



(10) **DE 10 2020 101 140 A1** 2020.08.13

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2020 101 140.7**

(22) Anmeldetag: **20.01.2020**

(43) Offenlegungstag: **13.08.2020**

(51) Int Cl.: **B60W 30/08 (2012.01)**
G08G 1/16 (2006.01)

(30) Unionspriorität:
16/274,424 **13.02.2019** **US**

(71) Anmelder:
GM GLOBAL TECHNOLOGY OPERATIONS LLC,
Detroit, MI, US

(74) Vertreter:
LKGLOBAL | Lorenz & Kopf PartG mbB
Patentanwälte, 80333 München, DE

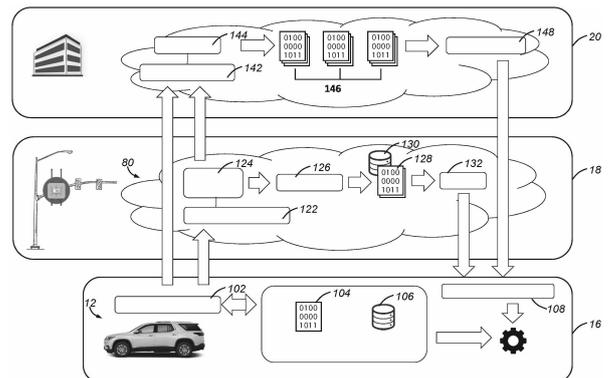
(72) Erfinder:
Du, Jiang L., Warren, MI, US; Bai, Fan, Warren, MI,
US; Tong, Wei, Warren, Mich., US; Grimm, Donald
K., Warren, MI, US

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **VERFAHREN UND SYSTEM ZUM BESTIMMEN EINER AKTION EINES AUTONOMEN FAHRZEUGS (AV) BASIEREND AUF FAHRZEUG- UND EDGE-SENSORDATEN**

(57) Zusammenfassung: Ein autonomes Fahrzeug (AV)-Erkennungssystem und Verfahren zum Bestimmen einer autonomen Fahrzeug (AV)-Aktion für ein Trägerfahrzeug. Das Verfahren beinhaltet: Erhalten von Fahrzeugsensordaten von mindestens einem fahrzeugseitigen Fahrzeugsensor, wobei der fahrzeugseitige Fahrzeugsensor ein Teil der Fahrzeugelektronik des Trägerfahrzeugs ist; Erhalten von EDGE-Sensordaten von mindestens einem EDGE-Sensor, wobei der EDGE-Sensor ein Teil einer EDGE-Layer ist; Erzeugen einer vereinheitlichten Wahrnehmungsausgabe basierend auf den fahrzeugseitigen Fahrzeugsensensordaten und den EDGE-Sensordaten; Bestimmen einer AV-Aktion für das Trägerfahrzeug basierend auf der vereinheitlichten Wahrnehmungsausgabe; und Bereitstellen der AV-Aktion für das Trägerfahrzeug, wobei das Trägerfahrzeug eingerichtet ist, um die AV-Aktion durchzuführen.



Beschreibung

TECHNISCHER BEREICH

[0001] Die vorliegende Offenbarung bezieht sich auf autonome Fahrzeugsysteme, einschließlich solcher, die EDGE- und/oder Cloud-Layer verwenden.

HINTERGRUND

[0002] Fahrzeuge beinhalten verschiedene elektronische Steuergeräte (ECUs), die verschiedene Aufgaben für das Fahrzeug übernehmen. Viele Fahrzeuge verfügen heute über verschiedene Sensoren, um Informationen über den Betrieb des Fahrzeugs und/oder die Umgebung in der Nähe oder Umgebung zu erfassen. Außerdem beinhalten einige Straßen inzwischen elektronische Computersysteme, die mit nahegelegenen Fahrzeugen kommunizieren können und die auch Sensoren am Straßenrand beinhalten oder mit diesen verbunden sein können.

Daher kann es wünschenswert sein, ein System und/oder Verfahren zum Bestimmen einer Aktion eines autonomen Fahrzeugs (AV) für ein Trägerfahrzeug bereitzustellen.

BESCHREIBUNG

[0003] Gemäß einem Aspekt ist ein Verfahren zum Bestimmen einer Aktion des autonomen Fahrzeugs (AV) für ein Trägerfahrzeug vorgesehen. Das Verfahren beinhaltet die Schritte: Erhalten von fahrzeugseitigen Sensordaten von mindestens einem fahrzeugseitigen Fahrzeugsensor, wobei der fahrzeugseitige Fahrzeugsensor ein Teil der Fahrzeugelektronik des Trägerfahrzeugs ist; Erhalten von EDGE- Sensordaten von mindestens einem EDGE-Sensor, wobei der EDGE-Sensor ein Teil eines EDGE-Layer ist; Erzeugen einer vereinheitlichten Wahrnehmungsausgabe basierend auf den fahrzeugseitigen Fahrzeugsensordaten und den EDGE- Sensordaten; Bestimmen einer AV-Aktion für das Trägerfahrzeug basierend auf der vereinheitlichten Wahrnehmungsausgabe; und Bereitstellen der AV-Aktion an das Trägerfahrzeug, wobei das Trägerfahrzeug eingerichtet ist, um die AV-Aktion durchzuführen.

[0004] Gemäß verschiedenen Ausführungsformen kann das Verfahren ferner eines der folgenden Merkmale oder eine technisch durchführbare Kombination einiger oder aller dieser Merkmale beinhalten:

der Erzeugungsschritt ferner das Erzeugen der vereinheitlichten Wahrnehmungsausgabe mit einem EDGE-Knoten der EDGE-Layer beinhaltet;

der Erzeugungsschritt ferner das Erzeugen der vereinheitlichten Wahrnehmungsausgabe durch Transformieren mindestens einer der fahrzeugseitigen Sensordaten oder der EDGE- Sensordaten in ein homogenes Koordinatensystem beinhaltet;

eine EDGE-Sensordatenprojektion T^S aus den EDGE-Sensordaten als Teil des Transformationsschritts erzeugt wird, werden die EDGE-Sensordaten dargestellt als $S = \{s_1, s_2, \dots, s_{ns}\}$ wird die EDGE-Sensordatenprojektion dargestellt als $T^S = \{T_1^S, T_2^S, \dots, T_{ns}^S\}$ und wobei die EDGE-Sensordatenprojektion die EDGE-Sensordaten innerhalb des homogenen Koordinatensystems beinhaltet oder darstellt;

eine fahrzeugseitige Sensor-Datenprojektion T^{V_i} unter Verwendung der fahrzeugseitigen Sensordaten als Teil des Transformationsschritts erzeugt wird, werden die fahrzeugseitigen Sensordaten dargestellt als $V_i = \{v_{i1}, v_{i2}, \dots, v_{in_i}\}$ wird die Datenprojektion des fahrzeugseitigen Sensors dargestellt als $T^{V_i} = \{T_1^{V_i}, T_2^{V_i}, \dots, T_{n_i}^{V_i}\}$ und wobei die fahrzeugseitige Sensordatenprojektion die fahrzeugseitigen Sensordaten innerhalb des homogenen Koordinatensystems beinhaltet oder darstellt;

die vereinheitlichte Wahrnehmungsausgabe beinhaltet eine Reihe von eindeutigen Punkten $P = (P_1, P_2, \dots, P_m)$ und wobei der Satz von eindeutigen Punkten die EDGE-Sensordatenprojektion beinhaltet oder darstellt. T^S und die fahrzeugseitige Sensor-Datenprojektion T^{V_i} ;

die Menge der eindeutigen Punkte P beinhaltet fahrzeugseitige Sensordaten von einem oder mehreren nahegelegenen Fahrzeugen, die nicht das Trägerfahrzeug sind;

das Verfahren durch den EDGE-Knoten ausgeführt wird, der EDGE-Knoten einen Prozessor, einen Speicher und eine drahtlose Kommunikationsvorrichtung beinhaltet, der EDGE-Knoten kommunikativ mit dem

EDGE-Sensor gekoppelt ist und die drahtlose Kommunikationsvorrichtung mit einem oder mehreren benachbarten Fahrzeugen, einschließlich des Trägerfahrzeugs, kommuniziert;

der Erzeugungsschritt ferner das Sammeln von geografischen und/oder räumlichen Informationen über statische Objekte aus dem EDGE-Knotenspeicher und das Erzeugen der vereinheitlichten Wahrnehmungsausgabe umfasst, um die geografischen und/oder räumlichen Informationen zu beinhalten, wobei sich die statischen Objekte innerhalb einer Randzelle befinden, die dem EDGE-Knoten entspricht;

das Verfahren ferner den Schritt des Bestimmens, ob eine oder mehrere Rechenaufgaben, die sich auf das Bestimmen der AV-Aktion beziehen, einer Cloud-Layer zugeordnet werden sollen, und, wenn bestimmt wird, dass eine oder mehrere Rechenaufgaben, die sich auf das Bestimmen der AV-Aktion auf die Cloud-Layer beziehen, zugewiesen werden, Senden von Aufgabeninformationen an eine Cloud-Vorrichtung der Cloud-Layer;

das Trägerfahrzeug ferner eingerichtet ist, um zu bestimmen, ob die AV-Aktion mit einer fahrzeugbestimmten AV-Aktion in Konflikt steht, und, wenn ja, um eine Aktion mit minimalem Risiko durchzuführen,

die vereinheitlichte Wahrnehmungsausgabe Objektinformationen über ein oder mehrere Objekte innerhalb eines Sichtfeldes des mindestens einen fahrzeugseitigen Sensors oder des mindestens einen EDGE-Sensors beinhaltet und wobei die Objektinformationen der vereinheitlichten Wahrnehmungsausgabe basierend auf Objekterkennungstechniken erzeugt werden; und/oder

das Trägerfahrzeug eingerichtet ist, um zu bestimmen, ob eine AV-bezogene Aufgabe einem EDGE-Knoten der EDGE-Layer zugeordnet werden soll, und wobei der EDGE-Knoten die Verfahrensschritte ausführt und dem Fahrzeug die AV-Aktion als Reaktion auf das Erfüllen der AV-bezogenen Aufgabe bereitstellt.

[0005] Gemäß einem weiteren Aspekt ist ein Verfahren zum Bestimmen einer Aktion des autonomen Fahrzeugs (AV) für ein Trägerfahrzeug vorgesehen. Das Verfahren beinhaltet die Schritte: Erhalten von fahrzeugseitigen Sensordaten von mindestens einem fahrzeugseitigen Fahrzeugsensor, wobei der fahrzeugseitige Fahrzeugsensor ein Teil der Fahrzeugelektronik des Trägerfahrzeugs ist; Erhalten von fahrzeugseitigen Sensordaten von einem oder mehreren anderen Fahrzeugen; Bestimmen, ob eine Fahrzeugaufgabe einer EDGE-Layer zugeordnet werden soll; wenn bestimmt wird, die Fahrzeugaufgabe der EDGE-Layer zuzuordnen, Senden der fahrzeugseitigen Sensordaten vom Trägerfahrzeug zu einem EDGE-Knoten der EDGE-Layer, wobei der EDGE-Knoten eingerichtet ist: (i) Transformieren der fahrzeugseitigen Sensordaten des Trägerfahrzeugs und der fahrzeugseitigen Sensordaten des einen oder der mehreren anderen Fahrzeuge in ein homogenes Koordinatensystem; (ii) Bestimmen einer vereinheitlichten Wahrnehmungsausgabe basierend auf den transformierten fahrzeugseitigen Sensordaten; (iii) Ausführen der fahrzeugseitigen Aufgabe basierend auf der vereinheitlichten Wahrnehmungsausgabe, um eine fahrzeugseitige Aufgabenausgabe zu erhalten; und (iv) Senden der fahrzeugseitigen Aufgabenausgabe an das Trägerfahrzeug; Empfangen der fahrzeugseitigen Aufgabenausgabe am Trägerfahrzeug vom EDGE-Knoten; und Durchführen einer AV-Aktion basierend auf der fahrzeugseitigen Aufgabenausgabe am Trägerfahrzeug.

[0006] Gemäß verschiedenen Ausführungsformen kann das Verfahren ferner eines der folgenden Merkmale oder eine technisch durchführbare Kombination einiger oder aller dieser Merkmale beinhalten:

die Fahrzeugelektronik eine Kurzstrecken-Funkübertragungsschaltung (SRWC) beinhaltet, und wobei das Senden des Datenschnitts des fahrzeugseitigen Sensors unter Verwendung der SRWC-Schaltung durchgeführt wird; der Bestimmungsschritt das Durchführen eines harten sicherheitsgarantierten Planungsprozesses beinhaltet, und wobei das Trägerfahrzeug ein autonomes Fahrzeug auf niedriger Ebene ist;

der hart sicherheitsgarantierte Planungsprozess das Bestimmen eines Quality of Service (QoS)-Leistungsniveaus beinhaltet, und wobei das QoS-Leistungsniveau eine Zuverlässigkeitsmetrik, eine Genauigkeitsmetrik und eine Latenzmetrik beinhaltet;

der EDGE-Knoten ferner eingerichtet ist, um zu bestimmen, ob die Fahrzeugaufgabe oder ein Teil der Fahrzeugaufgabe einer Cloud-Layer zugeordnet werden soll, und, wenn bestimmt wird, die Fahrzeugaufgabe oder ein Teil der Fahrzeugaufgabe der Cloud-Layer zuzuordnen, dann eine Anzeige an eine Cloud-Vorrichtung der Cloud-Layer gesendet wird, um die Fahrzeugaufgabe oder einen Teil der Fahrzeugaufgabe auszuführen; und/oder

die Fahrzeugaufgabenausgabe die AV-Aktion zusammen mit mindestens einem AV-Parameter anzeigt, und wobei das Fahrzeug die AV-Aktion gemäß dem mindestens einen AV-Parameter unter Verwendung einer AV-Steereinheit der Fahrzeugelektronik ausführt.

[0007] Gemäß einem weiteren Aspekt ist ein autonomes Fahrzeug (AV) Wahrnehmungssystem vorgesehen, das Folgendes beinhaltet: eine EDGE-Layer und eine Fahrzeug-Layer. Die EDGE-Layer beinhaltet mindestens einen EDGE-Knoten und mindestens einen EDGE-Sensor, der EDGE-Sensor ist kommunikativ mit dem mindestens einen EDGE-Knoten gekoppelt, und der mindestens eine EDGE-Knoten beinhaltet einen Prozessor, einen Speicher der kommunikativ mit dem Prozessor gekoppelt ist und eine drahtlose Kommunikationsvorrichtung, die kommunikativ mit dem Prozessor gekoppelt ist. Die Fahrzeug-Layer beinhaltet ein Trägerfahrzeug, das Trägerfahrzeug beinhaltet mindestens einen fahrzeugseitigen Sensor, eine drahtlose Kommunikationsvorrichtung und eine AV-Steuereinheit. Die EDGE-Layer und die Fahrzeug-Layer sind eingerichtet, um: fahrzeugseitige Sensordaten von dem mindestens einen fahrzeugseitigen Sensor des Trägerfahrzeugs zu erhalten; EDGE-Sensordaten von dem mindestens einen EDGE-Sensor der EDGE-Layer zu erhalten; eine vereinheitlichte Wahrnehmungsausgabe basierend auf den fahrzeugseitigen Sensordaten und den EDGE-Sensordaten zu erzeugen; eine AV-Aktion für das Trägerfahrzeug basierend auf der vereinheitlichten Wahrnehmungsausgabe zu bestimmen; und die AV-Aktion dem Trägerfahrzeug bereitzustellen, wobei das Trägerfahrzeug eingerichtet ist, um die AV-Aktion unter Verwendung der AV-Steuereinheit durchzuführen.

Figurenliste

[0008] Eine oder mehrere Ausführungsformen der Offenbarung werden im Folgenden in Verbindung mit den beigefügten Figuren beschrieben, wobei gleiche Bezugszeichen gleiche Elemente bezeichnen und wobei:

Fig. 1 ist ein Blockdiagramm, das eine Ausführungsform eines Kommunikationssystems darstellt, das in der Lage ist, das hierin offenbarte Verfahren zu nutzen;

Fig. 2 ist ein Blockdiagramm, das eine detaillierte Ausführungsform bestimmter Komponenten des Kommunikationssystems von **Fig. 1** darstellt;

Fig. 3 ist ein Flussdiagramm, das eine Ausführungsform eines Verfahrens zum Bestimmen einer Aktion eines autonomen Fahrzeugs (AV) für ein Trägerfahrzeug darstellt;

Fig. 4 ist ein Flussdiagramm, das eine Ausführungsform eines vom Trägerfahrzeug ausgeführten Prozesses darstellt, der Teil eines Verfahrens zum Bestimmen einer Aktion eines autonomen Fahrzeugs (AV) für ein Trägerfahrzeug ist;

Fig. 5 ist ein Flussdiagramm, das eine Ausführungsform eines Prozesses darstellt, der von dem EDGE-Knoten oder der EDGE-Layer ausgeführt wird, die Teil eines Verfahrens zum Bestimmen einer Aktion eines autonomen Fahrzeugs (AV) für ein Trägerfahrzeug ist; und

Fig. 6 ist ein Flussdiagramm, das eine Ausführungsform eines Prozesses darstellt, der von der Cloud-Layer ausgeführt wird, die Teil eines Verfahrens zum Bestimmen einer Aktion eines autonomen Fahrzeugs (AV) für ein Trägerfahrzeug ist.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG DER DARGESTELLTEN AUSFÜHRUNGSFORM(EN)

[0009] Das folgende System und Verfahren ermöglicht es autonomen Fahrzeugen, EDGE- und Cloud-Computing-Systeme zu nutzen, um die AV-Planung zu erleichtern und/oder zu verbessern. Das System beinhaltet im Allgemeinen drei Layer: eine Fahrzeug-Layer mit einem oder mehreren Fahrzeugen; eine EDGE-Layer mit einem oder mehreren EDGE-Knoten; und eine Cloud-Layer mit einem oder mehreren Cloud-Servern oder -Systemen. Das Fahrzeug kann ein teilautonomes oder autonomes Fahrzeug sein, das einen oder mehrere fahrzeugseitige Sensoren und ein AV-Steuereinheit beinhaltet. Das Fahrzeug kann mit dem/den EDGE-Knoten kommunizieren und insbesondere einen bestimmten EDGE-Knoten beim Betreten oder Annähern an eine EDGE-Zelle registrieren oder mit diesem kommunizieren. Eine EDGE-Zelle ist ein vorgegebener Bereich oder drahtloser Betriebsbereich, der einem EDGE-Knoten zugeordnet ist und der als vorgegebener oder diskreter Bereich behandelt wird, um die AV-Bewegung durch den vorgegebenen Bereich zu verfolgen und zu planen.

[0010] Gemäß einer Ausführungsform kann das Fahrzeug bestimmen, dass eine Fahrzeugaufgabe der Fahrzeug-Layer, der EDGE-Layer, der Cloud-Layer oder einer Kombination derselben zugeordnet wird, und, wenn das Fahrzeug dies beschließt, können fahrzeugseitige Sensordaten und/oder andere Fahrzeugbetriebsinformationen an diese jeweiligen Systeme gesendet werden. Der EDGE-Knoten kann eine Vielzahl von Sensordaten von verschiedenen Sensoren kombinieren oder fusionieren, wie beispielsweise fahrzeugseitige Sensoren von einem oder mehreren Fahrzeugen und EDGE-Sensordaten von einem EDGE- oder straßenseitigen Sensor, um eine vereinheitlichte Wahrnehmungsausgabe zu erzeugen. Mindestens in einer Ausführungsform beinhaltet die vereinheitlichte Wahrnehmungsausgabe eine Sammlung von Sensordaten, die auf ein homogenes Koordinatensystem abgebildet sind, wodurch jede der Sensordaten aus den verschiedenen Quellen analysiert

und/oder in Bezug auf ein gemeinsames oder gemeinsames Koordinatensystem ausgewertet werden kann. Dies kann zur Verbesserung der AV-Planung genutzt werden, da Fahrzeug- und andere Objekttrajektorien mit verbesserter Genauigkeit vorhergesagt oder bestimmt werden können.

[0011] Außerdem können Informationen aus der Cloud-Layer verwendet werden, um die vereinheitlichte Wahrnehmungsausgabe zu ergänzen oder anzupassen. So können beispielsweise Verkehrs- und/oder Wetterinformationen von einem oder mehreren Cloud-Servern bezogen werden, die bei der Bestimmung des Ausgangs verschiedener Fahrzeugaufgaben helfen können, wie z.B. welche Fahrzeugaktion durchgeführt werden soll und welche Parameter dieser Aktionen. Darüber hinaus kann die Cloud-Layer genutzt werden, um bestimmte Aufgaben für die Verwendung durch die Fahrzeug-Layer oder die EDGE-Layer zu bearbeiten. In einer Ausführungsform können diejenigen Aufgaben, die rechenintensiv sind und/oder keine strengen Zeitvorgaben haben, der Cloud-Layer zugeordnet werden, um eine Aufgabenausgabe zu erhalten, die dann an den Anforderer (oder Aufgabenzuteiler) zurückgeschickt werden kann, der das Host-Fahrzeug oder den EDGE-Knoten sein kann.

[0012] Fig. 1 veranschaulicht eine Betriebsumgebung, die ein Kommunikationssystem **10** umfasst und mit der das hierin offenbarte Verfahren implementiert werden kann. Das Kommunikationssystem **10** beinhaltet im Allgemeinen teilautonome oder autonome Fahrzeuge **12, 14** (die Teil einer Fahrzeug-Layer **16** sind), ein EDGE-Verarbeitungssystem (oder „EDGE-Knoten“) **80** (die Teil einer EDGE-Layer **18** sind), ein oder mehrere drahtlose Trägersysteme **70**, ein Landkommunikationsnetzwerk **76** und entfernte Computer oder Server **78** (die Teil einer Cloud-Layer **20** sind). Wie hierin verwendet, bedeuten die Begriffe „autonome oder teilautonome Fahrzeuge“ oder „AV“ im Großen und Ganzen jedes Fahrzeug, das in der Lage ist, ohne Fahreranfrage automatisch eine fahrerbezogene Aktion oder Funktion auszuführen, und umfasst Aktionen, die in die Stufen 1-5 des Internationalen Klassifizierungssystems der Society of Automotive Engineers (SAE) fallen. Ein „Low-Level-Autonomes Fahrzeug“ ist ein Level 1-3-Fahrzeug, und ein „High-Level-Autonomes Fahrzeug“ ist ein Level 4 oder 5-Fahrzeug. Es ist zu verstehen, dass die offenbarte Methode mit einer beliebigen Anzahl verschiedener Systeme verwendet werden kann und sich nicht speziell auf die hier dargestellte Betriebsumgebung beschränkt. Die folgenden Abschnitte geben daher nur einen kurzen Überblick über ein solches Kommunikationssystem **10**; andere, hier nicht gezeigte Systeme könnten jedoch auch das offenbarte Verfahren anwenden.

[0013] Die Fahrzeug-Layer **16** kann ein oder mehrere autonome oder teilautonome Fahrzeuge **12, 14** beinhalten (z.B. könnte die Fahrzeug-Layer eine Vielzahl oder eine Flotte solcher Fahrzeuge beinhalten), von denen jedes mit der erforderlichen Hard- und Software ausgestattet ist, um Daten mit anderen Komponenten des Systems **10** zu sammeln, zu verarbeiten und auszutauschen. Obwohl das Fahrzeug **12** im Folgenden ausführlich beschrieben wird, gilt diese Beschreibung auch für das Fahrzeug **14**, das alle Komponenten, Module, Systeme usw. des Fahrzeugs **12** beinhalten kann, sofern nicht anders angegeben oder impliziert. Gemäß einem nicht einschränkenden Beispiel ist das Fahrzeug **12** ein autonomes oder teilautonomes Fahrzeug und beinhaltet die Fahrzeugelektronik **22**, die eine autonome Fahrzeugsteuereinheit (AV) **24**, eine drahtlose Kommunikationsvorrichtung **30**, einen Kommunikationsbus **40**, ein Karosserie-Steuermodul (BCM) **44**, einen Empfänger für ein globales Navigationssatellitensystem (GNSS) **46** und Fahrzeugsensoren **62-68** sowie jede andere geeignete Kombination von Systemen, Modulen, Vorrichtungen, Komponenten, Hardware, Software usw. beinhaltet, die zur Durchführung einer autonomen oder teilautonomen Fahrfunktionalität erforderlich sind. Die verschiedenen Komponenten der Fahrzeugelektronik **22** können über das Fahrzeugkommunikationsnetz oder den Kommunikationsbus **40** (z.B. ein drahtgebundener Fahrzeugkommunikationsbus, ein drahtloses Fahrzeugkommunikationsnetz oder ein anderes geeignetes Kommunikationsnetz) verbunden sein.

[0014] Fachleute werden verstehen, dass das schematische Blockschaltbild der Fahrzeugelektronik **22** lediglich dazu gedacht ist, einige der mit der vorliegenden Methode verwendeten, relevanteren Hardwarekomponenten zu veranschaulichen, und dass es sich nicht um eine genaue oder vollständige Darstellung der Fahrzeughardware handelt, die typischerweise bei einem solchen Fahrzeug zu finden wäre. Darüber hinaus kann die Struktur oder Architektur der Fahrzeugelektronik **22** erheblich von der in Fig. 1 dargestellten abweichen. So wird aufgrund der unzähligen möglichen Anordnungen und aus Gründen der Kürze und Klarheit die Fahrzeugelektronik **22** in Verbindung mit der veranschaulichten Ausführungsform von Fig. 1 beschrieben, wobei zu beachten ist, dass das vorliegende System und Verfahren nicht auf diese beschränkt ist.

[0015] Das Fahrzeug **12** ist in der veranschaulichten Ausführungsform als Geländewagen (SUV) dargestellt, aber es ist zu beachten, dass auch jedes andere Fahrzeug einschließlich Pkw, Motorräder, Lastwagen, Freizeitfahrzeuge (RVs) usw. verwendet werden kann. Teile der Fahrzeugelektronik **22** sind im Allgemeinen in Fig. 1 dargestellt und beinhalten eine autonome Fahrzeugsteuereinheit (AV) **24**, eine drahtlose Kommunikationsvorrichtung **30**, einen Kommunikationsbus **40**, ein Karosserie-Steuermodul (BCM) **44**, einen Empfänger **46**

für ein globales Navigationssatellitensystem (GNSS) und Fahrzeugsensoren **62-68**. Einige oder alle der verschiedenen Fahrzeugelektroniken können zur Kommunikation miteinander über einen oder mehrere Kommunikationsbusse, wie beispielsweise den Kommunikationsbus **40**, verbunden sein. Der Kommunikationsbus **40** stellt der Fahrzeugelektronik Netzwerkverbindungen über ein oder mehrere Netzwerkprotokolle zur Verfügung und kann eine serielle Datenkommunikationsarchitektur verwenden. Beispiele für geeignete Netzwerkverbindungen sind ein Controller Area Network (CAN), ein medienorientierter Systemtransfer (MOST), ein lokales Verbindungsnetz (LIN), ein Local Area Network (LAN) und andere geeignete Verbindungen wie Ethernet oder andere, die den bekannten ISO-, SAE- und IEEE-Standards und -Spezifikationen entsprechen, um nur einige zu nennen.

[0016] Obwohl **Fig. 1** einige exemplarische elektronische Fahrzeugvorrichtungen darstellt, kann das Fahrzeug **12** auch andere elektronische Fahrzeugvorrichtungen in Form von elektronischen Hardwarekomponenten beinhalten, die sich im gesamten Fahrzeug befinden und die Eingaben von einem oder mehreren Sensoren empfangen und die erfassten Eingaben zur Durchführung von Diagnose, Überwachung, Steuerung, Berichterstattung und/oder anderen Funktionen verwenden können. Eine „elektronische Fahrzeugvorrichtung“ ist eine Vorrichtung, ein Modul, eine Komponente, eine Einheit oder ein anderer Teil der Fahrzeugelektronik **22**. Jede der elektronischen Fahrzeugvorrichtungen (z.B. AV-Steuereinheit **24**, die drahtlose Kommunikationsvorrichtung **30**, BCM **44**, GNSS-Empfänger **46**, Sensoren **62-68**) kann über den Kommunikationsbus **40** mit anderen elektronischen Fahrzeugvorrichtungen der Fahrzeugelektronik **22** verbunden und zum Ausführen von Tests des Fahrzeugsystems und der Subsysteme programmiert werden. Darüber hinaus kann jede der elektronischen Fahrzeugvorrichtungen eine geeignete Hardware beinhalten und/oder kommunikativ gekoppelt werden, die eine fahrzeuginterne Kommunikation über den Kommunikationsbus **40** ermöglicht; diese Hardware kann beispielsweise Busschnittstellenverbinder und/oder Modems beinhalten. Außerdem kann jede oder mehrere der elektronischen Fahrzeugvorrichtungen ein eigenständiges Modul sein oder in ein anderes Modul oder eine andere Vorrichtung integriert werden, und jede oder mehrere der Vorrichtungen kann ihren eigenen Prozessor und/oder Speicher beinhalten oder einen Prozessor und/oder Speicher mit anderen Vorrichtungen teilen. Wie von Fachleuten geschätzt, sind die oben genannten elektronischen Fahrzeuggeräte nur Beispiele für einige der Vorrichtungen oder Module, die im Fahrzeug **12** verwendet werden können, da auch zahlreiche andere möglich sind.

[0017] Die Steuereinheit **24** des autonomen Fahrzeugs (AV) ist eine Steuerung, die zur Verwaltung oder Steuerung des autonomen Fahrzeugbetriebs beiträgt und mit der AV-Logik (die in Computeranweisungen enthalten sein kann) zur Durchführung der AV-Operationen ausgeführt werden kann. Die AV-Steuereinheit **24** beinhaltet einen Prozessor **26** und einen Speicher **28**, die alle diese Arten von Prozessoren oder Speichern beinhalten können, die im Folgenden erläutert werden. Die AV-Steuereinheit **24** kann ein separates und/oder dediziertes Modul sein, das AV-Operationen durchführt, oder es kann mit einer oder mehreren anderen elektronischen Fahrzeugvorrichtungen der Fahrzeugelektronik **22** integriert werden. Die AV-Steuereinheit **24** ist mit dem Kommunikationsbus **40** verbunden und kann Informationen von einem oder mehreren fahrzeugseitigen Sensoren oder anderen elektronischen Fahrzeuggeräten, wie dem BCM **44** oder dem GNSS-Empfänger **46**, empfangen. In einer Ausführungsform ist das Fahrzeug ein vollständig autonomes Fahrzeug. Und in anderen Ausführungsformen kann das Fahrzeug ein teilautonomes Fahrzeug sein.

[0018] Die AV-Steuereinheit **24** kann ein einzelnes Modul oder eine Einheit oder eine Kombination von Modulen oder Einheiten sein. So kann beispielsweise die AV-Steuereinheit **24** die folgenden Submodule (ob Hardware, Software oder beides) beinhalten: ein Wahrnehmungs-Submodul, ein Lokalisierungs-Submodul und/oder ein Navigationssubmodul. Die besondere Anordnung, Konfiguration und/oder Architektur der AV-Steuereinheit **24** ist unwichtig, solange das Modul dazu beiträgt, dass das Fahrzeug autonome und/oder teilautonome Fahrfunktionen ausführen kann. Die AV-Steuereinheit **24** kann indirekt oder direkt an die Fahrzeugsensoren **62-68** sowie an jede Kombination der anderen elektronischen Fahrzeuggeräte **30, 44, 46** (z.B. über den Kommunikationsbus **40**) angeschlossen werden.

[0019] Die drahtlose Kommunikationsvorrichtung **30** bietet dem Fahrzeug drahtlose Kommunikationsfähigkeiten mit kurzer und/oder großer Reichweite, so dass das Fahrzeug mit anderen Vorrichtungen oder Systemen, die nicht Teil der Fahrzeugelektronik **22** sind, wie beispielsweise den entfernten Computern und Servern **78**, kommunizieren und Daten austauschen kann. In der veranschaulichten Ausführungsform beinhaltet die drahtlose Kommunikationsvorrichtung **30** eine SRWC-Schaltung (Short Range Wireless Communications) **32**, einen zellularen Chipsatz **34**, einen Prozessor **36** und einen Speicher **38**. Die SRWC-Schaltung **32** ermöglicht die drahtlose Kommunikation mit einer beliebigen Anzahl von nahegelegenen Geräten (z.B. Bluetooth™, andere IEEE 802.15-Kommunikation, Wi-Fi™, Fahrzeug-zu-Fahrzeug (V2V)-Kommunikation, Fahrzeug-zu-Infrastruktur (V2I)-Kommunikation, andere IEEE 802.11-Kommunikation, etc.). Der zellulare Chipsatz **34** ermöglicht ei-

ne zellulare drahtlose Kommunikation, wie sie beispielsweise mit dem drahtlosen Trägersystem **70** verwendet wird. Die drahtlose Kommunikationsvorrichtung **30** beinhaltet auch die Antennen **33** und **35**, die zum Senden und Empfangen dieser drahtlosen Kommunikation verwendet werden können. Die drahtlose Kommunikationsvorrichtung **30** beinhaltet auch einen Prozessor **36** und einen Speicher **38**. Obwohl die SRWC-Schaltung **32** und der zellulare Chipsatz **34** als Teil einer einzelnen Vorrichtung dargestellt sind, können die SRWC-Schaltung **32** und der zelluläre Chipsatz **34** in anderen Ausführungsformen Teil verschiedener Module sein - zum Beispiel kann die SRWC-Schaltung **32** Teil einer Infotainment-Einheit sein und der zelluläre Chipsatz **34** kann Teil einer Telematikeinheit sein, die von der Infotainment-Einheit getrennt ist.

[0020] Das Karosseriesteuermodul (BCM) **44** kann verwendet werden, um verschiedene elektronische Fahrzeugvorrichtungen oder -komponenten des Fahrzeugs zu steuern und Informationen über die elektronischen Fahrzeugvorrichtungen, einschließlich ihres aktuellen Zustands oder Zustands, zu erhalten, die in Form von oder basierend auf fahrzeugseitigen Sensordaten vorliegen können. In einer Ausführungsform kann das BCM **44** fahrzeugseitige Sensordaten der Sensoren **62-68** sowie anderer Fahrzeugsensoren empfangen, die hierin nicht explizit erläutert werden. Das BCM **44** kann die fahrzeugseitigen Sensordaten an eine oder mehrere andere elektronische Fahrzeugvorrichtungen, wie beispielsweise die AV-Steuereinheit **24** und/oder die drahtlose Kommunikationsvorrichtung **30**, senden. In einer Ausführungsform kann das BCM **44** einen Prozessor und einen Speicher beinhalten, auf den der Prozessor zugreifen kann.

[0021] Der Empfänger **46** des Global Navigation Satellite System (GNSS) empfängt Funksignale von einer Vielzahl von GNSS-Satelliten. Der GNSS-Empfänger **46** kann so eingerichtet werden, dass er bestimmte Vorschriften oder Gesetze einer bestimmten geopolitischen Region (z.B. eines Landes) erfüllt und/oder nach diesen funktioniert. Der GNSS-Empfänger **46** kann für den Einsatz mit verschiedenen GNSS-Implementierungen eingerichtet werden, darunter Global Positioning System (GPS) für die Vereinigten Staaten, BeiDou Navigation Satellite System (BDS) für China, Global Navigation Satellite System (GLONASS) für Russland, Galileo für die Europäische Union und verschiedene andere Satellitennavigationssysteme. Der GNSS-Empfänger **46** kann mindestens einen Prozessor und Speicher beinhalten, einschließlich eines nicht-flüchtigen, computerlesbaren Speichers, der Anweisungen (Software) speichert, auf die der Prozessor zugreifen kann, um die vom Empfänger **46** durchgeführte Verarbeitung durchzuführen. Der GNSS-Empfänger **46** kann verwendet werden, um dem Fahrzeugführer Navigations- und andere positionsbezogene Dienste zur Verfügung zu stellen. Die Navigationsdienste können unter Verwendung eines speziellen Navigationsmoduls im Fahrzeug (das Teil des GNSS-Empfängers **46** sein kann und/oder als Teil der drahtlosen Kommunikationsvorrichtung **30** oder eines anderen Teils der Fahrzeugelektronik **22** integriert ist) bereitgestellt werden, oder einige oder alle Navigationsdienste können über die im Fahrzeug installierte drahtlose Kommunikationsvorrichtung (oder eine andere telematikfähige Vorrichtung) erfolgen, wobei die Positionsinformationen an einen entfernten Ort gesendet werden, um das Fahrzeug mit Navigationskarten, Kartenbeschreibungen (Points of Interest, Restaurants usw.), Routenberechnungen und dergleichen zu versorgen.

[0022] Die Sensoren **62-68** sind fahrzeugseitige Sensoren, die Informationen erfassen oder erfassen können, die dann an eine oder mehrere andere elektronische Fahrzeugvorrichtungen gesendet werden können. Die von den Sensoren **62-68** erhaltenen fahrzeugseitigen Sensordaten können einer Zeitanzeige (z.B. Zeitstempel) sowie anderen Metadaten oder Informationen zugeordnet werden. Die Sensordaten des fahrzeugseitigen Sensors **62-68** können vom Sensor **62-68** in einem Rohformat erhalten und vom Sensor verarbeitet werden, beispielsweise zum Zwecke der Komprimierung, Filterung und/oder anderen Formatierung. Darüber hinaus können die fahrzeugseitigen Sensordaten (in roher oder formatierter Form) über den Kommunikationsbus **40** an eine oder mehrere andere elektronische Fahrzeugvorrichtungen gesendet werden, wie beispielsweise an die AV-Steuereinheit **24** und/oder an die drahtlose Kommunikationsvorrichtung **30**. In mindestens einer Ausführungsform kann die drahtlose Kommunikationsvorrichtung **30** die fahrzeugseitigen Sensordaten für die drahtlose Übertragung verpacken und die fahrzeugseitigen Sensordaten an andere Systeme oder Vorrichtungen senden, wie beispielsweise die Straßeneinheit (RSU) **82** der EDGE-Layer **18** und/oder entfernte Computer oder Server **78** der Cloud-Layer **20**.

[0023] Die Lidar-Einheit **62** ist eine elektronische Fahrzeugvorrichtung der Fahrzeugelektronik **22**, die einen Lidarsender und einen Lidarempfänger beinhaltet. Die Lidar-Einheit **62** kann nicht sichtbare Lichtwellen zum Zwecke der Objekterkennung aussenden. Die Lidar-Einheit **62** dient dazu, räumliche oder andere physikalische Informationen über ein oder mehrere Objekte im Sichtfeld der Lidar-Einheit **62** zu erhalten, indem sie Lichtwellen aussendet und die reflektierten Lichtwellen empfängt. In vielen Ausführungsformen sendet die Lidareinheit **62** eine Vielzahl von Lichtimpulsen (z.B. Laserlichtimpulse) und empfängt die reflektierten Lichtimpulse über einen Lidarempfänger. Die Lidaranlage **62** kann an der Vorderseite des Fahrzeugs **12** montiert (oder installiert) werden. In einer solchen Ausführungsform kann die Lidareinheit **62** einem Bereich vor dem

Fahrzeug **12** zugewandt sein, so dass das Sichtfeld der Lidareinheit **62** diesen Bereich beinhaltet. Die Lidar-Einheit **62** kann in der Mitte der vorderen Stoßstange des Fahrzeugs **12**, zur Seite der vorderen Stoßstange, zu den Seiten des Fahrzeugs **12**, zum Heck des Fahrzeugs **12** (z.B. einer hinteren Stoßstange) usw. positioniert werden. Und obwohl in der dargestellten Ausführungsform nur eine einzige Lidareinheit **62** dargestellt ist, kann das Fahrzeug **12** eine oder mehrere Lidareinheiten beinhalten. Darüber hinaus können die von der Lidar-Einheit **62** erfassten Lidar-Daten in einer Pixelanordnung (oder einer ähnlichen visuellen Darstellung) dargestellt werden. Die Lidar-Einheit **62** kann statische Lidarbilder und/oder Lidarbild- oder Videostreams erfassen.

[0024] Die Radareinheit **64** ist eine elektronische Fahrzeugvorrichtung der Fahrzeugelektronik **22**, die Funkwellen verwendet, um räumliche oder andere physikalische Informationen über ein oder mehrere Objekte im Sichtfeld des Radars **64** zu erhalten. Das Radar **64** beinhaltet einen Sender, der elektromagnetische Funkwellen unter Verwendung einer Sendeantenne sendet und verschiedene elektronische Schaltungen beinhalten kann, die die Erzeugung und Modulation eines elektromagnetischen Trägersignals ermöglichen. In anderen Ausführungsformen kann das Radar **64** elektromagnetische Wellen in einem anderen Frequenzbereich, wie beispielsweise dem Mikrowellenbereich, übertragen. Das Radar **64** beinhaltet einen Signalprozessor, der zumindest teilweise (z.B. vollständig) mit dem oben beschriebenen Prozessor implementiert werden kann, oder der zumindest teilweise (z.B. vollständig) mit einer speziellen Schaltung implementiert werden kann. Das Radar **64** kann eine separate Empfangsantenne beinhalten, oder das Radar **64** kann eine einzige Antenne für den Empfang und die Übertragung von Funksignalen beinhalten. Und in anderen Ausführungsformen kann das Radar **64** eine Vielzahl von Sendeantennen, eine Vielzahl von Empfangsantennen oder eine Kombination derselben beinhalten, um Mehrfach-Eingangs-Multi-Ausgangs- (MIMO), Einfach-Eingangs-Multi-Ausgangs- (SIMO) oder Mehrfach-Eingangs-Multi-Ausgangs- (MISO) Techniken zu implementieren. Obwohl ein einzelnes Radar **64** dargestellt wird, kann das Fahrzeug **12** ein oder mehrere Radare beinhalten, die an den gleichen oder unterschiedlichen Positionen des Fahrzeugs **12** montiert werden können.

[0025] Die Fahrzeugkamera(s) **66** sind am Fahrzeug **12** montiert und können jedes geeignete System beinhalten, das in der Branche bekannt oder verwendet wird. Gemäß einem nicht einschränkenden Beispiel beinhaltet das Fahrzeug **12** eine Sammlung von CMOS-Kameras oder Bildsensoren **66**, die sich um das Fahrzeug herum befinden, einschließlich einer Reihe von nach vorne gerichteten CMOS-Kameras, die digitale Bilder liefern, die anschließend zusammengefügt werden können, um eine 2D- oder 3D-Darstellung der Straße und der Umgebung vor und/oder an der Seite des Fahrzeugs zu erhalten. Die Fahrzeugkamera **66** kann einer oder mehreren Komponenten der Fahrzeugelektronik **22**, einschließlich der drahtlosen Kommunikationsvorrichtung **30** und/oder der AV-Steuereinheit **24**, Fahrzeugvideodaten bereitstellen. Abhängig von der jeweiligen Anwendung kann die Fahrzeugkamera **66** sein: eine Standkamera, eine Videokamera und/oder eine andere Art von Bilderzeugungsvorrichtung; eine BW- und/oder eine Farbkamera; eine Front-, Rückseiten- und/oder 360°-orientierte Kamera; ein Teil eines Mono- und/oder Stereosystems; eine Analog- und/oder Digitalkamera; eine Kurz-, Mittel- und/oder Weitbereichskamera; und eine Weit- und/oder Schmal-FOV-Kamera (Öffnungswinkel), um einige Möglichkeiten aufzuzeigen. In einem Beispiel gibt die Fahrzeugkamera **66** Fahrzeugrohdaten aus (d.h. ohne oder mit geringer Vorverarbeitung), während in anderen Beispielen die Fahrzeugkamera **66** Bildverarbeitungsressourcen beinhaltet und die erfassten Bilder vor der Ausgabe als Fahrzeugvideodaten vorverarbeitet.

[0026] Die Bewegungssensoren **68** können verwendet werden, um Bewegungs- oder Trägheitsinformationen über das Fahrzeug zu erhalten, wie beispielsweise Fahrzeuggeschwindigkeit, Beschleunigung, Gier (und Gierrate), Neigung, Drehung und verschiedene andere Attribute des Fahrzeugs bezüglich seiner Bewegung, die lokal durch den Einsatz von fahrzeugseitigen Sensoren gemessen werden. Die Bewegungssensoren **68** können am Fahrzeug an verschiedenen Stellen montiert werden, z. B. in einer inneren Fahrzeuggabine, an einer vorderen oder hinteren Stoßstange des Fahrzeugs und/oder an der Haube des Fahrzeugs **12**. Die Bewegungssensoren **68** können direkt oder über den Kommunikationsbus **40** mit verschiedenen anderen elektronischen Fahrzeuggeräten gekoppelt werden. Bewegungssensordaten können erhalten und an die anderen elektronischen Fahrzeugvorrichtungen, einschließlich der AV-Steuereinheit **24**, BCM **44** und/oder der drahtlosen Kommunikationsvorrichtung **30**, gesendet werden.

[0027] In einer Ausführungsform können die Bewegungssensoren **68** Raddrehzahlsensoren beinhalten, die als fahrzeugseitiger Sensor in das Fahrzeug eingebaut werden können. Die Raddrehzahlsensoren sind jeweils mit einem Rad des Fahrzeugs **12** gekoppelt und können eine Drehzahl des jeweiligen Rades bestimmen. Die Drehzahlen verschiedener Raddrehzahlsensoren können dann genutzt werden, um eine lineare oder transversale Fahrzeuggeschwindigkeit zu erhalten. Darüber hinaus können in einigen Ausführungsformen die Raddrehzahlsensoren zur Bestimmung der Beschleunigung des Fahrzeugs verwendet werden. In einigen Ausführungsformen können Raddrehzahlsensoren als Fahrzeuggeschwindigkeitssensoren (VSS) bezeichnet werden und Teil eines Antiblockiersystems (ABS) des Fahrzeugs **12** und/oder eines elektronischen Stabilitätskontroll-

programms sein. Wie im Folgenden näher erläutert, kann das elektronische Stabilitätskontrollprogramm in einem Computerprogramm oder einer Anwendung verkörpert werden, das auf einem nichtflüchtigen, computerlesbaren Speicher gespeichert werden kann (z.B. demjenigen, der im Speicher der AV-Steuereinheit **24** oder im Speicher **38** der drahtlosen Kommunikationsvorrichtung **30** enthalten ist). Das elektronische Stabilitätskontrollprogramm kann mit einem Prozessor der AV-Steuereinheit **24** (oder dem Prozessor **36** der drahtlosen Kommunikationsvorrichtung **30**) ausgeführt werden und kann verschiedene Sensormesswerte oder Daten von einer Vielzahl von Fahrzeugsensoren verwenden, einschließlich Sensordaten von Sensoren **62-68**.

[0028] Zusätzlich oder alternativ können die Bewegungssensoren **68** einen oder mehrere Trägheitssensoren beinhalten, die als fahrzeugseitiger Sensor in das Fahrzeug eingebaut werden können. Der/die Trägheitssensor(en) können verwendet werden, um Sensorinformationen über die Beschleunigung und die Richtung der Beschleunigung des Fahrzeugs zu erhalten. Die Trägheitssensoren können mikroelektromechanische Systeme (MEMS) oder Beschleunigungssensoren sein, die Trägheitsinformationen erhalten. Die Trägheitssensoren können verwendet werden, um Kollisionen zu erkennen, die auf der Erkennung einer relativ hohen Verzögerung basieren. Wenn eine Kollision erkannt wird, können Informationen von den Trägheitssensoren, die zur Erkennung der Kollision verwendet werden, sowie andere Informationen, die von den Trägheitssensoren erhalten werden, an die drahtlose Kommunikationsvorrichtung **30** (oder einen anderen zentralen Fahrzeugcomputer des Fahrzeugs) gesendet werden. Zusätzlich kann der Trägheitssensor verwendet werden, um ein hohes Maß an Beschleunigung oder Bremsung zu erkennen. In einer Ausführungsform kann das Fahrzeug **12** eine Vielzahl von Trägheitssensoren beinhalten, die sich im gesamten Fahrzeug befinden. Und in einigen Ausführungsformen kann jeder der Trägheitssensoren ein mehrachsiger Beschleunigungssensor sein, der Beschleunigung oder Trägheitskraft entlang einer Vielzahl von Achsen messen kann. Die Vielzahl der Achsen kann jeweils orthogonal oder senkrecht zueinander sein, und zusätzlich kann eine der Achsen in der Richtung von der Vorderseite nach der Rückseite des Fahrzeugs **12** verlaufen. Andere Ausführungsformen können einachsige Beschleunigungssensoren oder eine Kombination aus ein- und mehrachsigen Beschleunigungssensoren verwenden. Andere Arten von Sensoren können verwendet werden, einschließlich anderer Beschleunigungssensoren, Gyroskopsensoren und/oder anderer Trägheitssensoren, die bekannt sind oder die in der Technik bekannt werden können.

[0029] Die Bewegungssensoren **68** können einen oder mehrere Gierratensensoren beinhalten, die als fahrzeugseitiger Sensor in das Fahrzeug eingebaut werden können. Der/die Gierratensensor(en) können Fahrzeugwinkelgeschwindigkeitsinformationen in Bezug auf eine vertikale Achse des Fahrzeugs erhalten. Die Gierratensensoren können gyroskopische Mechanismen beinhalten, die die Gierrate und/oder den Schlupfwinkel bestimmen können. Verschiedene Arten von Gierratensensoren können verwendet werden, darunter mikro-mechanische Gierratensensoren und piezoelektrische Gierratensensoren.

[0030] Die Bewegungssensoren **68** können auch einen Lenkradwinkelsensor beinhalten, der als fahrzeugseitiger Sensor in das Fahrzeug eingebaut werden kann. Der Lenkradwinkelsensor ist mit einem Lenkrad des Fahrzeugs **12** oder einer Komponente des Lenkrads gekoppelt, einschließlich aller derjenigen, die Teil der Lenksäule sind. Der Lenkradwinkelsensor kann den Winkel erfassen, in dem ein Lenkrad gedreht wird, der dem Winkel eines oder mehrerer Fahrzeugräder zu einer von hinten nach vorne verlaufenden Längsachse des Fahrzeugs **12** entsprechen kann. Sensordaten und/oder Messwerte des Lenkradwinkelsensors können in dem elektronischen Stabilitätskontrollprogramm verwendet werden, das auf einem Prozessor der AV-Steuereinheit **24** oder Prozessor **36** der drahtlosen Kommunikationsvorrichtung **30** ausgeführt werden kann.

[0031] Das drahtlose Trägersystem **70** kann jedes geeignete Mobilfunksystem sein. Das Trägersystem **70** ist als ein Mobilfunkmast **72** dargestellt; das Trägersystem **70** kann jedoch eine oder mehrere der folgenden Komponenten (z.B. abhängig von der Mobilfunktechnologie) beinhalten: Mobilfunkmasten, Basis-Sende-Empfangsstationen, mobile Vermittlungsstellen, Basisstationssteuerungen, entwickelte Knoten (z.B. eNodeBs), Mobilitätsmanagement-Einheiten (MMEs), Serving und PGN-Gateways usw. sowie alle anderen Netzwerkkomponenten, die erforderlich sind, um das drahtlose Trägersystem **70** mit dem Festnetz **76** zu verbinden oder das drahtlose Trägersystem mit Endgeräten (UEs, die z.B. Telematikgeräte in Fahrzeug **12** beinhalten können) zu verbinden. Das Trägersystem **70** kann jede geeignete Kommunikationstechnologie implementieren, einschließlich GSM/GPRS-Technologie, CDMA- oder CDMA2000-Technologie, LTE-Technologie usw. Im Allgemeinen sind drahtlose Trägersysteme **70**, ihre Komponenten, die Anordnung ihrer Komponenten, die Interaktion zwischen den Komponenten usw. in der Technik allgemein bekannt.

[0032] Das Festnetz **76** kann ein herkömmliches landgestütztes Telekommunikationsnetz sein, das an ein oder mehrere Festnetztelefone angeschlossen ist und das drahtlose Trägersystem **70** mit dem entfernten Computer **78** verbindet. So kann beispielsweise das Festnetz **76** ein öffentliches Telefonnetz (PSTN) beinhalten,

wie es für die Bereitstellung von Festnetztelefonie, paketvermittelter Datenkommunikation und der Internetinfrastruktur verwendet wird. Ein oder mehrere Segmente des Festnetzes **76** könnten durch die Verwendung eines kabelgebundenen Standardnetzes, eines Glasfasernetzwerks oder eines anderen optischen Netzes, eines Kabelnetzes, von Stromleitungen, anderer drahtloser Netze wie drahtloser lokaler Netze (WLANs), Netze, die einen drahtlosen Breitbandzugang (BWA) bereitstellen, oder einer beliebigen Kombination derselben realisiert werden. Über das Festnetz **76** und/oder das drahtlose Trägersystem **70** kann die Cloud-Layer **20** kommunikativ mit der EDGE-Layer **18** und/oder der Fahrzeug-Layer **16** gekoppelt werden.

[0033] Die EDGE-Layer **18** ist Teil des Systems **10** und kann jede geeignete Kombination von Hardware, Firmware, Software usw. beinhalten, die zur Kommunikation mit dem Fahrzeug und den Cloud-Layern **16**, **20** und zur Durchführung des hier beschriebenen Verfahrens erforderlich ist. So kann beispielsweise die EDGE-Layer **18** verschiedene Kombinationen von Servern, Routern, Switches, Verarbeitungseinheiten (z.B. Zentraleinheiten (CPUs)), Schaltungen (z.B. anwendungsspezifische integrierte Schaltungen (ASICs)), Datenspeichervorrichtungen usw. beinhalten, die zur Durchführung verschiedener EDGE-Computing-Aufgaben und anderer, nach dem vorliegenden Verfahren erforderlicher Aufgaben erforderlich sind. Die EDGE-Layer wird auch als „Mobile EDGE Computing (MEC)-Layer“ oder „Nebellayer“ bezeichnet, und diese Begriffe können in der vorliegenden Anwendung austauschbar verwendet werden. Die EDGE-Layer **18** beinhaltet eine Vielzahl von EDGE-Knoten **80** (einer davon dargestellt), die jeweils eine oder mehrere Straßeneinheiten (RSUs) **82** und einen oder mehrere EDGE-Sensoren **84** beinhalten. Der EDGE-Knoten **80** kann mit Informationen über eine bestimmte EDGE-Zelle verknüpft oder dediziert werden, die eine vorbestimmte oder vordefinierte Position in der Nähe des EDGE-Knotens **80** ist. Auch wenn die vorliegende Offenbarung Ausführungsformen diskutiert, bei denen ein EDGE-Knoten **80** einer EDGE-Zelle zugeordnet ist, ist zu beachten, dass der/die EDGE-Knoten den EDGE-Zellen gemäß verschiedenen Arten von Beziehungen entsprechen können - zum Beispiel einer Eins-zu-Eins-Beziehung, einer Eins-zu-Eins-Beziehung, einer Eins-zu-Viele-Beziehung, einer Eins-zu-Viele-Beziehung oder einer Viele-zu-Viele-Beziehung. Der EDGE-Knoten **80** (z.B. RSUs **82**) kann einen Prozessor **87** und einen Speicher **86** sowie eine drahtlose Kommunikationsvorrichtung **88** beinhalten, die einen drahtlosen Sender und einen drahtlosen Empfänger beinhalten kann. Die drahtlose Kommunikationsvorrichtung kann eine Schaltung zum Aktivieren von SRWCs beinhalten, wie beispielsweise IEEE 802.11, **802.15**, etc. Der EDGE-Knoten **80** und RSU **82** wird als fest mit dem Festnetz **76** verbunden dargestellt, aber in anderen Ausführungsformen können der EDGE-Knoten **80** und RSU **82** einen Mobilfunkchipsatz ähnlich dem Chipsatz **34** der drahtlosen Kommunikationsvorrichtung **30** des Fahrzeugs **12** beinhalten.

[0034] Die RSU **82** kann entlang oder in der Nähe einer Fahrbahn bereitgestellt werden und kann verwendet werden, um Ampeln zu steuern, Verkehrsdaten zu erhalten oder andere EDGE- oder Nebellayerverarbeitungen für ein Fahrbahnsystem durchzuführen. Die RSU **82** (oder ein anderer Teil des EDGE-Knotens **80**) kann auch kommunikativ mit einem oder mehreren EDGE-Sensoren **84** gekoppelt werden, d.h. mit Abtastvorrichtungen, die eingerichtet sind, um Sensorinformationen über eine oder mehrere Fahrbahnen und/oder eine oder mehrere Straßeneinheiten (z.B. Fahrzeuge, Fahrräder, Fußgänger) zu erhalten. So kann beispielsweise der EDGE-Sensor **84** eine Lidareinheit, eine Radareinheit und/oder eine Kamera sein, die den Sensoren **62-66** des Fahrzeugs **12** ähnlich sein kann. Obwohl nur ein einzelner EDGE-Sensor **84** dargestellt wird, würde der EDGE-Knoten **80** wahrscheinlich eine Vielzahl von Sensoren beinhalten, die Informationen über eine oder mehrere Fahrbahnen um das Fahrzeug herum erhalten, wie beispielsweise eine oder mehrere Lidaranlagen, eine oder mehrere Radaranlagen und/oder eine oder mehrere Kameras. Die RSU **82** kann mit einem oder mehreren nahegelegenen Fahrzeugen (z.B. Fahrzeugen **12**, **14**) über die Verwendung von Kurzstrecken-Funkkommunikation (SRWCs) kommunizieren, so dass die Fahrzeug-Layer **16** und die EDGE-Layer **18** Informationen zwischen diesen austauschen können. Die RSU **82** oder andere Geräte der EDGE-Layer **18** können auch mit der Cloud-Layer **20** verbunden werden, so dass Informationen von der EDGE-Layer **18** aus geteilt oder an die Cloud-Layer **20** gesendet werden können und umgekehrt.

[0035] Die Cloud-Layer **20** ist Teil des Systems **10** und kann jede geeignete Kombination von Hardware, Firmware, Software usw. beinhalten, die zur Kommunikation mit dem Fahrzeug und den EDGE-Layern **16**, **18** und zur Durchführung des hierin beschriebenen Verfahrens erforderlich ist. Die Cloud-Layer **20** kann verschiedene Kombinationen von Servern, Routern, Switches, Verarbeitungseinheiten (z.B. Zentraleinheiten (CPUs)), Schaltungen (z.B. anwendungsspezifische integrierte Schaltungen (ASICs)), Datenspeichervorrichtungen usw. beinhalten, die zur Durchführung verschiedener Aufgaben im Zusammenhang mit der Rekonstruktion von Fahrzeugszenen sowie anderer autonomer Fahrzeugaufgaben erforderlich sind.

[0036] Die Cloud-Layer **20** wird dargestellt als einschließlich ein oder mehrere Computer und/oder Server **78**. Die Computer **78** (nur einer der in **Fig. 1** dargestellten) können für einen oder mehrere Zwecke verwendet werden, z.B. um autonome Backend-Dienste für ein oder mehrere Fahrzeuge bereitzustellen. Die Computer **78**

können einige von einer Reihe von Computern sein, die über ein privates oder öffentliches Netzwerk wie das Internet zugänglich sind. Die Computer oder Server **78** können jeweils einen Prozessor und einen Speicher beinhalten und können verwendet werden, um den Fahrzeugen **12**, **14** sowie der EDGE-Layer **18** verschiedene Informationen zur Verfügung zu stellen. Darüber hinaus können die EDGE-Layer **18** und/oder die Fahrzeug-Layer **16** Aufgaben zuweisen, die von der Cloud-Layer **20** auszuführen sind, die dann die Aufgaben ausführen und Ergebnisse an die EDGE-Layer **18** und/oder die Fahrzeug-Layer **16** senden kann, wie im Folgenden näher erläutert. Aufgrund der weitreichenden Kenntnisse in dem Fachgebiet der EDGE- und Cloud-Layer-Architekturen und weil das vorliegende Verfahren und System nicht auf eine bestimmte Architektur oder Anordnung beschränkt sein soll und mit einer Vielzahl solcher Architekturen verwendet werden kann, entfallen zusätzliche detaillierte Beschreibungen der EDGE- und Cloud-Layer **18**, **20**.

[0037] Unter Bezugnahme auf **Fig. 2** ist ein detaillierter Abschnitt bestimmter Teile des Kommunikationssystems **10** dargestellt, der die Kommunikation und verschiedene Verarbeitungen der Fahrzeug-Layer **16**, der EDGE-Layer **18** und der Cloud-Layer **20** veranschaulicht. Im Allgemeinen kann das Fahrzeug **12** auf der Fahrzeug-Layer **16** einen Ressourcenmanager **102**, ein Verarbeitungssystem **104**, ein Abtast- und Wahrnehmungssystem **106** und einen Empfangshandler **108** beinhalten. Der Ressourcenmanager **102** kann eine oder mehrere auszuführende Aufgaben bestimmen und dann die Ausführung der einen oder mehreren Aufgaben an das Fahrzeug **12** (z.B. Verarbeitungssystem **104**), die EDGE-Layer **18** oder die Cloud-Layer **20** richten, wie die Pfeile in **Fig. 2** veranschaulichen. Der Ressourcenmanager **102**, das Verarbeitungssystem **104**, das Abtast- und Wahrnehmungssystem **106** und der Empfangshandler **108** können in einer oder mehreren elektronischen Fahrzeugvorrichtungen der Fahrzeugelektronik **22**, wie beispielsweise der AV-Steuereinheit **24**, ausgeführt sein. Zusätzlich zum Bestimmen, welche Aufgabe(n) auf welcher Layer (z.B. der Fahrzeug-Layer **16**, der EDGE-Layer **18**, der Cloud-Layer **20**) ausgeführt werden sollen, kann das Fahrzeug **12** (oder der Ressourcenmanager **102**) bestimmen, welche Informationen bestimmten Vorrichtungen, Systemen oder Layer zur Verfügung gestellt werden sollen. Wenn beispielsweise eine Aufgabe für die EDGE-Layer **18** bestimmt ist, kann der Ressourcenmanager **102** relevante Sensorinformationen an die EDGE-Layer **18** senden.

[0038] Wenn bestimmt wird, dass eine Aufgabe am Fahrzeug **12** ausgeführt werden soll, kann das Fahrzeug die Aufgabe mit dem Verarbeitungssystem **104** ausführen. Das Verarbeitungssystem **104** kann Teil einer oder mehrerer elektronischer Fahrzeugvorrichtungen sein, wie beispielsweise AV-Steuereinheit **24**, drahtlose Kommunikationsvorrichtung **30** oder ein anderes Onboard-Computersystem des Fahrzeugs **12**. In einigen Ausführungsformen kann das Verarbeitungssystem **104** Informationen von einem oder mehreren fahrzeugseitigen Sensoren, wie beispielsweise den Sensoren **62-68**, erhalten. Das Abtast- und Wahrnehmungssystem **106** kann zum Erhalten und ersten Verarbeiten der fahrzeugseitigen Sensordaten verwendet werden, die dann an das Verarbeitungssystem **104** und/oder andere Vorrichtungen, wie beispielsweise an der EDGE-Layer **18** und/oder der Cloud-Layer **20**, gesendet werden können. In einer Ausführungsform teilen sich das Verarbeitungssystem **104** und das Abtast- und Wahrnehmungssystem **106** die gleichen elektronischen Fahrzeugvorrichtungen oder Komponenten der Fahrzeugelektronik **22**. In anderen Ausführungsformen können diese Systeme getrennt und/oder durch verschiedene elektronische Fahrzeugvorrichtungen der Fahrzeugelektronik **22** ausgeführt werden.

[0039] Wenn bestimmt wird, dass eine Aufgabe durch die EDGE-Layer **18** ausgeführt werden soll, kann das Fahrzeug **12** Informationen an die EDGE-Layer **18** (oder einen bestimmten EDGE-Knoten **80**) senden, die anzeigen, dass eine Aufgabe an der EDGE-Layer **18** ausgeführt werden soll. In einigen Ausführungsformen kann das Fahrzeug **12** eine Anforderung zur Ausführung einer Aufgabe senden. Das Fahrzeug **12** kann auch relevante Informationen an die EDGE-Layer **18** senden, wie beispielsweise rohe oder verarbeitete Fahrzeugsensordaten und/oder andere Fahrzeugzustandsinformationen, einschließlich Standort- und/oder Trajektorieninformationen (z.B. wie sie beispielsweise mit dem GNSS-Empfänger **46** bestimmt werden). Die EDGE-Layer **18** kann diese zugeordneten Task-Informationen (z.B. mit dem Indikator, der Anforderung einer Task zur Ausführung und/oder relevanten Task-Informationen) am Empfangshandler **122** empfangen. In einer Ausführungsform werden diese Verbindungen zwischen der EDGE-Layer **18** und der Fahrzeug-Layer **16** unter Verwendung von SRWCs durchgeführt, beispielsweise durch Verwendung der SRWC-Schaltung **32** der drahtlosen Kommunikationsvorrichtung **30** des Fahrzeugs **12**. In einigen Ausführungsformen kann das Fahrzeug dem EDGE-Knoten **80** Sensorinformationen bereitstellen, auch wenn eine bestimmte Aufgabe dem EDGE-Knoten **80** nicht zugeordnet ist. Dies ermöglicht es dem EDGE-Knoten **80**, die fahrzeugseitigen Sensordaten des Fahrzeugs zu nutzen, um die AV-Leistung anderer Fahrzeuge zu unterstützen. So kann beispielsweise das Fahrzeug **14** dem EDGE-Knoten **80** auch in Ausführungsformen, in denen das Fahrzeug **14** kein autonomes Fahrzeug sein darf, Sensorinformationen zur Verfügung stellen oder Aufgaben dem EDGE-Knoten **80** zuordnen.

[0040] Sobald die drahtlose Kommunikation vom Empfangshandler **122** empfangen wird, kann der EDGE-Knoten **80** bestimmen, ob die Aufgabe ausgeführt werden soll und/oder ob die Aufgabe (oder bestimmte Teilaufgaben davon) der Cloud-Layer **20** zugeordnet werden soll. Wie dargestellt, beinhaltet der EDGE-Knoten **80** den Empfangshandler **122**, einen Ressourcenmanager **124**, einen Scheduler **126**, ein Verarbeitungssystem **128** und ein Abtast- und Wahrnehmungssystem **130**. Jedes oder mehrere dieser Module oder Systeme können von einem oder mehreren elektronischen Datenverarbeitungsgeräten, wie beispielsweise den RSU(s) **82**, ausgeführt werden. Darüber hinaus kann der EDGE-Knoten **80** in einigen Ausführungsformen mit anderen EDGE-Knoten kommunizieren, wie beispielsweise benachbarten EDGE-Knoten, bei denen die entsprechenden EDGE-Zellen geografisch an den EDGE-Knoten **80** angrenzen. Der Ressourcenmanager **124** ähnelt dem Ressourcenmanager **102** der Fahrzeug-Layer **16**, indem er verwendet werden kann, um zu bestimmen, welche Layer (oder Vorrichtung) Aufgaben zugeordnet werden sollen. Der Scheduler **126** kann verwendet werden, um eingehende (oder auszuführende) Aufgaben zu organisieren und die Aufgaben auf bestimmte Teile der EDGE-Layer **18** zu verteilen, um die Aufgaben effektiv zu bearbeiten. So können beispielsweise eine erste Aufgabe und eine zweite Aufgabe an den Scheduler übergeben werden, und die zweite Aufgabe kann eine Anforderung beinhalten, dass sie innerhalb von 10 ms (oder einer anderen vorgegebenen Zeitspanne) ausgeführt werden muss, während die erste Aufgabe keine solche restriktive Zeitachse beinhaltet. Obwohl also der zweite Task am Scheduler (oder an der EDGE-Layer **18**) später als der erste Task empfangen wurde, kann der zweite Task vor dem ersten Task an das Verarbeitungssystem **128** gesendet werden.

[0041] Das Verarbeitungssystem **128** kann zur Ausführung der Aufgabe(n) verwendet werden, was zu einer Aufgabenausgabe **132** führen kann. In einer Ausführungsform kann die Aufgabe basierend auf Informationen, die vom Fahrzeug **12** empfangen wurden, zusammen mit anderen Informationen, die an der EDGE-Layer **18** erhalten wurden, ausgeführt werden. So kann beispielsweise das Fahrzeug **12** Sensordaten an den EDGE-Knoten **80** senden, und der EDGE-Knoten **80** kann die vom EDGE-Sensor **84** erhaltenen Sensorinformationen verwenden, um eine vereinheitlichte Wahrnehmungsausgabe zu erzeugen, die den Zustand eines Bereichs um das Fahrzeug **12** oder benachbarte Fahrbahnen herum genauer und/oder vollständiger darstellt, wie im Folgenden näher erläutert wird. In einer weiteren Ausführungsform kann der EDGE-Knoten **80** Informationen von anderen Fahrzeugen, wie beispielsweise dem Fahrzeug **14**, empfangen und dann die Aufgabe(n) unter Verwendung dieser anderen Fahrzeuginformationen verarbeiten, um ein Aufgabenergebnis oder eine Ausgabe zu verbessern oder zu ergänzen. Außerdem kann der EDGE-Knoten **80** in einer Ausführungsform eine vereinheitlichte Wahrnehmungsausgabe erzeugen und dann die vereinheitlichte Wahrnehmungsausgabe verwenden, um eine oder mehrere AV-bezogene Aufgaben auszuführen, um eine AV-Aufgabenausgabe zu erzeugen, die eine AV-Aktion oder einen Befehl sein kann, der an das Fahrzeug **12** gesendet wird.

[0042] Das Abtast- und Wahrnehmungssystem **130** kann verwendet werden, um die EDGE-Sensordaten (d.h. Sensordaten vom/von den EDGE-Sensor(en) **84**) zu erhalten und zunächst zu verarbeiten, die dann an das Verarbeitungssystem **128** und/oder andere Vorrichtungen gesendet werden können. Das Abtast- und Wahrnehmungssystem **130** kann auch verwendet werden, um fahrzeugseitige Sensordaten und EDGE-Sensordaten zu kombinieren, um eine vereinheitlichte Wahrnehmungsausgabe bereitzustellen, die den Zustand eines Bereichs um das Fahrzeug herum oder benachbarte Fahrbahnen genauer und/oder vollständiger darstellt. Die vereinheitlichte Wahrnehmungsausgabe kann Sensordaten von zwei oder mehr Sensoren sein oder darstellen, wobei mindestens zwei der Sensoren heterogen sind. Zwei Sensoren gelten als heterogen, wenn die beiden Sensoren Sensordaten liefern, die in einem anderen Format vorliegen (z.B. unterschiedliche Arten der Codierung der Sensordaten), die unterschiedliche Referenzpunkte oder Koordinatensysteme verwenden, die unterschiedliche Maßstäbe oder Einheitssysteme verwenden (z.B. imperial, metrisch) oder die anderweitig transformiert, abgebildet oder verarbeitet werden müssen, um eine vereinheitlichte Wahrnehmung des jeweiligen Bereichs zu ermöglichen. Das heißt, die Fahrzeugsensordaten und die EDGE-Sensordaten können kombiniert und verarbeitet werden, so dass eine vereinheitlichte Wahrnehmungsausgabe entsteht. In einer Ausführungsform ist die vereinheitlichte Wahrnehmungsausgabe eine geografische und/oder räumliche Darstellung eines oder mehrerer Objekte, wie sie durch Sensordaten von zwei oder mehreren Sensoren informiert wird. Diese vereinheitlichte Wahrnehmungsausgabe kann dann zur Ausführung einer oder mehrerer Aufgaben verwendet werden und/oder der Cloud-Layer **20** und/oder der Fahrzeug-Layer **16** zur Verfügung gestellt werden. Für den Fall, dass das Ergebnis der von der EDGE-Layer **18** ausgeführten Aufgaben an das Fahrzeug **12** gesendet wird, wird es am Fahrzeug **12** über den Empfangshandler empfangen. Der Empfangshandler **108** kann verwendet werden, um eingehende Ergebnisse oder Informationen zu verarbeiten, die vom EDGE-Knoten **80** (oder einer anderen EDGE-Layervorrichtung) und/oder der Cloud-Layer **20** gesendet werden. Diese Handhabung kann das Formatieren (oder anderweitige Verarbeitung) der empfangenen Informationen sowie das Weiterleiten der empfangenen Informationen an die entsprechende elektronische Fahrzeugvorrichtung der Fahrzeugelektronik **22** beinhalten.

[0043] Die Cloud-Layer **20** beinhaltet einen Empfangs-Handler **142**, einen Scheduler **144** und ein Verarbeitungssystem **146**. Jede dieser Komponenten kann von einer oder mehreren elektronischen Rechenvorrichtungen ausgeführt werden, die sich entfernt vom Fahrzeug **12** befinden. Jede dieser einen oder mehreren elektronischen Rechenvorrichtungen, wie Computer und/oder Server **78**, kann einen Prozessor und Speicher beinhalten und kann als Teil eines größeren Serversystems integriert werden. Der Empfangshandler **142** ist ähnlich dem Empfangshandler **122** der EDGE-Layer **18** und kann eingehende Nachrichten oder Anforderungen der Fahrzeug-Layer **16** und der EDGE-Layer **18** verarbeiten. Der Scheduler **144** ist ähnlich dem Scheduler **126** der EDGE-Layer **18** und kann verwendet werden, um die Ausführung verschiedener Aufgaben zu planen, die von der Fahrzeug-Layer **16** und/oder der EDGE-Layer **18** empfangen werden. Das Verarbeitungssystem **146** der Cloud-Layer **20** kann verwendet werden, um eine oder mehrere Aufgaben auszuführen, um einen Aufgabenausgang **148** zu erhalten, der dann an die EDGE-Layer **18** und/oder die Fahrzeug-Layer **16** zurückgegeben werden kann. Die Ausgabe dieser bearbeiteten Aufgaben, die als Aufgabenausgabe bezeichnet wird, kann dann verwendet werden, um eine oder mehrere Fahrzeugaktionen durchzuführen, wie beispielsweise eine oder mehrere autonome Fahrzeugoperationen. In einer Ausführungsform kann die Aufgabenausgabe ein AV-Bedienbefehl sein, der das Fahrzeug anweist, eine bestimmte AV-Operation durchzuführen.

[0044] Unter Bezugnahme auf **Fig. 3** ist ein Flussdiagramm dargestellt, das ein exemplarisches Verfahren **200** zum Bestimmen und zumindest teilweise Durchführen einer autonomen Fahrzeug-(AV)-Aktion basierend auf einer vereinheitlichten Wahrnehmung einer Umgebung darstellt. Das Verfahren **200** kann durch eine beliebige oder eine beliebige Kombination von Komponenten des Systems **10** durchgeführt werden, einschließlich der folgenden: die Fahrzeug-Layer **16** (z.B. das Trägerfahrzeug **12**), die EDGE-Layer **18** und die Cloud-Layer **20**. In einer Ausführungsform werden die Schritte **210-230** durch eine Kombination aus dem Fahrzeug **12** und der EDGE-Layer **18** durchgeführt, und Schritt **240** durch das Fahrzeug **12**.

[0045] In Schritt **210** werden Sensordaten von einem Wahrnehmungssystem erhalten. Das Wahrnehmungssystem ist ein System oder Modul, das Sensorsignale als Eingang nimmt und dann eine vereinheitlichte Wahrnehmungsausgabe ausgibt. Die vereinheitlichte Wahrnehmungsausgabe stellt Objekte innerhalb der Umgebung des Fahrzeugs dar und beinhaltet die physikalischen Eigenschaften des einen oder der mehreren Objekte. Das eine oder die mehreren Objekte können jedes beliebige Objekt sein, das sich in der Umgebung befindet, wie z.B. andere Fahrzeuge auf der Straße (z.B. Fahrzeug **14**), Hindernisse auf der Straße, Fußgänger, Fahrräder, Fahrbahnmarkierungen, Verkehrszeichen, Ampeln, etc. Die physikalischen Eigenschaften des einen oder der mehreren Objekte, die als Teil der vereinheitlichten Wahrnehmungsausgabe identifiziert und dargestellt werden können, können Position, Entfernung, Kurs, Geschwindigkeit, Größe, Geometrie, Objekttyp, Ausrichtung, Farbe usw. beinhalten.

[0046] Das Wahrnehmungssystem kann Vorrichtungen oder Komponenten beinhalten, die sich auf einer oder beiden der Fahrzeug-Layer **16** und **18** befinden. In einigen Ausführungsformen kann das Wahrnehmungssystem weiterhin Geräte oder Komponenten der Cloud-Layer **20** beinhalten. In einer Ausführungsform befindet sich das Wahrnehmungssystem an der EDGE-Layer **18** und kann das Abtast- und Wahrnehmungssystem **130** beinhalten. In einer weiteren Ausführungsform befindet sich das Wahrnehmungssystem auf der Fahrzeug-Layer **16** und kann das Abtast- und Wahrnehmungssystem **106** beinhalten. Und in einer weiteren Ausführungsform befindet sich das Wahrnehmungssystem sowohl auf der Fahrzeug-Layer **16** als auch auf der EDGE-Layer **18**.

[0047] Somit können in Schritt **210** Sensordaten von einem oder mehreren der Fahrzeugsensoren **62-68** (oder anderen, nicht dargestellten Sensoren) und/oder von einem oder mehreren EDGE-Sensoren **84** erhalten werden. So können beispielsweise Fahrzeugsensordaten von den Sensoren **62-68** abgerufen, über den Kommunikationsbus **40** an die drahtlose Kommunikationsvorrichtung **30** und dann an das EDGE-Erfassungs- und Wahrnehmungssystem **130** gesendet werden. Diese Sensordaten aus dem Fahrzeug können von einer Anforderung zur Ausführung einer Aufgabe begleitet (oder in eine Nachricht mit aufgenommen) werden, die darin bestehen kann, eine vereinheitlichte Wahrnehmungsausgabe, eine empfohlene Fahrzeugaktion (z.B. eine empfohlene AV-Aktion) oder einen Fahrzeugbefehl (z.B. einen Befehl zur Ausführung einer bestimmten Fahrzeugaktion) bereitzustellen. Eine empfohlene Fahrzeugaktion und ein Fahrzeugbefehl können zusammenfassend als Fahrzeugaktion bezeichnet werden. Das Verfahren **200** fährt mit Schritt **220** fort.

[0048] In Schritt **220** erzeugt das Verfahren eine vereinheitlichte Wahrnehmungsausgabe basierend auf Sensordaten. Wie vorstehend erwähnt, kann das Wahrnehmungssystem **106**, **130** verwendet werden, um eine vereinheitlichte Wahrnehmungsausgabe zu erhalten, die Informationen über ein oder mehrere Objekte um das Fahrzeug herum darstellen kann. Sensorinformationen können von den fahrzeugseitigen Sensoren **62-68** sowie von den EDGE-Sensoren **84** bezogen werden. Jede der Sensordaten von jedem dieser Sensoren kann auf unterschiedliche Weise formatiert werden, kann auf verschiedenen Verankerungspunkten (oder Referenz-

informationen) basieren und/oder anderweitig in einem anderen Kontext oder unter anderen Bedingungen erhalten werden. So wird in einer Ausführungsform das Wahrnehmungssystem **106, 130** verwendet, um die Sensorinformationen der verschiedenen Sensoren zu universalisieren (oder zu standardisieren). In einem Beispiel kann dies die Transformation, Abbildung oder anderweitige Verarbeitung der Sensordaten beinhalten, so dass die Sensordaten einem homogenen Koordinatensystem entsprechen. Das homogene Koordinatensystem ist ein Koordinatensystem, auf das Sensorinformationen von verschiedenen Sensoren (z.B. Sensoren **62-68, 84**, etc.) abgebildet werden können, so dass die Sensorinformationen der verschiedenen Sensoren mit Bezug auf ein gemeinsames oder gemeinsames Koordinatensystem betrachtet oder beschrieben werden können. Die Sensordaten (z.B. die EDGE-Sensordaten, die fahrzeugseitigen Sensordaten) können am Wahrnehmungssystem in einem Rohformat oder in einem verarbeiteten (oder formatierten) Zustand empfangen werden. Das Wahrnehmungssystem kann die Sensordaten aus den formatierten Sensordaten extrahieren und die vereinheitlichte Wahrnehmungsausgabe erzeugen.

[0049] Auch in einer Ausführungsform kann das Wahrnehmungssystem bei der Erzeugung der vereinheitlichten Wahrnehmungsausgabe bestimmte geografische und/oder räumliche Informationen über statische Objekte oder den geografischen Bereich innerhalb der Randzelle sammeln. So können beispielsweise die Höhe, Breite, Länge, Länge, Größe und andere physikalische Eigenschaften eines oder mehrerer statischer Objekte innerhalb des Sichtfeldes in einem für das Wahrnehmungssystem zugänglichen Speicher gespeichert werden. In einer Ausführungsform ist das Wahrnehmungssystem Teil eines EDGE-Knotens oder EDGE-Rechnersystems, das Speicher mit diesen physikalischen Eigenschaftsinformationen beinhaltet. Das Vorhandensein eines bestimmten statischen Objekts im Sichtfeld der fahrzeugseitigen Sensordaten kann das Wahrnehmungssystem darüber informieren, wie die fahrzeugseitigen Wahrnehmungsdaten mit den EDGE-Sensordaten sowie anderen fahrzeugseitigen Sensordaten von anderen (Nicht-Träger-) Fahrzeugen, wie beispielsweise dem Fahrzeug **14**, zusammengeführt oder vereinheitlicht werden können.

[0050] In einer Ausführungsform können die EDGE- (oder infrastrukturbasierten) Sensordaten dargestellt werden als $S = \{s_1, s_2, \dots, s_{ns}\}$, wobei ns die Anzahl der EDGE-Sensoren und eine entsprechende Projektion ist. T^S der EDGE- (oder infrastrukturbasierten) Sensordaten zum homogenen Koordinatensystem wird dargestellt als

$T^S = \{T_1^S, T_2^S, \dots, T_{ns}^S\}$. Ebenso werden die Sensordaten des fahrzeugseitigen Sensors aus dem i th Fahrzeug kann dargestellt werden als $V_i = \{v_{i1}, v_{i2}, \dots, v_{in_i}\}$, $i = 1, \dots, N$ wobei N die Gesamtzahl der Fahrzeuge ist und n_i ist die Gesamtzahl der Sensoren des i th Fahrzeug. Eine entsprechende Projektion T^{V_i} der fahrzeuginternen

Fahrzeugsensordaten zum homogenen Koordinatensystem wird dargestellt als $T^{V_i} = \{T_1^{V_i}, T_2^{V_i}, \dots, T_{n_i}^{V_i}\}$. Für ein kurzes Zeitintervall $\{t_{\text{Start}}, \dots, t, \dots, t_{\text{Ende}}\}$ werden die Punkte von den EDGE- (oder infrastrukturbasierten) Sensoren und den fahrzeugseitigen Sensoren abgebildet oder in eine Reihe von eindeutigen Punkten umgewandelt.

$P^t = \{P_1^t, P_2^t, \dots, P_m^t\}$ und jeder Punkt $P_m^t \in R^k$ wobei k die Vereinigung der eindeutigen Dimension sowohl der EDGE-(oder infrastrukturbasierten) Sensoren als auch der fahrzeugseitigen Sensoren ist. Die vereinheitlichte Wahrnehmungsausgabe kann somit dargestellt werden durch $P^t = f(S, T^S, V_1, \dots, V_N, T^{V_1}, \dots, T^{V_N})$ und $P_m^t = (x, y, z, r, g, b, ir, \text{doppler}, \dots)$ wobei x, y und z räumliche Koordinaten eines Objekts innerhalb des homogenen Koordinatensystems zum Zeitpunkt t darstellen, r die rote Farbe eines Objekts innerhalb des homogenen Koordinatensystems zum Zeitpunkt t darstellt, g die grüne Farbe eines Objekts innerhalb des homogenen Koordinatensystems zum Zeitpunkt t darstellt, b die blaue Farbe eines Objekts innerhalb des homogenen Koordinatensystems zum Zeitpunkt t darstellt, ir die Infraroteigenschaften oder Informationen eines Objekts innerhalb des homogenen Koordinatensystems zum Zeitpunkt t darstellt und Doppler die Dopplerinformationen darstellt (z.B. Doppler-Verschiebungen, Geschwindigkeiten oder Geschwindigkeiten, die über Doppler bestimmt werden) eines Objekts innerhalb des homogenen Koordinatensystems zum Zeitpunkt t . Natürlich können weitere Eigenschaften durch die verschiedenen EDGE- und Fahrzeugsensoren bestimmt und dann als Teil der vereinheitlichten Wahrnehmungsausgabe verwendet werden.

[0051] In einigen Ausführungsformen kann die vereinheitlichte Wahrnehmungsausgabe auch Informationen über ein oder mehrere Objekte beinhalten, die im Sichtfeld eines oder mehrerer Sensoren (z.B. EDGE-Sensoren, Fahrzeugsensoren) erfasst wurden. Mit Hilfe von Objekterkennungstechniken am Fahrzeug **12** und/oder am EDGE-Knoten **80** (und in einigen Fällen auch an der Cloud-Layer **20**) können ein oder mehrere Objekte innerhalb eines Sichtfeldes von mindestens einem Sensor verwendet werden, um eine Objektliste zu erhalten.

ten. $I_t^O = \{I_{1t}^O, I_{2t}^O, \dots, I_{nt}^O\}$ zum Zeitpunkt t und die entsprechende Projektion dieser Objekte auf das homogene

Koordinatensystem ist $T_t^O = \{T_{1t}^O, T_{2t}^O, \dots, T_{nt}^O\}$ wobei jedes Objekt I_{Es}^O kann folgende Abmessungen haben (x, y, z, speed, heading, object type, size, etc.). Es ist zu beachten, dass sich diese physikalischen Eigenschaften

zwar von den oben genannten in Bezug auf die Fahrzeuge unterscheiden. P_m^t kann jede Kombination dieser physikalischen Eigenschaften verwendet werden, um Informationen über das/die Fahrzeug(e) und/oder ein oder mehrere Objekte darzustellen. Somit kann eine Objektliste im homogenen Koordinatensystem erhalten

werden: $I_t^U = \{I_{1t}^U, I_{2t}^U, \dots, I_{nt}^U\}$ wobei jedes Objekt eine feste Abmessung hat, die die Vereinigung der Abmessungen von I_{Es}^O . Die neue Objektliste im homogenen Koordinatensystem für den Zeitpunkt t ist:

$$I_t^U = f \left(I_{t_{\text{Ende}}}^O, \dots, I_{t_{\text{Ende}}}^O, I_{t_{\text{Start}}}^U, \dots, I_{t_{\text{Ende}}}^U, T_{t_{\text{Start}}}^O, \dots, T_{t_{\text{Ende}}}^O \right)$$

[0052] Zusätzlich kann die vereinheitlichte Wahrnehmungsausgabe in einigen Ausführungsformen Sensorinformationen beinhalten, die von anderen EDGE-Knoten, wie beispielsweise von einem benachbarten EDGE-Knoten, empfangen werden. Diese von einem anderen EDGE-Knoten empfangenen Sensorinformationen können als Sensorrohdaten empfangen werden, oder es können Sensordaten sein, die auf das homogene Koordinatensystem abgebildet (oder transformiert) werden. Darüber hinaus können diese Sensordaten Daten von einem oder mehreren Fahrzeugen sowie von einem oder mehreren EDGE-Sensoren beinhalten. Sobald die vereinheitlichte Wahrnehmungsausgabe erzeugt ist, fährt das Verfahren **200** mit Schritt **230** fort.

[0053] In Schritt **230** wird basierend auf der vereinheitlichten Wahrnehmungsausgabe eine nächste Fahrzeugaktion bestimmt. Ein Fahrzeugverhaltenssystem führt diesen Schritt durch und kann eine oder mehrere Vorrichtungen oder Komponenten der EDGE-Layer **18** und/oder des Fahrzeugs **12** beinhalten. Das Fahrzeugverhaltenssystem ist eine Sammlung von Vorrichtungen und/oder Komponenten aus der EDGE-Layer **18** und/oder der Fahrzeug-Layer **16**, die das Verhalten oder eine oder mehrere AV-Aktionen eines oder mehrerer AVs innerhalb der EDGE-Zelle oder in der Nähe des EDGE-Knotens **80** bestimmt. In einigen Ausführungsformen kann das Fahrzeugverhaltenssystem zusätzlich eine oder mehrere Vorrichtungen oder Komponenten auf der Cloud-Layer **20** beinhalten. Das Fahrzeugverhaltenssystem kann die vereinheitlichte Wahrnehmungsausgabe verarbeiten, um eine nächste Fahrzeugaktion zu bestimmen. In vielen Ausführungsformen ist die nächste Fahrzeugaktion eine autonome Fahrzeugaktion (AV) oder ein AV-Fahrzeugbefehl. In einer Ausführungsform beinhaltet das Bestimmen der nächsten Fahrzeugaktion das Durchführen von Situationsbewusstsein, um zu bewerten, welche Umgebungsobjekte für das Fahrzeug **12** und/oder seinen AV-Betrieb am relevantesten sind. So kann das Fahrzeugverhaltenssystem beispielsweise unter Verwendung der vereinheitlichten Wahrnehmungsausgabe bestimmen, welche Objekte an welchen Stellen vorhanden sind, sowie die Trajektorien oder geschätzten/vorhergesagten Pfade dieser Objekte (sowie andere relevante physikalische Eigenschaften). Anschließend können diese vorhergesagten Pfade zusammen mit einer aktuellen Trajektorie des Fahrzeugs **12** (z.B. wie sie über Bewegungssensoren **68** und/oder GNSS-Empfänger **46** erhalten wird) verarbeitet werden, um zu bestimmen oder zu identifizieren, welche Objekte für die Bestimmung einer nächsten Fahrzeugaktion am relevantesten sind.

[0054] So kann das Fahrzeugverhaltenssystem in einer Ausführungsform, sobald die physikalischen Eigenschaften des einen oder der mehreren Objekte bekannt oder vorhergesagt sind, bestimmte mögliche Fahrzeugaktionen und deren vorhergesagte Folgen bewerten. Wenn sich beispielsweise das Trägerfahrzeug **12** dem Zielfahrzeug **14** (das mit einer langsameren Geschwindigkeit fährt) in derselben Spur nähert, kann das Verhaltenssystem bestimmen, ob das Trägerfahrzeug **12** die Spur wechseln soll, um das Zielfahrzeug **14** zu passieren, oder ob das Zielfahrzeug **14** einen Spurwechsel plant, damit das Trägerfahrzeug **12** in seiner Spur bleiben kann. Unter Verwendung von Sensorinformationen aus dem Trägerfahrzeug **12** und dem EDGE-Sensor **84** (und/oder dem Zielfahrzeug **14**) kann eine nächste Fahrzeugaktion bestimmt werden. In einer Ausführungsform kann der EDGE-Sensor **84** beispielsweise mit einer Kamera einen Spurwechselindikator (z.B. Blinker) des Zielfahrzeugs **14** erkennen, mit dem angezeigt werden kann, dass sich das Zielfahrzeug **14** im Spurwechsel befindet oder plant. Darüber hinaus können Fahrzeugführungs- und andere Bewegungsinformationen vom Zielfahrzeug **14** und/oder EDGE-Sensor(en) **84** erhalten werden, und diese Informationen werden dann zusammen mit Sensorinformationen vom Fahrzeug **12** verarbeitet, um eine Entscheidung über die nächste Fahrzeugaktion zu treffen. In einer Ausführungsform kann eine nächste Fahrzeugaktion sowohl für das Trägerfahrzeug **12** als auch für das Zielfahrzeug **14** so durchgeführt werden, dass diese Aktionen einander entsprechen oder ergänzen. In einer Ausführungsform kann die Fahrzeugaktion eine AV-Fahrzeugaktion sein, wie beispielsweise ein Spurwechsel, eine Verzögerung, eine Beschleunigung, eine Aufrechterhaltung der Trajektorie,

etc. Auf diese Weise können die EDGE-Sensoren (oder Sensoren anderer Fahrzeuge) verwendet werden, um die Fahrzeugsensordaten zu ergänzen, indem sie Sensorinformationen aus Bereichen bereitstellen, die für das Trägerfahrzeug aufgrund der Position und/oder der Sensorfähigkeit des Fahrzeugs nicht wahrnehmbar sind.

[0055] In einigen Ausführungsformen bestimmt das Fahrzeugverhaltenssystem, sobald eine Fahrzeugaktion bestimmt ist, einen oder mehrere Parameter für die Fahrzeugaktion. Somit kann die Fahrzeugaktion als eine Art von Fahrzeugaktion (z.B. Beschleunigen, Spurwechsel, kein Spurwechsel) bestimmt werden, und der eine oder die mehreren Parameter für die Fahrzeugaktion können Parameterinformationen sein, die bei der Durchführung der Fahrzeugaktion verwendet werden, wie beispielsweise eine Geschwindigkeit, ein Lenkwinkel, eine Bremskraft, ein Kurs usw. Wenn der eine oder die mehreren Parameter für die AV-Aktion am Trägerfahrzeug bestimmt werden, werden diese Parameter als „fahrzeugbestimmte AV-Aktionsparameter“ und die AV-Aktion als „fahrzeugbestimmte AV-Aktion“ bezeichnet. In einem Beispiel, wenn bestimmt wird, dass ein Spurwechsel durchgeführt werden soll, dann erzeugt das Fahrzeugverhaltenssystem eine Trajektorie für das nachfolgende Trägerfahrzeug **12** sowie die Geschwindigkeit für den Spurwechsel. In einer Ausführungsform kann jeder oder mehrere der Schritte **210-230** Informationen aus der Cloud-Layer **20** berücksichtigen, wie beispielsweise Wetterinformationen und/oder Verkehrsdaten. Wenn das Fahrzeug beispielsweise bei eisigen Bedingungen einen Spurwechsel durchführen soll (wie durch Wetterinformationen aus der Cloud-Layer **20** angezeigt), kann die Geschwindigkeit und/oder Trajektorie des Spurwechsels geändert werden, um die Sicherheit zu erhöhen. Das Verfahren **200** fährt mit Schritt **240** fort.

[0056] In Schritt **240** führt das Steuersystem die nächste Fahrzeugaktion aus. In einer Ausführungsform wird das Fahrzeugverhaltenssystem am Fahrzeug, wie beispielsweise an der AV-Steuereinheit **24**, ausgeführt. So kann beispielsweise in solchen Ausführungsformen mit der nächsten Fahrzeugaktion die AV-Steuereinheit **24** angewiesen werden, die angegebene Fahrzeugaktion auszuführen. In weiteren Ausführungsformen wird das Fahrzeugverhaltenssystem an der EDGE-Layer **18** (z.B. EDGE-Knoten **80**) durchgeführt und die Ergebnisse an das Fahrzeug **12** gesendet. Diese Ergebnisse können eine empfohlene Fahrzeugaktion oder einen Fahrzeugbefehl spezifizieren. In einer Ausführungsform kann das Fahrzeug **12** ein niedrigwertiges teilautonomes Fahrzeug (z.B. ein Level 2) sein und sich stark auf die EDGE-Verarbeitung verlassen, um eine nächste Fahrzeug-AV-Aktion zu bestimmen. In einem solchen Fall kann das EDGE-Ergebnis (oder die nächste Fahrzeugaktion) als Befehl behandelt werden, der das Fahrzeug anweist, die Fahrzeugaktion durchzuführen. In einer weiteren Ausführungsform kann das Fahrzeug **12** ein vollständig autonomes Fahrzeug (z.B. Stufe 5) sein und das EDGE-Ergebnis als empfohlene Fahrzeugaktion behandeln. So kann das Fahrzeug beispielsweise Sensorinformationen weiter analysieren, um festzustellen, ob die empfohlene Fahrzeugaktion durchgeführt werden soll und/oder ob ein oder mehrere Parameter geändert werden sollen, die durch die Fahrzeugaktion vorgegeben sind.

[0057] In einer Ausführungsform erzeugt die AV-Steuereinheit **24** aus der Fahrzeugaktion aus dem Verhaltenssystem sowie den Fahrzeugzustandsinformationen entsprechende Steuersignale, die an verschiedene elektronische Fahrzeuggeräte (z.B. Steuerungen) am Fahrzeug gesendet werden können, um das Drossel-, Brems- und Lenksystem des Fahrzeugs zu steuern, so dass das Fahrzeug dem Verhaltensbefehl folgen kann. Dies ist natürlich nur ein Beispiel, da auch andere Aspekte des Fahrzeugs gesteuert werden können. Das Verfahren **200** endet dann.

[0058] In einigen Ausführungsformen können die Funktionen des Wahrnehmungssystems und/oder des Verhaltenssystems in verschiedenen Einheiten oder Layer (z.B. Fahrzeug-Layer **16**, EDGE-Layer **18**, Cloud-Layer **20**) basierend auf unterschiedlichen Anforderungen der Aufgabe (oder Fahrzeugaktionsbestimmung), zeitlichen Anforderungen der auszuführenden Aufgabe, Zuverlässigkeits- und/oder Qualitätsanforderungen der auszuführenden Aufgabe, rechnerischen Anforderungen, rechnerischen Fähigkeiten und/oder aktuellen rechnerischen Belastungen eines oder mehrerer Geräte (z.B. Anzahl der Aufgaben/Operationen, die bereits bestimmt wurden, um an einer bestimmten Vorrichtung oder Layer ausgeführt zu werden); und Fahrzeuginformationen, wie beispielsweise der Fahrzeugtyp und/oder die AV-Fähigkeiten des Fahrzeugs.

[0059] In einer Ausführungsform ist das Fahrzeug **12** ein autonomes Fahrzeug (AV) der unteren Stufe, wie beispielsweise ein Fahrzeug der Stufe 2. Somit kann das Fahrzeug in solchen Ausführungsformen bei der Ausführung von AV-Funktionalität (oder AV-Aktionen) mehr von der Führung durch die EDGE-Layer **18** und/oder die Cloud-Layer **20** abhängen. In einer weiteren Ausführungsform ist das Fahrzeug ein übergeordnetes autonomes Fahrzeug (AV), wie beispielsweise ein Fahrzeug der Stufe 5. In dieser Ausführungsform ist das Fahrzeug bei der Ausführung von AV-Funktionalität (oder AV-Aktionen) möglicherweise nicht so abhängig von der Führung durch die EDGE-Layer **18** und/oder die Cloud-Layer **20**, sondern kann stattdessen alle Eingaben

(z.B. Aufgabenausgaben, AV-Aktionen) als zweite Meinung oder Vorschläge bei der Festlegung einer nächsten AV-Aktion behandeln.

[0060] In einer Ausführungsform, in der die Fahrzeug-Layer **16** mindestens einige AVs mit niedrigerem Hebel beinhaltet, kann das System einen hart sicherheitsgarantierten Planungsprozess verwenden, der verwendet wird, um zu bestimmen, welcher Knoten (z.B. Server **78** der Cloud-Layer **20**, AV-Steereinheit **24**, RSU **82**) eine bestimmte Fahrzeugaufgabe ausführen soll, wie beispielsweise eine Aufgabe zum Bestimmen einer AV-Aktion (oder Information) für das auszuführende Fahrzeug **12**. In diesem hart sicherheitsgarantierten Planungsprozess kann das System **10** für jede Entität, der die Fahrzeugaufgabe zugewiesen werden kann, ein Quality of Service (QoS) Leistungsniveau bestimmen. In einer Ausführungsform kann dieses QoS-Leistungsniveau als Tupel dargestellt werden, das Zuverlässigkeit α , Latenz τ und Genauigkeit ε beinhaltet.

[0061] Der QoS-Leistungsgrad kann für die Cloud-Layer **20**, die EDGE-Layer **18** und die Fahrzeug-Layer **16** vorhergesagt werden. In einer Ausführungsform können die folgenden Gleichungen verwendet werden, um das QoS-Leistungstupel vorherzusagen (Zuverlässigkeit α , Latenz τ , Genauigkeit ε):

$$l_j^{(i)} = a_{(i,j)} t_j^{(i)} + b_{(i,j)} \left(\frac{w_{j,u}^{(i)}}{S_{ul}} + \frac{w_{j,d}^{(i)}}{S_{dl}} + \hat{t}_j^{(i)} \right) + c_{(i,j)} \left(\frac{w_{j,u}^{(i)}}{S_{ul}} + \frac{w_{j,d}^{(i)}}{S_{dl}} + t_j^{(i)} \right) < \tau$$

$$R_j^{(i)} = a_{(i,j)} R_j^{(i)} + \left((1-p) b_{(i,j)} \right) \hat{R}_j^{(i)} + \left((1-p) c_{(i,j)} \right) \hat{R}_j^{(i)} > \infty$$

$$e_j^{(i)} = a_{(i,j)} e_j^{(i)} + b_{(i,j)} \hat{e}_j^{(i)} + c_{(i,j)} e_j^{(i)} < \varepsilon$$

wo $l_j^{(i)}$ ist die geschätzte System-End-to-End-Latenzzeit, die auf verschiedenen Ausführungsoptionen basiert (z.B. lokal oder Fahrzeug, Cloud und EDGE), $R_j^{(i)}$ ist die geschätzte Systemzuverlässigkeitsmetrik, die auf verschiedenen Ausführungsoptionen (lokal, Cloud und EDGE) basiert, $e_j^{(i)}$ ist die geschätzte Systemfehler- oder Genauigkeitsmetrik, die auf verschiedenen Ausführungsoptionen basiert (z.B. lokal oder Fahrzeug, Cloud und EDGE), $t_j^{(i)}$ ist die Zeit für die Ausführung von Aufgaben bei bestimmten Ausführungsoptionen (lokal, Cloud und

EDGE), $w_{j,u}^{(i)}$ ist die Datenmenge, die zur Aufgabenausführung in die Cloud/EDGE hochgeladen wird, $w_{j,d}^{(i)}$ ist die Datenmenge, die von der Cloud/EDGE auf das lokale Fahrzeug heruntergeladen wird, nachdem die Aufgabenausführung abgeschlossen ist, S_{ul} ist die Datenrate für das Hochladen von Daten, S_{dl} ist die Datenrate für das Herunterladen von Daten, p ist die Paketdroprate im drahtlosen Kommunikationskanal, etc. In einer Ausführungsform, wird für die lokale Ausführung das Ausführungsoptionskennzeichen $a_{(i,j)}$ auf 1 gesetzt, das Ausführungsoptionskennzeichen $b_{(i,j)}$ wird für die Cloud-Ausführung auf 1 gesetzt, und das Ausführungsoptionskennzeichen $c_{(i,j)}$ wird für die EDGE-Ausführung auf 1 gesetzt, und $a_{(i,j)}$, $b_{(i,j)}$ und $c_{(i,j)}$ können sich gegenseitig ausschließen. Es sollte auch verstanden werden, dass andere System QoS-Parameter wie Jitter, Bandbreite, Systemenergieverbrauch usw. als Teil dieser Bewertung betrachtet werden können, auch wenn diese Parameter in einigen Ausführungsformen selten verwendet werden können.

[0062] Die obigen Gleichungen können verwendet werden, um eine Vorhersage des lokalen Ausführungstupels zu erhalten ($t_j^{(i)}$, $R_j^{(i)}$, $e_j^{(i)}$), eine Vorhersage des Remote-(oder Cloud)-Ausführungstupels ($\hat{t}_j^{(i)}$, $\hat{R}_j^{(i)}$, $\hat{e}_j^{(i)}$), und/

oder das EDGE-Ausführungs-Tupel $\left(t_j^{(i)}, R_j^{(i)}, e_j^{(i)} \right)$. Das Fern-Ausführungstupel kann online aktualisiert werden, basierend auf den Ergebnissen früherer Fern-Ausführungen ähnlicher Aufgaben, wie beispielsweise für das gleiche Fahrzeug oder den gleichen Fahrzeugtyp, für solche mit ähnlichen Umständen wie den vorliegenden Umständen usw. Diese Schätzungen könnten durch fortgeschrittene statistische Modelle, einschließlich, aber nicht beschränkt auf, Regressionsanalyse, Faktorielle Analyse oder Bayes'sche Analyse, erlernt werden. Außerdem kann das Fern-Ausführungstupel basierend auf der Betriebsumgebung parametrisiert werden, da dies mit der Konnektivität korreliert ist, z.B. durch den Aufbau eines expliziten hochdimensionalen Multi-Faktor-Modells.

[0063] Unter Bezugnahme auf die **Fig. 4-6** ist ein Verfahren **300** zum Bestimmen einer AV-Aktion für ein Trägerfahrzeug dargestellt, das einen oder mehrere der Schritte aus den Prozessen **400-600** beinhalten kann. **Fig. 4** veranschaulicht einen Prozess **400**, der vom Trägerfahrzeug **12** ausgeführt wird, **Fig. 5** veranschaulicht einen Prozess **500**, der von der EDGE-Layer **18** ausgeführt wird, und **Fig. 6** veranschaulicht einen Prozess **600**, der von der Cloud-Layer **20** ausgeführt wird. Obwohl die Prozessschritte **400-600** als in einer bestimmten

Reihenfolge durchgeführt beschrieben werden, wird hiermit erwogen, dass die Prozessschritte **400-600** in jeder technisch machbaren Reihenfolge durchgeführt werden können, wie es die Fachkräfte schätzen werden.

[0064] In Schritt **405** verarbeitet das Verfahren Sensorinformationen und/oder andere Informationen an Bord des Fahrzeugs **12**, um die nächste Fahrzeugaktion zu bestimmen, um zu bestimmen, ob eine oder mehrere Fahrzeugaufgaben der EDGE-Layer **18** oder der Cloud-Layer **20** und/oder einer Kombination derselben zugeordnet werden sollen. Diese Onboard-Verarbeitung kann durch den Ressourcenmanager **102** und/oder das Verarbeitungssystem **104** des Fahrzeugs **12** durchgeführt werden und kann basierend auf fahrzeugseitigen Sensordaten und/oder Informationen, die zuvor von der EDGE-Layer **18** und/oder der Cloud-Layer **20** erhalten wurden, wie beispielsweise eine frühere Fahrzeugaktion und/oder Informationen, die ein vereinheitlichtes Wahrnehmungsergebnis aus einer früheren Iteration des Verfahrens **300** darstellen, durchgeführt werden. So kann beispielsweise die Onboard-Verarbeitung von Schritt **405** eine Entscheidung darüber beinhalten, ob die EDGE-Layer **18** oder die Cloud-Layer **20** (Schritt **430**) entladen (d.h. Aufgaben zugeordnet) werden sollen, und wenn ja, können bestimmte Fahrzeuginformationen (z.B. Sensordaten von den Sensoren **62-68**, Positionsinformationen vom GNSS-Empfänger **46**) an die EDGE-Layer **18** und/oder die Cloud-Layer **20** gesendet werden, was durch Schritt **435** veranschaulicht ist. So wird in Schritt **430** bestimmt, ob Fahrzeuginformationen entladen werden sollen, und wenn ja, fährt der Prozess **400** mit Schritt **435** fort. Andernfalls fährt der Prozess **400** von Schritt **430** bis Schritt **410** fort.

[0065] In Schritt **410** wird die nächste Fahrzeugaktion (oder Anweisung) erhalten. Wie vorstehend in Bezug auf **Fig. 3** erläutert, kann die nächste Fahrzeugaktion beispielsweise mit dem Verfahren **200** durchgeführt werden, das die Verwendung eines Wahrnehmungssystems und eines Verhaltenssystems beinhalten kann, die entweder oder beide durch Komponenten oder Vorrichtungen der Fahrzeug-Layer **16** und/oder der EDGE-Layer **18** durchgeführt werden können. Für den Fall, dass Fahrzeuginformationen entladen werden (Schritt **435**), kann der Prozess **400** auf die Ergebnisse (oder Aufgabenausgabe) warten, und sobald die Aufgabenausgabe bei Schritt **440** empfangen wurde, kann das Verfahren **400** mit Schritt **410** fortfahren. Der Prozess **400** wird von Schritt **410** bis Schritt **415** fortgesetzt.

[0066] In Schritt **415** bestimmt das Fahrzeug, ob die Befehle von (oder die als Ergebnis der) Onboard-Verarbeitung vorgenommenen Bestimmungen mit Befehlen oder Informationen, die von der Kante oder der Cloud empfangen werden, in Konflikt stehen. So kann beispielsweise das Verarbeitungssystem **104** des Fahrzeugs **12** die fahrzeugseitigen Sensordaten des Fahrzeugs verarbeiten, um eine nächste AV-Aktion zu bestimmen. Zusätzlich kann die EDGE-Layer **18** eine nächste Fahrzeugaufgabe oder eine andere Aufgabenausgabe an das Fahrzeug **12** bereitstellen. Die nächste Fahrzeugaufgabe oder eine andere aus der EDGE-Layer **18** ausgegebene Aufgabe kann dann mit der nächsten AV-Aktion aus dem Verarbeitungssystem **104** des Fahrzeugs **12** verglichen werden, um festzustellen, ob sie miteinander konsistent sind oder ob es einen Konflikt gibt. In weiteren Ausführungsformen kann diese Bestimmung von Schritt **415** auch das Bestimmen beinhalten, ob die Befehle (oder die Aufgabenausgabe) oder andere Informationen aus der EDGE-Layer **18** und/oder der Cloud-Layer **20** rechtzeitig empfangen werden. Wenn beispielsweise eine nächste Fahrzeugaktion nicht innerhalb einer vorbestimmten Zeitspanne von der EDGE-Layer **18** empfangen wird (die je nach Art der Aufgabe und/oder der Umstände ausgewählt werden kann), kann bestimmt werden, dass der Prozess **400** mit Schritt **425** fortfahren soll, andernfalls fährt der Prozess **400** von Schritt **415** bis Schritt **420** fort.

[0067] In Schritt **425** kann eine minimale Risikomaßnahme durch das Fahrzeug **12** bestimmt und ausgeführt werden. Die Mindestrisikoaktion ist eine Fahrzeugmaßnahme, die so festgelegt ist, dass sie die Mindestsicherheitsanforderungen und/oder die Mindestleistungsanforderungen erfüllt. Wenn sich beispielsweise einer Kreuzung genähert wird, kann die minimale Risikomaßnahme dazu führen, dass das Fahrzeug vollständig zum Stillstand kommt, bevor es die Kreuzung passiert. Der Prozess **400** kann dann beendet oder zurückgeschleift werden, um wiederholt ausgeführt zu werden.

[0068] In Schritt **420** wird die nächste Fahrzeugaktion durchgeführt oder ausgeführt. Diese nächste Fahrzeugaktion kann durch das fahrzeugseitige Verarbeitungssystem **104** des Fahrzeugs **12**, durch die EDGE-Layer **18** oder durch eine Kombination derselben bestimmt werden. In einer weiteren Ausführungsform kann auch die nächste Fahrzeugaktion basierend auf Informationen aus der Cloud-Layer **20** bestimmt oder erzeugt werden. Dieser Schritt ist ähnlich wie Schritt **240** des oben beschriebenen Verfahrens **200** (**Fig. 3**) und kann auf ähnliche Weise durchgeführt werden. Der Prozess **400** kann dann beendet oder zurückgeschleift werden, um wiederholt ausgeführt zu werden.

[0069] In Bezug auf **Fig. 5** ist ein Prozess **500** dargestellt, der als Teil des Verfahrens **300** verwendet werden kann und der von der EDGE-Layer **18** durchgeführt wird. In einer Ausführungsform kann der Prozess **500**

zumindest teilweise durch einen oder mehrere EDGE-Knoten **80** (einschließlich beispielsweise RSU(s) **82**) durchgeführt werden. In Schritt **505** werden Fahrzeuge innerhalb des nahen Bereichs (oder der EDGE-Zelle) identifiziert. So kann beispielsweise das nahe gelegene Gebiet einen vordefinierten geografischen Bereich beinhalten, der eine EDGE-Zelle bildet, die einem bestimmten EDGE-Knoten zugeordnet ist - wie vorstehend erwähnt, kann sich der „EDGE-Knoten“ auf die Hard- und/oder Softwaremodule beziehen, die zum Bestimmen von Informationen für die „EDGE-Zelle“ verwendet werden, die sich auf einen bestimmten vordefinierten geografischen Bereich beziehen können. Dieses nahegelegene Gebiet kann eine oder mehrere Fahrbahnen beinhalten und kann bestimmten EDGE-Vorrichtungen zugeordnet werden, wie beispielsweise bestimmten EDGE-Sensoren **84** und/oder RSU(s) **82**. Somit können in einer Ausführungsform Fahrzeuge innerhalb des Wahrnehmungsbereichs (oder des nahen Bereichs für diese EDGE-Zelle) identifiziert werden. Diese Fahrzeuge können das Fahrzeug **12** und/oder das Fahrzeug **14** beinhalten. Sobald die Fahrzeuge innerhalb der EDGE-Zelle identifiziert sind, kann eine vereinheitlichte Wahrnehmungsausgabe bestimmt werden, z.B. durch Anwendung des Verfahrens **200**. So können beispielsweise fahrzeugseitige Sensordaten von Fahrzeugen **12**, **14** empfangen und in das homogene Koordinatensystem abgebildet bzw. transformiert werden. Der Prozess **500** fährt mit Schritt **510** fort.

[0070] In einigen Ausführungsformen kann es auch erforderlich sein, dass die EDGE weitere Informationen von den benachbarten EDGES oder der Cloud erhält (Schritt **510**) und dann alle Informationen miteinander verschmilzt, um die Wahrnehmungsergebnisse zu erzeugen (Schritt **515**). So kann der EDGE-Knoten in Schritt **510** benachbarte EDGE-Knoten identifizieren (Schritt **510**) und Informationen über bestimmte Objekte in benachbarten EDGE-Zellen erhalten. Da sich Fahrzeuge (und andere Objekte) zwischen den Zellen bewegen können, können diese benachbarten Informationen verwendet werden, um physikalische Eigenschaften (z.B. Kurs, Objekttyp, Geschwindigkeit, Position) bezüglich eines oder mehrerer Objekte innerhalb der EDGE-Zelle besser zu klassifizieren und zu bestimmen. Basierend auf diesen Informationen, die von einem oder mehreren benachbarten EDGE-Knoten empfangen werden, kann eine Datenbank oder eine andere Speicherstruktur, die Informationen über diese Objekte darstellt, aktualisiert oder geändert werden. Der Prozess **500** fährt mit Schritt **520** fort.

[0071] In Schritt **520** wertet der EDGE-Knoten die vereinheitlichte Wahrnehmungsausgabe aus, um eine oder mehrere Fahrzeugaktionen für ein oder mehrere Fahrzeuge innerhalb der EDGE-Zelle zu bestimmen. Dieser Schritt kann die Analyse der vereinheitlichten Wahrnehmungsausgabe und die Vorhersage zukünftiger Positionen und/oder Bewegungen von Objekten innerhalb der EDGE-Zelle beinhalten. Als Teil dieser Analyse kann eine Bedrohungsanalyse durchgeführt werden, die die Wahrscheinlichkeit von Unfällen oder anderen bemerkenswerten Ereignissen bestimmt. In einer Ausführungsform kann die vereinheitlichte Wahrnehmungsausgabe und/oder das vorhergesagte Verhalten oder die Bewegung von Objekten verwendet werden, um festzustellen, ob eine Bedrohungsbedingung erfüllt ist oder wahrscheinlich erfüllt ist. Wie in Schritt **525** veranschaulicht, fährt der Prozess **500** mit Schritt **530** fort, wenn eine Bedrohungsbedingung erfüllt ist oder wahrscheinlich erfüllt ist, und sendet einen Notsteuerbefehl an das Fahrzeug **12**. Dieser Notsteuerbefehl kann eine bestimmte auszuführende Fahrzeugaktion anzeigen (z.B. basierend auf der vereinheitlichten Wahrnehmungsausgabe) oder angeben, dass das Fahrzeug eine minimale Risikomaßnahme ausführen soll, wie vorstehend in Bezug auf Schritt **425** des Prozesses **400** beschrieben (**Fig. 4**). Wenn eine Bedrohungsbedingung nicht erfüllt ist, fährt der Prozess **500** von Schritt **525** bis Schritt **535** fort.

[0072] In Schritt **535** führt der EDGE-Knoten eine Ressourcenbewertung und Zeitanalyse durch, um zu bestimmen, welche Vorrichtung, welches System oder welche Layer (z.B. Fahrzeug-Layer **16**, EDGE-Layer **18**, Cloud-Layer **20**) eine oder mehrere Aufgaben ausführen soll (oder sollte). Diese eine oder mehrere Aufgaben können das Bestimmen der nächsten Fahrzeugaktion und/oder das Bestimmen einer oder mehrerer Eigenschaften (z.B. physikalische Eigenschaften, einschließlich Bewegung oder räumliche Eigenschaften) von Umgebungsobjekten beinhalten. In einer Ausführungsform beinhaltet die eine oder die mehreren Aufgaben die Ausführung zusätzlicher Wahrnehmungsaufgaben, um die Eigenschaften der umgebenden Objekte besser abzuschätzen. Diese Ressourcenbewertung und Zeitanalyse kann auf Zeitanforderungen verschiedener auszuführender Aufgaben, Zuverlässigkeits- und/oder Qualitätsanforderungen verschiedener auszuführender Aufgaben, Berechnungsanforderungen, Berechnungsfähigkeiten und/oder gegenwärtige Rechenlast eines oder mehrerer Geräte (z.B. Anzahl der Aufgaben/Operationen, die bereits für eine bestimmte Vorrichtung oder Layer bestimmt sind) und Fahrzeuginformationen, wie beispielsweise der Fahrzeugtyp und/oder die AV-Fähigkeiten des Fahrzeugs, basieren. Der Prozess **500** fährt mit Schritt **540** fort.

[0073] Wenn der EDGE-Knoten bestimmt, eine oder mehrere Aufgaben in die Cloud-Layer zu entladen, fährt der Prozess **500** von Schritt **540** bis Schritt **545** fort; andernfalls fährt der Prozess **500** von Schritt **540** bis Schritt **550** fort, wo die nächste Fahrzeugaktion bestimmt und an das Fahrzeug **12** gesendet wird, das die nächste

Fahrzeugaktion (oder Aufgabenausgabe) bei Schritt **410** erhält (**Fig. 4**). Wenn der Prozess **500** mit Schritt **545** fortfährt, kann der Prozess **500** auf die Aufgabenausgabe aus der Cloud-Layer **20** warten und dann die Ausgabe verarbeiten und an das Fahrzeug **12** senden. In einer Ausführungsform kann die entladene Aufgabe einfach eine Anforderung bestimmter Informationen sein, die vom EDGE-Knoten bei der Ausführung einer oder mehrerer Fahrzeugaufgaben, wie z.B. dem Bestimmen der nächsten Fahrzeugaktion, verwendet werden soll. Sobald der EDGE-Knoten die Ergebnisse von der Cloud-Layer **20** erhält, kann der EDGE-Knoten die nächste Fahrzeugaktion (oder Aufgabenausgabe) bestimmen und diese Ausgabe dem Fahrzeug **12** zur Verfügung stellen. In weiteren Ausführungsformen kann der EDGE-Knoten die Cloud-Layer **20** des Fahrzeugs, das die Ergebnisse empfangen soll, informieren, so dass die Ergebnisse direkt von der Cloud-Layer **20** an das Fahrzeug **12** übermittelt werden können. Der Prozess **500** beendet dann oder fährt zur wiederholten Ausführung zurück.

[0074] In Bezug auf **Fig. 6** ist ein Prozess **600** dargestellt, der als Teil des Verfahrens **300** verwendet werden kann und der von der Cloud-Layer **20** ausgeführt wird. In einer Ausführungsform kann der Prozess **600** zumindest teilweise durch den/die Computer **78** durchgeführt werden. In Schritt **605** wird eine Aufgabe vom EDGE-Knoten und/oder von einem Fahrzeug (z.B. Fahrzeug **12**) empfangen. Anschließend kann in Schritt **610** die Aufgabe basierend auf bestimmten Anforderungen an die Aufgabe geplant werden, wie beispielsweise auf den Latenzanforderungen für die jeweilige Aufgabe. Dann werden gemäß dem Zeitplan die Aufgaben ausgeführt, die die Verarbeitung verschiedener Informationen beinhalten können, die von dem/den Fahrzeug(en) und/oder EDGE-Knoten(en) empfangen werden (z.B. Sensorinformationen, vereinheitlichtes Wahrnehmungsergebnis). Sobald die Aufgabenausgabe erreicht ist, wird die Ausgabe an den Anforderer zurückgesendet, der das Fahrzeug **12** und/oder den EDGE-Knoten der EDGE-Layer **18** sein kann. In anderen Ausführungsformen kann eine andere Vorrichtung als der Anforderer (d.h. die Vorrichtung/System, die die Aufgabe anfordert) angegeben werden, und die Aufgabenausgabe kann dann entsprechend bereitgestellt werden. Der Prozess **600** endet dann oder fährt zur wiederholten Ausführung zurück.

[0075] Jeder der hierin vorgestellten Prozessoren kann jede Art von Gerät sein, das in der Lage ist, elektronische Anweisungen zu verarbeiten, einschließlich Mikroprozessoren, Mikrocontroller, Host-Prozessoren, Steuerungen, Fahrzeugkommunikationsprozessoren, General Processing Unit (GPU), Beschleuniger, Field Programmable Gated Arrays (FPGA) und anwendungsspezifische integrierte Schaltungen (ASICs), um nur einige Möglichkeiten zu nennen. Der Prozessor kann verschiedene Arten von elektronischen Anweisungen ausführen, wie z.B. Software- und/oder Firmware-Programme, die im Speicher gespeichert sind und es dem Modul ermöglichen, verschiedene Funktionen auszuführen. Jeder oder mehrere der hierin behandelten Speicher können ein nichtflüchtiges, computerlesbares Medium sein; dazu gehören verschiedene Arten von Direktzugriffsspeicher (RAM), einschließlich verschiedener Arten von dynamischem RAM (DRAM) und statischem RAM (SRAM), Nur-Lese-Speicher (ROM), Solid-State-Laufwerke (SSDs) (einschließlich anderer Solid-State-Speicher wie Solid-State-Hybrid-Laufwerke (SSHDs)), Festplatten (HDDs), magnetische oder optische Plattenlaufwerke oder andere geeignete Computermedien, die elektronisch Informationen speichern. Darüber hinaus, obwohl bestimmte elektronische Fahrzeugvorrichtungen als einen Prozessor und/oder Speicher umfassend beschrieben werden können, kann der Prozessor und/oder Speicher solcher elektronischen Fahrzeugvorrichtungen mit anderen elektronischen Fahrzeugvorrichtungen geteilt und/oder in (oder einem Teil davon) anderen elektronischen Fahrzeugvorrichtungen der Fahrzeugelektronik untergebracht werden - zum Beispiel, kann jeder dieser Prozessoren oder Speicher ein dedizierter Prozessor oder Speicher sein, der nur für Module verwendet wird oder mit anderen Fahrzeugsystemen, Modulen, Vorrichtungen, Komponenten usw. geteilt werden kann.

[0076] Es ist zu verstehen, dass die vorstehende Beschreibung keine Definition der Erfindung ist, sondern eine Beschreibung einer oder mehrerer bevorzugter exemplarischer Ausführungsformen der Erfindung. Die Erfindung ist nicht auf die hierin offenbarte(n) Ausführungsform(en) beschränkt, sondern wird ausschließlich durch die folgenden Ansprüche definiert. Darüber hinaus beziehen sich die in der vorstehenden Beschreibung enthaltenen Aussagen auf bestimmte Ausführungsformen und sind nicht als Einschränkung des Umfangs der Erfindung oder der Definition von in den Ansprüchen verwendeten Begriffen auszulegen, es sei denn, ein Begriff oder eine Formulierung ist vorstehend ausdrücklich definiert. Verschiedene andere Ausführungsformen und verschiedene Änderungen und Modifikationen der offenbarten Ausführungsform(en) werden für den Fachmann offensichtlich werden. So ist beispielsweise die spezifische Kombination und Reihenfolge der Schritte nur eine Möglichkeit, da die vorliegende Methode eine Kombination von Schritten beinhalten kann, die weniger, größere oder andere Schritte aufweist als die hier dargestellte. Alle anderen Ausführungsformen, Änderungen und Modifikationen sollen in den Anwendungsbereich der beigefügten Ansprüche fallen.

[0077] Wie in dieser Beschreibung und den Ansprüchen verwendet, sind die Begriffe „zum Beispiel“, „z. B.“, „beispielsweise“, und „wie“ und die Verben „umfassend“, „hat“, „einschließend“ und ihren anderen Verbformen,

wenn sie in Verbindung mit einer Auflistung von einer oder mehreren Komponenten oder anderen Elementen verwendet werden, jeweils als offen auszulegen, was bedeutet, dass die Auflistung nicht als Ausschluss anderer, zusätzlicher Komponenten oder Elemente zu betrachten ist. Andere Begriffe sind mit ihrer weitesten vernünftigen Bedeutung auszulegen, es sei denn, sie werden in einem Kontext verwendet, der eine andere Auslegung erfordert. Darüber hinaus ist der Begriff „und/oder“ als inklusiv oder auszulegen. Als Beispiel beinhaltet die Phrase „A, B und/oder C“: „A“; „B“; „C“; „A und B“; „A und C“; „B und C“; und „A, B und C“.

Patentansprüche

1. Ein Verfahren zum Bestimmen einer autonomen Fahrzeug-(AV)-Aktion für ein Trägerfahrzeug, wobei das Verfahren die folgenden Schritte umfasst:

Erhalten von fahrzeugseitigen Sensordaten von mindestens einem fahrzeugseitigen Sensor, wobei der fahrzeugseitige Sensor ein Teil der Fahrzeugelektronik des Trägerfahrzeugs ist;

Erhalten von EDGE-Sensordaten von mindestens einem EDGE-Sensor, wobei der EDGE-Sensor ein Teil einer EDGE-Layer ist;

Erzeugen, basierend auf den fahrzeugseitigen Sensordaten und den EDGE-Sensordaten, einer vereinheitlichten Wahrnehmungsausgabe;

Bestimmen, basierend auf der vereinheitlichten Wahrnehmungsausgabe, einer AV-Aktion für das Trägerfahrzeug; und

Bereitstellen der AV-Aktion an das Trägerfahrzeug, wobei das Trägerfahrzeug eingerichtet ist, um die AV-Aktion auszuführen.

2. Das Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Erzeugungsschritt ferner das Erzeugen der vereinheitlichten Wahrnehmungsausgabe mit einem EDGE-Knoten der EDGE-Layer beinhaltet.

3. Das Verfahren nach Anspruch 2, wobei der Erzeugungsschritt ferner das Erzeugen der vereinheitlichten Wahrnehmungsausgabe durch Transformieren mindestens einer der fahrzeugseitigen Sensordaten oder der EDGE-Sensordaten in ein homogenes Koordinatensystem beinhaltet.

4. Das Verfahren nach Anspruch 3, wobei eine EDGE-Sensordatenprojektion T^s unter Verwendung der EDGE-Sensordaten als Teil des Transformationsschritts erzeugt wird, die EDGE-Sensordaten als $S=\{s_1, s_2, \dots, s_{ns}\}$ dargestellt werden, die EDGE-Sensordatenprojektion als $T^s S = \{T_1^s S, T_2^s S, \dots, T_{ns}^s S\}$ dargestellt wird, und wobei die EDGE-Sensordatenprojektion die EDGE-Sensordaten innerhalb des homogenen Koordinatensystems beinhaltet oder darstellt.

5. Das Verfahren nach Anspruch 4, wobei eine fahrzeugseitige Sensordatenprojektion $T^i(V_i)$ unter Verwendung der fahrzeugseitigen Sensordaten als Teil des Transformationsschritts erzeugt wird, die fahrzeugseitigen Sensordaten als $V_i = \{v_{i1}, v_{i2}, \dots, v_{i(n_i)}\}$ dargestellt werden, die fahrzeugseitige Sensordatenprojektion als $T^i(V_i) = \{T_1^i(V_i), T_2^i(V_i), \dots, T_{n_i}^i(V_i)\}$ dargestellt wird, und wobei die fahrzeugseitige Sensordatenprojektion die fahrzeugseitigen Sensordaten innerhalb des homogenen Koordinatensystems beinhaltet oder darstellt.

6. Das Verfahren nach Anspruch 5, wobei die vereinheitlichte Wahrnehmungsausgabe einen Satz von eindeutigen Punkten $P = \{P_1^t, P_2^t, \dots, P_m^t\}$ beinhaltet, und wobei der Satz von eindeutigen Punkten die EDGE-Sensordatenprojektion $T^s S$ und die fahrzeugseitige Sensordatenprojektion $T^i(V_i)$ beinhaltet oder darstellt.

7. Das Verfahren nach Anspruch 2, wobei das Verfahren durch den EDGE-Knoten ausgeführt wird, der EDGE-Knoten einen Prozessor, einen Speicher und eine drahtlose Kommunikationsvorrichtung beinhaltet, der EDGE-Knoten kommunikativ mit dem EDGE-Sensor gekoppelt ist und die drahtlose Kommunikationsvorrichtung mit einem oder mehreren nahegelegenen Fahrzeugen, einschließlich des Trägerfahrzeugs, kommuniziert, wobei der Erzeugungsschritt ferner das Sammeln von geografischen und/oder räumlichen Informationen über statische Objekte aus dem EDGE-Knotenspeicher und das Erzeugen der vereinheitlichten Wahrnehmungsausgabe beinhaltet, um die geografischen und/oder räumlichen Informationen zu beinhalten, wobei sich die statischen Objekte innerhalb einer dem EDGE-Knoten entsprechenden EDGE-Zelle befinden.

8. Das Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Verfahren ferner den Schritt des Bestimmens, ob eine oder mehrere Rechenaufgaben, die sich auf die Bestimmung der AV-Aktion beziehen, einer Cloud-Layer zuzuweisen sind, und, wenn bestimmt wird, eine oder mehrere Rechenaufgaben, die sich auf die Bestimmung der AV-Aktion beziehen an die Cloud-Layer, zuzuweisen, das Senden von Aufgabeninformationen an eine Cloud-Vorrichtung der Cloud-Layer umfasst, wobei das Trägerfahrzeug ferner eingerichtet ist, um zu bestimmen, ob

die AV-Aktion mit einer fahrzeugbestimmten AV-Aktion kollidiert und, wenn ja, um eine Aktion mit minimalem Risiko durchzuführen.

9. Ein Verfahren zum Bestimmen einer autonomen Fahrzeug-(AV)-Aktion für ein Trägerfahrzeug, wobei das Verfahren die folgenden Schritte umfasst:

Erhalten von Sensordaten von fahrzeugseitigen Sensoren von mindestens einem fahrzeugseitigen Sensor, wobei der fahrzeugseitige Sensor ein Teil der Fahrzeugelektronik des Trägerfahrzeugs ist;

Erhalten von fahrzeugseitigen Sensordaten von einem oder mehreren anderen Fahrzeugen;

Bestimmen, ob eine Fahrzeugaufgabe einer EDGE-Layer zugeordnet werden soll;

wenn bestimmt wird, die Fahrzeugaufgabe der EDGE-Layer zuzuordnen, Senden der fahrzeugseitigen Sensordaten vom Trägerfahrzeug an einen EDGE-Knoten der EDGE-Layer, wobei der EDGE-Knoten eingerichtet ist:

Transformieren der fahrzeugseitigen Sensordaten des Trägerfahrzeugs und der fahrzeugseitigen Sensordaten des einen oder der mehreren anderen Fahrzeuge in ein homogenes Koordinatensystem;

Bestimmen, basierend auf den transformierten fahrzeugseitigen Sensordaten, einer vereinheitlichten Wahrnehmungsausgabe;

Ausführen der Fahrzeugaufgabe basierend auf der vereinheitlichten Wahrnehmungsausgabe, um eine Fahrzeugaufgabeausgabe zu erhalten; und

Senden der Fahrzeugaufgabeausgabe an das Trägerfahrzeug;

Empfangen der Fahrzeugaufgabeausgabe am Trägerfahrzeug vom EDGE-Knoten; und

Durchführen einer AV-Aktion basierend auf der Fahrzeugaufgabeausgabe am Trägerfahrzeug.

10. Ein autonomes Fahrzeug-(AV-)Wahrnehmungssystem, umfassend:

eine EDGE-Layer, die mindestens einen EDGE-Knoten und mindestens einen EDGE-Sensor beinhaltet, wobei der EDGE-Sensor kommunikativ mit dem mindestens einen EDGE-Knoten gekoppelt ist und der mindestens

eine EDGE-Knoten einen Prozessor, einen Speicher, der kommunikativ mit dem Prozessor gekoppelt ist, und eine drahtlose Kommunikationsvorrichtung, die kommunikativ mit dem Prozessor gekoppelt ist, beinhaltet; und

eine Fahrzeug-Layer, die ein Trägerfahrzeug beinhaltet, wobei das Trägerfahrzeug mindestens einen fahrzeugseitigen Sensor, eine drahtlose Kommunikationsvorrichtung und eine AV-Steuereinheit beinhaltet,

wobei die EDGE-Layer und die Fahrzeug-Layer eingerichtet sind, zum:

Erhalten von fahrzeugseitigen Sensordaten von dem mindestens einen fahrzeugseitigen Fahrzeugsensor des Trägerfahrzeugs;

Erhalten von EDGE-Sensordaten von dem mindestens einen EDGE-Sensor der EDGE-Layer;

Erzeugen einer vereinheitlichten Wahrnehmungsausgabe basierend auf den fahrzeugseitigen Sensordaten und den EDGE-Sensordaten;

Bestimmen, basierend auf der vereinheitlichten Wahrnehmungsausgabe, einer AV-Aktion für das Trägerfahrzeug; und

Bereitstellen der AV-Aktion für das Trägerfahrzeug, wobei das Trägerfahrzeug eingerichtet ist, um die AV-Aktion unter Verwendung der AV-Steuereinheit auszuführen.

Es folgen 5 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG. 1

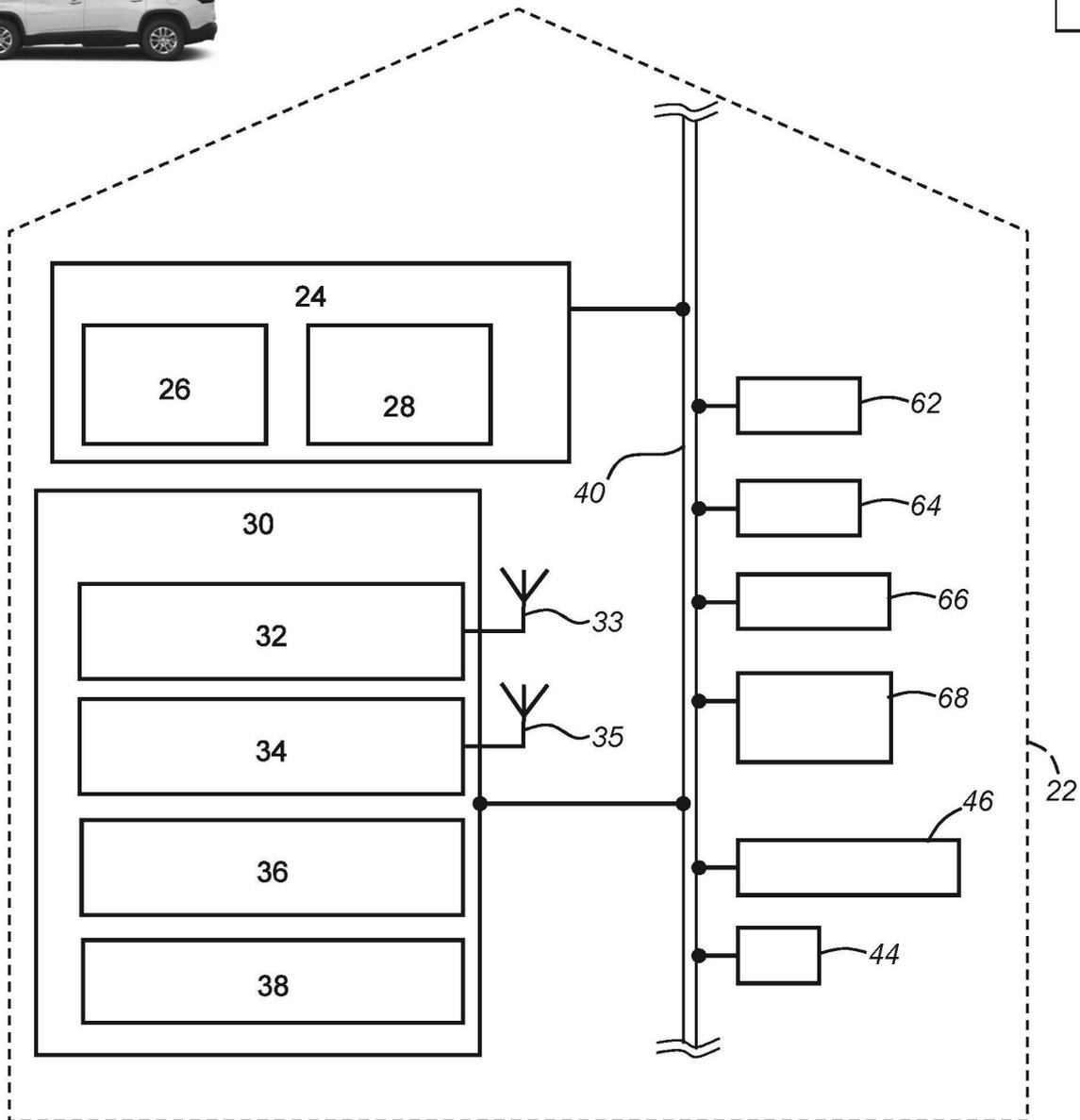
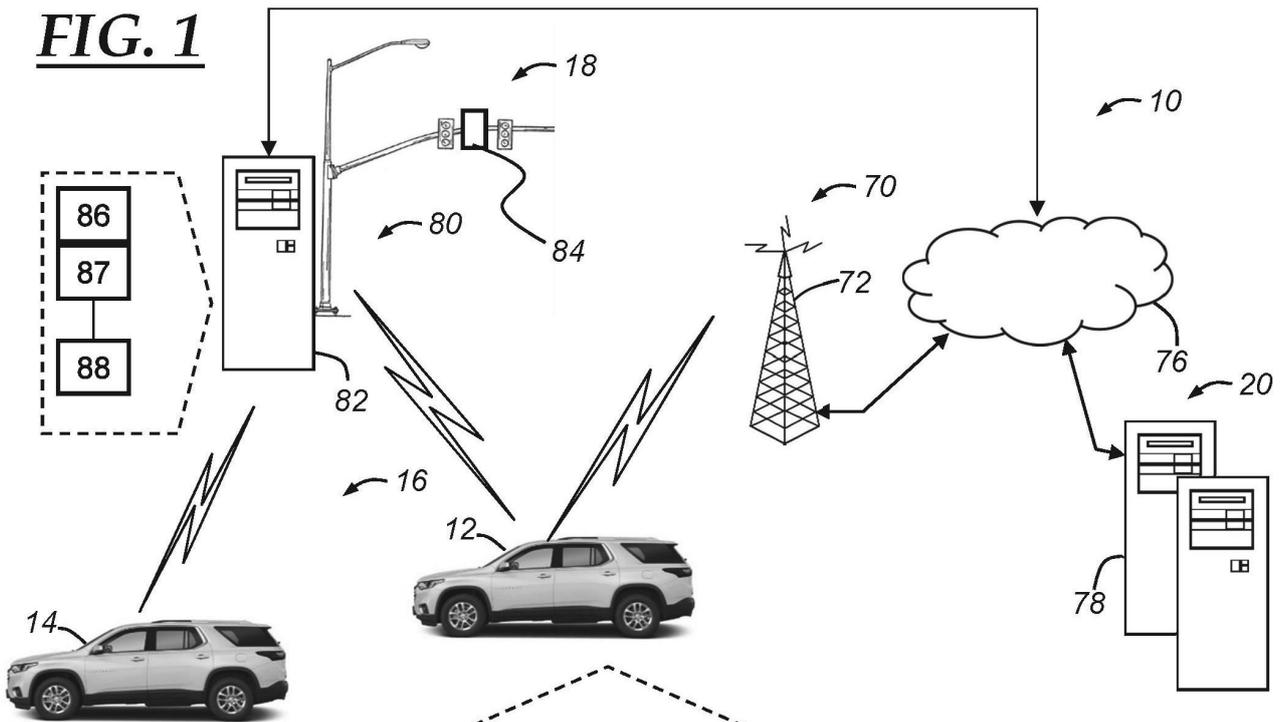


FIG. 2

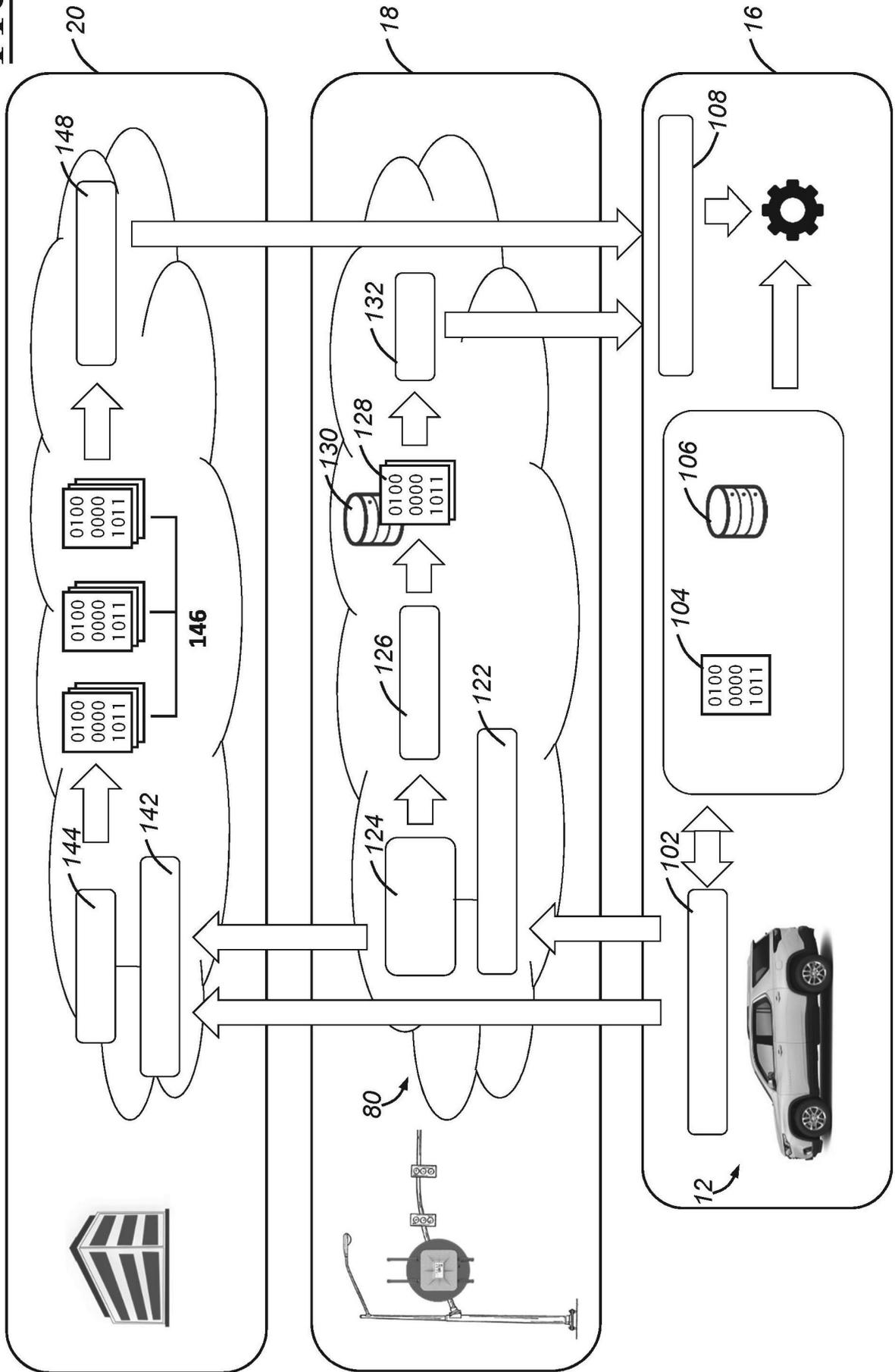


FIG. 3

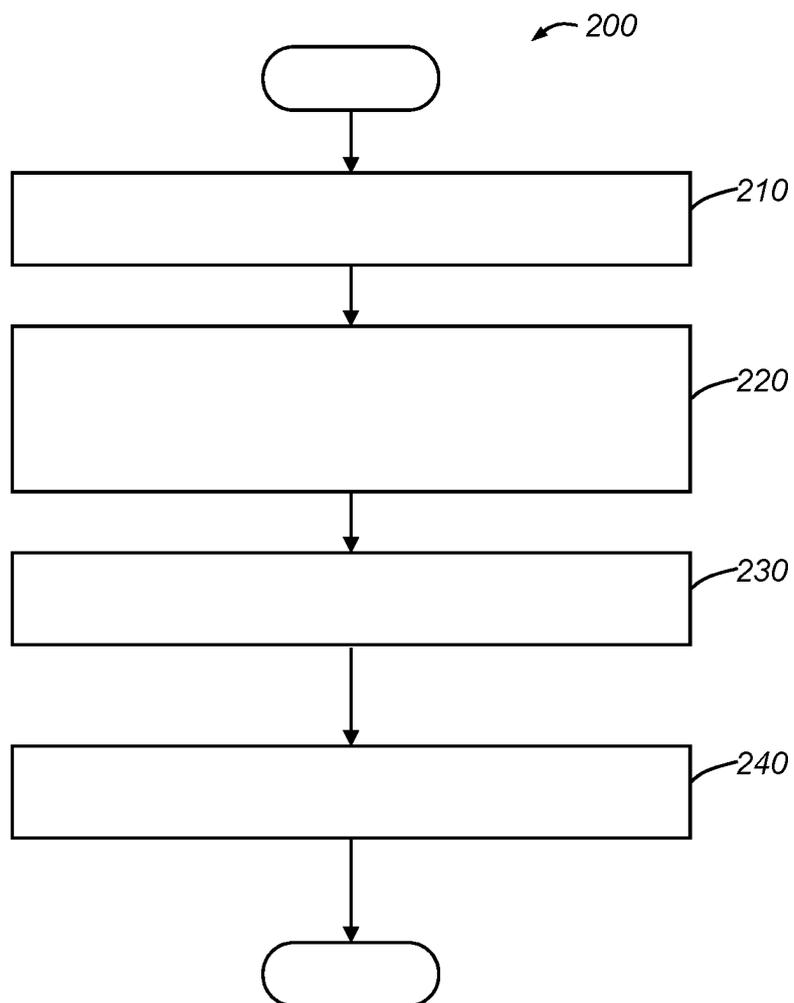


FIG. 4

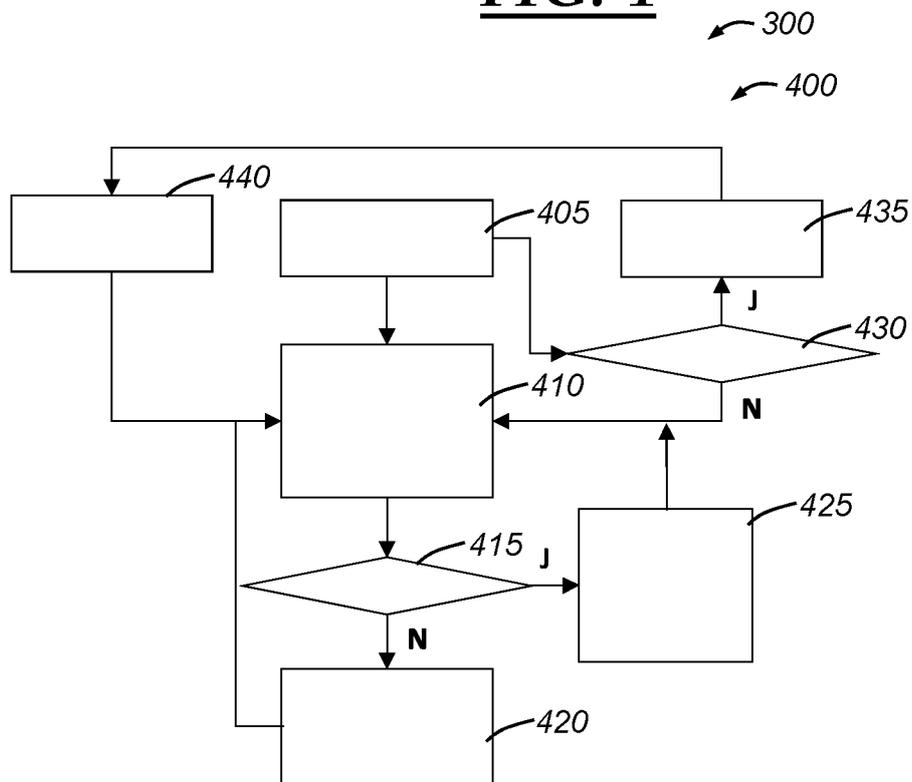


FIG. 6

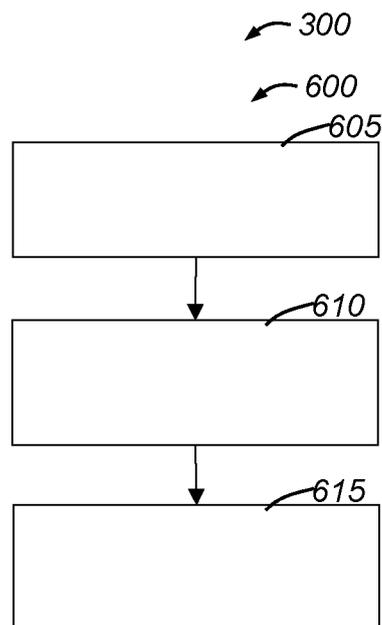


FIG. 5

