



(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2017 122 440.8**

(22) Anmeldetag: **27.09.2017**

(43) Offenlegungstag: **28.03.2019**

(51) Int Cl.: **G01C 21/32 (2006.01)**

G01C 21/20 (2006.01)

G01C 21/30 (2006.01)

G01S 13/93 (2006.01)

G01C 7/04 (2006.01)

(71) Anmelder:

**Valeo Schalter und Sensoren GmbH, 74321
Bietigheim-Bissingen, DE**

(72) Erfinder:

**Jo, Kichun, Bobigny, FR; Resende, Paulo,
Bobigny, FR; Bradai, Benazouz, Bobigny, FR;
Sunwoo, Myounggho, Bobigny, FR; Cho, Sungjin,
Bobigny, FR; Kim, Chansoo, Bobigny, FR**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	10 2010 006 828	A1
DE	10 2010 011 629	A1
DE	10 2014 210 770	A1
DE	10 2014 220 687	A1
DE	698 23 462	T2
EP	3 290 952	A1

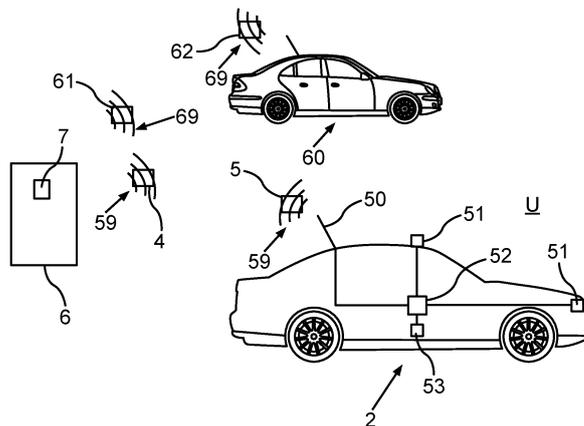
Rechercheantrag gemäß § 43 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Verfahren zum Lokalisieren und Weiterbilden einer digitalen Karte durch ein Kraftfahrzeug; Lokalisierungseinrichtung**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Lokalisieren und Weiterbilden einer digitalen Karte (1) durch ein Kraftfahrzeug (2). Um auf ressourcensparende Weise eine Lokalisierung des Kraftfahrzeugs anhand einer digitalen Karte zu ermöglichen sowie die digitale Karte simultan weiterzubilden, sind folgende Schritte vorgesehen:

- Empfangen einer digitalen Teilkarte (4) einer Mehrzahl von Teilkarten (4) der digitalen Karte (1) durch das Kraftfahrzeug (2) aus einer Datenbank (7), wobei die digitale Karte (1) nach einer vorbestimmten Teilungsvorschrift in die Mehrzahl der digitalen Teilkarten (4) aufgeteilt ist, und wobei die digitale Teilkarte (4) eine Umgebung (U) des Kraftfahrzeugs (2) repräsentiert,
- Erfassen eines Abbilds (3) der Umgebung (U) des Kraftfahrzeugs (2) mittels einer Sensoranordnung (51) des Kraftfahrzeugs (2),
- Lokalisieren des Kraftfahrzeugs (2) in der Umgebung (U) durch Vergleichen der empfangenen digitalen Teilkarte (4) mit dem Abbild (3) der Umgebung (U) des Kraftfahrzeugs (2),
- Weiterbilden der digitalen Teilkarte (4) anhand des Abbilds (3) der Umgebung (U) des Kraftfahrzeugs (2),
- Übermitteln der weitergebildeten digitalen Teilkarte (5) und/oder des Abbilds (3) der Umgebung (U) an die Datenbank (7) zum Weiterbilden der digitalen Karte (1).



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Lokalisieren und Weiterbilden einer digitalen Karte durch ein Kraftfahrzeug. Die Erfindung betrifft außerdem eine Kraftfahrzeug-Lokalisierungseinrichtung.

[0002] Autonome Kraftfahrzeuge ermöglichen eine besonders komfortable, sichere und ökonomische Beförderung von Insassen. Für eine sichere autonome Fahrt muss eine Umgebung des Kraftfahrzeugs möglichst genau erfasst werden. Beispielsweise ist die Erkennung von Hindernissen, weiteren Verkehrsteilnehmern und der Fahrbahn notwendig. Zusätzlich kann eine möglichst genaue Lokalisierung des Kraftfahrzeugs zum Navigieren anhand vorgegebener Karten nötig sein. Hierfür weisen autonome Kraftfahrzeuge eine Vielzahl an Sensoren auf. Beispielsweise umfassen Kraftfahrzeuge Kameras, Ultraschallsensoren und/oder Radarsensoren zur Erfassung der Umgebung.

[0003] Die Lokalisierung des Kraftfahrzeugs kann beispielsweise anhand eines Satellitensignals eines globalen Navigationssatellitensystems erfolgen. Alternativ oder zusätzlich ist eine Lokalisierung des Kraftfahrzeugs anhand von Landmarke möglich. Beispielsweise wird eine Relativposition des Kraftfahrzeugs relativ zu einer Landmarke bekannter absoluter Position erfasst und daraus die Pose des Kraftfahrzeugs berechnet.

[0004] Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, auf ressourcensparende Weise eine Lokalisierung des Kraftfahrzeugs anhand einer digitalen Karte zu ermöglichen sowie die digitale Karte simultan weiterzubilden.

[0005] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch die Gegenstände der unabhängigen Patentansprüche. Vorteilhafte Ausführungsformen mit zweckmäßigen Weiterbildungen sind Gegenstand der Unteransprüche. Zweckmäßige Weiterbildungen und Vorteile des erfindungsgemäßen Verfahrens finden analog auch Anwendung für die Kraftfahrzeug-Lokalisierungseinrichtung.

[0006] Um die Lokalisierung des Kraftfahrzeugs und Weiterbildung der digitalen Karte auf ressourcensparende Weise simultan zu ermöglichen, sind erfindungsgemäß folgende Schritte vorgesehen:

- Empfangen einer digitalen Teilkarte einer Mehrzahl von Teilkarten der digitalen Karte durch das Kraftfahrzeug aus einer Datenbank, wobei die digitale Karte nach einer vorbestimmten Teilungsvorschrift in die Mehrzahl der digitalen Teilkarten aufgeteilt ist, und wobei die digitale Teilkarte eine Umgebung des Kraftfahrzeugs repräsentiert,

- Erfassen eines Abbilds der Umgebung des Kraftfahrzeugs mittels einer Sensoranordnung des Kraftfahrzeugs,

- Lokalisieren des Kraftfahrzeugs in der Umgebung durch Vergleichen der empfangenen digitalen Teilkarte mit dem Abbild der Umgebung des Kraftfahrzeugs,

- Weiterbilden der digitalen Teilkarte anhand des Abbilds der Umgebung des Kraftfahrzeugs,

- Übermitteln der weitergebildeten digitalen Teilkarte und/oder des Abbilds der Umgebung an die Datenbank zum Weiterbilden der digitalen Karte.

[0007] Die Einteilung der digitalen Karte in die Mehrzahl der digitalen Teilkarten erfolgt vorzugsweise bereits vor der Durchführung der Verfahrensschritte. Somit ist die Einteilung der digitalen Karte in die Mehrzahl der digitalen Teilkarten insbesondere unabhängig von Position, Pose, Bewegung oder Ziel des Kraftfahrzeugs. Wird das Verfahren zusätzlich durch weitere Kraftfahrzeuge durchgeführt, so ist die Einteilung der digitalen Karte in die Mehrzahl der digitalen Teilkarten vorteilhafterweise für alle Kraftfahrzeuge, also das Kraftfahrzeug und die weiteren Kraftfahrzeuge, gleich. Beispielsweise repräsentiert jede der digitalen Teilkarten aus der Mehrzahl der digitalen Teilkarten einen jeweiligen Umgebungsbereich. Die Umgebungsbereiche werden insbesondere vollständig und ausschließlich durch eine der digitalen Teilkarten repräsentiert. Vorzugsweise sind die jeweiligen Umgebungsbereiche der digitalen Teilkarten jeweils gleich groß. Mit anderen Worten repräsentiert jede der digitalen Teilkarten einen Umgebungsbereich gleicher Abmessungen. Die digitale Karte kann ein vorgegebenes Gebiet repräsentieren. Beispielsweise repräsentiert die digitale Karte die gesamte Welt, einen Kontinent, ein Land, eine Region oder eine Stadt. Jeder Umgebungsbereich, der durch eine der digitalen Teilkarten repräsentiert wird, kann ein Teilbereich des durch die digitale Karte repräsentierten Gebiets sein. Positionierung und Ausrichtung eines Umgebungsbereichs, der durch eine der digitalen Teilkarten repräsentiert wird, kann durch das vorgegebene Gebiet vorgegeben und/oder festgelegt sein.

[0008] Anhand des Abbildes der Umgebung des Kraftfahrzeugs wird das Kraftfahrzeug durch Vergleichen der empfangenen digitalen Teilkarte in der Umgebung lokalisiert. Simultan wird die digitale Teilkarte anhand des Abbildes der Umgebung weitergebildet.

[0009] Beispielsweise erfolgt die Lokalisierung durch das Erkennen von Gemeinsamkeiten im Abbild der Umgebung und in der empfangenen digitalen Teilkarte. Gemeinsamkeiten können beispielsweise Objekte sein, welche sowohl im Abbild der Umgebung als auch in der digitalen Teilkarte repräsentiert sind. Das Weiterbilden der digitalen Karte kann

beispielsweise auf dem Erkennen von Unterschieden zwischen dem Abbild der Umgebung der digitalen Teilkarte erfolgen. Solche Unterschiede können beispielsweise Objekte sein, welche entweder im Abbild der Umgebung oder in der digitalen Teilkarte repräsentiert sind. In diesem Fall kann beispielsweise davon ausgegangen werden, dass sich die Umgebung verändert hat. Das Weiterbilden der digitalen Karte erfolgt in diesem Fall derart, dass die digitale Teilkarte dem Abbild der Umgebung angepasst wird. Mit anderen Worten wird ein Abbild des Objekts in die digitale Teilkarte aufgenommen, wenn es im Abbild der Umgebung repräsentiert ist, oder aus der digitalen Teilkarte entfernt, wenn es im Abbild der Umgebung nicht repräsentiert ist.

[0010] In bevorzugten Ausführungsformen erfolgt das Lokalisieren und/oder das Weiterbilden der digitalen Karte im Kraftfahrzeug, beispielsweise in einer Recheneinrichtung des Kraftfahrzeugs. In diesem Fall wird die weitergebildete digitale Teilkarte nach dem Weiterbilden an die Datenbank übermittelt. In der Datenbank kann die digitale Karte unter Berücksichtigung der digitalen Teilkarte weitergebildet werden.

[0011] In anderen Ausführungsformen kann das Weiterbilden der digitalen Teilkarte und/oder der digitalen Karte in der Datenbank erfolgen. Die Datenbank kann durch eine Servereinrichtung umfasst sein, wobei das Weiterbilden der digitalen Teilkarten von der Servereinrichtung durchgeführt wird. Beispielsweise wird in diesem Fall das Abbild der Umgebung für die Weiterbildung der digitalen Karte an die Datenbank übermittelt.

[0012] Das Lokalisieren anhand der digitalen Teilkarte sowie das Weiterbilden der digitalen Teilkarte kann simultan durch ein Verfahren zur „Simultanen Lokalisierung und Kartenerstellung (SLAM)“ durchgeführt werden. Dabei handelt es sich insbesondere um eine Problemstellung aus der Robotertechnik, bei dem ein mobiler Roboter gleichzeitig eine Karte seiner Umgebung erstellen und seine Pose innerhalb dieser Karte schätzen muss. Ein wesentlicher Vorteil der Anwendung eines solchen SLAM-Verfahrens auf die vorliegende Erfindung, liegt gegenüber dem Stand der Technik darin, dass vorliegend die Lage und Ausrichtung der digitalen Teilkarte durch die vorbestimmten Teilungsvorschrift fest vorgegeben ist.

[0013] Eine Weiterbildung sieht vor, dass die digitale Teilkarte nach der vorbestimmten Teilungsvorschrift durch kaskadiertes Aufteilen der digitalen Karte in eine vorbestimmte Anzahl, insbesondere vier, gleich großer Bruchteile aufgeteilt ist. Mit anderen Worten wird die digitale Karte in die vorbestimmte Anzahl, insbesondere vier, Bruchteile aufgeteilt. Dieses Aufteilen kann in Teilungsebenen (Level) wiederholt werden. Beispielsweise wird die digitale Karte in einem

ersten Level in die vorbestimmte Anzahl, vorzugsweise vier, Bruchteile aufgeteilt. Die Bruchteile des ersten Levels werden im zweiten Level jeweils wiederum in die vorbestimmte Anzahl Bruchteile aufgeteilt. Die Bruchteile des letzten Levels können die Mehrzahl der digitalen Teilkarte bilden. Mit anderen Worten bildet jeder Bruchteil des letzten Levels eine der Mehrzahl der digitalen Teilkarten.

[0014] Vorteilhafterweise ist der Geltungsbereich der digitalen Teilkarte in einem vorbestimmten ortsfesten Bezugssystem festgelegt. Insbesondere ist der Geltungsbereich der digitalen Teilkarte bezüglich des durch die digitale Karte vorgegebenen Gebiets festgelegt. Das durch die digitale Karte vorgegebene Gebiet kann bezüglich globaler Koordinaten, beispielsweise Längengrade und Breitengrade, festgelegt sein. Dadurch ist sichergestellt, dass die digitale Teilkarte für unterschiedliche Kraftfahrzeuge universell einsetzbar ist. Beispielsweise kann die digitale Teilkarte durch eine Vielzahl unterschiedlicher Kraftfahrzeuge weitergebildet werden. Der Geltungsbereich der digitalen Teilkarte kann dem gesamten Umgebungsbereich entsprechen, der durch die digitale Teilkarte repräsentiert wird.

[0015] Eine Weiterbildung sieht vor, dass die digitale Teilkarte zumindest teilweise durch ein Gitternetz sowie eine jeweilige Belegungsangabe zu Gitterzellen des Gitternetzes charakterisiert wird. Somit kann die Belegungsangabe angegeben, welche Bereiche der Umgebung, die durch die digitale Karte präsentiert ist, belegt und/oder frei sind. Beispielsweise kann durch die Belegungsangabe charakterisiert werden, welche der Bereiche der Umgebung frei sind, welche belegt sind und welche Bereiche einen unklaren Belegungsstatus aufweisen. Als belegt können Bereiche gelten, in welchen sich ein Fremdojekt, beispielsweise ein weiteres Kraftfahrzeug, ein Radfahrer, ein Fußgänger, eine Fahrbahnbegrenzung oder ein Hindernis befindet. Im Allgemeinen können nicht befahrbare Bereiche als belegt gelten. Als frei können solche Bereiche gelten, welche durch das Kraftfahrzeug befahrbar sind, beispielsweise Bereiche einer Fahrbahn. Insbesondere gelten solche Bereiche als frei, für welche ermittelt wurde, dass sich darin kein Fremdojekt befindet.

[0016] Die Belegungsangabe kann durch eine Belegungswahrscheinlichkeit angegeben sein. Die Belegungswahrscheinlichkeit gibt an, mit welcher Wahrscheinlichkeit eine jeweilige Gitterzelle belegt ist. Ist die Belegungswahrscheinlichkeit größer als ein erster vorgegebener Wahrscheinlichkeitswert, so gilt die Gitterzelle als belegt. Ist die Belegungswahrscheinlichkeit kleiner als ein zweiter vorgegebener Wahrscheinlichkeitswert, so gilt die Gitterzelle als frei. Der Gitterzelle erste vorgegebene Wahrscheinlichkeitswert ist vorzugsweise größer als der zweite vorgegebene Wahrscheinlichkeitswert. Ist die Belegungs-

wahrscheinlichkeit kleiner als der erste vorgegebene Wahrscheinlichkeitswert aber größer als der zweite vorgegebene Wahrscheinlichkeitswert, so kann die Gitterzelle als unklar gelten.

[0017] Eine Weiterbildung sieht vor, dass beim Weiterbilden der digitalen Teilkarte eine weitergebildete Belegungsangabe aus einer anhand des Abbilds der Umgebung ermittelten Belegungsangabe sowie anhand zumindest einer weiteren Belegungsangabe, welche als Teil der digitalen Teilkarte empfangen wurden, gebildet wird. Die anhand des Abbilds der Umgebung ermittelte Belegungsangabe kann aus einem Sensorsignal der Sensoranordnung ermittelt werden. Beispielsweise wird das Abbild beziehungsweise das Sensorsignal ausgewertet, um die Belegungsangabe zu ermitteln. Bereiche, für welche nicht ermittelt werden kann, ob diese frei oder belegt sind, können als unklar gelten. Die weitere Belegungsangabe, welche als Teil der digitalen Teilkarte empfangen wurde, wird durch die Datenbank zur Verfügung gestellt. Somit handelt es sich möglicherweise um eine veraltete Angabe. Die weitergebildete Belegungsangabe, durch welche die weitergebildete digitale Teilkarte zumindest teilweise charakterisiert wird, kann aus der weiteren Belegungsangabe und der ermittelten Belegungsangabe gebildet werden. Beispielsweise wird die weitergebildete Belegungsangabe durch Aktualisieren der weiteren Belegungsangabe anhand der ermittelten Belegungsangabe gebildet. Somit kann die weitergebildete digitale Teilkarte durch Aktualisieren der empfangenen digitalen Teilkarte anhand des Abbilds der Umgebung weitergebildet werden.

[0018] Das Weiterbilden der digitalen Teilkarte kann beispielsweise auf Basis der Evidenztheorie, insbesondere Dempster-Shafer-Theorie, erfolgen. Dabei können Wahrscheinlichkeiten, welche die Gültigkeit der digitalen Teilkarte und/oder des Abbilds der Umgebung charakterisieren, berücksichtigt werden. Beispielsweise können die Wahrscheinlichkeiten charakterisieren, mit welcher Wahrscheinlichkeit die jeweiligen Belegungsangaben, insbesondere die ermittelte Belegungsangabe und die weitere Belegungsangabe, zutreffend sind. Beispielsweise kann die Wahrscheinlichkeit für das Zutreffen der ermittelten Belegungsangabe eine Signalqualität beziehungsweise Erfassungsqualität der Sensoranordnung, eine Qualität der Lokalisierung des Kraftfahrzeugs und/oder eine Erfassungsgenauigkeit der Sensoranordnung berücksichtigen. Beispielsweise kann die Wahrscheinlichkeit für das Zutreffen der weiteren Belegungsangabe berücksichtigen, aus welcher Quelle die Datenbank die weitere Belegungsangabe erhalten hat, wie die weitere Belegungsangabe ist oder aus wie vielen Quellen die Datenbank die weitere Belegungsangabe erhalten hat. Beim Weiterbilden der digitalen Teilkarte kann die weitergebildete Belegungsangabe unter Berücksichtigung der jeweili-

gen Wahrscheinlichkeiten der ermittelten Belegungsangabe unter weiteren Belegungsangabe auf Basis der Evidenztheorie, insbesondere Dempster-Shafer-Theorie, gebildet werden.

[0019] Eine Weiterbildung sieht vor, dass die digitale Teilkarte vor oder bei Eintritt des Kraftfahrzeugs in den durch die digitale Teilkarte repräsentierten Umgebungsbereich empfangen wird und/oder bei Verlassen des durch die digitale Teilkarte repräsentierten Umgebungsbereichs durch das Kraftfahrzeug übermittelt wird. Mit anderen Worten kann die digitale Teilkarte erst dann aus der Datenbank empfangen werden, wenn das Kraftfahrzeug im Begriff ist, den durch die digitale Teilkarte repräsentierten Umgebungsbereich zu befahren. Alternativ oder zusätzlich kann die weitergebildete digitale Teilkarte bei Verlassen des durch die digitale Teilkarte repräsentierten Umgebungsbereichs durch das Kraftfahrzeug an die Datenbank übermittelt werden. Nach dem Übermitteln der weitergebildeten digitalen Teilkarte kann diese aus einem Speicher des Kraftfahrzeugs gelöscht werden. Durch das Empfangen und/oder Übermitteln der digitalen Teilkarte auf die genannte Art, kann ein Speicherverbrauch im Kraftfahrzeug minimiert werden.

[0020] Durch die Sensoranordnung können beim Erfassen des Abbilds der Umgebung des Kraftfahrzeugs Entfernungswerte für Hindernisse durch die Sensoranordnung gemessen werden. Insbesondere ist die Sensoranordnung zu einer Entfernungsmessung ausgebildet. Somit kann das Abbild der Umgebung durch Messen einer Vielzahl an Entfernungswerten ermittelt werden. Insbesondere umfasst die Sensoranordnung einen (auch im Deutschen) sogenannten TOF („time of flight“)-Sensor. Durch einen TOF-Sensor wird ein Messsignal ausgesendet. Dieses Messsignal kann an einem Hindernis reflektiert werden. Das reflektierte Messsignal wird durch den TOF-Sensor empfangen. Anhand der Laufzeit des Messsignals und des reflektierten Messsignals kann die Entfernung des Hindernisses gemessen werden. Beispielsweise ist der TOF-Sensor als Radarsensor, Lidar-Sensor oder Ultraschallsensor ausgeführt.

[0021] Eine Weiterbildung sieht vor, dass die digitale Teilkarte aus der Datenbank einer Servereinrichtung empfangen wird und/oder die weitergebildete digitale Teilkarte an die Datenbank der Servereinrichtung übermittelt wird. Das Empfangen beziehungsweise Übermitteln der digitalen Teilkarte erfolgt insbesondere über eine Funkverbindung, vorzugsweise über das Mobilfunknetz. Mit anderen Worten ist die Datenbank Teil der Servereinrichtung. Somit können das Kraftfahrzeug sowie eine Vielzahl weiterer Kraftfahrzeuge auf die Datenbank zugreifen.

[0022] Insbesondere wird durch die Servereinrichtung zusätzlich zu der weitergebildeten digitalen Teilkarte aus dem Kraftfahrzeug eine weitere weiterge-

bildete digitale Teilkarte aus zumindest einem weiteren Kraftfahrzeug empfangen und die digitale Karte durch Zusammensetzen der beiden weitergebildeten digitalen Teilkarten weitergebildet. Dadurch, dass die Datenbank zentral in der Servereinrichtung gespeichert ist, können durch die Datenbank weitergebildete digitale Teilkarten sowohl aus dem Kraftfahrzeug als auch dem zumindest einen weiteren Kraftfahrzeug, insbesondere eine Vielzahl weiterer Kraftfahrzeuge, empfangen werden. Somit kann die digitale Karte aus den digitalen Teilkarten mehrerer Kraftfahrzeuge, nämlich dem Kraftfahrzeug und dem zumindest einen weiteren Kraftfahrzeug, zusammengesetzt werden. Insbesondere wird in jedem Kraftfahrzeug die digitale Karte anhand eines jeweiligen digitalen Abbilds der jeweiligen Umgebung weitergebildet. Durch die Servereinrichtung kann aus jedem der Kraftfahrzeuge eine jeweilige weitergebildete digitale Teilkarte empfangen werden. Somit wird die digitale Karte zumindest teilweise durch Zusammensetzen der weitergebildeten digitalen Teilkarten weitergebildet. Durch die Servereinrichtung können jeweilige digitale Teilkarten an das Kraftfahrzeug und das zumindest eine weitere Kraftfahrzeug gesendet werden. Dabei sind die jeweiligen digitalen Teilkarten durch dieselbe vorbestimmte Teilungsvorschrift aufgeteilt.

[0023] Das Zusammensetzen der beiden weitergebildeten digitalen Teilkarten kann auf Basis der Evidenztheorie, insbesondere Dempster-Shafer-Theorie, erfolgen. Insbesondere, wenn jeweilige weitergebildete digitale Teilkarten aus unterschiedlichen Kraftfahrzeugen denselben Umgebungsbereich repräsentieren, kann die digitale Karte auf Basis von Wahrscheinlichkeiten, durch welche eine Genauigkeit der weitergebildeten digitalen Teilkarten charakterisiert ist, weitergebildet werden. Beispielsweise umfassen die weitergebildeten digitalen Teilkarten jeweils Belegungsangaben zur jeweiligen Gitterzellen. Jeder der Belegungsangaben kann eine Wahrscheinlichkeit zugeordnet sein, welche angibt, mit welcher Wahrscheinlichkeit die jeweilige Belegungsangabe zutreffend ist. Diese Wahrscheinlichkeiten können beim Weiterbilden der digitalen Karte auf Basis der Evidenztheorie, insbesondere Dempster-Shafer-Theorie, berücksichtigt werden.

[0024] Ein zweiter Aspekt der Erfindung betrifft eine Kraftfahrzeug-Lokalisierungseinrichtung, mit

- einer Empfangseinrichtung zum Empfangen einer digitalen Teilkarte einer Mehrzahl von Teilkarten der digitalen Karte durch das Kraftfahrzeug aus einer Datenbank, wobei die digitale Karte nach einer vorbestimmten Teilungsvorschrift in die Mehrzahl der digitalen Teilkarten aufgeteilt ist, und wobei die digitale Teilkarte eine Umgebung des Kraftfahrzeugs repräsentiert,

- einer Sensoranordnung zum Erfassen eines Abbilds der Umgebung des Kraftfahrzeugs,

- einer Recheneinrichtung zum Lokalisieren des Kraftfahrzeugs in der Umgebung durch Vergleichen der empfangenen digitalen Teilkarte mit dem Abbild der Umgebung des Kraftfahrzeugs sowie zum Weiterbilden der digitalen Teilkarte anhand des Abbilds der Umgebung des Kraftfahrzeugs, und

- einer Sendeeinrichtung zum Übermitteln der weitergebildeten digitalen Teilkarte und/oder des Abbilds der Umgebung an die Datenbank zum Weiterbilden der digitalen Karte.

[0025] Die Empfangseinrichtung und die Sendeeinrichtung können als eine gemeinsame Kommunikationseinrichtung bereitgestellt sein. Die Sensoranordnung umfasst insbesondere einen Lidar-Sensor, einen Radarsensor oder einen Ultraschallsensor.

[0026] Dabei zeigen:

Fig. 1 ein Beispiel für die Einteilung der digitalen Karte in die Mehrzahl der digitalen Teilkarten;

Fig. 2 eine beispielhafte Trajektorie eines Kraftfahrzeugs durch Umgebungsbereiche, welche durch unterschiedliche digitale Teilkarten repräsentiert werden;

Fig. 3 ein Beispiel für das Weiterbilden der digitalen Karte anhand weitergebildeter digitaler Teilkarten aus mehreren Kraftfahrzeugen;

Fig. 4 ein Abbild einer Umgebung eines Kraftfahrzeugs aus einer Sensoranordnung;

Fig. 5 eine digitale Teilkarte sowie ein Abbild der Umgebung; und

Fig. 6 ein Kraftfahrzeug mit einer Lokalisierungseinrichtung sowie eine Servereinrichtung mit einer Datenbank.

[0027] **Fig. 6** zeigt ein Kraftfahrzeug **2** mit einer Lokalisierungseinrichtung **54** sowie eine Servereinrichtung **6**. Die Servereinrichtung **6** umfasst eine Datenbank **7**, in welcher eine digitale Karte **1** gespeichert ist. Durch die Servereinrichtung **6** wird die digitale Karte **1** nach einer vorbestimmten Teilungsvorschrift in eine Mehrzahl an digitalen Teilkarten **4** aufgeteilt. Eine digitale Teilkarte **4** aus der Mehrzahl an digitalen Teilkarten **4** wird mittels einer Funkverbindung **59** an das Kraftfahrzeug **2** gesendet. Durch eine Kommunikationseinrichtung **50** des Kraftfahrzeugs **2** wird die digitale Teilkarte **4** aus der Datenbank **7** empfangen. Die Kommunikationseinrichtung **50** umfasst eine Empfangseinrichtung und eine Sendeeinrichtung. Beispielsweise ist die Kommunikationseinrichtung **50** als Funkmodul zur Kommunikation über das Mobilfunknetz ausgeführt. In diesem Fall kann die Funkverbindung **59** über das Mobilfunknetz hergestellt wer-

den. Somit kann die digitale Teilkarte 4 über das Mobilfunknetz aus der Datenbank 7 empfangen werden. Beispielweise umfasst das Kraftfahrzeug 2 eine Speichereinrichtung 53 zum Zwischenspeichern der digitalen Teilkarte 4.

[0028] Das Kraftfahrzeug 2 umfasst außerdem eine Sensoranordnung 51 zum Erfassen eines Abbildes 3 einer Umgebung U des Kraftfahrzeugs 2. Vorzugsweise handelt es sich bei Sensoren der Sensoranordnung 51 um TOF-Sensoren, welche das Abbild 3 der Umgebung durch Auswerten einer Laufzeit eines Messsignals ermitteln. Die Sensoranordnung 51 umfasst beispielsweise einen Ultraschallsensor, einen Radarsensor und/oder einen Lidar-Sensor.

[0029] Fig. 1 zeigt ein Beispiel für die vorbestimmte Teilungsvorschrift, nach welcher die digitale Karte 1 in die Mehrzahl an digitalen Teilkarten 4 aufgeteilt werden kann. Die digitale Karte 1 repräsentiert vorliegend die gesamte Erdoberfläche. In einem ersten Level 25 der Teilungsvorschrift wird die digitale Karte 1 in vier Bruchteile aufgeteilt. Die vier Bruchteile des ersten Levels 25 werden wiederum jeweils in vier Bruchteile eines zweiten Levels 26 der Teilungsvorschrift geteilt. Dies ist anhand eines Bruchteils 20 des ersten Levels 25 der Teilungsvorschrift in der Fig. 1 gezeigt. Der Bruchteil 20 wird in dem zweiten Level 26 der Teilungsvorschrift in vier Bruchteile 21 aufgeteilt. Die Bruchteile 21 werden wiederum in einem dritten Level 27 der Teilungsvorschrift in jeweils vier Bruchteile 22 aufgeteilt. Mit anderen Worten wird die digitale Karte 1 kaskadiert geteilt. Kaskadiert bedeutet in diesem Kontext insbesondere, dass Bruchstücke 20, 21, 22 aufeinanderfolgend auf dieselbe Weise geteilt werden. Die Bruchteile eines letzten Levels der Teilungsvorschrift können eine Mehrzahl an digitalen Teilkarten 4 bilden, welche an das Kraftfahrzeug 2 gesendet werden können. Beispielweise wird die Mehrzahl an digitalen Teilkarten 4 durch Bruchteile eines sechzehnten Levels der Teilungsvorschrift gebildet.

[0030] Die vorbestimmte Teilungsvorschrift der oben gezeigten Ausführungsform wird auch (auch im Deutschen) als quadtree tile system bezeichnet. Durch das Aufteilen der digitalen Karte 1 in die Mehrzahl an digitalen Teilkarten 4 kann ein Approximationsfehler beim Überführen von auf die Erdoberfläche bezogene Kugelkoordinaten in bezüglich der Erdoberfläche ausgerichteten kartesischen Koordinaten, insbesondere zweidimensionalen kartesischen Koordinaten, minimiert werden. Umso kleiner der jeweilige durch die digitalen Teilkarten 4 repräsentierte Umgebungsbereich ist, desto kleiner ist der Approximationsfehler. Insbesondere wird die Erdoberfläche durch die Mehrzahl an digitalen Teilkarten 4 jeweils mittels einer Ebene approximiert.

[0031] Gemäß Fig. 2 bewegt sich das Kraftfahrzeug 2 entlang einer Trajektorie 11. Dabei durchquert das Kraftfahrzeug 2 unterschiedliche Umgebungsbereiche, welche durch unterschiedliche der digitalen Teilkarten 4 repräsentiert werden. Insbesondere empfängt das Kraftfahrzeug 2 eine der digitalen Teilkarten 4 vor oder während das Kraftfahrzeug 2 in den durch die jeweilige digitale Teilkarte 4 repräsentierten Umgebungsbereich gelangt. Mit anderen Worten empfängt das Kraftfahrzeug 2 vor oder bei Eintritt in einen Umgebungsbereich die jeweilige digitale Teilkarte 4, welche den Umgebungsbereich repräsentiert. Während der Fahrt entlang der Trajektorie 11 werden mehrere Abbilder 12 der Umgebung U des Kraftfahrzeugs 2 erfasst. Dies ist in der Fig. 2 äußerst schematisch dargestellt. Beispielweise werden Abbilder 12 der Umgebung U jeweils in einem vorbestimmten Abstand voneinander erfasst. Beispielweise wird bei der Bewegung des Kraftfahrzeugs 2 entlang der Trajektorie 11 alle 0,1 m, 0,5 m, 1 m, 2 m, 5 m oder 10 m eines der Abbilder 12 erfasst.

[0032] Fig. 4 zeigt beispielhaft ein Abbild 3 der Umgebung U des Kraftfahrzeugs 2. Das Abbild 3 ist in radialer Richtung 31 und azimuthaler Richtung 32 in mehrere Zellen 33 aufgeteilt. Beispielweise weist jede der Zellen 33 eine jeweilige vorbestimmte Ausdehnung in radialer Richtung 31 und azimuthaler Richtung 32 auf. Beispielweise werden die Zellen 33 in mehrere Winkelbereiche 30 aufgeteilt. Die Zellen 33 werden in freie Zellen 37, belegte Zellen 39 und unklare Zellen 38 eingeteilt. Als freie Zellen 37 werden solche der Zellen 33 eingeteilt, für welche in dem Abbild 3 kein Hindernis erkannt wird. Bereiche der Umgebung U, welche durch eine der freien Zellen 37 repräsentiert werden, können als befahrbar erkannt werden. Als belegte Zellen 39 werden solche der Zellen 33 eingeteilt, für welche in dem Abbild 3 ein Hindernis erkannt wird. Bereiche der Umgebung U, welche durch eine der belegten Zellen 39 repräsentiert werden, können als nicht befahrbare erkannt werden. Diejenigen der Zellen 33, für welche in dem Abbild 3 kein Hindernis erkannt wird, für welche die Existenz eines Hindernisses jedoch nicht ausgeschlossen werden kann, gelten als unklare Zellen 38. Beispielweise repräsentieren die unklaren Zellen 38 Bereiche der Umgebung U, welche durch ein Hindernis zumindest teilweise verdeckt werden. Mit anderen Worten repräsentieren die unklaren Zellen 38 Bereiche der Umgebung U, in welchen einerseits kein Hindernis erfasst wird. Andererseits ist jedoch eine Zelle 33 radial innenseitig als belegte Zelle 39 erkannt worden. Daher kann nicht ausgeschlossen werden, dass die unklare Zelle 38 einen Bereich der Umgebung U repräsentiert, der ein Hindernis aufweist, welches durch ein näherliegendes Hindernis verdeckt wird.

[0033] Zusätzlich kann jede der Zellen 33 durch eine Wahrscheinlichkeitsangabe charakterisiert sein, welche angibt, mit welcher Wahrscheinlichkeit die Ein-

teilung einer jeweiligen Zelle **33** zutreffend ist. Durch die Wahrscheinlichkeitsangabe kann alternativ oder zusätzlich eine Wahrscheinlichkeit für eine Belegung der Zelle **33** charakterisiert sein. Beispielsweise gibt die Wahrscheinlichkeit einer der freien Zellen **37** an, mit welcher Wahrscheinlichkeit die freie Zelle **37** tatsächlich frei ist. Alternativ kann die Wahrscheinlichkeit der freien Zelle **37** angeben, mit welcher Wahrscheinlichkeit die freie Zelle **37** belegt ist. Beispielsweise gilt eine Zelle **33** als freie Zelle **37**, wenn die Wahrscheinlichkeit für eine Belegung durch ein Hindernis einen vorbestimmten ersten Schwellwert unterschreitet. Beispielsweise gibt die Wahrscheinlichkeit einer der belegten Zellen **39** an, mit welcher Wahrscheinlichkeit die belegte Zelle **39** tatsächlich belegt ist. Alternativ oder zusätzlich kann die Wahrscheinlichkeit der belegten Zelle **39** angeben, mit welcher Wahrscheinlichkeit die belegte Zelle **39** belegt ist. In diesem Fall kann eine Zelle **33** als belegte Zelle **39** gelten, wenn die Wahrscheinlichkeit für eine Belegung durch ein Hindernis einen vorbestimmten zweiten Schwellwert überschreitet.

[0034] Die Wahrscheinlichkeitsangabe für Zellen **33** des Abbildes **3** kann beispielsweise aus einer Signalqualität der Sensoranordnung **51** oder aus einer Erfassungsgenauigkeit der Sensoranordnung **51** gebildet werden. Außerdem kann die Wahrscheinlichkeitsangabe berücksichtigen, wenn Messfehler auftreten oder widersprüchliche Messwerte erfasst werden.

[0035] Prinzip bedingt, insbesondere bei einem TOF-Sensor der Sensoreinrichtung **51**, kann vorgesehen sein, dass die Sensoranordnung **51** das Abbild **3** der Umgebung **U** durch Messen von Entfernungen **35** von Hindernissen erfasst. Dies entspricht insbesondere dem Funktionsprinzip eines TOF-Sensors. Somit kann die Position von Hindernissen durch Auswerten der Entfernungen **35** der Hindernisse erfasst werden. In Abhängigkeit von der Position der Hindernisse können diejenigen der Zellen **33**, denen ein Hindernis zugeordnet werden kann, als belegte Zellen **39** erkannt werden. Beispielsweise wird eine Zelle **33** als belegt erkannt, wenn aus dem Bereich, der durch die Zelle **33** repräsentiert wird, ein Echo des Messsignals von einem potentiellen Hindernis erfasst wird.

[0036] Fig. 5 zeigt eine digitale Teilkarte **4**, welche das Kraftfahrzeug **2** beispielhaft aus der Datenbank **7** empfängt. Innerhalb des durch die digitale Teilkarte **4** repräsentierten Umgebungsbereichs bewegt sich das Kraftfahrzeug **2** entlang einer Trajektorie **40**. Die digitale Teilkarte **4** ist charakterisiert durch ein Gitternetz **42** sowie eine jeweilige Belegungsangabe zu Gitterzellen **43** des Gitternetzes **42**. Die Gitterzellen **43** bilden vorliegend Einheitszellen eines zweidimensionalen Raums, welcher durch die digitale Teilkarte **4** repräsentiert wird. Auf Basis der Gitterzellen **43** wird eine sogenannte „evidential occupancy grip

map (EOGM)“ (zu deutsch etwa: beweisbasierte Belegungs-Gitternetz Karte) erfasst. Somit ist jeder der Gitterzellen **43** eine Belegungsangabe zugeordnet.

[0037] Das Kraftfahrzeug **2** führt ein sogenanntes Verfahren zur „Simultanen Lokalisierung und Kartenerstellung (SLAM)“ auf Basis der digitalen Teilkarte **4** durch. Hierzu umfasst das Kraftfahrzeug **2** eine Recheneinrichtung **52**. Dabei wird das Kraftfahrzeug **2** lokalisiert und simultan die digitale Teilkarte **4** weitergebildet. Durch Vergleichen des Abbildes **3** der Umgebung **U** sowie der digitalen Teilkarte **4** wird die Pose, also Position und Ausrichtung, des Kraftfahrzeugs **2** ermittelt. Beispielsweise wird die Pose durch Vergleichen der Belegungsangabe der Zellen **33** des Abbildes **3** sowie der Gitterzellen **43** der digitalen Teilkarte **4** ermittelt. Beispielsweise wird ermittelt, für welche Pose des Abbildes **3** in der digitalen Teilkarte **4** Abweichungen zwischen Abbild **3** und der digitalen Teilkarte **4** minimiert werden. Aus der Pose des Abbildes **3** kann dann die Pose des Kraftfahrzeugs **2** in dem Umgebungsbereich beziehungsweise Umgebung **U** ermittelt werden. Die Pose des Kraftfahrzeugs **2** kann durch die Recheneinrichtung **52** ermittelt werden.

[0038] Die Gitterzellen **43** gelten beispielsweise entweder als freie Gitterzellen **47**, belegte Gitterzellen **49** oder unklare Gitterzellen **48**. Diese Einteilung erfolgt insbesondere analog zu den Zellen **33** des Abbildes **3** der Umgebung **U**. Beispielsweise repräsentieren die freien Gitterzellen **47** solche Bereiche des Umgebungsbereichs, für welche erkannt wird, dass sich darin kein Hindernis befindet. Beispielsweise repräsentieren die belegten Gitterzellen **49** solche Bereiche des Umgebungsbereichs, in welchen ein Hindernis erkannt wird. Beispielsweise repräsentieren die unklaren Gitterzellen **48** solche Bereiche des Umgebungsbereichs, für welche keine Aussage möglich ist.

[0039] Die Gitterzellen **43** können jeweils zusätzlich durch eine Wahrscheinlichkeitsangabe charakterisiert sein. Durch die Wahrscheinlichkeitsangabe kann eine Wahrscheinlichkeit für eine Belegung der jeweiligen Gitterzelle **43** charakterisiert sein. Alternativ oder zusätzlich kann die Wahrscheinlichkeitsangabe angeben, mit welcher Wahrscheinlichkeit die Belegungsangabe einer der Gitterzellen **43** zutreffend ist. Die Wahrscheinlichkeitsangabe kann beispielsweise berücksichtigen, zu welcher Zeit eine Belegungsangabe erfasst wurde, mit welcher Messgenauigkeit eine Belegungsangabe erfasst wurde und wie vertrauenswürdig eine Quelle ist, aus welche die Belegungsangabe erfasst wurde.

[0040] Die Belegungsangaben der Gitterzellen **43** der empfangenen digitalen Teilkarte **4** können unter Berücksichtigung sowohl der empfangenen digitalen Teilkarte **4** als auch des Abbildes **3** weitergebildet werden. Die empfangene digitale Teilkarte **4** kann un-

ter Berücksichtigung des Abbildes 3 zu weitergebildeten digitalen Teilkarte 5 weitergebildet werden. Die weitergebildete digitale Teilkarte 5 repräsentiert dabei denselben Umgebungsbereich wie die empfangene digitale Teilkarte 4. Insbesondere werden beim Weiterbilden der empfangenen digitalen Teilkarte 4 die Belegungsangaben der Gitterzellen 43 weitergebildet. Insbesondere kann die weitergebildete digitale Teilkarte 5 aus der empfangenen digitalen Teilkarte 4 sowie dem Abbild 3 der Umgebung U gebildet werden. Die empfangene digitale Teilkarte 4 kann durch die Recheneinrichtung 52 weitergebildet werden.

[0041] Beispielsweise wird für jede der Gitterzellen 43 eine weitergebildete Belegungsangabe aus der Belegungsangabe der empfangenen digitalen Teilkarte 4 und den Belegungsangaben der Zellen 33 des Abbildes 3 gebildet. Wenn sich die Belegungsangaben der Zellen 33 des Abbildes 3 und der Gitterzellen 43 der empfangenen digitalen Teilkarte 4 unterscheiden, so kann die weitergebildete Belegungsangabe unter Berücksichtigung der Wahrscheinlichkeitsangaben der jeweiligen Belegungsangaben gebildet werden. Beispielsweise ist ein Bereich der Umgebung U in der empfangenen digitalen Teilkarte 4 als frei erfasst und in dem Abbild 3 als belegt erfasst. In diesem Fall kann anhand der Wahrscheinlichkeitsangaben ermittelt werden, welche der beiden Angaben, frei oder belegt, glaubhafter beziehungsweise wahrscheinlicher ist. Insbesondere wird die glaubhaftere Belegungsangabe in die weitergebildete digitale Teilkarte 5 aufgenommen. Beispielsweise kann die Belegungsangabe der Zellen 33 des Abbildes 3 als glaubhafter ermittelt werden, wenn die Erfassung der Belegungsangabe der digitalen Teilkarte 4 länger als eine vorbestimmte Zeitspanne hier ist. Beispielsweise kann die Belegungsangabe aus der empfangenen digitalen Teilkarte 4 als glaubhafter ermittelt werden, wenn die Messgenauigkeit und/oder die Signalqualität der Sensoranordnung 51 ein vorbestimmtes Maß unterschreitet.

[0042] Wie oben beschrieben umfasst die Kommunikationseinrichtung 50 eine Sendeeinrichtung. Mittels der Sendeeinrichtung wird die weitergebildete digitale Teilkarte 5 an die Datenbank 7 beziehungsweise die Servereinrichtung 6 übermittelt. Beispielsweise wird die weitergebildete digitale Teilkarte 5 über die Funkverbindung 59 an die Servereinrichtung 6 übermittelt. Die Servereinrichtung 6 kann die weitergebildete digitale Teilkarte 5 empfangen und in der Datenbank 7 speichern.

[0043] Fig. 6 zeigt außerdem ein weiteres Kraftfahrzeug 60, welches ein gleichartiges Verfahren wie das Kraftfahrzeug 2 durchführt. Insbesondere wird auch durch das weitere Kraftfahrzeug 60 eine digitale Teilkarte 61 empfangen. Beispielsweise übermittelt die Servereinrichtung 6 die weitergebildete digitale Teilkarte 5 als die digitale Teilkarte 61 an das weitere

Kraftfahrzeug 60, nachdem diese aus dem Kraftfahrzeug 2 empfangen wurde. Insbesondere übermittelt die Servereinrichtung 6 die weitergebildete digitale Teilkarte 5 vor oder während eines Eintritts durch das weitere Kraftfahrzeug 60 in den durch die weitergebildete digitale Teilkarte 5 repräsentierten Umgebungsbereich. In diesem Fall ist für das weitere Kraftfahrzeug 60 eine verbesserte Lokalisierung durch die weitergebildete digitale Teilkarte 5 gegenüber der digitalen Teilkarte 4 ermöglicht. Die Lokalisierung anhand der weitergebildeten digitalen Teilkarte 5 kann verbessert sein, da die weitergebildete digitale Teilkarte 5 dank der Weiterbildung durch das Kraftfahrzeug 2 genauer und/oder aktueller ist als die digitale Teilkarte 4.

[0044] Auch das weitere Kraftfahrzeug 60 führt ein SLAM-Verfahren durch. Somit wird das weitere Kraftfahrzeug 60 anhand der digitalen Teilkarte 61 lokalisiert, während simultan die digitale Teilkarte 61 weitergebildet wird. Das Weiterbilden der digitalen Teilkarte 61 zu einer weitergebildeten digitalen Teilkarte 62 kann analog zu dem Weiterbilden der digitalen Teilkarte 4 zu der weitergebildeten digitalen Teilkarte 5 erfolgen. Deshalb sind die einzelnen Schritte hier nicht erneut beschrieben.

[0045] Die Servereinrichtung 6 kann sowohl die weitergebildete digitale Teilkarte 62 aus dem weiteren Kraftfahrzeug 60 als auch die weitergebildete digitale Teilkarte 5 aus dem Kraftfahrzeug 2 empfangen. Insbesondere kann die Servereinrichtung 6 eine Mehrzahl weitergebildeter digitaler Teilkarten 5 aus dem Kraftfahrzeug 2, beispielsweise nacheinander, empfangen. Die weitergebildete Teilkarten 5 der Mehrzahl weitergebildeter digitaler Teilkarten 5 aus dem Kraftfahrzeug 2 können jeweils unterschiedliche Umgebungsbereiche repräsentieren. Gemäß Fig. 2 wird, wie oben beschrieben, eine Mehrzahl digitaler Teilkarten 4 durch das Kraftfahrzeug 2 aus der Datenbank 7 empfangen. Die Mehrzahl digitaler Teilkarten 4 repräsentieren jeweils einen Umgebungsbereich entlang der Trajektorie 11. Beispielsweise wird jede der digitalen Teilkarten 4 gemäß Fig. 2 durch das Kraftfahrzeug 2 weitergebildet. In diesem Fall kann die Datenbank 7 für jede der digitalen Teilkarten 4 gemäß Fig. 2 eine weitergebildete digitale Teilkarte 5 empfangen. Dies gilt analog für die weitergebildeten digitalen Teilkarten 62, welche die Datenbank 7 aus dem weiteren Kraftfahrzeug 60 empfängt.

[0046] Fig. 3 zeigt nun beispielhaft weitergebildete digitale Teilkarten 5, welche die Datenbank 7 aus dem Kraftfahrzeug 2 empfangen hat, sowie weitergebildete digitale Teilkarten 62, welche die Datenbank 7 aus dem weiteren Kraftfahrzeug 60 empfangen hat. Die weitergebildeten digitalen Teilkarten 5 gemäß Fig. 3 können anhand der digitalen Teilkarten 4 gemäß Fig. 2 gebildet sein.

[0047] Gemäß **Fig. 3** werden einige Umgebungsbereiche nur durch weitergebildete digitale Teilkarten **5** aus dem Kraftfahrzeug **2** repräsentiert. Andere Umgebungsbereiche werden nur durch weitergebildete digitale Teilkarten **62** aus dem weiteren Kraftfahrzeug **60** repräsentiert. Die digitale Teilkarte **1** kann beispielsweise durch Zusammensetzen der weitergebildeten digitalen Teilkarten **62** und der weitergebildeten digitalen Teilkarten **5** weitergebildet werden.

[0048] Einige Umgebungsbereiche werden sowohl durch weitergebildete digitale Teilkarten **5** aus dem Kraftfahrzeug **2** als auch durch weitergebildete digitale Teilkarten **62** aus dem weiteren Kraftfahrzeug **60** repräsentiert. Für diese Umgebungsbereiche können durch die Servereinrichtung **6** jeweilige nochmals weitergebildete digitale Teilkarten **14** gebildet werden. Diese nochmals weitergebildeten digitalen Teilkarten **14** können aus den weitergebildeten digitalen Teilkarten **5** und den weitergebildeten digitalen Teilkarten **62** gebildet werden. Insbesondere werden weitergebildete digitale Teilkarten **5** und weitergebildete digitale Teilkarten **62**, welche denselben Umgebungsbereich repräsentieren, zu einer der digitalen Teilkarten **14** zusammengesetzt. Das Bilden der digitalen Teilkarten **14** kann analog erfolgen zum Bilden der weitergebildeten digitalen Teilkarte **5** aus dem **Abbild 3** und der digitalen Teilkarte **4**.

[0049] Beispielsweise werden jeweilige Belegungsangaben einer der digitalen Teilkarten **14** aus den jeweiligen Belegungsangaben der weitergebildeten digitalen Teilkarte **5** und der weitergebildeten digitalen Teilkarte **62** für den entsprechenden Umgebungsbereich gebildet. Das Bilden der Belegungsangaben der digitalen Teilkarte **14** kann auf Basis der Wahrscheinlichkeitsangaben für die jeweiligen Belegungsangaben der weitergebildeten digitalen Teilkarten **5** und **62** erfolgen. Beispielsweise wird die Belegungsangabe der digitalen Teilkarte **14** aus der Belegungsangabe aus derjenigen weitergebildeten digitalen Teilkarte **5** oder **62** gebildet, welche mit höherer Wahrscheinlichkeit zutreffend ist. Insbesondere erfolgt das Bilden der digitalen Teilkarte **14** aus den weitergebildeten digitalen Teilkarten **5** und **62** auf Basis der Evidenztheorie, insbesondere Dempster-Shafer-Theorie. Auf Basis der Evidenztheorie können die Wahrscheinlichkeitsangaben für die Belegungsangaben der digitalen Teilkarten **5** und **62** besonders vorteilhaft zu den Belegungsangaben der digitalen Teilkarte **14** kombiniert werden.

[0050] Durch die in **Fig. 1** beschriebene vorbestimmte Teilungsvorschrift, welche für das Kraftfahrzeug **2**, das weitere Kraftfahrzeug **60** sowie eine beliebige Anzahl weiterer Kraftfahrzeuge gleichermaßen gültig ist, ist gewährleistet, dass die digitalen Teilkarten, welche durch unterschiedliche Kraftfahrzeuge übermittelt werden, bezüglich ihrer räumlichen Ausdehnung zueinander passen. Insbesondere ist die Posi-

tion und Ausrichtung der Mehrzahl der digitalen Teilkarten für alle Kraftfahrzeuge **2**, **60** gleich. Auf diese Weise können die digitalen Teilkarten, welche aus unterschiedlichen Kraftfahrzeugen **2**, **60** empfangen werden, durch in Datenbank **7** besonders vorteilhaft kombiniert werden. Insbesondere ist durch die vorbestimmte Teilungsvorschrift ein bezüglich der Erde fest vorgegebenes Gitter bereitgestellt, gemäß welchem die digitale Karte **1** in die Mehrzahl an digitalen Teilkarten **4** aufgeteilt wird.

[0051] Die digitale Karte **1** wird in doppelter Hinsicht weitergebildet: Einerseits durch Weiterbilden der digitalen Teilkarte **4** anhand des **Abbilds 3** der Umgebung **U**. Die weitergebildete digitale Teilkarte **5** wird insbesondere als Teilkarte in der digitalen Karte **1** übernommen. Andererseits durch Bilden der nochmals weitergebildeten digitalen Teilkarte **14** aus den unterschiedlichen weitergebildeten digitalen Teilkarten **5**, **62** aus den unterschiedlichen Kraftfahrzeugen **2**, **60**. Die nochmals weitergebildete digitale Teilkarte **14** wird insbesondere als Teilkarte in der digitalen Karte **1** übernommen.

[0052] Durch den Einsatz der Evidenztheorie beziehungsweise der Verwendung einer „evidential occupancy grip map (EOGM)“ ergibt sich eine robuste Beschreibung der Belegungsangaben unter Berücksichtigung von Wahrscheinlichkeitsangaben. Hierdurch ist ein besonders vorteilhaftes Zusammensetzen von nochmals weitergebildeten digitalen Teilkarten **14** aus den weitergebildeten digitalen Teilkarten **5**, **62** aus unterschiedlichen Kraftfahrzeugen **2**, **60** ermöglicht.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Lokalisieren und Weiterbilden einer digitalen Karte (1) durch ein Kraftfahrzeug (2), mit den Schritten:

- Empfangen einer digitalen Teilkarte (4) einer Mehrzahl von Teilkarten (4) der digitalen Karte (1) durch das Kraftfahrzeug (2) aus einer Datenbank (7), wobei die digitale Karte (1) nach einer vorbestimmten Teilungsvorschrift in die Mehrzahl der digitalen Teilkarten (4) aufgeteilt ist, und wobei die digitale Teilkarte (4) eine Umgebung (U) des Kraftfahrzeugs (2) repräsentiert,
- Erfassen eines **Abbilds (3)** der Umgebung (U) des Kraftfahrzeugs (2) mittels einer Sensoranordnung (51) des Kraftfahrzeugs (2),
- Lokalisieren des Kraftfahrzeugs (2) in der Umgebung (U) durch Vergleichen der empfangenen digitalen Teilkarte (4) mit dem **Abbild (3)** der Umgebung (U) des Kraftfahrzeugs (2),
- Weiterbilden der digitalen Teilkarte (4) anhand des **Abbilds (3)** der Umgebung (U) des Kraftfahrzeugs (2),
- Übermitteln der weitergebildeten digitalen Teilkarte (5) und/oder des **Abbilds (3)** der Umgebung (U) an die

Datenbank (7) zum Weiterbilden der digitalen Karte (1).

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Lokalisieren anhand der digitalen Teilkarte (4) sowie das Weiterbilden der digitalen Teilkarte (4) simultan durch ein Verfahren zur „Simultanen Lokalisierung und Kartenerstellung (SLAM)“ durchgeführt wird.

3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die digitale Teilkarte (4) nach der vorbestimmten Teilungsvorschrift durch kaskadiertes Aufteilen der digitalen Karte (1) in eine vorbestimmte Anzahl, insbesondere vier, gleich großer Bruchteile (20, 21, 22) aufgeteilt ist.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Geltungsbereich der digitalen Teilkarte (4) in einem vorbestimmten ortsfesten Koordinatensystem festgelegt ist.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die digitale Teilkarte (4) zumindest teilweise durch ein Gitternetz (42) sowie eine jeweilige Belegungsangabe zu Gitterzellen (43) des Gitternetzes (42) charakterisiert wird.

6. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass beim Weiterbilden der digitalen Teilkarte (4) eine weitergebildete Belegungsangabe aus einer anhand des Abbilds (3) der Umgebung (U) ermittelten Belegungsangabe sowie anhand zumindest einer weiteren Belegungsangabe, welche als Teil der digitalen Teilkarte (4) empfangen wurden, gebildet wird.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Weiterbilden der digitalen Teilkarte (4) auf Basis der Evidenztheorie, insbesondere Dempster-Shafer-Theorie, erfolgt.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die digitale Teilkarte (4, 5) vor oder bei Eintritt des Kraftfahrzeugs (2) in einen durch die digitale Teilkarte (4) repräsentierten Umgebungsbereich empfangen wird und/oder bei Verlassen des durch die digitale Teilkarte (4) repräsentierten Umgebungsbereichs durch das Kraftfahrzeug (2) übermittelt wird.

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass beim Erfassen des Abbilds (3) der Umgebung (U) des Kraftfahrzeugs (2) mittels der Sensoranordnung (51) Entfernungswerte (35) für Hindernisse durch die Sensoranordnung (51) gemessen werden.

10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die digitale Teilkarte (4) aus der Datenbank (7) einer Servereinrichtung (6) empfangen wird und/oder die weitergebildete digitale Teilkarte (5) an die Datenbank (7) der Servereinrichtung (6) übermittelt wird.

11. Verfahren nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass durch die Servereinrichtung (6) zusätzlich zu der weitergebildeten digitalen Teilkarte (5) aus dem Kraftfahrzeug (2) eine weitere weitergebildete digitale Teilkarte (62) aus einem weiteren Kraftfahrzeug (60) empfangen wird und die digitale Karte (4) durch Zusammensetzen der beiden weitergebildeten digitalen Teilkarten (5, 62) weitergebildet wird.

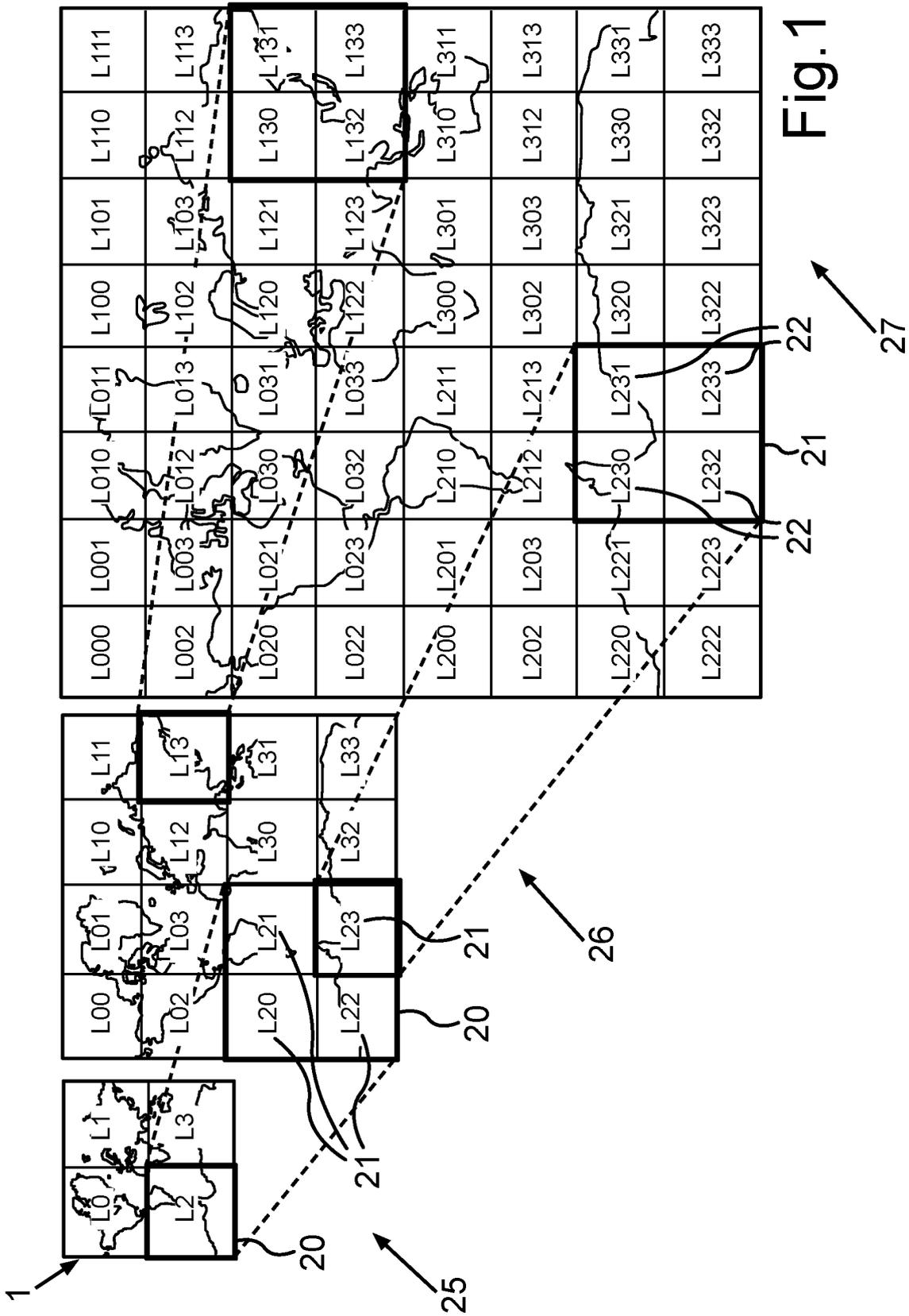
12. Verfahren nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Zusammensetzen der beiden weitergebildeten digitalen Teilkarten (5, 62) auf Basis der Evidenztheorie, insbesondere Dempster-Shafer-Theorie, erfolgt.

13. Kraftfahrzeug-Lokalisierungseinrichtung (54), mit

- einer Empfangseinrichtung (50) zum Empfangen einer digitalen Teilkarte (4) einer Mehrzahl von Teilkarten (4) der digitalen Karte (1) durch das Kraftfahrzeug (2) aus einer Datenbank (7), wobei die digitale Karte (1) nach einer vorbestimmten Teilungsvorschrift in die Mehrzahl der digitalen Teilkarten (4) aufgeteilt ist, und wobei die digitale Teilkarte (4) eine Umgebung (U) des Kraftfahrzeugs (2) repräsentiert,
- einer Sensoranordnung (51) zum Erfassen eines Abbilds (3) der Umgebung (U) des Kraftfahrzeugs (2),
- einer Recheneinrichtung (52) zum Lokalisieren des Kraftfahrzeugs (2) in der Umgebung (U) durch Vergleichen der empfangenen digitalen Teilkarte (4) mit dem Abbild (3) der Umgebung (U) des Kraftfahrzeugs (2) sowie zum Weiterbilden der digitalen Teilkarte (4) anhand des Abbilds (3) der Umgebung (U) des Kraftfahrzeugs (2), und
- einer Sendeeinrichtung (50) zum Übermitteln der weitergebildeten digitalen Teilkarte (5) und/oder des Abbildes (3) der Umgebung (U) an die Datenbank (7) zum Weiterbilden der digitalen Karte (1).

Es folgen 4 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen



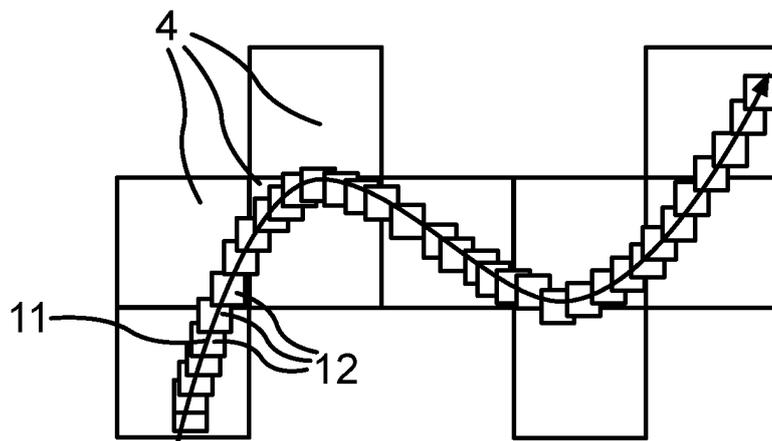


Fig.2

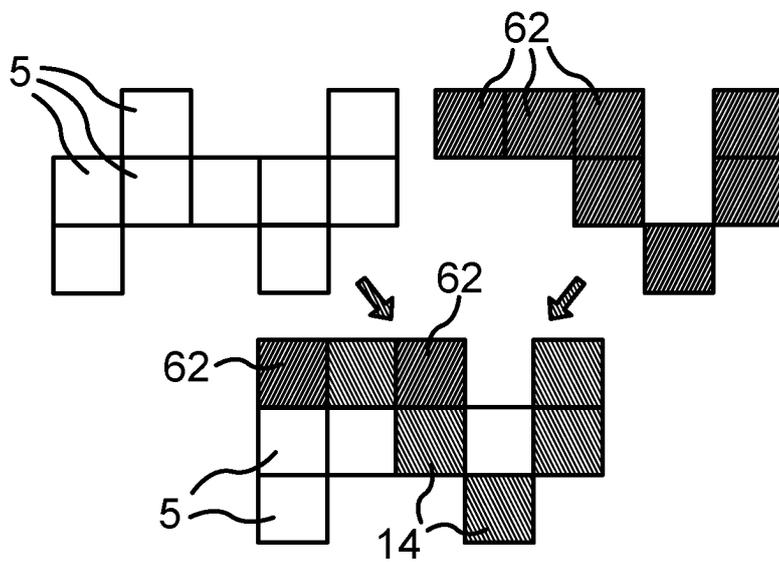


Fig.3

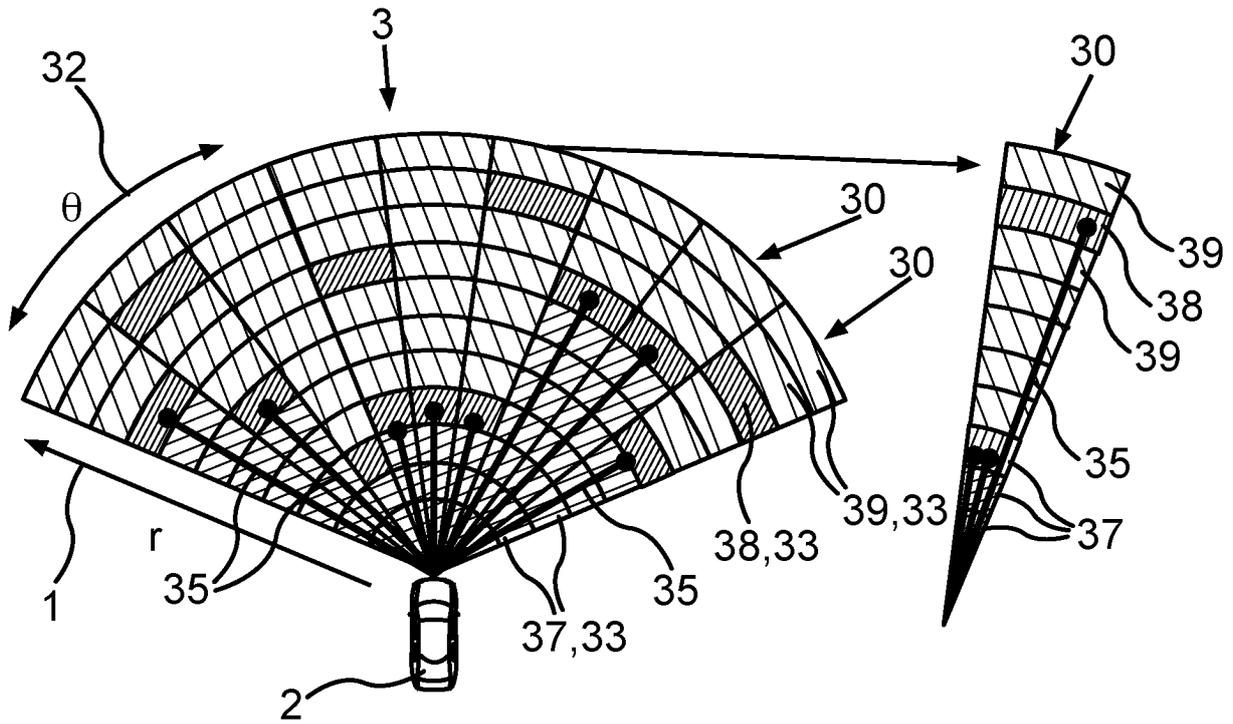


Fig.4a

Fig.4b

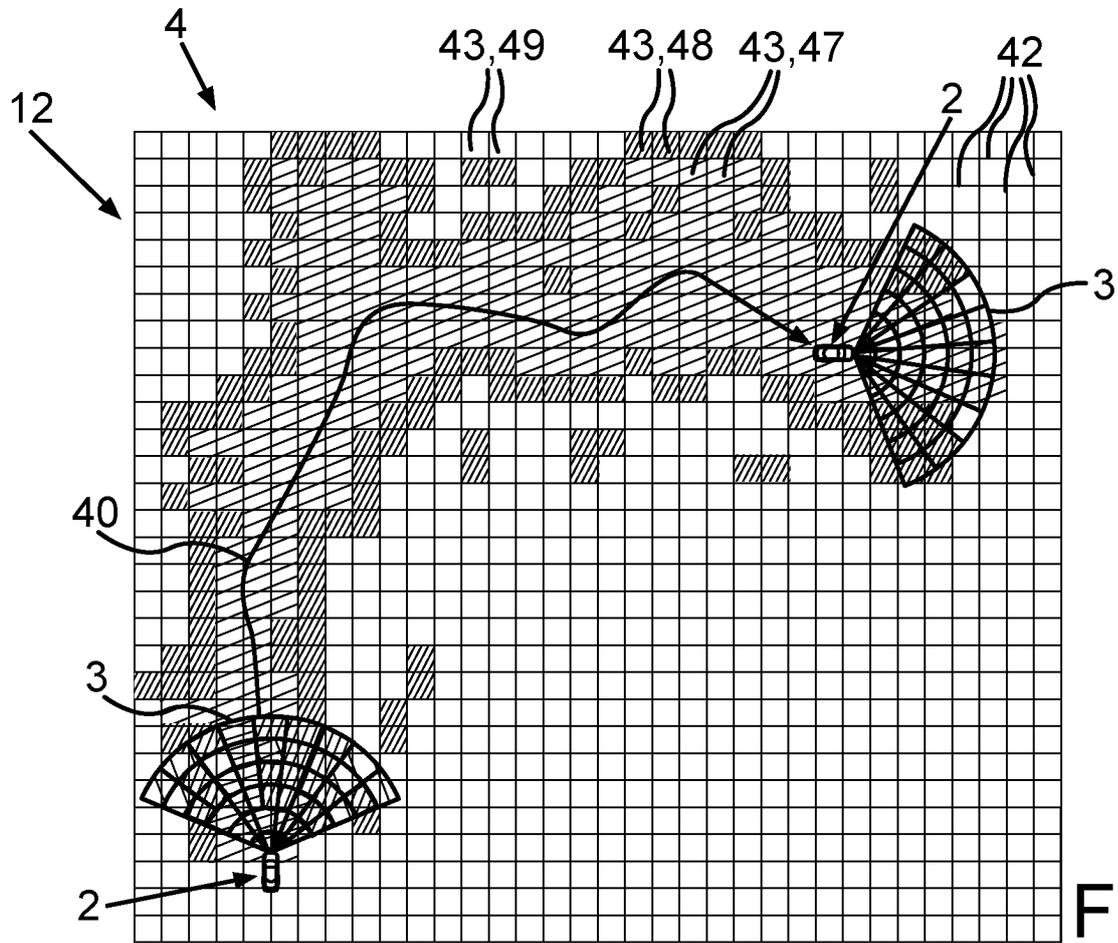


Fig.5

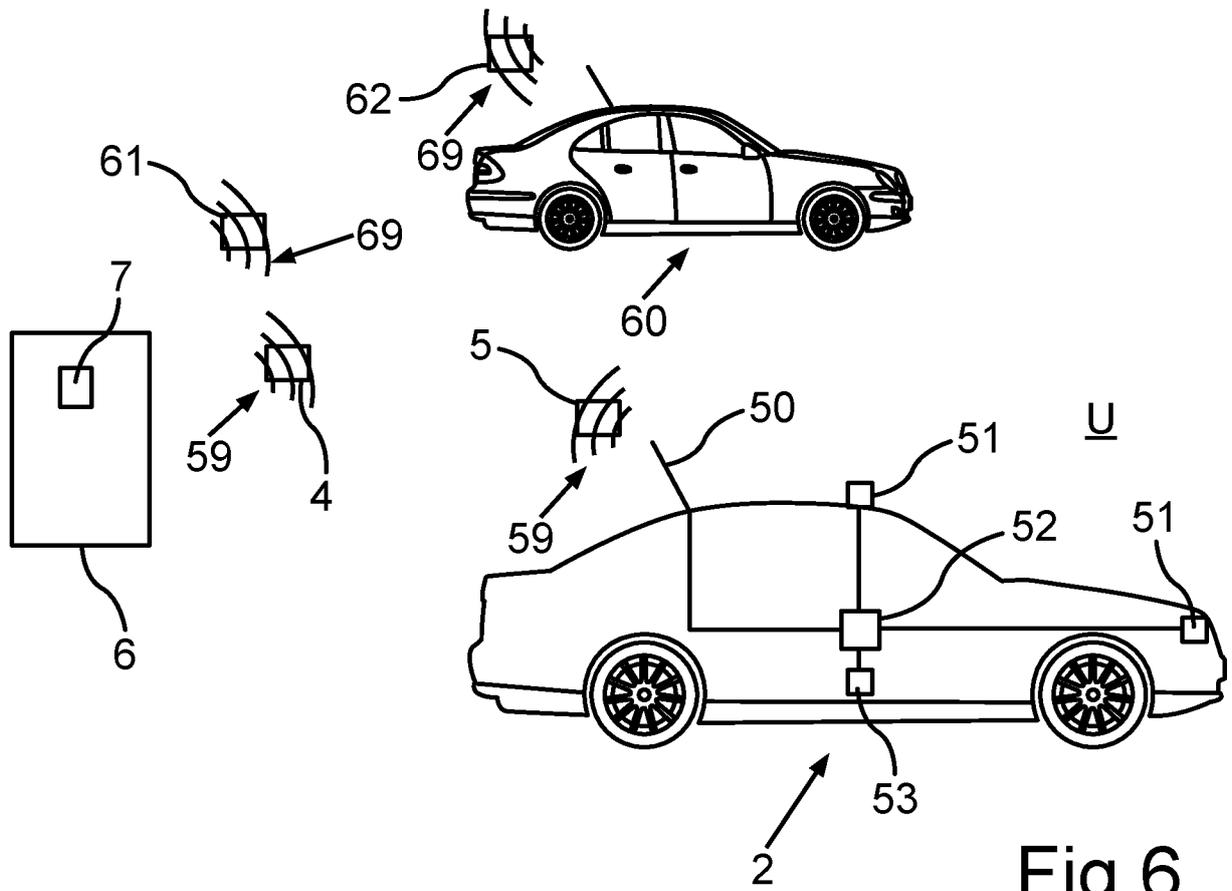


Fig.6