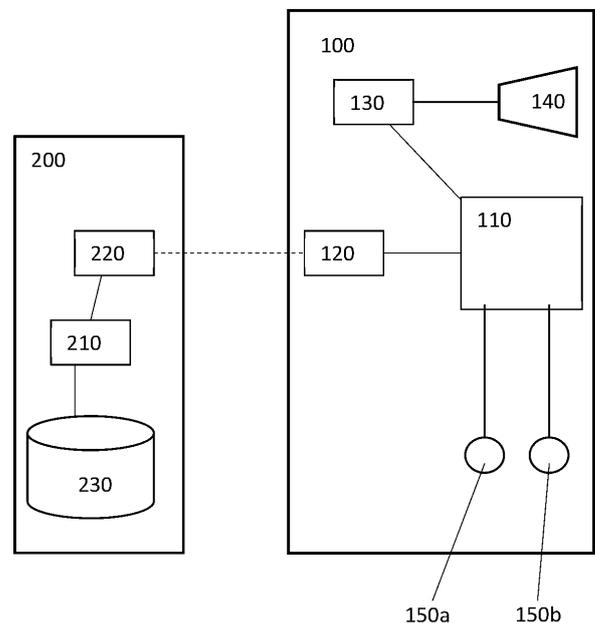
YOUSIF, Khalid ; BAB-HADIASHAR, Alireza ; HOSEINNEZHAD, Reza: An overview to visual odometry and visual SLAM: Applications to mobile robotics. In: Intelligent Industrial Systems, Bd. 1, 2015, S. 289-311. - ISSN 2363-6912 (p); 2199-854X (e). DOI: 10.1007/s40903-015-0032-7. URL: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s40903-015-0032-7.pdf> [abgerufen am 2020-11-27].

Rechercheantrag gemäß § 43 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Verfahren und System zur Bestimmung einer Pose oder Position eines mobilen Endgeräts**

(57) Zusammenfassung: Die Anmeldung betrifft ein Verfahren zur Bestimmung einer Position eines mobilen Endgeräts (100) basierend auf mindestens einer Landmarke (302a, 302b), deren Position in einer Datenbank (230) gespeichert sind. Eine erste Position des mobilen Endgeräts (100) wird basierend auf einer in der Datenbank (230) gespeicherten Position einer ersten Landmarke (302a) bestimmt; wobei sich die erste Landmarke (302a) in einem Detektionsbereich (304) eines Detektors (130, 140) des mobilen Endgeräts (100) befindet. Dann wird mindestens eine Zwischenposition des mobilen Endgeräts (100) basierend auf der anhand der ersten Landmarke (302a) bestimmten Position des mobilen Endgeräts (100) sowie Bewegungsdaten (303) des mobilen Endgeräts (100) bestimmt. Außerdem wird eine zweite Position des mobilen Endgeräts (100) basierend auf einer zuletzt bestimmten Zwischenposition des mobilen Endgeräts (100) und einer in der Datenbank (230) gespeicherten Position einer zweiten Landmarke (302b) bestimmt; wobei sich die zweite Landmarke (302b), wenn sich das mobile Endgerät an der zuletzt bestimmten Zwischenposition befindet, in einem Detektionsbereich (304) des Detektors (130, 140) des mobilen Endgeräts (100) befindet.



Beschreibung

[0001] Gegenstand der vorliegenden Schutzrechtsanmeldung ist ein Verfahren und System zur Bestimmung einer Pose oder Position eines mobilen Endgeräts.

[0002] Durch die fortschreitende Automatisierung und Digitalisierung, zum Beispiel industrieller Prozesse wie Fertigungsprozesse oder Logistikprozesse, kommen zunehmend mobile Geräte, wie sich autonom bewegende Roboter oder XR-Geräte wie Augmented Reality-Geräte zum Einsatz. Damit mobile Endgeräte sich sicher und zuverlässig innerhalb eines Gebäudes oder Geländes oder allgemein innerhalb eines Bereichs bewegen oder Daten und Informationen an bestimmten Positionen anzeigen können, ist eine möglichst genaue Ortung (Bestimmung einer Pose bzw. Position) der mobilen Geräte zu jedem Zeitpunkt notwendig.

[0003] Aus dem Stand der Technik sind für die Ortung eines mobilen Endgeräts verschiedene Lösungen bekannt.

[0004] Eine funkbasierte Ortung über GPS oder andere funkbasierte Ortungssysteme auf Basis von Technologien wie BLE, UWB oder WLAN geht einher mit einem hohen Installationsaufwand. Die Systeme sind außerdem fehleranfällig, da die Signalstärke z. B. durch Hindernisse beeinträchtigt wird.

[0005] Neben funkbasierten Verfahren besteht die Möglichkeit der Ortung mobiler Endgeräte mit visuellen Verfahren. Für die Ortung eines mobilen Endgeräts mit Hilfe visueller Verfahren sind aus dem Stand der Technik verschiedene Lösungen bekannt.

[0006] Zum einen kann eine Lokalisierung mittels inertialer oder visueller Bewegungsabschätzung (Odometrie) autonom durch das mobile Endgerät erfolgen, wie beispielsweise beschrieben in „An Overview of Visual Odometry and Visual SLAM: Applications to Mobile Robotics“, by Yousif et al., DOI 10.1007/s40903-015-0032-7. Hierbei wird jedoch lediglich eine Veränderung der Pose (oder Position) relativ zur Startpose (bzw. -Position) ermittelt. Falls die Ortung zu einem Zeitpunkt verloren geht, beispielsweise durch einen Systemabsturz oder ähnliches, ist nach einem Reboot keine erneute Ortung ohne externe Hilfe möglich.

[0007] Eine weitere aus dem Stand der Technik bekannte Option für die Ortung mobiler Endgeräte, die häufig mit der Verwendung von Odometrieverfahren einhergeht, ist die Lokalisierung mittels automatischer Kartenerstellung, auch bekannt als SLAM (Simultaneous Localization and Mapping). Hierbei werden die zurückgelegten Wegstrecken des mobilen Endgeräts und in der Umgebung erkannte Merk-

male oder Keypoints im Speicher des mobilen Endgeräts hinterlegt, um auf diesem Weg eine möglichst vollständige Karte der Umgebung zu erstellen. Dieses Verfahren ist jedoch vergleichsweise sehr rechen- und speicherintensiv und daher für die Anwendung auf Mobilgeräten in größeren Bereichen nicht geeignet.

[0008] Eine weitere Möglichkeit zur visuellen Ortung besteht in der Verwendung von künstlichen Landmarken. Künstliche Landmarken können beispielsweise zweidimensionale Datamatrixcodes oder anderweitig detektierbare 2D- oder 3D-Objekte sein, die zum Zweck der visuellen Lokalisierung in die Umgebung eingebracht wurden. Für die Ortung anhand derartiger künstlicher Landmarken, wie auch in EP 2 738 519 B1 beschrieben, müssen sehr viele Landmarken verwendet werden, da das mobile Endgerät bzw. die Kamera des mobilen Endgeräts, zu jedem Zeitpunkt eine der künstlichen Landmarken im Sichtbereich haben muss. Somit ist die Verwendung künstlicher Landmarken auch mit einem hohen Aufwand verbunden.

[0009] Es besteht somit die Aufgabe, ein Verfahren und System zur Bestimmung einer Pose oder Position eines mobilen Endgeräts in einer Umgebung zu entwickeln, welches eine genaue Lokalisierung auf effiziente Art ermöglicht.

[0010] Diese Aufgabe wird durch die Merkmale der unabhängigen Ansprüche gelöst. Weitere bevorzugte Ausführungsformen sind in den abhängigen Ansprüchen und der nachfolgenden Beschreibung beschrieben.

[0011] Das beschriebene Verfahren zur Bestimmung der Pose oder Position eines mobilen Endgeräts nutzt eine oder eine Vielzahl von Landmarken, deren jeweilige Pose in einer Datenbank gespeichert ist.

[0012] Das Verfahren umfasst die folgenden Schritte, die vorzugsweise in dieser Reihenfolge ausgeführt werden:

- Bestimmen einer ersten Position des mobilen Endgeräts, basierend auf einer in der Datenbank gespeicherten Position einer ersten Landmarke sowie einer relativen Position des mobilen Endgeräts bezüglich der ersten Landmarke; wobei sich die erste Landmarke in einem Detektionsbereich eines Detektors des mobilen Endgeräts befindet;
- Bestimmen mindestens einer Zwischenposition des mobilen Endgeräts basierend auf der anhand der ersten Landmarke bestimmten Position des mobilen Endgeräts sowie Bewegungsdaten des mobilen Endgeräts;

- Bestimmen einer zweiten Position des mobilen Endgeräts basierend auf einer zuletzt bestimmten Zwischenposition des mobilen Endgeräts, einer in der Datenbank gespeicherten Position einer zweiten Landmarke sowie einer relativen Position des mobilen Endgeräts bezüglich der zweiten Landmarke; wobei sich die zweite Landmarke, wenn sich das mobile Endgerät an der zuletzt bestimmten Zwischenposition befindet, im Detektionsbereich des Detektors des mobilen Endgeräts befindet.

[0013] Die zweite Landmarke kann hierbei identisch zur ersten Landmarke sein, oder die zweite Landmarke kann verschieden von der ersten Landmarke sein.

[0014] Statt Positionen und Zwischenpositionen können auch Posen bzw. Zwischenposen bestimmt werden, wobei eine Pose eine Position sowie eine räumliche Orientierung, bspw. weitere Richtungsdaten (Ausrichtung, Winkel etc.) umfasst.

[0015] Bevorzugt verwendet das beschriebene Verfahren wahlweise nur künstliche Landmarken, nur natürliche Landmarken oder eine Kombination von künstlichen und natürlichen Landmarken, wie weiter unten detaillierter beschrieben wird.

[0016] Die Bestimmung der Zwischenposen oder Zwischenpositionen erfolgt bei dem beschriebenen Verfahren über Bewegungsdaten wie die relative Posenänderungen des mobilen Endgeräts, welche vorzugsweise durch inertielle und/oder visuelle Odometrie erfasst werden. Die Erfassung von Bewegungen und Bestimmung von Posen basierend auf Sensorik wird beispielsweise in OKVIS: Stefan Leutenegger, Simon Lynen, Michael Bosse, Roland Siegwart and Paul Timothy Furgale. Keyframe-based visual-inertial odometry using nonlinear optimization. The International Journal of Robotics Research, 2015 beschrieben.

[0017] Auf diese Weise ist eine Bestimmung der Pose oder Position des mobilen Endgeräts sowohl möglich, wenn sich eine Landmarke im Bereich des Detektors des mobilen Endgeräts befindet, als auch wenn sich momentan keine Landmarke im Bereich des Detektors des mobilen Endgeräts befindet.

[0018] Die Bestimmung der Pose oder Position wird hierbei vorzugsweise durch das mobile Endgerät anhand einer Kombination aus den Informationen der Datenbank, welche die absolute Pose einer Landmarke beinhaltet und den bei der Detektion einer Landmarke durch den Detektor des mobilen Endgeräts gewonnenen Information bezüglich der relativen Pose des mobilen Endgeräts bezüglich einer Landmarke vorgenommen.

[0019] Eine absolute Pose oder absolute Position ist hierbei eine Pose bzw. Position, die anhand eines vordefinierten Koordinatensystems definiert ist.

[0020] Der Detektor des mobilen Endgeräts kann beispielsweise aus einer oder mehreren Kameras mit einer angekoppelten Bildverarbeitungseinheit bestehen.

[0021] Die Datenbank ist hierbei vorzugsweise nicht auf dem mobilen Endgerät gespeichert, sondern auf einem entfernt angeordneten Server, mit dem das mobile Endgerät kommunikativ verbunden ist, beispielsweise durch eine Funk oder WLAN Verbindung.

[0022] Das mobile Endgerät hat dabei vorzugsweise keine vollständige Kenntnis über alle in der Datenbank gespeicherten Landmarken, sondern erhält vom Server nur die aktuell relevanten Informationen, beispielsweise Informationen zu Landmarken, die sich in der Nähe oder in einem Bereich des Detektors befinden. Hierbei kann der Bereich des Detektors beispielsweise anhand einer Entfernung zu dem mobilen Endgerät bzw. dem Detektor definiert werden, oder anhand eines Sichtfeldes des Detektors, oder anhand einer Kombination aus Entfernung und Sichtfeld des Detektors.

[0023] Das beschriebene Verfahren nutzt sowohl künstliche Landmarken als auch natürliche Landmarken.

[0024] Die Detektion von künstlichen Landmarken und die Bestimmung einer Pose oder Position eines mobilen Endgeräts, zum Beispiel mit Datamatrixcodes, wird beispielsweise in EP 2 738 519 B1 beschrieben. Durch die vordefinierte Größe künstlicher Landmarken kann die Entfernung zu der jeweiligen Landmarke bestimmt werden, was die Posen- oder Positionsbestimmung erleichtert.

[0025] Natürliche Landmarken werden im Gegensatz zu künstlichen Landmarken aus bereits vorhandenen Umgebungsmerkmalen bestimmt, die nicht explizit für eine Ortung bestimmt sind. Sie werden über die Erstellung einer 3D-Punktewolke für einen eingeschränkten Raumausschnitt erfasst. Durch die Aufzeichnung einer Mehrzahl von Bildern der Punkte der natürlichen Punktewolke (theoretisch aber mindestens zwei) von verschiedenen Blickwinkeln aus, lassen sich mit diesem Verfahren, unter Einbeziehung intrinsischer Informationen der Kamera und der Bewegung der Kamera zwischen den Aufnahmen, skalierte räumliche Informationen (3D-Koordinaten) über die Punkte berechnen, welche dann letztlich in einer Datenbank erfasst werden. Die relative räumliche Beziehung der erkannten Punkte zueinander kann dann in Kombination mit den Feature-Deskriptoren verwendet werden, um die natürliche

Landmarke später wiedererkennen zu können und mit dieser das mobile Endgerät zu lokalisieren.

[0026] Zur Erstellung einer dreidimensionalen Punktwolke sind mindestens zwei Bilder notwendig (ein Bild reicht theoretisch aus, wenn alle Punkte in einer Ebene liegen). Vorzugsweise werden zwei bis fünf Bilder verwendet. Die Anzahl der benötigten Bilder ist dabei abhängig von dem Inhalt der Bilder, beispielsweise von der Textur der aufgenommenen Umgebung. Die mindestens zwei Bilder können gleichzeitig durch mehrere Kameras aufgenommen werden oder nacheinander von derselben Kamera, wobei zwischen der Aufnahme verschiedener Bilder durch eine Kamera eine Posenänderung des mobilen Endgeräts erfolgt, damit mindestens zwei Bilder aus unterschiedlichen Blickwinkeln aufgenommen werden können.

[0027] Zur Detektion natürlicher Landmarken können Tools wie Microsoft Azure Spatial Anchor oder Google ARCore Cloud Anchor verwendet werden.

[0028] Zu beachten ist, dass bei dem beschriebenen Verfahren keine vollständige Karte der Umgebung, und vorzugsweise auch keine Teilkarte für einen Abschnitt, erstellt wird. Insbesondere wird vorzugsweise keine SLAM Karte erstellt. Die Navigation des mobilen Endgeräts erfolgt basierend auf Sensorik und den in der Datenbank gespeicherten Ortsinformationen der Landmarken. Verglichen mit einer vollständigen Kartierung kann somit Speicherplatz und Rechenkapazität gespart werden.

[0029] Als Referenzsystem für die Posen- oder Positionsbestimmung kann ein Gebäudegrundriss (z. B. Hallenplan), oder auch ein einziger festgelegter Punkt, wie beispielsweise eine Einfahrt zu einem Gelände dienen. Die ermittelte Pose oder Position des mobilen Endgerätes kann auf einer Karte dargestellt werden.

[0030] Das Verfahren kann weiterhin, zwischen dem Bestimmen der zuletzt bestimmten Zwischenpose oder Zwischenposition und dem Bestimmen der zweiten Pose oder Position, die folgenden Schritte umfassen:

- Übermittlung der zuletzt bestimmten Zwischenpose oder Zwischenposition durch das mobile Endgerät an den Server. Die Übermittlung kann vorzugsweise in geregelten Abständen, zum Beispiel in Abhängigkeit von der erfolgten Bewegung oder in definierten zeitlichen Abständen erfolgen;
- Bestimmung durch den Server, basierend auf der zuletzt übermittelten bestimmten Zwischenposition und den in der Datenbank gespeicherten Positionen der mindestens einen Landmarke, dass die zweite Landmarke im Detek-

tionsbereich des Detektors des mobilen Endgeräts ist, wenn das mobile Endgerät sich an der zuletzt bestimmten Zwischenpose oder Zwischenposition befindet;

- Übersenden von Landmarkeninformationen der zweiten Landmarke durch den Server an das mobile Endgerät, wobei dies Informationen zu der Pose oder Position der Landmarke und/oder Detektionsinformationen, wie beispielsweise visuelle Informationen, der Landmarke umfasst;

- Detektieren der zweiten Landmarke durch den Detektor des mobilen Endgeräts basierend auf den Informationen zu der zweiten Landmarke.

[0031] Visuelle Informationen der Landmarke können hierbei beispielsweise ein Bild, eine Detektionsvorschrift (Kodierung) oder einen oder mehrere signifikante Punkte der Landmarke umfassen.

[0032] Die Detektion der Landmarke erfolgt beispielsweise durch ein visuelles Abscannen der Umgebung, insbesondere in der Richtung, in der sich die Position der Landmarke befinden soll. Diese vermutete Position der Landmarke wird mittels der vom Server übermittelten Informationen über die Landmarke bestimmt.

[0033] Die Speicherung der Datenbank auf dem Server erlaubt es, den Speicher des mobilen Endgeräts nicht unnötig mit diesen Daten zu belasten. Außerdem wird somit die Rechenlast des mobilen Endgeräts reduziert, da das mobile Endgerät vorzugsweise nur die eigene Zwischenpose oder Zwischenposition berechnet. Der rechenintensivere Abgleich, ob sich eine Landmarke in der Nähe bzw. im Bereich des Detektors befindet, wird vorzugsweise vom Server vorgenommen.

[0034] Wenn die Zwischenpose oder Zwischenposition durch das mobile Endgerät bestimmt wird, können durch Ungenauigkeiten der Sensoren, die die Bewegungsdaten erkennen, Abweichungen von der tatsächlichen Pose oder Position entstehen. Somit kann es passieren, dass sich die vom Server an das mobile Endgerät kommunizierte Landmarke aus Sicht des mobilen Endgeräts nicht genau an der übermittelten Stelle befindet. Das mobile Endgerät kann diese Abweichungen kompensieren, indem es, unter Verwendung des Detektors einen Bereich der Umgebung eines angenommenen Ortes der jeweiligen Landmarke absucht, um die Landmarke zu detektieren. Hierbei kann auf unterschiedliche Art vorgegangen werden. Beispielsweise kann vorgegeben sein, in welchem Umkreis der vermeintlichen Pose oder Position nach der Landmarke gesucht werden soll. Es kann dabei auch an der vermuteten Position begonnen werden und dann intervallförmig oder kreis- bzw. schneckenförmig um die

vermutete Position der Landmarke herum gesucht werden.

[0035] Es ist auch möglich, dass das mobile Endgerät sich bei der Suche nach einer Landmarke zumindest in einem gewissen Umfang bewegt, um zu verhindern, dass eine Landmarke aufgrund eines optischen Hindernisses nicht erkannt wird. Vorzugsweise kann eine Time-Out Funktion verwendet werden, die nach einer gewissen, vorgegebenen Suchdauer eine Fehlermeldung an den Server übermittelt, falls die Landmarke nicht gefunden wurde.

[0036] Die Nachverfolgung der Pose oder Position eines mobilen Endgerätes, das heißt die Bestimmung von Zwischenposen oder Zwischenpositionen unterliegt Ungenauigkeiten. Anhand einer oder, vorzugsweise, mehrerer Abweichungen des mobilen Endgeräts kann z. B. eine durchschnittliche Abweichung, beispielsweise eine durchschnittliche Abweichung pro Zeiteinheit oder Wegeinheit, gegebenenfalls in Abhängigkeit von vorgefundenen Umgebungsbedingungen, wie Feature-Reichtum oder Lichtverhältnissen, bestimmt werden. Die Berechnung der Abweichungen basiert auf der ersten, anhand der zuerst erkannten Landmarke bestimmten Pose oder Position und der danach, anhand der danach erkannten Landmarke bestimmten Pose oder Position sowie der bei der Detektion der zweiten Landmarke bestimmten Abweichung und einer Zeit- bzw. Weglänge zwischen der Detektion der ersten Landmarke und der zweiten Landmarke und gegebenenfalls eines oder mehrerer Faktoren, welche die vorgefundenen Umgebungsbedingungen repräsentieren.

[0037] Alternativ oder zusätzlich ist es auch optional möglich, eine Art Wahrscheinlichkeits-Radius zu ermitteln, der angibt wie weit das mobile Endgerät von der aktuell bestimmten Position entfernt sein könnte. Beispielsweise können auch gängige Filteransätze (z. B. Kalmanfilter) verwendet werden, um Sensorikunsicherheiten probabilistisch zu reduzieren.

[0038] Die ermittelte Abweichung kann zum einen verwendet werden, um während der Bewegungen des mobilen Endgeräts bereits die Zwischenpose oder Zwischenposition kontinuierlich oder gelegentlich zu verbessern. Andererseits kann die durchschnittliche Abweichung verwendet werden, um bei der Suche nach einer Landmarke den Suchbereich einzugrenzen.

[0039] Bedingt durch die Abweichungen des mobilen Endgeräts wird die Posen- oder Positionsbestimmung schwieriger, wenn nur wenige Landmarken verwendet werden. Es ist deshalb vorgesehen nach einer initialen Einrichtung der Landmarken im Betrieb

des Systems zusätzliche natürliche oder künstliche Landmarken hinzuzufügen.

[0040] Entsprechend einer Ausführungsform ist es daher möglich, nach dem Bestimmen einer aktuellen Zwischenposition oder nach dem Bestimmen der ersten Position, eine neue Landmarke hinzuzufügen entsprechend der folgenden Schritte:

- Aufnehmen mindestens eines Bildes einer Umgebung des mobilen Endgeräts durch mindestens eine Kamera des mobilen Endgeräts,
- Extrahieren identifizierender Merkmale aus dem mindestens einem aufgenommenen Bild und Erstellen der neuen Landmarke basierend auf der aktuellen Zwischenposition und den identifizierenden Merkmalen,
- Einfügen einer Referenzinformation der identifizierenden Merkmale als die neue Landmarke in die Datenbank zusammen mit einer Position der identifizierenden Merkmale, wobei die Position der identifizierenden Merkmale anhand der bestimmten aktuellen Zwischenposition des mobilen Endgeräts beim Aufnehmen des mindestens eines Bildes, aus denen die identifizierenden Merkmale extrahiert wurden, bestimmt wird.

[0041] Die identifizierenden Merkmale können hierbei einen Datensatz aus Vektoren, die jeweils entweder die relativen Positionen der einzelnen Merkmale und/oder deren Feature-Deskriptoren beinhalten, umfassen. Identifizierende Merkmale können somit beispielsweise in Form einer Punktwolke (ggf. zusammen mit einer Pose der Punktwolke) vorliegen.

[0042] Die Referenzinformation sollte die Landmarke eindeutig charakterisieren, beispielsweise kann bei einer Punktwolke ein repräsentativer Punkt gemäß einer Rechenvorschrift ausgewählt werden, oder ein Mittelpunkt der Punktwolke bestimmt werden. Auch kann die relative Positionen und/oder Feature-Deskriptoren der erkannten Merkmale oder kodierte Textinformation einer künstlichen Landmarke als Referenzinformation verwendet werden.

[0043] Entsprechend dieser Ausführungsform ist es daher möglich, zu neu hinzugefügten Landmarken, ohne Einmessung mit externen Messmitteln, Posen entsprechend der folgenden Schritte in der Datenbank zu speichern:

- Anlegen einer natürlichen Landmarke basierend auf Bildaufnahmen der Umgebung des mobilen Endgeräts und den extrahierten 3D Punktwolken oder bestimmen einer zusätzlichen künstlichen Landmarke;

- Speicherung der Pose oder Position der Landmarke, wobei die Pose oder Position über das mobile Endgerät ermittelt wird.

[0044] Die Anlage, Erkennung und Speicherung der Ortsinformation einer natürlichen Landmarke kann manuell durch den Nutzer des mobilen Endgerätes ausgelöst oder automatisiert erfolgen, zum Beispiel, wenn das mobile Endgerät eine Zwischenpose oder Zwischenposition an den Server sendet und sich herausstellt, das im umliegenden Bereich des mobilen Endgeräts noch keine oder zu wenige Landmarken vorhanden sind.

[0045] Da Landmarken, die beispielsweise mit einem Laser eingemessen wurden, im Allgemeinen als genauer anzusehen sind als Landmarken deren Pose über das mobile Endgerät bestimmt wurde, ist es vorzugsweise möglich, den Landmarken in der Datenbank und ihrer zugeordneten Ortsinformation jeweils einen Genauigkeitswert zuzuordnen. Die Genauigkeit ergibt sich zum Beispiel aus der berechneten oder vermuteten Abweichung des mobilen Endgeräts bei Ermittlung der eigenen Position oder Pose zur Berechnung der Ortsinformation der neuen Landmarke. Hierbei kann quantitative Genauigkeit ermittelt oder eine qualitative Genauigkeit beispielsweise durch eine diskrete Anzahl von Genauigkeitsklassen (wie „1“, „2“ und „3“, oder „hoch“, „eher hoch“, „mittel“, „eher niedrig“ und „niedrig“) definiert werden.

[0046] Vorzugsweise haben hierbei Landmarken, deren Position eingemessen wurde eine erste Genauigkeit und Landmarken, die unter Verwendung einer aktuellen Zwischenposition hinzugefügt wurden, eine zweite Genauigkeit, wobei die erste Genauigkeit höher, oder genauer, als die zweite Genauigkeit ist.

[0047] Es ist weiterhin möglich, die Genauigkeit der Ortsinformation einer Landmarke nachträglich und wahlweise manuell, geführt oder automatisiert zu verbessern. Die Neubestimmung der Pose einer Landmarke sollte durchgeführt werden, wenn die aktuelle Abweichung des mobilen Endgerätes zum Zeitpunkt der Erkennung der Landmarke als geringer berechnet oder vermutet wird, als die Abweichung, die bei der vorherigen Bestimmung der Pose der Landmarke vorgelegen hat. Somit ist optional eine Verbesserung der Genauigkeit der Position einer hinzugefügte Landmarke anhand der Positionsdaten weiterer Landmarken in einer Umgebung der hinzugefügten Landmarke, bzw. in einer Umgebung der Position der hinzugefügten Landmarke, möglich.

[0048] Durch die zugeordneten Genauigkeiten der Ortsinformationen von Landmarken kann beispielsweise ein Suchraum für eine Landmarke präzisiert werden, da hierbei sowohl die Abweichung des mobilen Endgeräts als auch die Genauigkeit der Ortsinfor-

mation der Landmarke eine Rolle spielen und bei der Bestimmung des Suchraums verwendet werden können. Als Suchraum wird hierbei der Umkreis um die, auf Basis der vom Server übermittelten Informationen bestimmte, Position der Landmarke bezeichnet, in dem das mobile Endgerät die Landmarke suchen soll.

[0049] Vorzugsweise umfassen bei dem beschriebenen Verfahren die Bewegungsdaten die relativen Bewegungen und Rotationen des mobilen Endgeräts, welche vorzugsweise durch Inertialsensoren und/oder Beschleunigungssensoren und/oder Drehratensensoren und/oder durch visuelle Odometrie erfasst werden. Hierbei können zusätzlich zu Bewegungen durch den Raum auch Bewegungen des mobilen Endgeräts an einem Ort bestimmt werden. Somit kann beispielsweise auch eine Pose des mobilen Endgeräts und/oder des Detektors des mobilen Endgeräts erfasst werden.

[0050] Vorzugsweise umfasst eine erste Teilmenge der verwendeten Landmarken opto-elektronisch detektierbare Symbole, wie beispielsweise Datamatrixcodes oder Barcodes einer vorgesehenen Größe. Diese Art der Landmarken wird auch als künstliche Landmarken bezeichnet.

[0051] Zusätzlich oder alternativ umfasst eine zweite Teilmenge der verwendeten Landmarken Umgebungsmerkmale, die nicht explizit zum Zwecke der Gerätelokalisierung in die Umgebung eingebracht wurden, also Umgebungsmerkmale, die ursprünglich nicht als Landmarken vorgesehen sind. Derartige Landmarken, die auch als natürliche Landmarken bezeichnet werden, können beispielsweise als Punktwolke hinterlegt werden, oder durch andere markante Bildausschnitte. Diese Art der Landmarken wird auch als natürliche Landmarken bezeichnet.

[0052] Vorzugsweise ist eine der verwendeten Landmarken entweder Teil der ersten Teilmenge (künstliche Landmarken) oder der zweiten Teilmenge (natürliche Landmarken).

[0053] Die gemeinsame Verwendung künstlicher und natürlicher Landmarken hat den Vorteil, dass weniger künstliche Landmarken verwendet werden, da künstliche Landmarken einen zusätzlichen Installationsaufwand bedingen und auch bei der bildlichen Erfassung der Umgebung stören können. Gleichzeitig stehen künstliche Landmarken aber in Bereichen, in denen es aufgrund fehlender Struktur der Umgebung keine oder wenige Punkte gibt, die sich als natürliche Landmarken eignen, trotzdem zur Verfügung.

[0054] Durch die vorgegebene Größe der Symbole kann die Entfernung zu der jeweiligen Landmarke

bestimmt werden, was die Positionsbestimmung erleichtert. Die Detektion von Datamatrixcodes und Bestimmung einer Position und Pose basierend auf Datamatrixcodes wird beispielsweise in EP 2 738 519 B1 beschrieben.

[0055] Zu beachten ist, dass bei dem beschriebenen Verfahren vorzugsweise keine vollständige und beispielsweise noch nicht mal eine teilweise Karte erstellt wird. Die Navigation des mobilen Endgeräts erfolgt basierend auf Sensorik und den in der Datenbank gespeicherten Landmarken, die jeweils einen Punkt identifizieren. Verglichen mit einer vollständigen Kartierung kann somit Speicherplatz und Rechenkapazität gespart werden.

[0056] Das beschriebene Verfahren wird vorzugsweise zur Ortung des mobilen Endgeräts innerhalb geschlossener Bereiche, wie beispielsweise Fabrikhallen oder Fabrikgeländen eingesetzt.

[0057] Als Referenzsystem für die Positionsbestimmung kann hierbei ein Hallenplan, oder auch ein einziger festgelegter Punkt, wie beispielsweise eine Einfahrt zu einem Werksgelände oder einer Fabrikhalle dienen.

[0058] Diese Anmeldung umfasst neben dem beschriebenen Verfahren auch ein System zur Positionsbestimmung oder Lokalisierung eines mobilen Endgeräts in einer Umgebung. Das System umfasst mindestens ein mobiles Endgerät und einen Server.

[0059] Das mobile Endgerät umfasst hierbei einen Detektor, der zur Detektion von Landmarken konfiguriert ist; eine Sende-Empfangseinheit, die zum Senden von Daten an den Server und zum Empfangen von Daten vom Server konfiguriert ist, und eine Recheneinheit.

[0060] Die Recheneinheit ist konfiguriert zur Durchführung der oben beschriebenen Verfahrensschritte.

[0061] Der Server umfasst vorzugsweise die Datenbank, eine Recheneinheit, und eine Sende-Empfangseinheit konfiguriert zum Senden von Daten an das mobile Endgerät und zum Empfangen von Daten vom mobilen Endgerät.

[0062] Das beschriebene System kann weiterhin konfiguriert sein, die oben und im Weiteren beschriebenen Verfahrensschritte und Ausführungsformen durchzuführen. Alle im Zusammenhang mit dem Verfahren beschriebenen Merkmale können auch für das System verwendet werden und umgekehrt.

[0063] Die vorliegende Anmeldung umfasst weiterhin ein Computerprogrammprodukt, umfassend Befehle, die bewirken, dass das beschriebene System die beschriebenen Verfahrensschritte ausführt.

Insbesondere können bei dem Computerprogrammprodukt Befehle zur Durchführung der Verfahrensschritte, die das mobile Endgerät betreffen, durch das mobile Endgerät und Befehle zur Durchführung der Verfahrensschritte, die den Server betreffen, durch den Server umfasst sein.

[0064] Weiterhin umfasst die vorliegende Anmeldung ein computerlesbares Medium, auf dem das Computerprogrammprodukt gespeichert ist.

[0065] Weitere Merkmale und Vorteile der vorliegenden Erfindung werden nachfolgend anhand der Figuren beschrieben. Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung eines mobilen Endgeräts sowie eines Servers entsprechend eines Aspektes der vorliegenden Anmeldung;

Fig. 2A eine schematische Darstellung eines mobilen Endgeräts in einem Bereich mit zwei künstlichen Landmarken mit einem ersten Landmarke im Detektionsbereich;

Fig. 2B eine schematische Darstellung eines mobilen Endgeräts in einem Bereich mit zwei künstlichen Landmarken ohne Landmarken im Detektionsbereich;

Fig. 2C eine schematische Darstellung eines mobilen Endgeräts in einem Bereich mit zwei künstlichen Landmarken mit einer zweiten Landmarke im Detektionsbereich;

Fig. 2D eine schematische Darstellung eines mobilen Endgeräts in einem Bereich mit zwei künstlichen Landmarken und einer Punktwolke als natürlicher Landmarke;

Fig. 3 eine schematische Darstellung eines Ablaufdiagramms des beschriebenen Verfahrens gemäß einer Ausführungsform der Anmeldung.

Fig. 4 eine schematische Darstellung eines Ablaufdiagramms des beschriebenen Verfahrens gemäß einer weiteren Ausführungsform der Anmeldung.

Fig. 5 eine schematische Darstellung eines Ablaufdiagramms des beschriebenen Verfahrens gemäß einer weiteren Ausführungsform der Anmeldung.

[0066] **Fig. 1** zeigt eine schematische Darstellung eines mobilen Endgeräts 100 und eines Servers 200. Das mobile Endgerät 100 ist beispielsweise ein autonom fahrender Roboter und umfasst einen Prozessor 110, eine Sende-Empfangseinheit 120, eine Detektoreinheit 130 die mit einem Kamerasystem 140 (bestehend aus einer oder mehreren Kameras) verbunden ist, sowie einen oder mehrere Sensoren 150a, 150b.

[0067] Der Server 200 umfasst einen Prozessor 210, eine Sende-Empfangseinheit 220 und eine Datenbank 230.

[0068] In der Datenbank 230 des Servers 200 sind Landmarken mit ihren Posen entsprechend des verwendeten Koordinatensystems gespeichert.

[0069] Der Prozessor 210 des Servers ist konfiguriert, lesend und schreibend auf die Datenbank zuzugreifen und weiterhin über die Sende-Empfangseinheit 220 mit der Sende-Empfangseinheit 120 des mobilen Endgeräts zu kommunizieren. Die Kommunikation erfolgt vorzugsweise kabellos, beispielsweise über WLAN, Funk, Bluetooth oder andere kontaktlose Übertragungsprotokolle.

[0070] Die Kamera 140 ist konfiguriert, Bilder von der Umgebung aufzunehmen und diese an die Detektoreinheit 130 zu übertragen, wobei der Detektor wiederum konfiguriert ist, die empfangenen Bilder zu analysieren und in den Bildern enthaltene Landmarken zu detektieren. Wenn eine Landmarke detektiert wurde, so wird diese Information an den Prozessor 110 übermittelt.

[0071] Die Sensoren 150a, 150b können Inertialsensoren wie Drehratensensoren oder Beschleunigungssensoren oder Sensoren zur visuellen Bewegungsabschätzung umfassen. Als Sensoren zur visuellen Bewegungsabschätzung können Kameras verwendet werden, beispielsweise auch dieselbe Kamera, die zur Erfassung der Landmarken verwendet wird.

[0072] Die Sensoren 150a, 150b sind konfiguriert, die aufgenommenen Bewegungsdaten und Bilddaten an den Prozessor 110 zu übermitteln.

[0073] Der Prozessor 110 ist konfiguriert, anhand der Daten, welche er von den Sensoren 150a, 150b, von der Detektoreinheit 130 und den Daten, die er vom Server 200 über die Sende-Empfangseinheit 120 erhält, eine eindeutige Pose oder Position des mobilen Endgeräts innerhalb eines absoluten Koordinatensystems zu berechnen, welches seinen Ursprung in einem festen unbeweglichen Bezugspunkt in der realen Welt und fest definierte Achsausrichtung besitzt. Dies könnte z.B. ein System sein, welches auf geographischen Koordinaten aufbaut. Die Ortsinformationen der Landmarken, welche in der Datenbank 230 hinterlegt sind, sind ebenfalls in diesem Koordinatensystem definiert.

[0074] Fig. 2A, Fig. 2B, Fig. 2C und Fig. 2D zeigen jeweils eine Draufsicht einer Fabrikhalle 300, in der sich das mobile Endgerät 100 bewegt. An den Regalen 301 der Fabrikhalle sind zwei Landmarken 302a, 302b installiert.

[0075] Einige Aspekte der Wirkungsweise der vorliegenden Schutzrechtsanmeldung wird exemplarisch anhand der Fig. 2A - Fig. 2D erklärt.

[0076] Wie in Fig. 2A zu sehen, befindet sich das mobile Endgerät vor der ersten Landmarke 302a, die sich im Detektionsbereich 304 der Kamera des mobilen Endgeräts 100 befindet.

[0077] Der Prozessor 110 des mobilen Endgeräts 100 ist in dieser Situation konfiguriert, die Pose oder Position des mobilen Endgeräts basierend auf der in der Datenbank 230 des Servers 200 gespeicherten Daten zu bestimmen, wobei die gespeicherten Daten Ortsinformationen zu der ersten Landmarke 302a sowie Informationen umfassen, die eine eindeutige Zuordnung dieser Landmarke 302a der durch die Detektoreinheit 130 detektierten Landmarke ermöglichen.

[0078] Beim Bestimmen der Pose oder Position basierend auf der ersten Landmarke 302a, wie in Fig. 2A gezeigt, kann auf zweierlei Arten vorgegangen werden.

[0079] Zum einen kann die Kamera 140 mit angeschlossener Detektoreinheit 130 kontinuierlich oder in gewissen, festgelegten Intervallen den Detektionsbereich 304 absキャンen und somit künstliche Landmarken, wie die erste Landmarke 302a detektieren. In diesem Fall sind dann die Prozessoren 110, 210 weiterhin konfiguriert, die detektierte und aufgenommene erste Landmarke 302a mit Landmarken aus der Datenbank 230 abzugleichen.

[0080] Es ist hierbei zu beachten, dass bei der Detektion künstlicher und natürlicher Landmarken grundsätzlich verschiedene Verfahren zum Einsatz kommen können. Da durch die Kommunikation mit der Datenbank 230 häufig vorab bekannt ist, um welche Art von Landmarke es sich handelt, kann dann jeweils ein angepasstes Verfahren zur Detektion verwendet werden. Bei der Detektion von natürlichen Landmarken, die in der Form von Punktwolken hinterlegt sind kann die Detektion beispielsweise auf einer Extraktion markanter Punkte, beispielsweise unter Verwendung eines externen Tools, beruhen. Bei der Detektion künstlicher Landmarken hingegen liegen oft weitere Informationen zur Größe, Struktur und Beschaffenheit der künstlichen Landmarken vor, so dass beispielsweise Kantenerkennung oder Farberkennung eingesetzt werden kann, um auf effiziente Art die künstliche Landmarke zu detektieren oder zumindest den Suchraum einzugrenzen.

[0081] Wenn es sich bei der ersten Landmarke 302a statt um eine künstliche Landmarke um eine natürliche Landmarke handelt, so kann die Detektoreinheit 130 ebenfalls den Detektionsbereich 304 absキャンen und aus dem oder den aufgenommenen

Bildern signifikante Punkte extrahieren, wie auch im Zusammenhang mit der Anlage einer natürlichen Landmarke beschrieben. Die extrahierten Punkte können dann mit einer natürlichen Landmarke abgeglichen werden, wobei die Informationen der natürlichen Landmarke auf dem Server 200 und/oder in einem weiteren entfernten Speicher abgelegt sein können. Die in der Datenbank 230 des Servers 200 gespeicherten Positionsinformation oder Posen beziehen sich dabei auf ein von dem System verwendetes Koordinatensystem.

[0082] Beispielsweise könnte auf dem Server eine Pose oder Position der natürlichen Landmarke bezüglich eines repräsentativen Punktes der Landmarke, vorzugsweise unter Verwendung eines eindeutig definierten Koordinatensystems, gespeichert sein, während die Informationen zu der Punktwolke der natürlichen Landmarke bei einem externen Dienstleister oder einer zweiten externen Datenbank gespeichert sind. Die zusammengehörenden Informationen bezüglich derselben Landmarke in der Datenbank 230 und in der zweiten Datenbank oder bei dem externen Dienstleister sind mittels einer ID, eines Links oder auf ähnliche Art ein-eindeutig miteinander verknüpft.

[0083] Zusammen mit der Punktwolke wird bei dem externen Dienstleister oder in der zweiten Datenbank vorzugsweise auch eine Orientierung oder Pose der Punktwolke bzgl. eines von der zweiten Datenbank bzw. dem externen Dienstleister verwendeten Koordinatensystem gespeichert. Hierbei können für unterschiedliche Landmarken auch unterschiedliche Koordinatensysteme seitens der zweiten Datenbank bzw. des externen Dienstleisters verwendet werden. Beispielsweise können die Koordinatensysteme relativ zum mobilen Endgerät oder zur Landmarke definiert sein. Das vom System verwendete Koordinatensystem kann, muss aber nicht, sich vom Koordinatensystem der zweiten Datenbank bzw. des externen Dienstleisters, unterscheiden. Falls verschiedene Koordinatensysteme verwendet werden, so muss zusätzlich die Transformation, die notwendig ist um die Koordinatensysteme ineinander abzubilden, bekannt oder aus der vorhandenen Information eindeutig bestimmbar sein.

[0084] Falls ein repräsentativer Punkt verwendet wird, so kann dieser repräsentative Punkt Teil der Punktwolke sein, oder er kann aus der Punktwolke mittels einer eindeutigen Rechenvorschrift bestimmt werden.

[0085] Hierzu wird die detektierte erste Landmarke 302a, bzw. Informationen, welche diese eindeutig repräsentieren, vom Prozessor 110 des mobilen Endgeräts 100 mittels der Sende-Empfangeinheiten 120, 220 an den Prozessor 210 des Servers 200 übermittelt, und der Prozessor des Servers 200

ist wiederum konfiguriert, die detektierte erste Landmarke 302a mit der Datenbank 230 abzugleichen und die so ermittelten Ortsinformationen an das mobile Endgerät 100 zu übertragen. Diese Vorgehensweise bedingt jedoch einen Dauerbetrieb der Detektoreinheit 130 zum Überprüfen der von der Kamera 140 aufgenommenen Bilder auf mögliche Landmarken.

[0086] Alternativ, und mit weniger Rechenaufwand verbunden, wird durch das mobile Endgerät 100 kontinuierlich oder in gewissen vorgegebenen Abständen die aktuelle Position oder Pose oder Zwischenposition oder Zwischenpose mittels der Sende-Empfangeinheiten 120, 220 an den Server übermittelt.

[0087] Der Prozessor 210 des Servers 230 ist konfiguriert, dem Prozessor des Endgeräts 110 über die Sende- und Empfangseinheiten 220 und 120 Informationen über die Landmarken zu übermitteln, welche sich in dem Bereich befinden, welcher aktuell von der Kamera 140 des mobilen Endgeräts 100 theoretisch erfasst werden kann, sowie Informationen über Landmarken die sich in näherer Umgebung dieses Bereichs befinden, um eventuellen Ungenauigkeiten der aktuellen Zwischenpose vorzubeugen. Mithilfe dieser Informationen können detektierte Landmarken in der Datenbank 230 hinterlegten Landmarken jeweils eindeutig zugeordnet werden.

[0088] In beiden Fällen wird jedoch eine Positions- oder Posenbestimmung des mobilen Endgeräts entsprechend der detektierten Landmarke und den in der Datenbank gespeicherten Ortsinformationen vorgenommen.

[0089] Wenn sich aktuell keine Landmarke im Bereich der Kamera befindet, wie in **Fig. 2B** gezeigt, so ist der Prozessor 110 des mobilen Endgeräts 100 zum Bestimmen der Pose oder Position des mobilen Endgeräts 100, basierend auf einer zuletzt anhand einer Landmarke, im vorliegenden Fall der ersten Landmarke 302a, bestimmten Pose oder Position, sowie Bewegungsdaten 303 des mobilen Endgeräts 100, die vorzugsweise nach der letzten erfolgten Detektion einer Landmarke gesammelt wurden, konfiguriert.

[0090] Wenn das mobile Endgerät 100 sich dann, wie in **Fig. 2C** gezeigt, soweit bewegt hat, dass es sich wieder in der Nähe einer Landmarke, in diesem Fall in der Nähe der zweiten Landmarke 302b, befindet, so kann wiederum eine Pose oder Position basierend auf einer Landmarke bestimmt werden, wie es oben schon mit Bezug zur ersten Landmarke 302a beschrieben wurde. Allerdings besteht bei der Detektion der zweiten Landmarke 302b, wie in **Fig. 2C** gezeigt, im Vergleich zu der in **Fig. 2A** gezeigten Detektion der ersten Landmarke 302a, der Unterschied, dass, bedingt durch die Bewegung

303, 303' des mobilen Endgeräts und die Ungenauigkeit der Sensoren 150a, 150b, eine Abweichung entstanden ist. Das mobile Endgerät 100 befindet sich auf einer Position, wie in **Fig. 2C** gezeigt, die durch das mobile Endgerät 100 bestimmte Zwischenposition platziert das mobile Endgerät jedoch an die Position 101'. Nach der Detektion der zweiten Landmarke 302b kann aber die interne Position des mobilen Endgeräts 100 korrigiert werden und es kann außerdem optional eine Abweichung bestimmt werden.

[0091] Um die Rechenlast des mobilen Endgeräts 100 möglichst reduziert zu halten, sind die Landmarken und ihre Ortsinformation in einer Ausführungsform nur in der Datenbank 230 auf dem Server gespeichert und der Server ist konfiguriert, nur die jeweils relevanten Landmarken bzw. die Information zu deren eindeutiger Erkennung an das mobile Endgerät zu übertragen. Dazu ist das mobile Endgerät konfiguriert, die zuletzt bestimmte Position an den Server zu übermitteln, wobei dann der Server konfiguriert ist, anhand der in der Datenbank 230 gespeicherten Information zu bestimmen, ob sich eine Landmarke im Bereich des mobilen Endgeräts 100 bzw. im Bereich der Kamera befindet. Wenn eine solche Landmarke in der Datenbank vorhanden ist, so ist der Server 200 bzw. der Prozessor 210 des Servers 200 konfiguriert, die Ortsinformation dieser Landmarke sowie Informationen zur eindeutigen Bestimmung der Landmarke an das mobile Endgerät zu übermitteln. Basierend auf den empfangenen Informationen kann dann das mobile Endgerät einen vorgegebenen Bereich visuell absuchen und die Landmarke detektieren und kann die Pose oder Position des mobilen Endgeräts basierend auf der detektierten Landmarke bestimmen.

[0092] Durch Ungenauigkeiten der Sensoren 150a, 150b kann es zu Abweichungen zwischen der detektierten Pose oder Position und der tatsächlichen Pose oder Position des mobilen Endgeräts kommen, insbesondere, wenn die letzte Positions- oder Posenbestimmung basierend auf einer Landmarke bereits länger her ist oder sich die Geräteposition seitdem signifikant verändert hat. Durch die Abweichung kann auch die Detektion einer neuen Landmarke erschwert werden, da der Bereich, in dem sich die Landmarke aus Sicht des mobilen Endgeräts anhand der übermittelten Informationen befinden soll von der tatsächlichen Position der Landmarke abweicht.

[0093] Wenn sich das mobile Endgerät 100 auf der in **Fig. 2a** gezeigten Position befindet, so kann das mobile Endgerät mit seiner Kamera 140 die Landmarke 302a detektieren und somit die Position des mobilen Endgeräts 100 wie oben beschrieben bestimmen. Wenn sich das mobile Endgerät 100 nun weiter bewegt, so befindet es sich in **Fig. 2b** an einer Position von der aus keiner der Landmarken

302a, 302b detektierbar sind. Somit bestimmt das mobile Endgerät in dieser Position seine Position basierend auf den anhand der Landmarke 302a bestimmten Position sowie Bewegungsdaten, die den Bewegungen 303 des mobilen Endgeräts 100 seit der Detektion der Landmarke 302a entsprechen.

[0094] Wenn sich das mobile Endgerät nun bis zu der in **Fig. 2c** gezeigten Position weiterbewegt, so erhält das mobile Endgerät vom Server, basierend auf der vom mobilen Endgerät übermittelten Position, die von der tatsächlichen Position des mobilen Endgeräts etwas abweicht, Informationen zur Landmarke 302b und das mobile Endgerät sucht im Bereich 304 nach der Landmarke 302b. Nach der Detektion der Landmarke 302b korrigiert das mobile Endgerät seine Position basierend auf den Positionsinformationen der Landmarke 302b. Weiterhin wird die Entfernung zur Landmarke 302b und die Ausrichtung der Kamera bei der Bestimmung der Position berücksichtigt.

[0095] Das mobile Endgerät kann weiterhin in der Position, wie in **Fig. 2b** und **Fig. 2d** gezeigt, eine neue Landmarke in die Datenbank einfügen. Dazu werden zunächst ein oder mehrere Bilder der Umgebung aufgenommen und aus diesen Bildern wird z.B. unter Verwendung von Tools wie z.B. Microsoft Azure Spatial Anchors oder Google Cloud Anchors eine Punktwolke 305 extrahiert, die charakteristisch für die aufgenommenen Bilder ist. In praktischen Anwendungen können Punktwolken ca. 100 bis 300 Punkte umfassen, mindestens erforderlich sind jedoch vier um eine Posenbestimmung zu ermöglichen.

[0096] Diese Punktwolke bzw. eine möglichst eindeutige Repräsentation dieser Punktwolke wird dann gemeinsam mit der Pose oder Position der Punktwolke bezüglich des vom beschriebenen System verwendeten Koordinatensystems in **Fig. 2d** in die Datenbank eingefügt. Zur Verbesserung der Genauigkeit der Ortsinformation der Punktwolke kann das mobile Endgerät auch noch weitere Landmarken in der Umgebung, beispielsweise die zweite Landmarke 302b, wie in **Fig. 2c** gezeigt, verwenden. Dazu wird, wenn das mobile Endgerät nach dem Hinzufügen der Punktwolke wieder die zweite Landmarke 302b detektiert, die ermittelte Abweichung an den Server übermittelt und der Prozessor 210 des Servers 200 korrigiert die Position der Punktwolke basierend auf der Abweichung.

[0097] In der Datenbank ist weiterhin optional eine Genauigkeit der Ortsinformationen der jeweiligen Landmarken gespeichert. Hierbei können beispielsweise künstliche Landmarken, wie Datamatrixcodes, die manuell hinzugefügt und mit einem Laser mit hoher Genauigkeit eingemessen wurden die höchste Genauigkeit „hoch“ erhalten. Landmarken, die auto-

matisch basierend auf einer Punktwolke hinzugefügt wurden erhalten initial die Genauigkeit „niedrig“. Wenn die Ortsinformation einer hinzugefügten Landmarke, der auf einer Punktwolke basiert durch weitere Landmarken korrigiert wurde, so kann die Genauigkeit dieser Landmarke dann in „mittel“ geändert werden. Weitere Abstufungen oder eine quantitative Genauigkeit sind ebenfalls möglich.

[0098] Die Ortung des mobilen Endgeräts erfolgt somit primär basierend auf einzelnen mit Landmarken markierten Punkten und es wird keine vollständige Karte erstellt.

[0099] Fig. 3 zeigt schematisch den Ablauf des Verfahrens zur Bestimmung der Position des mobilen Endgeräts. Hierbei umfasst das Verfahren entsprechend einer Ausführungsform die folgenden Schritte:

- S401: Bestimmen einer ersten Pose oder Position des mobilen Endgeräts 100 basierend auf den in der Datenbank 230 gespeicherten Ortsinformationen einer ersten Landmarke 302a sowie einer relativen Pose oder Position des mobilen Endgeräts 100 bezüglich der ersten Landmarke 302a, 302b; wobei sich die erste Landmarke 302a in einem Detektionsbereich 304 eines Detektors 130, 140 des mobilen Endgeräts 100 befindet;

- S402: Bestimmen mindestens einer Zwischenposition oder Zwischenpose des mobilen Endgeräts 100 basierend auf der anhand der ersten Landmarke 302a bestimmten Pose oder Position des mobilen Endgeräts 100 sowie Bewegungsdaten 303 des mobilen Endgeräts 100; und

- S403: Bestimmen einer zweiten Pose oder Position des mobilen Endgeräts 100 basierend auf einer zuletzt bestimmten Zwischenposition des mobilen Endgeräts, einer in der Datenbank 230 gespeicherten Ortsinformationen einer zweiten Landmarke 302b, sowie einer relativen Pose oder Position des mobilen Endgeräts 100 bezüglich der zweiten Landmarke 302b; wobei sich die zweite Landmarke 302b, wenn sich das mobile Endgerät an der zuletzt bestimmten Zwischenposition befindet, in einem Detektionsbereich 304 des Detektors 130, 140 des mobilen Endgeräts 100 befindet.

[0100] Die Verfahrensschritte S401, S402 und S403 werden dabei vorzugsweise durch den Prozessor bzw. die Recheneinheit 110 des mobilen Endgeräts ausgeführt, wobei die Datenbank 230 vorzugsweise auf dem Server 200 gespeichert ist und der Server 200 somit die Positionsinformationen der Landmarken 302a, 302b bereitstellt.

[0101] Fig. 4 zeigt ebenfalls ein Ablaufdiagramm entsprechend einer Ausführungsform der vorliegen-

den Anmeldung. Hierbei werden zu den bereits beschriebenen Verfahrensschritten S401, S402 und S403 noch die weiteren Verfahrensschritte S404 bis S407 hinzugefügt, die vorzugsweise zwischen den bereits beschriebenen Verfahrensschritten S402 und S403 ausgeführt werden.

- S404: Übermitteln der zuletzt bestimmten Zwischenposition oder Zwischenpose an den Server 200;

- S405: Bestimmen, basierend auf der zuletzt übermittelten bestimmten Zwischenposition oder Zwischenpose und den in der Datenbank 230 gespeicherten Ortsinformationen der mindestens einen Landmarke 302a, 302b, dass, wenn das mobile Endgerät sich an der bestimmten Zwischenposition befindet, die zweite Landmarke 302b im Detektionsbereich des Detektors 130, 140 des mobilen Endgeräts 100 ist;

- S406: Übersenden von Informationen der zweiten Landmarke 302b durch den Server 200 an das mobile Endgerät 100, wobei die Information der zweiten Landmarke 302b Ortsinformationen der zweiten Landmarke 302b und/oder Detektionsinformationen der zweiten Landmarke 302b umfassen;

- S407: Detektieren der zweiten Landmarke 302b basierend auf den Informationen der zweiten Landmarke 302b durch den Detektor 130, 140 des mobilen Endgeräts 100.

[0102] Hierbei werden die Verfahrensschritte S404 und S407 vorzugsweise durch das mobile Endgerät 100, bzw. durch den Prozessor 110 des mobilen Endgeräts 100 ausgeführt, während die Verfahrensschritte S405 und S406 vorzugsweise durch den Server 200, bzw. den Prozessor 210 des Servers 200 ausgeführt werden. Verfahrensschritt S405 kann auch durch das mobile Endgerät durchgeführt werden.

[0103] Fig. 5 zeigt ein weiteres Ablaufdiagramm entsprechend einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Anmeldung. Hierbei werden zu den bereits im Zusammenhang mit Fig. 3 beschriebenen Verfahrensschritten S401, S402 und S403 noch die weiteren Verfahrensschritte S408 bis S410 hinzugefügt, die vorzugsweise zwischen den bereits beschriebenen Verfahrensschritten S402 und S403 ausgeführt werden. Es ist weiterhin auch möglich die in den Fig. 4 und Fig. 5 gezeigten Ausführungsformen zu kombinieren.

- S408: Aufnehmen mehrerer Bilder (im Normalfall mindestens zwei, ein Bild reicht aus, wenn sich alle Punkte in einer Ebene befinden) einer Umgebung des mobilen Endgeräts 100 durch eine Kamera des mobilen Endgeräts 100 aus verschiedenen Blickwinkeln, oder durch mehrere Kameras,

- S409: Extrahieren identifizierender Merkmale, wie beispielsweise einer 3D-Punktwolke 305 aus den mindestens zwei aufgenommenen Bildern, und Erstellen der neuen Landmarke basierend auf der aktuellen Zwischenposition und den identifizierenden Merkmalen,

- S410: Einfügen der Punktwolke 305 als neue Landmarke in die Datenbank 230 bzw. von Informationen, die diese möglichst eindeutig identifizieren, zusammen mit Ortsinformationen der identifizierenden Merkmale oder Punktwolke 305, wobei die Ortsinformation der identifizierenden Merkmale oder Punktwolke 305 anhand der bestimmten Zwischenposition oder Zwischenpose des mobilen Endgeräts 100 beim Aufnehmen der Bilder, aus denen die identifizierenden Merkmale oder Punktwolke 305 extrahiert wurde, bestimmt wird.

[0104] Hierbei wird der Verfahrensschritt S408 vorzugsweise von dem mobilen Endgerät 100 ausgeführt, während der Verfahrensschritt S410 vorzugsweise von dem Server 200 ausgeführt wird. Der Verfahrensschritt S409 kann entweder von dem mobilen Endgerät 100 oder vom Server 200 ausgeführt werden. Wenn der Server 200 zur Ausführung des Verfahrensschritts S409 konfiguriert ist, so werden die aufgenommenen Bilder vorher vorzugsweise durch das mobile Endgerät unter Verwendung der Sendeeinrichtungen 120, 220 an den Server 200 übertragen.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Zitierte Patentliteratur

- EP 2738519 B1 [0008, 0024, 0054]

Patentansprüche

1. Verfahren zur Bestimmung einer Position eines mobilen Endgeräts (100) basierend auf mindestens einer Landmarke (302a, 302b), wobei die jeweilige Position der mindestens einen Landmarke in einer Datenbank (230) gespeichert ist, umfassend, in dieser Reihenfolge,

- Bestimmen (S401) einer ersten Position des mobilen Endgeräts (100) basierend auf einer in der Datenbank (230) gespeicherten Position einer ersten Landmarke (302a) sowie einer relativen Position des mobilen Endgeräts (100) bezüglich der ersten Landmarke (302a, 302b); wobei sich die erste Landmarke (302a) in einem Detektionsbereich (304) eines Detektors (130, 140) des mobilen Endgeräts (100) befindet;

- Bestimmen (S402) mindestens einer Zwischenposition des mobilen Endgeräts (100) basierend auf der anhand der ersten Landmarke (302a) bestimmten Position des mobilen Endgeräts (100) sowie Bewegungsdaten (303) des mobilen Endgeräts (100); und

- Bestimmen (S403) einer zweiten Position des mobilen Endgeräts (100) basierend auf einer zuletzt bestimmten Zwischenposition des mobilen Endgeräts, einer in der Datenbank (230) gespeicherten Position einer zweiten Landmarke (302b) sowie einer relativen Position des mobilen Endgeräts (100) bezüglich der zweiten Landmarke (302b); wobei sich die zweite Landmarke (302b), wenn sich das mobile Endgerät an der zuletzt bestimmten Zwischenposition befindet, im Detektionsbereich (304) des Detektors (130, 140) des mobilen Endgeräts (100) befindet.

2. Verfahren gemäß Anspruch 1, wobei die Datenbank (230) auf einem Server (200) gespeichert ist, der sich entfernt von dem mobilen Endgerät (100) befindet und das Verfahren, zwischen dem Bestimmen (S402) der zuletzt bestimmten Zwischenposition und dem Bestimmen (S403) der zweiten Position, weiterhin umfasst:

- Übermitteln (S404) der zuletzt bestimmten Zwischenposition an den Server (200);

- Bestimmen (S405), basierend auf der zuletzt übermittelten bestimmten Zwischenposition und den in der Datenbank (230) gespeicherten Positionen der mindestens einen Landmarke (302a, 302b), dass, wenn das mobile Endgerät sich an der zuletzt bestimmten Zwischenposition befindet, die zweite Landmarke (302b) im Detektionsbereich des Detektors (130, 140) des mobilen Endgeräts (100) ist;

- Übersenden (S406) von Informationen der zweiten Landmarke (302b) durch den Server (200) an das mobile Endgerät (100), wobei die Information der zweiten Landmarke (302b) Informationen zu einer Position der zweiten Landmarke (302b) und/oder Detektionsinformationen der zweiten Landmarke (302b) umfassen;

- Detektieren (S407) der zweiten Landmarke (302b) basieren auf den Informationen der zweiten Landmarke (302b) durch den Detektor (130, 140) des mobilen Endgeräts (100).

3. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1-2, wobei zumindest eine der mindestens einen Landmarken eine qualitative und/oder quantitative Genauigkeit der für die jeweilige Landmarke hinterlegten Position zugeordnet ist.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1-3, wobei das Verfahren weiterhin, nach dem Bestimmen (S402) einer aktuellen Zwischenposition, ein Hinzufügen einer neuen Landmarke entsprechend der folgenden Schritte umfasst:

- Aufnehmen (S408) mindestens eines Bildes einer Umgebung des mobilen Endgeräts (100) durch mindestens eine Kamera des mobilen Endgeräts (100),

- Extrahieren (S409) identifizierender Merkmale (305) aus dem mindestens einen aufgenommenen Bild und Erstellen der neuen Landmarke basierend auf der aktuellen Zwischenposition und den identifizierenden Merkmalen,

- Einfügen (S410) einer Referenzinformation der identifizierenden Merkmale (305) als die neue Landmarke in die Datenbank (230) zusammen mit einer Position der identifizierenden Merkmale (305), wobei die Position der identifizierenden Merkmale (305) anhand der bestimmten aktuellen Zwischenposition des mobilen Endgeräts (100) beim Aufnehmen des mindestens einen Bildes, aus denen die identifizierenden Merkmale (305) extrahiert wurden, bestimmt wird.

5. Verfahren gemäß Anspruch 4, wobei die identifizierenden Merkmale des neuen Markers eine Punktwolke sind.

6. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 4 oder 5, wobei Landmarken, deren Positionen eingemessen wurden, eine erste Genauigkeit zugeordnet ist, und Landmarken, die unter Verwendung einer aktuell bestimmten Zwischenposition hinzugefügt wurden eine zweite Genauigkeit zugeordnet wird, wobei die erste Genauigkeit genauer als die zweite Genauigkeit ist.

7. Verfahren gemäß Anspruch 6, weiterhin umfassend eine Verbesserung der Genauigkeit der Position einer hinzugefügten Landmarke anhand der Positionsdaten weiterer Landmarken in einer Umgebung der hinzugefügten Landmarke.

8. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Bewegungsdaten die relative Bewegung und Rotation des mobilen Endgeräts umfassen, welche vorzugsweise durch visuelle Odometrie und/oder Inertialsensorik wie Rotationssen-

soren, Beschleunigungssensoren oder Drehratensensoren erfasst werden.

9. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei eine erste Teilmenge der Landmarken opto-elektronisch detektierbare Symbole wie beispielsweise Datamatrixcodes umfassen und eine zweite Teilmenge der Landmarken Umgebungsmerkmale umfassen, die nicht explizit zum Zweck der Gerätelokalisierung in die Umgebung eingebracht wurden.

10. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei keine Karte erstellt wird.

11. System zur Lokalisierung eines mobilen Endgeräts (100) in einer Umgebung umfassend das mobile Endgerät (100) und einen Server (200), das mobile Endgerät umfassend:

- mindestens einen Detektor (130, 140) konfiguriert zur Detektion von Landmarken, wobei die Landmarken wenigstens eine Landmarke (302a, 302b) umfassen;
- eine Sende-Empfangseinheit (120) konfiguriert zum Senden von Daten an den Server (200) und zum Empfangen von Daten vom Server (200);
- eine Recheneinheit (110) konfiguriert zum
- Bestimmen einer ersten Position des mobilen Endgeräts (100) basierend auf einer in der Datenbank (230) gespeicherten Position der ersten Landmarke (302a) sowie einer relativen Position des mobilen Endgeräts (100) bezüglich der ersten Landmarke (302a); wobei sich die erste Landmarke (302a) in einem Detektionsbereich (304) des Detektors (130, 140) des mobilen Endgeräts (100) befindet;
- Bestimmen mindestens einer Zwischenposition des mobilen Endgeräts (100) basierend auf der anhand des ersten Markers (302a) bestimmten Position des mobilen Endgeräts (100) sowie Bewegungsdaten (303) des mobilen Endgeräts (100); und
- Bestimmen einer zweiten Position des mobilen Endgeräts (100) basierend auf einer zuletzt bestimmten Zwischenposition des mobilen Endgeräts, einer in der Datenbank (230) gespeicherten Position einer zweiten Landmarke (302b) sowie einer relativen Position des mobilen Endgeräts (100) bezüglich der zweiten Landmarke (302b); wobei sich die zweite Landmarke (302b), wenn sich das mobile Endgerät an der zuletzt bestimmten Zwischenposition befindet, im Detektionsbereich (304) des Detektors (130, 140) des mobilen Endgeräts (100) befindet; der Server (200) umfassend die Datenbank (230), eine Recheneinheit (210), und eine Sende-Empfangseinheit (220) konfiguriert zum Senden von Daten an das mobile Endgerät (100) und zum Empfangen von Daten vom mobilen Endgerät (100).

12. System gemäß Anspruch 11, weiterhin konfiguriert zur Durchführung des Verfahrens gemäß einem der Ansprüche 2-10.

13. Computerprogrammprodukt, umfassend Befehle, die bewirken, dass das System des Anspruchs 11 oder 12 die Verfahrensschritte nach einem der Ansprüche 1-10 ausführt.

14. Computerlesbares Medium, auf dem das Computerprogrammprodukt nach Anspruch 13 gespeichert ist.

Es folgen 4 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG 1

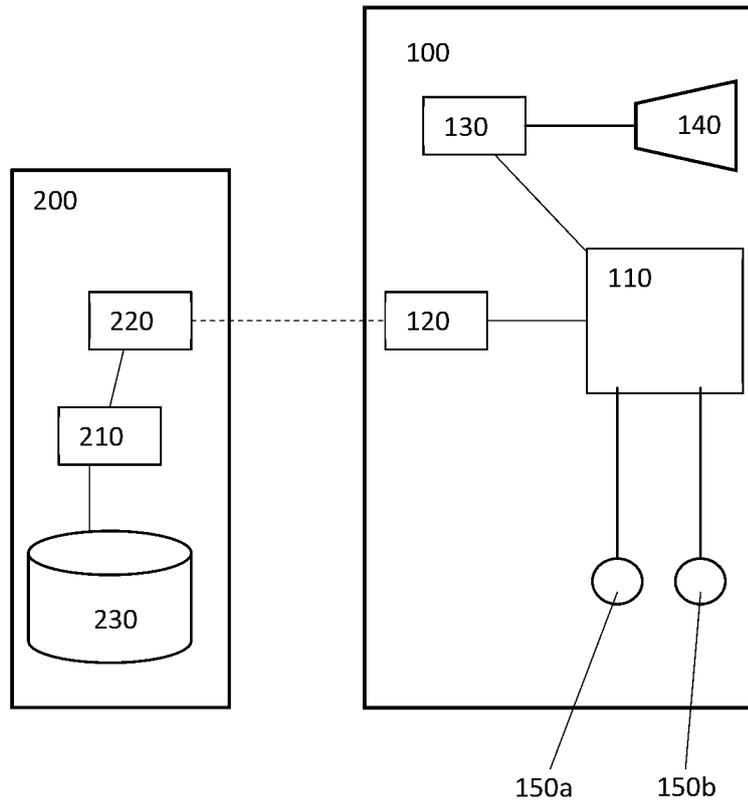


FIG 2A

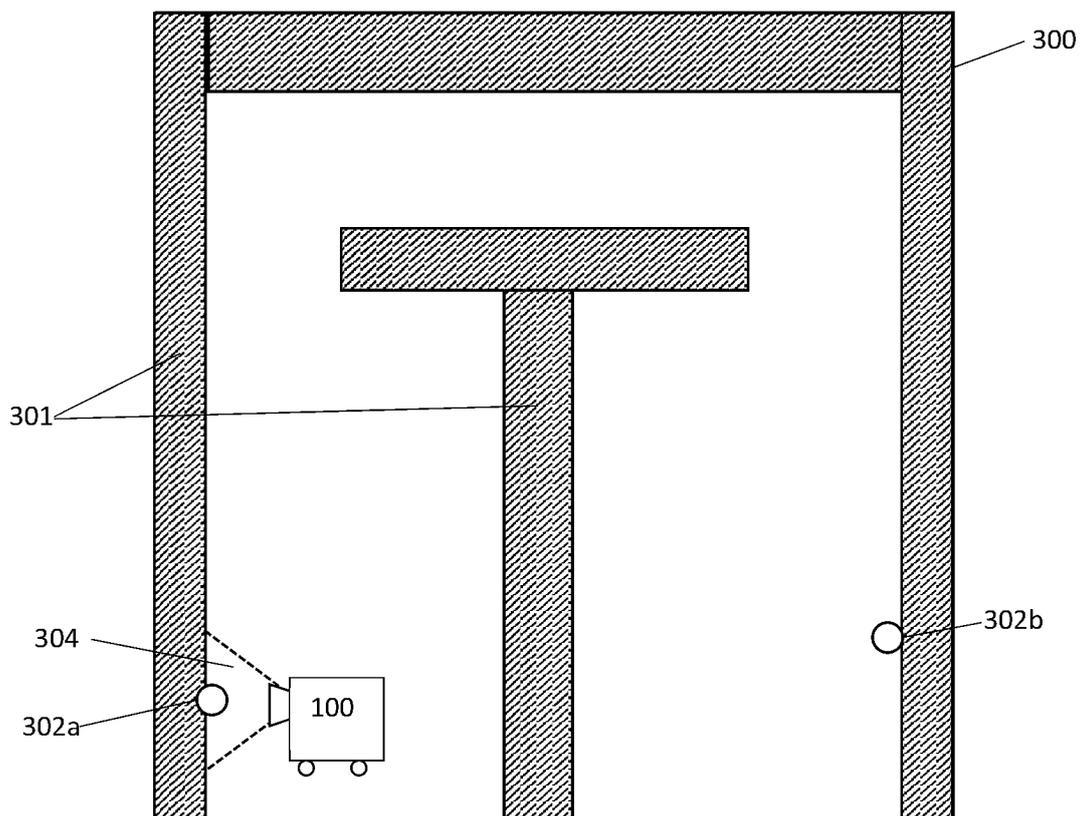


FIG 2B

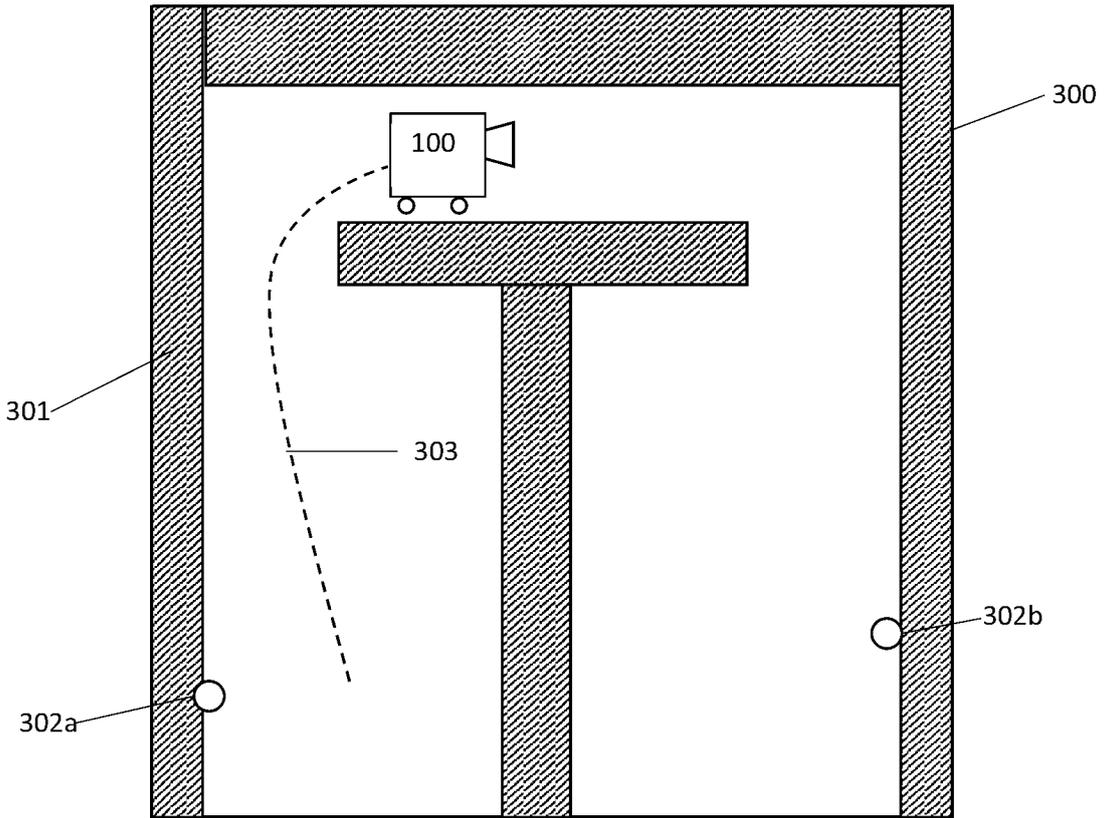


FIG 2C

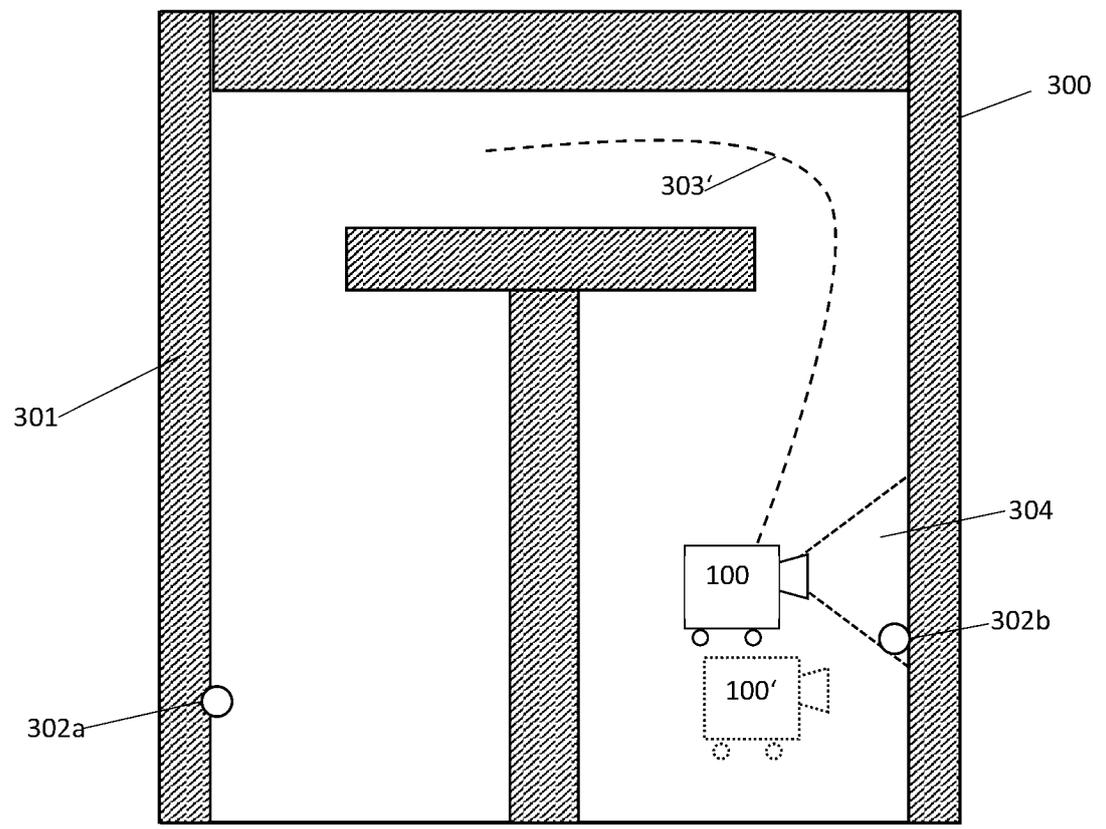


FIG 2D

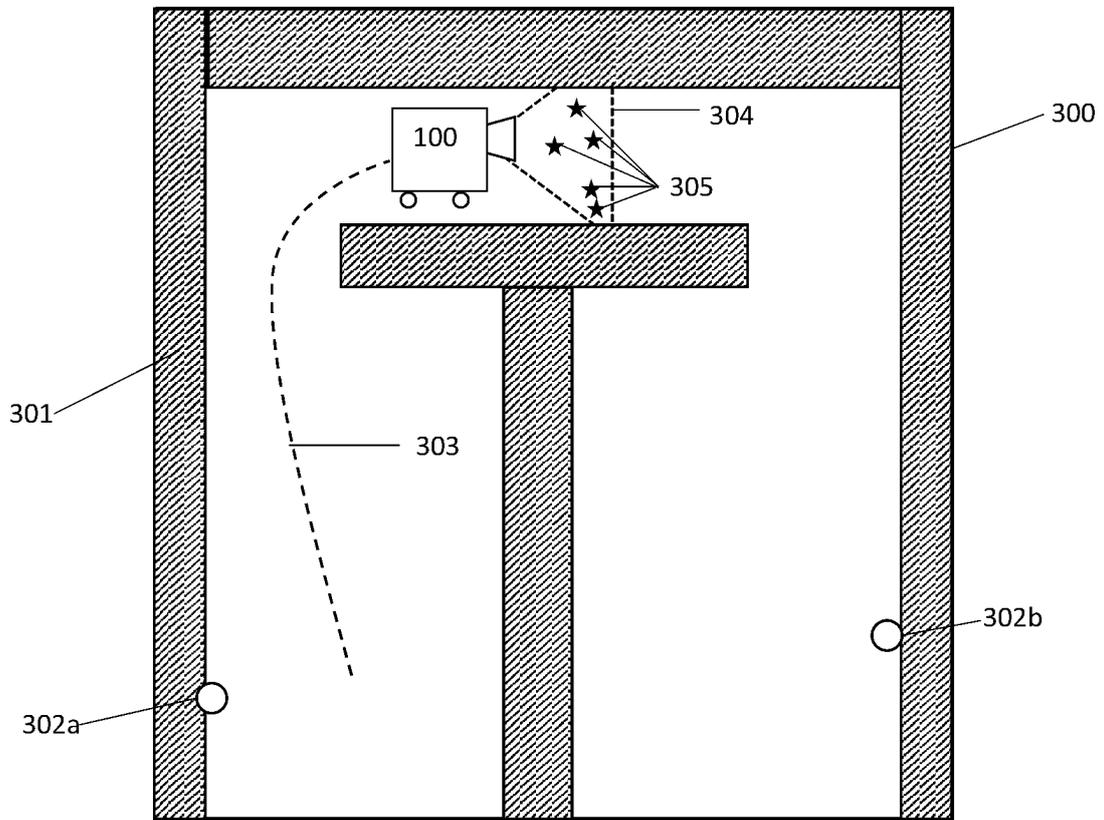


FIG 3

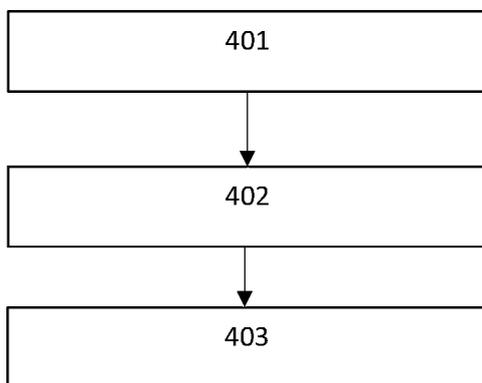


FIG 4

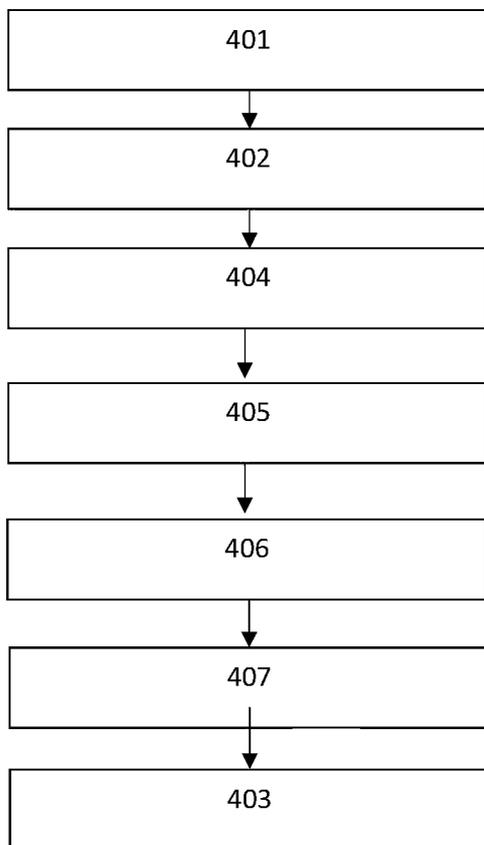


FIG 5

