



(10) **DE 10 2024 100 566 B4** 2025.07.10

(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2024 100 566.1**  
(22) Anmeldetag: **10.01.2024**  
(43) Offenlegungstag: **28.05.2025**  
(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: **10.07.2025**

(51) Int Cl.: **G01C 21/00** (2006.01)  
**G01C 21/26** (2006.01)  
**G06V 20/58** (2022.01)  
**B60W 40/02** (2006.01)  
**G08G 1/16** (2006.01)  
**G08G 1/0968** (2006.01)  
**H04W 4/44** (2018.01)

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

(30) Unionspriorität:  
**18/521,601**                      **28.11.2023**      **US**

(73) Patentinhaber:  
**GM Global Technology Operations LLC, Detroit, US**

(74) Vertreter:  
**Manitz Finsterwald Patent- und  
Rechtsanwaltspartnerschaft mbB, 80336  
München, DE**

(72) Erfinder:  
**Zhu, Ruiyang, Warren, MI, US; Zeng, Shuqing,  
Warren, MI, US; Naserian, Mohammad, Warren, MI,  
US; Bai, Fan, Warren, MI, US**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

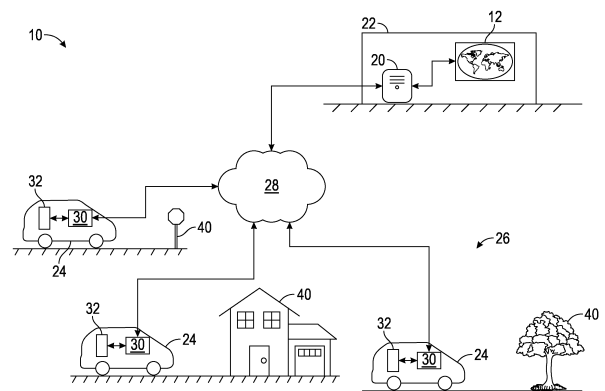
**US**                      **2020 / 0 219 386**      **A1**  
**US**                      **2020 / 0 278 217**      **A1**

**XU, Jingao [et al.]: SwarmMap: scaling up real-time collaborative visual SLAM at the edge. In: Proceedings of the 19th USENIX symposium on networked systems design and implementation, April 4-6, 2022, S. 977-993. – ISBN 978-1-939133-27-4**

**ZHANG, Qingzhao [et al.]: Robust real-time multi-vehicle collaboration on asynchronous sensors. In: Proceedings of the 29th annual international conference on mobile computing and networking, October 2-6, 2023, Art.-No. 57, S. 858-872. – ISBN 978-1-4503-9990-6**

(54) Bezeichnung: **KOLLABORATIVES WAHRNEHMUNGSSYSTEM ZUM ERSTELLEN EINER KOOPERATIVEN WAHRNEHMUNGSKARTE**

(57) Zusammenfassung: Ein kollaboratives Wahrnehmungssystem, das eine kooperative Wahrnehmungskarte auf der Grundlage von Wahrnehmungsdaten erstellt, die von einer Vielzahl von Fahrzeugen gesammelt wurden, und das einen oder mehrere Zentralcomputer in drahtloser Kommunikation mit einem oder mehreren Controllern für jedes der Vielzahl von Fahrzeugen enthält, die sich in einer Umgebung befinden, die eine Vielzahl von statischen Objekten am Straßenrand enthält. Der eine oder die mehreren Zentralcomputer führen Anweisungen aus, um jedes statische Objekt am Straßenrand in der Umgebung auf der Grundlage eines jeweiligen Nutzwertes mit einem Rang zu versehen und die kooperative Wahrnehmungskarte zu erstellen, indem sie Kartendaten der Umgebung auf der Grundlage eines jeweiligen Rangs und geografischen Standorts jedes der statischen Objekte am Straßenrand in der Umgebung kommentiert.



**Beschreibung**

## EINLEITUNG

**[0001]** Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein kollaboratives Wahrnehmungssystem zur Erstellung einer kooperativen Wahrnehmungskarte, die auf Wahrnehmungsdaten basiert, die von einer Vielzahl von Fahrzeugen gesammelt wurden.

**[0002]** Zur Hintergrundinformation sei an dieser Stelle vorab auf die Druckschriften US 2020 / 0 278 217 A1 und US 2020 / 0 219 386 A1 sowie auf den Artikel „Robust real-time multi-vehicle collaboration on asynchronous sensors“ von ZHANG, Qingzhao [et al.] (veröffentlicht in: Proceedings of the 29th annual international conference on mobile computing and networking, October 2-6, 2023, Art.-No. 57, S. 858-872. - ISBN 978-1-4503-9990-6) und den Artikel „SwarmMap: scaling up real-time collaborative visual SLAM at the edge“ von XU, Jingao [et al.] (veröffentlicht in: Proceedings of the 19th USENIX symposium on networked systems design and implementation, April 4-6, 2022, S. 977-993. - ISBN 978-1-939133-27-4) verwiesen.

**[0003]** Ein autonomes Fahrzeug führt verschiedene Aufgaben aus, wie z.B. Wahrnehmung, Lokalisierung, Kartierung, Wegplanung, Entscheidungsfindung und Bewegungssteuerung. Ein autonomes Fahrzeug kann beispielsweise Wahrnehmungssensoren zur Erfassung von Wahrnehmungsdaten über die Umgebung des Fahrzeugs enthalten.

**[0004]** Manchmal können Objekte in der Umgebung aus verschiedenen Gründen von den Wahrnehmungssensoren eines autonomen Fahrzeugs nicht gesehen oder erfasst werden. So kann sich ein Objekt beispielsweise nicht in der Sichtlinie der Wahrnehmungssensoren befinden oder außerhalb der jeweiligen Reichweite des Wahrnehmungssensors liegen. Ein Ansatz zur Lösung dieses Problems beinhaltet die teilweise gemeinsame Nutzung von Wahrnehmungsdaten durch mehrere Fahrzeuge in einem drahtlosen Netz mit begrenzter Bandbreite. Es kann jedoch schwierig sein, die von mehreren Fahrzeugen gesammelten Wahrnehmungsdaten nahtlos gemeinsam zu nutzen, ohne dass Artefakte durch falsch ausgerichtete bzw. unangepasste Daten entstehen. Dies liegt daran, dass die von den Fahrzeugen gemeinsam genutzten Wahrnehmungsdaten aufgrund von Lokalisierungsfehlern und zeitlicher Asynchronität nicht unerhebliche Abweichungen aufweisen können. Da ferner die Netzwerkbandbreite begrenzt ist, kann die Datenregistrierung nicht verwendet werden, um das Problem der falsch ausgerichteten Daten (data misalignment issue) zu lösen, da für die Datenregistrierung zwei ganze Datenrahmen erforderlich sind.

**[0005]** Obwohl die derzeitigen Wahrnehmungssysteme ihren Zweck erfüllen, besteht ein Bedarf an einem verbesserten Ansatz für den Austausch von Wahrnehmungsdaten zwischen Fahrzeugen.

## ZUSAMMENFASSUNG

**[0006]** Gemäß mehreren Aspekten wird ein kollaboratives Wahrnehmungssystem offenbart, das eine kooperative Wahrnehmungskarte auf der Grundlage von Wahrnehmungsdaten erstellt, die von einer Vielzahl von Fahrzeugen gesammelt wurden. Das kollaborative Wahrnehmungssystem umfasst einen oder mehrere Zentralcomputer, die in drahtloser Kommunikation mit einem oder mehreren Controllern für jedes der Vielzahl von Fahrzeugen stehen, die sich in einer Umgebung befinden, die eine Vielzahl statischer Objekte am Straßenrand enthält. Der eine oder die mehreren Zentralcomputer führen Anweisungen aus, um eine individuelle Wahrnehmungskarte von jedem der Vielzahl von Fahrzeugen zu empfangen und einen Objektsatz, der mehrere Objektidentifikatoren enthält, einen Größensatz, der mehrere Größenidentifikatoren enthält, und einen Zeitdauersatz, der mehrere Zeitdauer-identifikatoren enthält, auf der Grundlage der individuellen Wahrnehmungskarten von jedem der Vielzahl von Fahrzeugen zu bestimmen. Der eine oder die mehreren Zentralcomputer bestimmen eine entsprechende Stabilität für jedes der statischen Objekte am Straßenrand, die sich in der Umgebung befinden, auf der Grundlage einer Nutzenwichtigkeitsfunktion, die auf der Basis jeder der Objektidentifikatoren, die Teil des Objektsatzes sind, des größten singulären Größenidentifikators, der Teil des Größensatzes ist, und des größten singulären Zeitdaueridentifikators, der Teil des Zeitdauersatzes ist, berechnet wird. Der eine oder die mehreren Zentralcomputer ordnen jedes statische Objekt am Straßenrand in der Umgebung auf der Grundlage eines jeweiligen Nutzfunktionswerts ein und erstellen die kooperative Wahrnehmungskarte, indem sie Kartendaten der Umgebung auf der Grundlage eines jeweiligen Rangs und geografischen Standorts jedes der statischen Objekte am Straßenrand in der Umgebung mit Anmerkungen versehen bzw. annotieren.

**[0007]** In einem anderen Aspekt wird die Nutzenwichtigkeitsfunktion berechnet auf der Grundlage einer Mehrheitswahlfunktion, die jeden der Objektidentifikatoren berücksichtigt, die Teil des Objektsatzes sind, einer Normfunktion, die den größten singulären Zeitdaueridentifikator bestimmt, der Teil des Zeitdauersatzes ist, und einer Normfunktion, die den größten singulären Zeitdaueridentifikator bestimmt, der Teil des Zeitdauersatzes ist.

**[0008]** In einem weiteren Aspekt wird die Nutzenwichtigkeitsfunktion auf folgender Grundlage berechnet:

$$R(o, s, t) = a * MajorityVote(o) + b * Norm(s) + c * Norm(t)$$

**[0009]**  $R(o, s, t)$  steht für die Nutzenwichtigkeitsfunktion,  $o$  steht für einen der Objektidentifikatoren,  $s$  steht für den größten singulären Größenidentifikator, der Teil des Größensatzes ist,  $t$  steht für den größten singulären Zeitdaueridentifikator, der Teil des Zeitdauersatzes ist, und  $a$ ,  $b$  und  $c$  stehen jeweils für Gewichte.

**[0010]** In einem Aspekt enthält die individuelle Wahrnehmungskarte Kartendaten, die mit semantischen Daten versehen sind, die jedem der statischen Objekte am Straßenrand an einem entsprechenden Ort in der Umgebung entsprechen.

**[0011]** In einem weiteren Aspekt repräsentieren die statischen Objekte am Straßenrand jeweils ein Objekt, das einen festen geografischen Standort in der Umgebung hat.

**[0012]** In einem weiteren Aspekt stellt jeder Objektidentifikator ein jeweiliges statisches Objekt am Straßenrand dar, das sich in der Umgebung befindet, jeder Größenidentifikator stellt eine Größe eines der jeweiligen statischen Objekte am Straßenrand dar, die Teil des Objektsatzes sind, und jeder Zeitdaueridentifikator stellt eine Zeitdauer dar, in der ein jeweiliges statisches Objekt am Straßenrand, das Teil des Objektsatzes ist, von einer Vielzahl von Wahrnehmungssensoren eines jeweiligen Fahrzeugs beobachtet wird.

**[0013]** In einem Aspekt bezieht sich die Stabilität eines jeweiligen statischen Objekts am Straßenrand auf die Wahrscheinlichkeit der Erfassung durch eine Vielzahl von Wahrnehmungssensoren jedes der Vielzahl von Fahrzeugen und die Wahrscheinlichkeit, dass das statische Objekt am Straßenrand seinen geografischen Standort ändert.

**[0014]** In einem anderen Aspekt führen der eine oder die mehreren Zentralcomputer Anweisungen aus, um die kooperative Wahrnehmungskarte an den einen oder die mehreren Controller jedes der Vielzahl von Fahrzeugen zu übertragen.

**[0015]** In einem weiteren Aspekt erstellt ein kollaboratives Wahrnehmungssystem eine kooperative Wahrnehmungskarte. Das kollaborative Wahrnehmungssystem umfasst eine Vielzahl von Fahrzeugen, die jeweils eine Vielzahl von Wahrnehmungssensoren in elektronischer Kommunikation mit einem oder mehreren Controllern umfassen, wobei die Vielzahl von Wahrnehmungssensoren, die jedem Fahrzeug entsprechen, Wahrnehmungsdaten sammeln, die eine Umgebung repräsentieren, die eine Vielzahl von statischen Objekten am Straßenrand enthält, und einen oder mehrere Zentralcomputer in drahtloser Kommunikation mit dem einen oder

den mehreren Controllern jedes der Vielzahl von Fahrzeugen, die sich in einer Umgebung befinden, die eine Vielzahl von statischen Objekten am Straßenrand enthält. Der eine oder die mehreren Zentralcomputer führen Anweisungen aus, um eine individuelle Wahrnehmungskarte von jedem der Vielzahl von Fahrzeugen zu empfangen und einen Objektsatz, der mehrere Objektidentifikatoren enthält, einen Größensatz, der mehrere Größenidentifikatoren enthält, und einen Zeitdauersatz, der mehrere Zeitdaueridentifikatoren enthält, auf der Grundlage der individuellen Wahrnehmungskarten von jedem der Vielzahl von Fahrzeugen zu bestimmen. Der eine oder die mehreren Zentralcomputer bestimmen eine entsprechende Stabilität für jedes der statischen Objekte am Straßenrand, die sich in der Umgebung befinden, auf der Grundlage einer Nutzenwichtigkeitsfunktion, die auf der Basis jeder der Objektidentifikatoren, die Teil des Objektsatzes sind, des größten singulären Größenidentifikators, der Teil des Größensatzes ist, und des größten singulären Zeitdaueridentifikators, der Teil des Zeitdauersatzes ist, berechnet wird. Der eine oder die mehreren Zentralcomputer erstellen eine Rangfolge für jedes statische Objekt am Straßenrand in der Umgebung auf der Grundlage eines entsprechenden Nutzwertes. Der eine oder die mehreren Zentralcomputer erstellen die kooperative Wahrnehmungskarte, indem sie Kartendaten der Umgebung auf der Grundlage eines jeweiligen Rangs und geografischen Standorts für jedes der statischen straßenseitigen Objekte, die sich in der Umgebung befinden, mit Anmerkungen versehen und die kooperative Wahrnehmungskarte an den einen oder die mehreren Controller jedes der Vielzahl von Fahrzeugen übertragen.

**[0016]** In einem anderen Aspekt führen der eine oder die mehreren Controller eines Ego-Fahrzeugs, das Teil der Vielzahl von Fahrzeugen ist, Anweisungen aus, um einen Teilsatz der statischen Objekte am Straßenrand der kooperativen Wahrnehmungskarte auf der Grundlage des jeweiligen Rangs jedes statischen Objekts am Straßenrand zu bestimmen, das als Teil der kooperativen Wahrnehmungskarte enthalten ist, wobei der Teilsatz der statischen Objekte am Straßenrand einen entsprechenden Mindeststrang hat.

**[0017]** In einem weiteren Aspekt empfangen der eine oder die mehreren Controller des Ego-Fahrzeugs dreidimensionale Wahrnehmungsdaten, die von der Vielzahl von Wahrnehmungssensoren gesammelt wurden, die dem Ego-Fahrzeug entsprechen, und bestimmen einen Satz von dreidimensionalen Wahrnehmungspunkten, die sich in einer vorbestimmten Nähe zu dem Teilsatz von Objekten am Straßenrand befinden.

**[0018]** In einem Aspekt führen der eine oder die mehreren Controller des Ego-Fahrzeugs Anweisungen

gen aus, um eine ego-basierte Relativpose entsprechend dem Ego-Fahrzeug für jedes statische Objekt am Straßenrand zu schätzen, das Teil des Teilsatzes von Objekten am Straßenrand ist, basierend auf dem Satz von dreidimensionalen Wahrnehmungspunkten und des Teilsatzes von Objekten am Straßenrand, indem ein oder mehrere Punktwolkenanpassungsalgorithmen ausgeführt werden.

**[0019]** In einem anderen Aspekt führen der eine oder die mehreren Controller des Ego-Fahrzeugs Anweisungen aus, um einen Satz benachbarter dreidimensionaler Wahrnehmungspunkte und benachbarter Relativposen zu empfangen, die einem benachbarten Fahrzeug entsprechen, wobei jede benachbarte Relativpose einem der statischen Objekte am Straßenrand entspricht, die Teil des Teilsatzes von Objekten am Straßenrand sind, und der Satz benachbarter dreidimensionaler Wahrnehmungspunkte durch entsprechende Wahrnehmungssensoren des benachbarten Fahrzeugs gesammelt wird, eine Transformationsfunktion auszuführen, um den Satz dreidimensionaler Wahrnehmungspunkte von einem lokalen Koordinatensystem des Ego-Fahrzeugs in ein Weltkoordinatensystem umzuwandeln, und eine Transformationsfunktion auszuführen, um den Satz benachbarter dreidimensionaler Wahrnehmungspunkte von einem lokalen Koordinatensystem des benachbarten Fahrzeugs in das Weltkoordinatensystem umzuwandeln.

**[0020]** In einem weiteren Aspekt führen der eine oder die mehreren Controller des Ego-Fahrzeugs Anweisungen aus, um den Satz benachbarter dreidimensionaler Wahrnehmungspunkte mit dem Satz dreidimensionaler Wahrnehmungspunkte auf der Grundlage einer Matrixstapelung zusammenzuführen, um eine zusammengeführte Matrix zu erzeugen.

**[0021]** In einem Aspekt führen der eine oder die mehreren Controller des Ego-Fahrzeugs Anweisungen aus, um den Satz dreidimensionaler Wahrnehmungspunkte und den Satz benachbarter dreidimensionaler Wahrnehmungspunkte der zusammengeführten Matrix auf der Grundlage eines dreidimensionalen Objekterfassungsmodells zu analysieren, um eine oder mehrere Begrenzungsboxen vorherzusagen, die sich in einer unmittelbaren Umgebung des Ego-Fahrzeugs befinden, wobei jede Begrenzungsbox für ein entsprechendes dynamisches Objekt in der unmittelbaren Umgebung repräsentativ ist.

**[0022]** In einem anderen Aspekt wird die Nutzenwertigkeitsfunktion berechnet auf der Grundlage einer Mehrheitswahlfunktion, die jeden der Objektidentifikatoren berücksichtigt, die Teil des Objektsatzes sind, einer Normfunktion, die den größten singulären Zeitdaueridentifikator bestimmt, der Teil des Zeitdauersatzes ist, und einer Normfunktion, die

den größten singulären Zeitdaueridentifikator bestimmt, der Teil des Zeitdauersatzes ist.

**[0023]** In einem weiteren Aspekt wird die Nutzenwertigkeitsfunktion auf folgender Grundlage berechnet:

$$R(o, s, t) = a * MajorityVote(o) + b * Norm(s) + c * Norm(t)$$

**[0024]**  $R(o, s, t)$  steht für die Nutzenwertigkeitsfunktion,  $o$  steht für einen der Objektidentifikatoren,  $s$  steht für den größten singulären Größenidentifikator, der Teil des Größensatzes ist,  $t$  steht für den größten singulären Zeitdaueridentifikator, der Teil des Zeitdauersatzes ist, und  $a$ ,  $b$  und  $c$  stehen jeweils für Gewichte.

**[0025]** In einem Aspekt enthält die individuelle Wahrnehmungskarte Kartendaten, die mit semantischen Daten versehen sind, die jedem der statischen Objekte am Straßenrand an einem entsprechenden Ort in der Umgebung entsprechen.

**[0026]** In einem weiteren Aspekt repräsentieren die statischen Objekte am Straßenrand jeweils ein Objekt, das einen festen geografischen Standort in der Umgebung hat.

**[0027]** In einem weiteren Aspekt stellt jeder Objektidentifikator ein jeweiliges statisches Objekt am Straßenrand dar, das sich in der Umgebung befindet, jeder Größenidentifikator stellt eine Größe eines der jeweiligen statischen Objekte am Straßenrand dar, die Teil des Objektsatzes sind, und jeder Zeitdaueridentifikator stellt eine Zeitdauer dar, in der ein jeweiliges statisches Objekt am Straßenrand, das Teil des Objektsatzes ist, von der Vielzahl von Wahrnehmungssensoren eines jeweiligen Fahrzeugs beobachtet wird.

**[0028]** In einem Aspekt wird ein kollaboratives Wahrnehmungssystem offenbart, das eine kooperative Wahrnehmungskarte erstellt. Das kollaborative Wahrnehmungssystem umfasst eine Vielzahl von Fahrzeugen, die jeweils eine Vielzahl von Wahrnehmungssensoren in elektronischer Kommunikation mit einem oder mehreren Controllern umfassen, wobei die Vielzahl von Wahrnehmungssensoren, die jedem Fahrzeug entsprechen, Wahrnehmungssensordaten sammeln, die eine Umgebung repräsentieren, die eine Vielzahl von statischen Objekten am Straßenrand enthält, und einen oder mehrere Zentralcomputer in drahtloser Kommunikation mit dem einen oder den mehreren Controllern jedes der Vielzahl von Fahrzeugen, die sich in einer Umgebung befinden, die eine Vielzahl von statischen Objekten am Straßenrand enthält, wobei die statischen Objekte am Straßenrand jeweils ein Objekt repräsentieren, das einen festen geografischen Standort innerhalb der Umgebung hat. Der eine oder die meh-

renen Zentralcomputer führen Anweisungen aus, um eine individuelle Wahrnehmungskarte von jedem der Vielzahl von Fahrzeugen zu empfangen, wobei die individuelle Wahrnehmungskarte Kartendaten enthält, die mit semantischen Daten versehen sind, die jedem der statischen straßenseitigen Objekte an einem jeweiligen Ort innerhalb der Umgebung entsprechen. Der eine oder die mehreren Zentralcomputer bestimmen auf der Grundlage der individuellen Wahrnehmungskarten von jedem der Vielzahl von Fahrzeugen einen Objektsatz mit einer Vielzahl von Objektidentifikatoren, einen Größensatz mit einer Vielzahl von Größenidentifikatoren und einen Zeitdauersatz mit einer Vielzahl von Zeitdaueridentifikatoren. Der eine oder die mehreren Zentralcomputer bestimmen eine entsprechende Stabilität für jedes der statischen Objekte am Straßenrand, die sich in der Umgebung befinden, auf der Grundlage einer Nutzenwichtigkeitsfunktion, die auf der Basis jeder der Objektidentifikatoren, die Teil des Objektsatzes sind, des größten singulären Größenidentifikators, der Teil des Größensatzes ist, und des größten singulären Zeitdaueridentifikators, der Teil des Zeitdauersatzes ist, berechnet wird. Der eine oder die mehreren Zentralcomputer erstellen eine Rangfolge für jedes statische Objekt am Straßenrand in der Umgebung auf der Grundlage eines entsprechenden Nutzwertes. Der eine oder die mehreren Zentralcomputer erstellen die kooperative Wahrnehmungskarte, indem sie Kartendaten der Umgebung auf der Grundlage eines jeweiligen Rangs und geografischen Standorts für jedes der statischen straßenseitigen Objekte, die sich in der Umgebung befinden, mit Anmerkungen versehen und die kooperative Wahrnehmungskarte an den einen oder die mehreren Controller jedes der Vielzahl von Fahrzeugen übertragen.

#### KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

**[0029]** Die hier beschriebenen Zeichnungen dienen nur der Veranschaulichung.

**Fig. 1** zeigt ein schematisches Diagramm des offenbarten kollaborativen Wahrnehmungssystems mit einem oder mehreren Zentralcomputern in drahtloser Kommunikation mit einer Vielzahl von Fahrzeugen, gemäß einer beispielhaften Ausführungsform;

**Fig. 2** ist eine Darstellung eines der in **Fig. 1** gezeigten Fahrzeuge, das in einer Umgebung mit einem statischen Objekt am Straßenrand fährt, gemäß einer beispielhaften Ausführungsform;

**Fig. 3** stellt die Software-Architektur des einen oder der mehreren in **Fig. 1** gezeigten Controller gemäß einer beispielhaften Ausführungsform dar; und

**Fig. 4** zeigt die Software-Architektur eines oder mehrerer Controller, die Teil eines der in **Fig. 1** gezeigten Fahrzeuge sind, gemäß einer beispielhaften Ausführungsform.

#### DETAILLIERTE BESCHREIBUNG

**[0030]** Die folgende Beschreibung ist lediglich illustrativer Natur.

**[0031]** In **Fig. 1** ist ein beispielhaftes kollaboratives Wahrnehmungssystem 10 zur Erstellung einer kooperativen Wahrnehmungskarte 12 dargestellt. Das kollaborative Wahrnehmungssystem 10 umfasst einen oder mehrere Zentralcomputer 20, die sich in einem Back-End-Büro 22 befinden. Der eine oder die mehreren Zentralcomputer 20 stehen über ein Kommunikationsnetz 28 in drahtloser Verbindung mit mehreren Fahrzeugen 24, die sich in einer Umgebung 26 befinden. Es ist ersichtlich, dass es sich bei dem Fahrzeug 24 um jede Art von Fahrzeug handeln kann, wie z.B. eine Limousine, einen Lastwagen, ein Sport Utility Vehicle (SUV), einen Van oder ein Wohnmobil. In der in **Fig. 1** gezeigten Ausführungsform umfasst jedes Fahrzeug 24 einen oder mehrere Controller 30, die in elektronischer Kommunikation mit einer Vielzahl von Wahrnehmungssensoren 32 stehen, die Wahrnehmungsdaten über die Umgebung 26 sammeln. Das Kommunikationsnetz 28 verbindet jeden des einen oder der mehreren Controller 30 jedes Fahrzeugs 24 drahtlos mit dem einen oder den mehreren Zentralcomputern 20 und dem einen oder den mehreren Controllern 30, die zu dem einem oder den mehreren übrigen Fahrzeugen 24 korrespondieren. Die Wahrnehmungssensoren 32, die zu jedem Fahrzeug 24 korrespondieren, erfassen Wahrnehmungsdaten, die die Umgebung 26 repräsentieren, die eine Vielzahl von statischen Objekten am Straßenrand 40 enthält. Wie weiter unten erläutert, erstellen der eine oder die mehreren Zentralcomputer 20 die kooperative Wahrnehmungskarte 12 durch Crowdsourcing der von mehreren Fahrzeugen 24 gesammelten Wahrnehmungsdaten und Einstufung der statischen Objekte 40 am Straßenrand auf der Grundlage ihrer entsprechenden Stabilität.

**[0032]** **Fig. 2** zeigt eines der Fahrzeuge 24, das sich in der Umgebung 26 bewegt. In der in **Fig. 2** gezeigten Ausführungsform gehören zu der Vielzahl von Wahrnehmungssensoren 32 eine oder mehrere Kameras 42 zum Erfassen von Bilddaten, eine Trägheitsmesseinheit (IMU bzw. inertial measurement unit) 44, ein globales Positionsbestimmungssystem (GPS) 46, Radar 48 und LiDAR 51, es können jedoch auch andere oder zusätzliche Wahrnehmungssensoren verwendet werden. Die Vielzahl von Wahrnehmungssensoren 32 sammeln Wahrnehmungsdaten, die für die Umgebung 26 repräsentativ sind, zu der auch die Vielzahl von statischen Objekten 40 am

Straßenrand gehören. Die statischen Objekte 40 am Straßenrand stellen Objekte dar, die einen festen geografischen Standort innerhalb der Umgebung 26 haben. Das bedeutet, dass die statischen Objekte 40 am Straßenrand stationär sind und ihre geografische Position innerhalb der Umgebung 26 nicht verändern. Einige Beispiele für statische Objekte 40 am Straßenrand sind unter anderem ein Verkehrsschild, ein Gebäude, ein Baum und ein Licht- oder Versorgungsleitungsmast.

**[0033]** Wie in den Fig. 1 und 2 dargestellt, sammelt die Vielzahl von Wahrnehmungssensoren 32 für jedes der Fahrzeuge 24 Wahrnehmungsdaten, die für die Umgebung 26 repräsentativ sind, zu der auch die statischen Objekte 40 am Straßenrand gehören. Der eine oder die mehreren Controller 30 jedes Fahrzeugs 24 kombinieren die von der Vielzahl der Wahrnehmungssensoren 32 gesammelten Wahrnehmungsdaten mit Kartendaten, die die Umgebung 26 darstellen, um eine individuelle Wahrnehmungskarte zu erstellen. In einer Ausführungsform kann es sich bei den Kartendaten um hochauflösende Kartendaten handeln, es können jedoch auch andere Arten von Kartendaten verwendet werden. Die individuelle Wahrnehmungskarte enthält die für die Umgebung 26 repräsentativen Kartendaten, die mit semantischen Daten versehen sind, die jedem der statischen Objekte 40 am Straßenrand an ihrem jeweiligen Standort entsprechen, wobei die individuelle Wahrnehmungskarte auf einem Weltkoordinatensystem  $W$  basiert.

**[0034]** Die semantischen Daten geben einen Objekttyp, einen geografischen Standort und die Wahrnehmungsdaten an, die einem jeweiligen Objekt am Straßenrand 40 entsprechen. Der Objekttyp gibt die Größe des statischen Objekts 40 am Straßenrand und die Zeitdauer an, während der das statische Objekt 40 am Straßenrand von den Wahrnehmungssensoren 32 erfasst wurde. Die Größe des statischen Objekts 40 am Straßenrand gibt die Anzahl der Wahrnehmungsdatenpunkte an, die von den Wahrnehmungssensoren 32 des jeweiligen Fahrzeugs 24 erfasst werden, oder, alternativ, die Größe eines Begrenzungsrahmens, der dem statischen Objekt 40 am Straßenrand entspricht. Wenn die Umgebung 26 beispielsweise ein Verkehrsschild an einem bestimmten Ort enthält, wird die individuelle Wahrnehmungskarte mit den semantischen Daten versehen, die für das Verkehrsschild an dem betreffenden Ort repräsentativ sind, wobei die individuelle Wahrnehmungskarte auf dem Weltkoordinatensystem  $W$  basiert.

**[0035]** Wie in Fig. 1 und 2 gezeigt, kann jeder der Controller 30 der Vielzahl von Fahrzeugen 24 die jeweilige individuelle Wahrnehmungskarte mit einem Geohash versehen und die jeweilige individuelle Wahrnehmungskarte über das Kommunika-

tionsnetz 28 an den einen oder die mehreren Zentralcomputer 20 übertragen. Der eine oder die mehreren Zentralcomputer 20 empfangen von jedem der Vielzahl von Fahrzeugen 24 über das Kommunikationsnetz 28 eine individuelle Wahrnehmungskarte, wobei jede individuelle Wahrnehmungskarte Kartendaten enthält, die mit semantischen Daten versehen sind, die jedem der statischen Objekte 40 am Straßenrand an ihren jeweiligen Standorten innerhalb der Umgebung 26 entsprechen.

**[0036]** Fig. 3 ist ein Blockdiagramm, das die Software-Architektur des einen oder der mehreren in Fig. 1 gezeigten Zentralcomputer 20 darstellt. Der eine oder die mehreren Zentralcomputer 20 umfassen einen Objektsatzblock 50, einen Größensatzblock 52, einen Zeitdauerblock 54, einen Bewertungsblock 56 und einen Rangfolgenblock 58. Der Objektsatzblock 50 des einen oder der mehreren Zentralcomputer 20 bestimmt einen Objektsatz  $\{o_1, o_2, \dots, o_n\}$  basierend auf den individuellen Wahrnehmungskarten von jedem der Vielzahl von Fahrzeugen 24. Der Objektsatz umfasst eine Vielzahl von Objektidentifikatoren  $o_1, o_2, \dots, o_n$ , die jeweils ein entsprechendes statisches Objekt 40 am Straßenrand darstellen, das sich in der Umgebung 26 befindet (Fig. 2), wobei  $n$  die Anzahl der statischen Objekte 40 am Straßenrand repräsentiert, die sich in der Umgebung 26 befinden. Der Größensatzblock 52 des einen oder der mehreren Zentralcomputer 20 bestimmt einen Größensatz  $\{s_1, s_2, \dots, s_n\}$  auf der Grundlage der individuellen Wahrnehmungskarten von jedem der Vielzahl von Fahrzeugen 24. Der Größensatz umfasst eine Vielzahl von Größenidentifikatoren  $s_1, s_2, \dots, s_n$ , die jeweils die Größe eines der jeweiligen statischen Objekte 40 am Straßenrand darstellen, die Teil des Objektsatzes sind.

**[0037]** Der Zeitdauerblock 54 des einen oder der mehreren Zentralcomputer 20 bestimmt einen Zeitdauersatz  $\{t_1, t_2, \dots, t_n\}$  auf der Grundlage der individuellen Wahrnehmungskarten von jedem der Vielzahl von Fahrzeugen 24. Der Zeitdauersatz umfasst eine Vielzahl von Zeitdaueridentifikatoren  $t_1, t_2, \dots, t_n$ , die jeweils die Zeitdauer darstellen, während der das jeweilige statische Objekt 40 am Straßenrand von der Vielzahl der Wahrnehmungssensoren 32 eines jeweiligen Fahrzeugs 24 beobachtet wird. Der Zeitdauerblock 54 vergleicht die Zeitdaueridentifikatoren mit einer Schwellendauer. Die Schwellendauer stellt die Mindestzeitdauer dar, die die Wahrnehmungssensoren 32 benötigen, um das jeweilige statische Objekt 40 am Straßenrand zu beobachten. Wenn das jeweilige Objekt am Straßenrand 40 nicht für die Mindestdauer beobachtet wird, sind die Wahrnehmungsdaten möglicherweise nicht stabil.

**[0038]** Der Bewertungsblock 56 des einen oder der mehreren Zentralcomputer 20 empfängt den Objektsatz aus dem Objektsatzblock 50, den Größensatz

aus dem Größensatzblock 52 und die Zeitdauer aus dem Zeitdauerblock 54 als Eingabe und bestimmt eine entsprechende Stabilität für jedes der statischen Objekte 40 am Straßenrand, die sich in der Umgebung 26 befinden. Die Stabilität eines jeweiligen statischen Objekts 40 am Straßenrand bezieht sich auf die Wahrscheinlichkeit der Erfassung durch die Wahrnehmungssensoren 32 jedes der Vielzahl von Fahrzeugen 24 (**Fig. 1**) und auf die Wahrscheinlichkeit, dass das statische Objekt 40 am Straßenrand seinen entsprechenden geografischen Standort ändert.

**[0039]** Die Erfassungswahrscheinlichkeit basiert auf der Sichtbarkeit des statischen Objekts 40 am Straßenrand durch die Wahrnehmungssensoren 32 jedes der Vielzahl von Fahrzeugen 24. Die Erfassungswahrscheinlichkeit wird auf der Grundlage von Faktoren wie z.B. der Gesamtgröße des statischen Objekts 40 am Straßenrand, der Zeitdauer, in der das statische Objekt 40 am Straßenrand von den Wahrnehmungssensoren 32 erfasst wurde, und der Häufigkeit, mit der das statische Objekt 40 am Straßenrand von zwei oder mehr Fahrzeugen 24 erfasst wurde, bestimmt. So ist beispielsweise ein großes Gebäude für die Wahrnehmungssensoren 32 leichter zu erfassen als ein Objekt wie ein Verkehrsschild. Die Wahrscheinlichkeit, dass das statische Objekt 40 am Straßenrand den entsprechenden geografischen Standort ändert, basiert auf dem Schwierigkeitsgrad, den geografischen Standort des statischen Objekts 40 am Straßenrand zu verschieben. Zum Beispiel wäre es bei einem Gebäude schwieriger, den entsprechenden geografischen Standort zu verschieben als bei einem Verkehrsschild oder einem Strauch, der Teil der Umgebung 26 ist, da es viel weniger schwierig ist, ein Verkehrsschild oder einen Strauch im Vergleich zu einem Gebäude zu verschieben.

**[0040]** Der Bewertungsblock 56 bestimmt die jeweilige Stabilität für jedes der statischen Objekte 40 am Straßenrand, die sich in der Umgebung 26 befinden, basierend auf einer Nutzenwichtigkeitsfunktion. Die Nutzenwichtigkeitsfunktion bestimmt einen Nutzenfunktionswert für jedes der statischen Objekte 40 am Straßenrand, die durch einen Objektidentifikator  $o_1, o_2, \dots, o_n$  repräsentiert werden, der Teil des Objektsatzes ist, wobei ein höherer Wert eine höhere Stabilität angibt. In einer Ausführungsform wird die Nutzenwichtigkeitsfunktion berechnet auf der Grundlage einer Mehrheitsabstimmungsfunktion (majority vote function), die jeden der Objektidentifikatoren  $o_1, o_2, \dots, o_n$  berücksichtigt, die Teil des Objektsatzes sind, einer Normfunktion, die den größten singulären Größenidentifikator  $s_1, s_2, \dots, s_n$  bestimmt, der Teil des Größensatzes ist, und einer Normfunktion, die den größten singulären Zeitdaueridentifikator  $t_1, t_2, \dots, t_n$  bestimmt, der Teil des Zeitdaueratzes ist. Die Größenidentifikatoren  $s_1, s_2, \dots$

$s_n$ , die Teil des Größensatzes sind, und der Zeitdaueridentifikator  $t_1, t_2, \dots, t_n$ , der Teil des Zeitdaueratzes ist, haben eine Eins-zu-Eins-Entsprechung mit einem der Objektidentifikatoren  $o_1, o_2, \dots, o_n$ , die Teil des Objektsatzes sind. In einer Ausführungsform wird die Nutzenwichtigkeitsfunktion in Gleichung 1 wie folgt ausgedrückt:

$$R(o, s, t) = a * MajorityVote(o) + b * Norm(s) + c * Norm(t) \quad \text{Gl. 1}$$

wobei  $R(o, s, t)$  die Nutzenwichtigkeitsfunktion repräsentiert,  $o$  einen der Objektidentifikatoren repräsentiert,  $s$  den größten singulären Größenidentifikator repräsentiert, der Teil des Größensatzes ist,  $t$  den größten singulären Zeitdaueridentifikator repräsentiert, der Teil des Zeitdaueratzes ist, und  $a, b$  und  $c$  jeweils Gewichte darstellen, die einen Wert zwischen 0 und 1 haben, wobei die Summe der Gewichte gleich 1 ist, oder  $a + b + c = 1$ . In einer Ausführungsform werden die jeweiligen Werte für die Gewichte  $a, b$  und  $c$  empirisch bestimmt.

**[0041]** Der Rangfolgeblock 58 des einen oder der mehreren Zentralcomputer 20 empfängt den Nutzenfunktionswert für jedes der statischen Objekte 40 am Straßenrand, die Teil des Objektsatzes sind, und ordnet jedes statische Objekt 40 am Straßenrand in einer Reihenfolge auf der Grundlage des jeweiligen Nutzenfunktionswerts ein. Es ist ersichtlich, dass ein höherer Nutzenfunktionswert eine höhere Stabilität des jeweiligen statischen Objekts 40 am Straßenrand angibt (z.B. mehr Datenbeobachtungen oder eine größere physische Gesamtgröße des statischen Objekts 40 am Straßenrand). Der Rangfolgeblock 58 des einen oder der mehreren Zentralcomputer 20 versieht dann die Kartendaten mit einem entsprechenden Rang und dem geografischen Standort für jedes der statischen Objekte 40 am Straßenrand, die sich in der Umgebung 26 befinden, um die kooperative Wahrnehmungskarte 12 zu erstellen, wobei die kooperative Wahrnehmungskarte 12 im Weltkoordinatensystem  $W$  ausgedrückt ist. Der eine oder die mehreren Zentralcomputer 20 übertragen dann die kooperative Wahrnehmungskarte 12 über das Kommunikationsnetz 28 an den einen oder die mehreren Controller 30 jedes der Vielzahl von Fahrzeugen 24.

**[0042]** **Fig. 4** ist ein Diagramm, das die Software-Architektur des einen oder der mehreren Controller 30 eines Ego-Fahrzeugs  $A$ , das eines der Vielzahl von Fahrzeugen 24 ist, darstellt. Im vorliegenden Beispiel ist das Ego-Fahrzeug 24 mit  $A$  und ein benachbartes Fahrzeug 24, das Teil der Vielzahl von Fahrzeugen 24 ist, mit  $B$  bezeichnet. Der eine oder die mehreren Controller 30 umfassen einen Teilsatzblock 70, einen Punktwolkenblock 72, einen Relativposenblock 74, einen Transformationsblock 76 und einen Zusammenführungsblock 78. Wie im Folgenden erläutert wird, führen der eine oder die

mehreren Controller 30 des Ego-Fahrzeugs A die von den Wahrnehmungssensoren 32 (**Fig. 2**) des Ego-Fahrzeugs 24 erfassten dreidimensionalen Wahrnehmungsdaten mit den dreidimensionalen Wahrnehmungsdaten zusammen, die von den Wahrnehmungssensoren 32 des benachbarten Fahrzeugs B erfasst werden, das Teil der Vielzahl von Fahrzeugen 24 ist. Zu den dreidimensionalen Wahrnehmungsdaten gehören unter anderem Radar- oder LiDAR-Punktwolken und von Stereo- oder Tiefenkameras erfasste Bilddaten.

**[0043]** Während das vorliegende Beispiel die Zusammenführung von Wahrnehmungsdaten zwischen dem Ego-Fahrzeug A und dem Nachbarfahrzeug B beschreibt, kann das Ego-Fahrzeug A auch Wahrnehmungsdaten von mehr als einem Fahrzeug 24 zusammenführen. In einer anderen Ausführungsform kann das Ego-Fahrzeug A zum Beispiel auch Daten von einem anderen benachbarten Fahrzeug C zusammenführen.

**[0044]** Der Teilsatzblock 70 des einen oder der mehreren Controller 30 des Ego-Fahrzeugs A empfängt die kooperative Wahrnehmungskarte 12 als Eingabe und bestimmt einen Teilsatz der statischen Objekte 40 am Straßenrand, die Teil der kooperativen Wahrnehmungskarte 12 sind, basierend auf dem jeweiligen Rang jedes statischen Objekts 40 am Straßenrand, das als Teil der kooperativen Wahrnehmungskarte 12 enthalten ist. Der Teilsatz der statischen Objekte 40 am Straßenrand wird als O' bezeichnet, und der gesamte Satz der statischen Objekte 40 am Straßenrand, die in der kooperativen Wahrnehmungskarte 12 enthalten sind, wird als O bezeichnet. Der Teilsatz O' der statischen Objekte 40 am Straßenrand umfasst statische Objekte 40 am Straßenrand, die Teil der kooperativen Wahrnehmungskarte 12 sind und einen entsprechenden Mindestrang haben. Der Teilsatzblock 70 des einen oder der mehreren Controller 30 wählt den entsprechenden Mindestrang auf der Grundlage einer Rechenkapazität des einen oder der mehreren Controller 30 aus, wobei eine höhere Rechenkapazität des einen oder der mehreren Controller 30 zu einem größeren Teilsatz O' führt. Es ist festzuhalten, dass der Teilsatz O' der statischen Objekte 40 am Straßenrand ausgewählt wird, um die Rechenlast auf dem einen oder den mehreren Controllern 30 des Ego-Fahrzeugs A zu verringern, da zahlreiche statische Objekte 40 am Straßenrand als Teil der kooperativen Wahrnehmungskarte 12 enthalten sein können.

**[0045]** Der Teilsatzblock 70 des einen oder der mehreren Controller 30 des Ego-Fahrzeugs A sendet den Teilsatz O' der statischen Objekte 40 am Straßenrand an den Punktwolkenblock 72 des einen oder der mehreren Controller 30. Der Punktwolkenblock 72 empfängt auch die dreidimensionalen Wahrnehmungsdaten 60, die von den Wahrnehmungssensoren

32 (**Fig. 2**) des Ego-Fahrzeugs A erfasst werden. Der Punktwolkenblock 72 bestimmt dann einen Satz dreidimensionaler Wahrnehmungspunkte  $L_A$ , die sich in einer vorbestimmten Nähe zu dem Teilsatz der Objekte am Straßenrand O' befinden. Der Satz der dreidimensionalen Wahrnehmungspunkte  $L_A$  ist in Matrixform ausgedrückt und basiert auf einem lokalen Koordinatensystem des Ego-Fahrzeugs A. In einer Ausführungsform wird der Satz der dreidimensionalen Wahrnehmungspunkte  $L_A$  zum Beispiel als  $n \times 4$ -Matrix ausgedrückt. Die vorgegebene Nähe wird so gewählt, dass sie dreidimensionale Wahrnehmungsdatenpunkte umfasst, die potenziell eines der statischen Objekte 40 am Straßenrand darstellen, die Teil des Teilsatzes O' der Objekte am Straßenrand sind. Es ist festzuhalten, dass die dreidimensionalen Wahrnehmungspunkte aufgrund von Lokalisierungsfehlern und Abweichungen durch GPS- und IMU-Sensorabweichungen möglicherweise nicht mit den statischen Objekten am Straßenrand 40 übereinstimmen.

**[0046]** Der Relativposenblock 74 des einen oder der mehreren Controller 30 des Ego-Fahrzeugs A empfängt den Satz der dreidimensionalen Wahrnehmungspunkte  $L_A$  und den Teilsatz O' der Objekte am Straßenrand als Eingabe. Der Relativposenblock 74 des einen oder der mehreren Controller 30 schätzt eine dem Ego-Fahrzeug A entsprechende ego-basierte Relativpose  $T_A$  für jedes statische Objekt 40 am Straßenrand, das Teil des Teilsatzes O' von Objekten am Straßenrand ist, auf der Grundlage des Satzes von dreidimensionalen Wahrnehmungspunkten  $L_A$  und des Teilsatzes O' von Objekten am Straßenrand durch Ausführen eines oder mehrerer Punktwolkenanpassungsalgorithmen. Die Punktwolkenanpassungsalgorithmen bestimmen die ego-basierte Relativpose  $T_A$  für jedes statische Objekt 40 am Straßenrand, das Teil des Teilsatzes O' von Objekten am Straßenrand ist, indem sie einen minimalen Abstand zwischen einer Transformation des Satzes dreidimensionaler Wahrnehmungspunkte  $L_A \cdot T$  und einem entsprechenden Standort jedes statischen Objekts 40 am Straßenrand, das Teil des Teilsatzes O' von Objekten am Straßenrand ist, bestimmen. Ein Beispiel für einen Punktwolkenanpassungsalgorithmus, der verwendet werden kann, ist der Algorithmus zur Transformation von Normalverteilungen (NDT bzw. normal distributions transform). Es ist festzuhalten, dass die ego-basierte Relativpose  $T_A$  in Matrixform ausgedrückt wird. In einer Ausführungsform liegt die ego-basierte Relativpose  $T_A$  in Form einer  $4 \times 4$ -Matrix vor.

**[0047]** Der Transformationsblock 76 des einen oder der mehreren Controller 30 des Ego-Fahrzeugs A empfängt die ego-basierte Relativpose  $T_A$  und den Satz der dreidimensionalen Wahrnehmungspunkte  $L_A$  für jedes statische Objekt 40 am Straßenrand, das Teil des Teilsatzes O' der Objekte am Straßen-

rand ist. Der Transformationsblock 76 des einen oder der mehreren Controller 30 des Ego-Fahrzeugs A empfängt über das Kommunikationsnetz 28 auch einen Satz benachbarter dreidimensionaler Wahrnehmungspunkte  $L_B$  und einen Satz benachbarter Relativposen  $T_B$ , die dem benachbarten Fahrzeug B entsprechen. Die benachbarten Relativposen  $T_B$  entsprechen jeweils einem statischen Objekt 40 am Straßenrand, das Teil des Teilsatzes O' der Objekte am Straßenrand ist, und der Satz der benachbarten dreidimensionalen Wahrnehmungspunkte  $L_B$  wird von den jeweiligen Wahrnehmungssensoren 32 (Fig. 2) des benachbarten Fahrzeugs B erfasst. Es ist festzuhalten, dass die benachbarte Relativpose  $T_B$  und der Satz der benachbarten dreidimensionalen Wahrnehmungspunkte  $L_B$  ebenfalls in Matrixform ausgedrückt werden. Außerdem basieren die benachbarte Relativpose  $T_B$  und der Satz der benachbarten dreidimensionalen Wahrnehmungspunkte  $L_B$  auf einem lokalen Koordinatensystem des benachbarten Fahrzeugs B.

**[0048]** Der Transformationsblock 76 des einen oder der mehreren Controller 30 führt eine Transformationsfunktion aus, um den Satz der dreidimensionalen Wahrnehmungspunkte  $L_A$  aus dem lokalen Koordinatensystem des Ego-Fahrzeugs A in das Weltkoordinatensystem W zu konvertieren. Die Transformationsfunktion ist eine Matrixmultiplikationsfunktion, die die ego-basierte Relativpose  $T_A$  und den Satz der dreidimensionalen Wahrnehmungspunkte  $L_A$  miteinander multipliziert, die jedem statischen Objekt 40 am Straßenrand entsprechen, das Teil des Teilsatzes O' der Objekte am Straßenrand ist. In ähnlicher Weise führt der Transformationsblock 76 des einen oder der mehreren Controller 30 eine Transformationsfunktion aus, um den Satz der benachbarten dreidimensionalen Wahrnehmungspunkte  $L_B$  aus dem lokalen Koordinatensystem des benachbarten Fahrzeugs B in das Weltkoordinatensystem W zu konvertieren.

**[0049]** Der Zusammenführungsblock 78 des einen oder der mehreren Controller 30 empfängt den Satz der dreidimensionalen Wahrnehmungspunkte  $L_A$  und den Satz der benachbarten dreidimensionalen Wahrnehmungspunkte  $L_B$ , die beide im Weltkoordinatensystem W ausgedrückt sind, als Eingabe vom Transformationsblock 76. Der Zusammenführungsblock 78 des einen oder der mehreren Controller 30 führt dann die benachbarten dreidimensionalen Wahrnehmungspunkte  $L_B$  mit dem Satz der dreidimensionalen Wahrnehmungspunkte  $L_A$  auf der Grundlage von Matrixstapelung bzw. Matrix-Stacking zusammen, um eine zusammengeführte Matrix ( $L_A + L_B$ ) zu erstellen. Konkret beinhaltet das Matrix-Stacking die Verkettung einer Matrix, die den Satz der dreidimensionalen Wahrnehmungspunkte  $L_A$  repräsentiert, mit einer Matrix, die die benachbarten dreidimensionalen Wahrnehmungspunkte  $L_B$ , repräsen-

tiert, um die zusammengeführte Matrix ( $L_A + L_B$ ) zu erstellen.

**[0050]** Der eine oder die mehreren Controller 30 speichern ein dreidimensionales Objekterfassungsmodell im Speicher. Das dreidimensionale Objekterfassungsmodell prognostiziert ein oder mehrere statische Objekte 40 am Straßenrand, die sich in der unmittelbaren Umgebung des Ego-Fahrzeugs A befinden, basierend auf der zusammengeführten Matrix ( $L_A + L_B$ ). Ein Beispiel für ein dreidimensionales Objekterfassungsmodell ist der PointPillars-Punktvolkencodierer und das PointPillars-Netz, es können jedoch auch andere dreidimensionale Objekterfassungsmodelle verwendet werden. Der Zusammenführungsblock 78 des einen oder der mehreren Controller 30 analysiert den Satz der dreidimensionalen Wahrnehmungspunkte  $L_A$  und der benachbarten dreidimensionalen Wahrnehmungspunkte  $L_B$ , der zusammengeführten Matrix ( $L_A + L_B$ ) auf der Grundlage des dreidimensionalen Objekterfassungsmodells, um eine oder mehrere Begrenzungskästen vorherzusagen, die sich in der unmittelbaren Umgebung des Ego-Fahrzeugs A befinden, wobei jeder Begrenzungskasten für ein entsprechendes dynamisches Objekt (z.B. ein Fahrzeug, einen Fußgänger oder einen Radfahrer) in der unmittelbaren Umgebung repräsentativ ist. Das Ego-Fahrzeug A kann dann eine oder mehrere wahrnehmungsbezogene Aufgaben auf der Grundlage der entsprechenden dynamischen Objekte ausführen, die in der unmittelbaren Umgebung vorhergesagt werden.

**[0051]** Unter allgemeinem Bezug auf die Figuren bietet das offenbarte kollaborative Wahrnehmungssystem verschiedene technische Effekte und Vorteile.

**[0052]** Insbesondere die kooperative Wahrnehmungskarte, die von dem einen oder den mehreren Zentralcomputern erstellt wird, bietet einen Ansatz zur Überwindung der Probleme, die bei dem Versuch auftreten, von mehreren Fahrzeugen gesammelte Wahrnehmungsdaten gemeinsam zu nutzen, wie z.B. das Auftreten von Artefakten, die durch falsch ausgerichtete Daten entstehen. Die kooperative Wahrnehmungskarte nutzt vor allem die von mehreren Fahrzeugen gesammelten Daten. Da die Stabilität der statischen Objekte am Straßenrand in der Cloud (d.h. in einem oder mehreren Zentralcomputern) bewertet wird, können die Fahrzeug-Controller einen Teil oder einen Teilsatz der statischen Objekte am Straßenrand auf der Grundlage ihrer jeweiligen Rangfolge berücksichtigen, wodurch die Rechenlast für die Fahrzeug-Controller verringert wird.

**[0053]** Die Controller können sich auf eine elektronische Schaltung, eine kombinatorische Logikschaltung, ein feldprogrammierbares Gate-Array (FPGA), einen (gemeinsam genutzten, dedizierten oder grup-

pierten) Prozessor, der Code ausführt, oder eine Kombination aus einigen oder allen der oben genannten Elemente beziehen oder Teil davon sein, wie z.B. in einem System-on-Chip. Darüber hinaus können die Controller mikroprozessorgesteuert sein, wie z.B. ein Computer mit mindestens einem Prozessor, einem Speicher (RAM und/oder ROM) und zugehörigen Eingangs- und Ausgangsbussen. Der Prozessor kann unter der Steuerung eines Betriebssystems arbeiten, das sich im Speicher befindet. Das Betriebssystem kann die Computerressourcen so verwalten, dass der Computerprogrammcode, der als eine oder mehrere Computersoftwareanwendungen verkörpert ist, z.B. eine Anwendung, die sich im Speicher befindet, Anweisungen vom Prozessor ausführen lassen kann. In einer alternativen Ausführungsform kann der Prozessor die Anwendung direkt ausführen; in diesem Fall kann das Betriebssystem weggelassen werden.

### Patentansprüche

1. Kollaboratives Wahrnehmungssystem (10), das eine kooperative Wahrnehmungskarte (12) auf der Grundlage von Wahrnehmungsdaten erzeugt, die von einer Vielzahl von Fahrzeugen (24) gesammelt wurden, wobei das kollaborative Wahrnehmungssystem (10) umfasst:  
einen oder mehrere Zentralcomputer (20), die in drahtloser Kommunikation mit einem oder mehreren Controllern (30) von jedem der Vielzahl von Fahrzeugen (24) stehen, die sich in einer Umgebung befinden, die mehrere statische Objekte (40) am Straßenrand enthält, wobei der eine oder die mehreren Zentralcomputer (20) Anweisungen ausführen zum:  
Empfangen einer individuellen Wahrnehmungskarte von jedem der Vielzahl von Fahrzeugen (24);  
Bestimmen eines Objektsatzes, der eine Vielzahl von Objektidentifikatoren enthält, eines Größensatzes, der eine Vielzahl von Größenidentifikatoren enthält, und eines Zeitdauersatzes, der eine Vielzahl von Zeitdaueridentifikatoren enthält, basierend auf den individuellen Wahrnehmungskarten von jedem der Vielzahl von Fahrzeugen (24);  
Bestimmen einer jeweiligen Stabilität für jedes der statischen Objekte (40) am Straßenrand, die sich in der Umgebung befinden, auf der Grundlage einer Nutzenwichtigkeitsfunktion, die auf der Grundlage jedes der Objektidentifikatoren, die Teil des Objektsatzes sind, des größten singulären Größenidentifikators, der Teil des Größensatzes ist, und des größten singulären Zeitdaueridentifikators, der Teil des Zeitdauersatzes ist, berechnet wird;  
Versehen jedes statischen Objekts (40) am Straßenrand in der Umgebung mit einem Rang auf der Grundlage eines jeweiligen Nutzenfunktionswertes; und  
Erstellen der kooperativen Wahrnehmungskarte (12) durch Kommentieren von Kartendaten der Umge-

bung auf der Grundlage eines jeweiligen Rangs und geografischen Standorts jedes der statischen Objekte (40) am Straßenrand, die sich in der Umgebung befinden.

2. Kollaboratives Wahrnehmungssystem (10) nach Anspruch 1, wobei die Nutzenwichtigkeitsfunktion auf der Grundlage einer Mehrheitsabstimmungsfunktion, die jeden der Objektidentifikatoren berücksichtigt, die Teil des Objektsatzes sind, einer Normfunktion, die den größten singulären Zeitdaueridentifikator bestimmt, der Teil des Zeitdauersatzes ist, und einer Normfunktion, die den größten singulären Zeitdaueridentifikator bestimmt, der Teil des Zeitdauersatzes ist, berechnet wird.

3. Kollaboratives Wahrnehmungssystem (10) nach Anspruch 2, wobei die Nutzenwichtigkeitsfunktion auf der folgenden Grundlage berechnet wird:

$$R(o,s,t) = a * MajorityVote(o) + b * Norm(s) + c * Norm(t)$$

wobei  $R(o, s, t)$  die Nutzenwichtigkeitsfunktion repräsentiert,  $o$  einen der Objektidentifikatoren repräsentiert,  $s$  den größten singulären Größenidentifikator repräsentiert, der Teil des Größensatzes ist,  $t$  den größten singulären Zeitdaueridentifikator repräsentiert, der Teil des Zeitdauersatzes ist, und  $a$ ,  $b$  und  $c$  jeweils Gewichte darstellen.

4. Kollaboratives Wahrnehmungssystem (10) nach Anspruch 1, wobei die individuelle Wahrnehmungskarte Kartendaten enthält, die mit semantischen Daten kommentiert sind, die jedem der statischen Objekte (40) am Straßenrand an einem entsprechenden Ort innerhalb der Umgebung entsprechen.

5. Kollaboratives Wahrnehmungssystem (10) nach Anspruch 1, wobei die statischen Objekte (40) am Straßenrand jeweils ein Objekt (40) darstellen, das einen festen geografischen Standort in der Umgebung hat.

6. Kollaboratives Wahrnehmungssystem (10) nach Anspruch 1, wobei jeder Objektidentifikator ein jeweiliges statisches Objekt (40) am Straßenrand repräsentiert, das sich in der Umgebung befindet, jeder Größenidentifikator eine Größe eines der jeweiligen statischen Objekte (40) am Straßenrand repräsentiert, die Teil des Objektsatzes sind, und jeder Zeitdaueridentifikator eine Zeitdauer repräsentiert, in der ein jeweiliges statisches Objekt (40) am Straßenrand, das Teil des Objektsatzes ist, von einer Vielzahl von Wahrnehmungssensoren (32) eines jeweiligen Fahrzeugs (24) beobachtet wird.

7. Kollaboratives Wahrnehmungssystem (10) nach Anspruch 1, wobei sich die Stabilität eines jeweiligen statischen Objekts (40) am Straßenrand

auf eine Wahrscheinlichkeit der Erfassung durch eine Vielzahl von Wahrnehmungssensoren (32) jedes der Vielzahl von Fahrzeugen (24) und eine Wahrscheinlichkeit bezieht, dass das statische Objekt (40) am Straßenrand seinen geografischen Standort ändert.

8. Kollaboratives Wahrnehmungssystem (10) nach Anspruch 1, wobei der eine oder die mehreren Zentralcomputer (20) Anweisungen ausführen zum: Übermitteln der kooperativen Wahrnehmungskarte (12) an den einen oder die mehreren Controller (30) jedes der Vielzahl von Fahrzeugen (24).

9. Kollaboratives Wahrnehmungssystem (10), das eine kooperative Wahrnehmungskarte (12) erzeugt, wobei das kollaborative Wahrnehmungssystem (10) umfasst:

eine Vielzahl von Fahrzeugen (24), die jeweils eine Vielzahl von Wahrnehmungssensoren (32) umfassen, die in elektronischer Kommunikation mit einem oder mehreren Controllern (30) stehen, wobei die Vielzahl von Wahrnehmungssensoren (32), die den jeweiligen Fahrzeugen (24) entsprechen, Wahrnehmungsdaten sammeln, die eine Umgebung repräsentieren, die eine Vielzahl von statischen Objekten (40) am Straßenrand enthält; und

einen oder mehrere Zentralcomputer (20), die in drahtloser Kommunikation mit dem einen oder den mehreren Controllern (30) jedes der mehreren Fahrzeuge (24) stehen, die sich in einer Umgebung befinden, die mehrere statische Objekte (40) am Straßenrand enthält, wobei der eine oder die mehreren Zentralcomputer (20) Anweisungen ausführen zum:

Empfangen einer individuellen Wahrnehmungskarte von jedem der Vielzahl von Fahrzeugen (24);

Bestimmen eines Objektsatzes, der eine Vielzahl von Objektidentifikatoren enthält, eines Größensatzes, der eine Vielzahl von Größenidentifikatoren enthält, und eines Zeitdauersatzes, der eine Vielzahl von Zeitdaueridentifikatoren enthält, basierend auf den individuellen Wahrnehmungskarten von jedem der Vielzahl von Fahrzeugen (24);

Bestimmen einer jeweiligen Stabilität für jedes der statischen Objekte (40) am Straßenrand, die sich in der Umgebung befinden, auf der Grundlage einer Nutzenwichtigkeitsfunktion, die auf der Grundlage jedes der Objektidentifikatoren, die Teil des Objektsatzes sind, des größten singulären Größenidentifikators, der Teil des Größensatzes ist, und des größten singulären Zeitdaueridentifikators, der Teil des Zeitdauersatzes ist, berechnet wird;

Versehen jedes statischen Objekts (40) am Straßenrand in der Umgebung mit einem Rang auf der Grundlage eines jeweiligen Nutzenfunktionswertes; Erstellen der kooperativen Wahrnehmungskarte (12) durch Kommentieren von Kartendaten der Umgebung auf der Grundlage eines jeweiligen Rangs

und geografischen Standorts für jedes der statischen Objekte (40) am Straßenrand, die sich in der Umgebung befinden; und Übermitteln der kooperativen Wahrnehmungskarte (12) an den einen oder die mehreren Controller (30) jedes der Vielzahl von Fahrzeugen (24).

10. Kollaboratives Wahrnehmungssystem (10) nach Anspruch 9, wobei der eine oder die mehreren Controller (30) eines Ego-Fahrzeugs (A), das Teil der Vielzahl von Fahrzeugen ist, Anweisungen ausführen zum:

Bestimmen eines Teilsatzes der statischen Objekte (40) am Straßenrand der kooperativen Wahrnehmungskarte (12) basierend auf dem jeweiligen Rang jedes statischen Objekts (40) am Straßenrand, das als Teil der kooperativen Wahrnehmungskarte (12) enthalten ist, wobei der Teilsatz der statischen Objekte (40) am Straßenrand einen entsprechenden Mindestrang hat,

Empfangen von dreidimensionalen Wahrnehmungsdaten, die von der Vielzahl von Wahrnehmungssensoren (32) gesammelt wurden, die dem Ego-Fahrzeug (A) entsprechen; und

Bestimmen eines Satzes von dreidimensionalen Wahrnehmungspunkten, die sich in einer vorbestimmten Nähe zu dem Teilsatz von Objekten (40) am Straßenrand befinden.

Es folgen 3 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

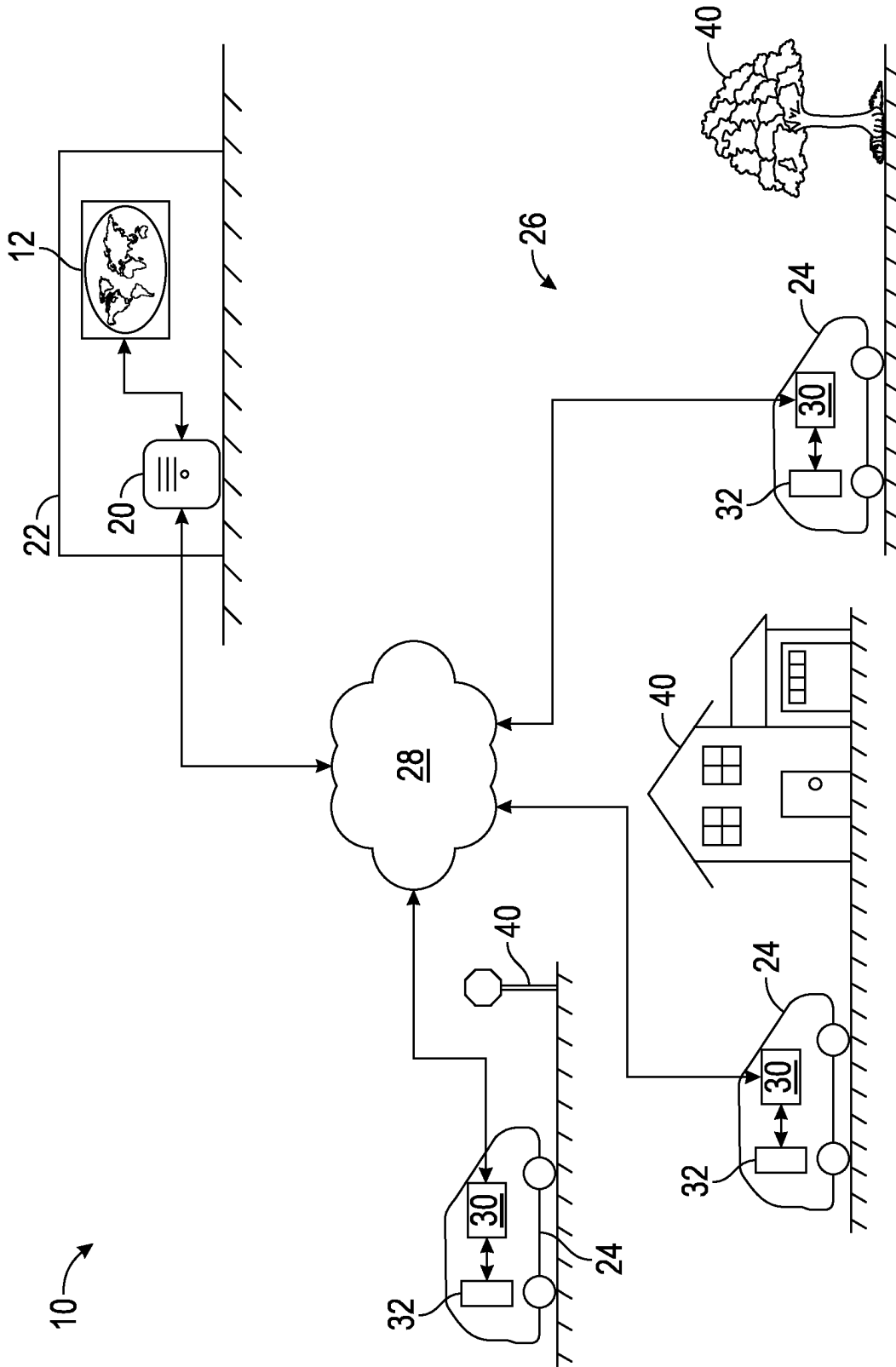


FIG. 1

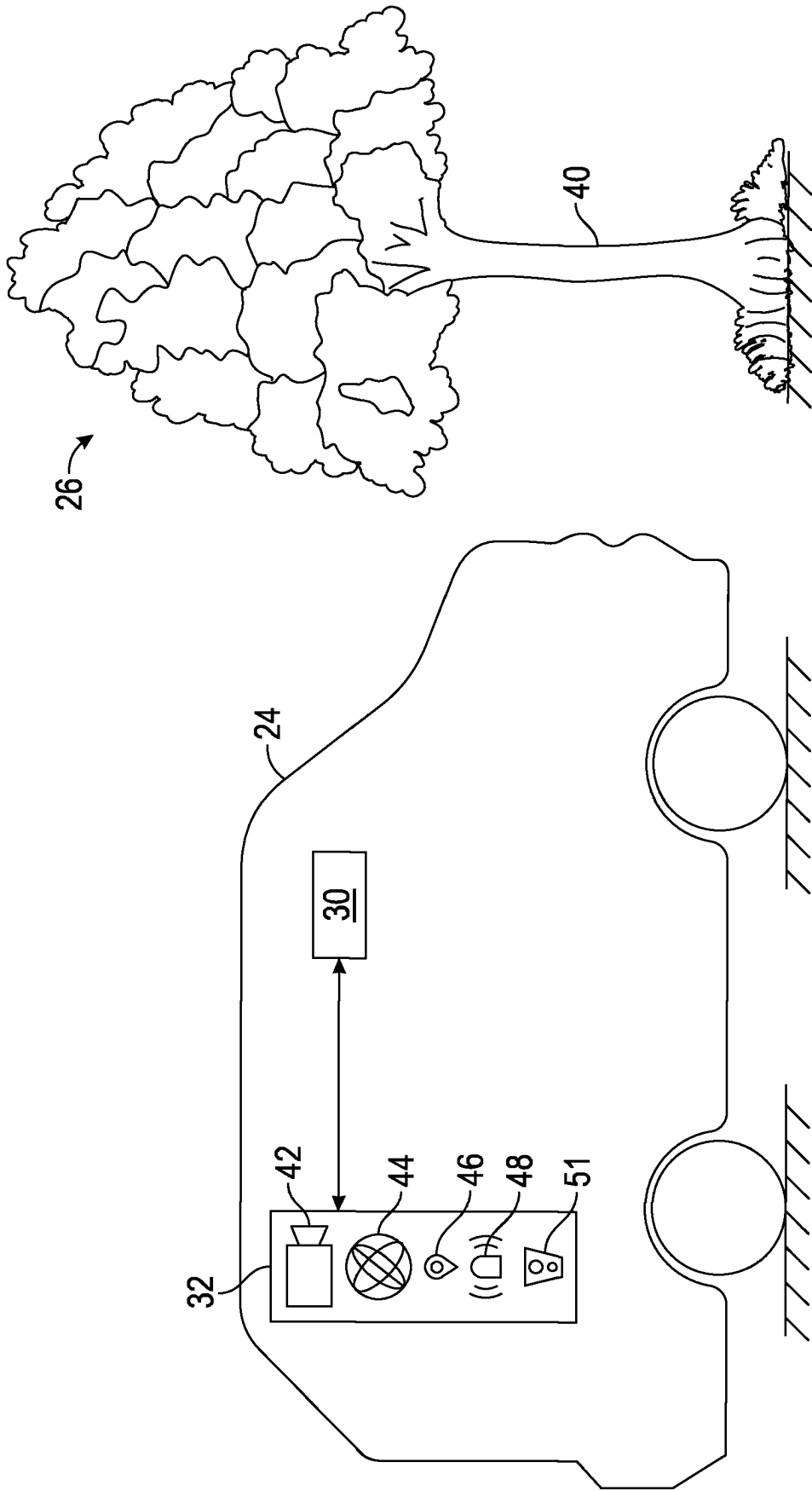


FIG. 2

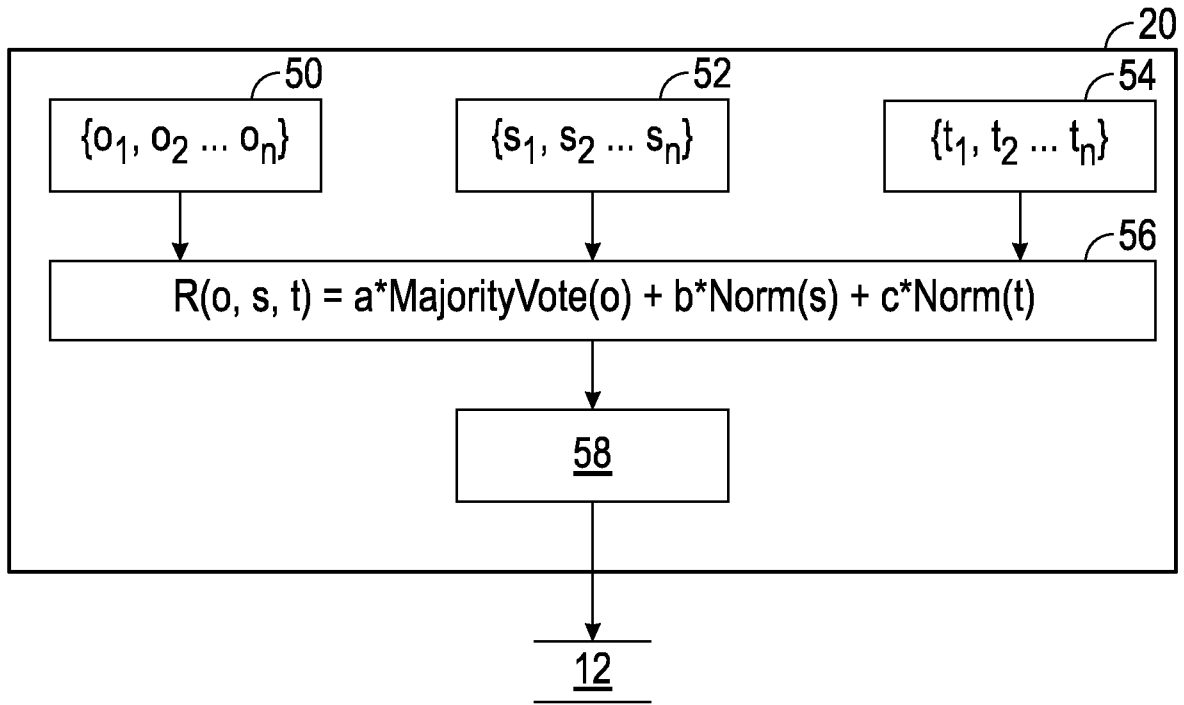


FIG. 3

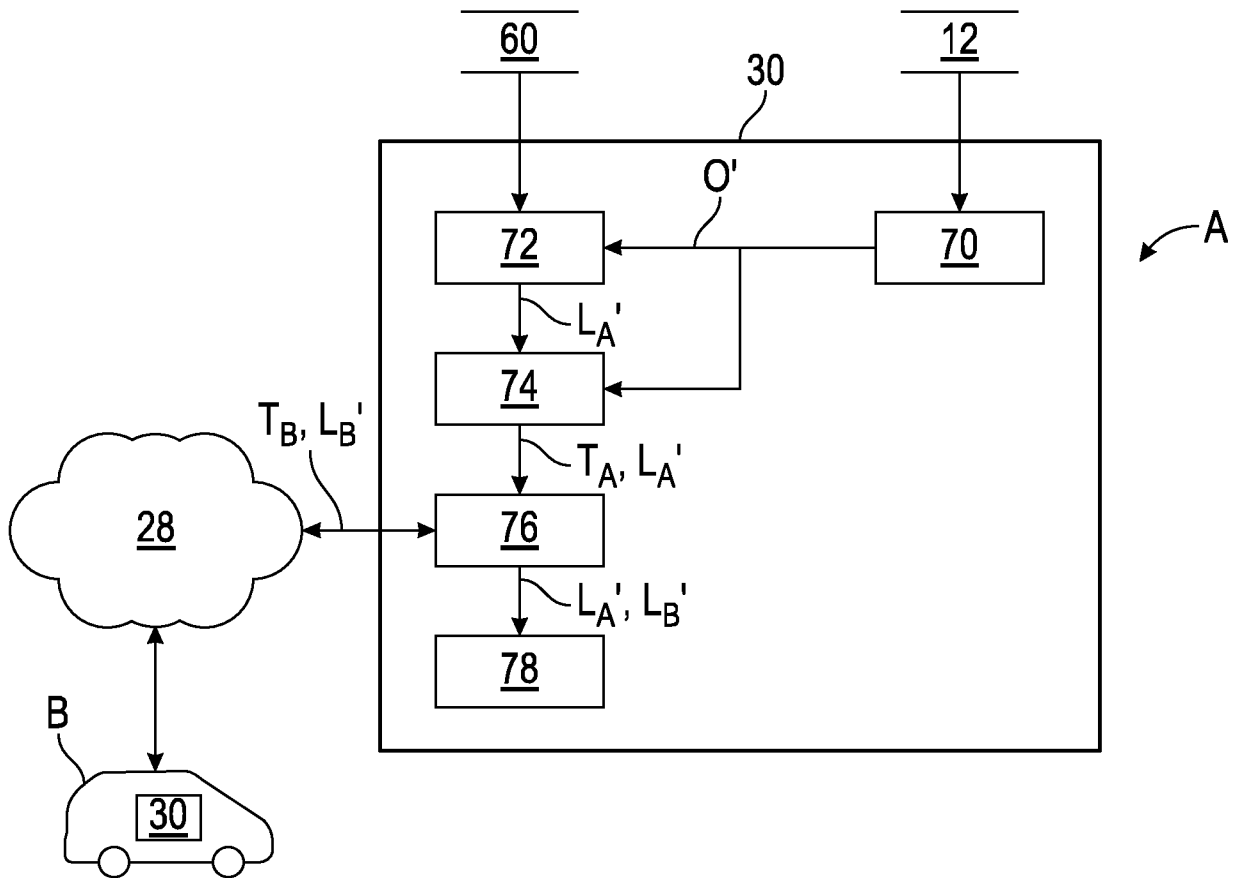


FIG. 4