(19) Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2020 216 482 A1** 2022.06.23

(12) # Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2020 216 482.7**
(22) Anmeldetag: **22.12.2020**
(43) Offenlegungstag: **23.06.2022**

(51) Int Cl.: ***G01C 21/34*** (2006.01)
B60W 60/00 (2020.01)
G08G 1/0967 (2006.01)
G08G 1/0968 (2006.01)
B60W 30/10 (2006.01)

(71) Anmelder:
Robert Bosch Gesellschaft mit beschränkter Haftung, 70469 Stuttgart, DE

(72) Erfinder:
Mielenz, Holger, 73760 Ostfildern, DE

(56) Ermittelter Stand der Technik:

US	**2020 / 0 239 025**	**A1**
US	**2020 / 0 241 564**	**A1**
WO	**2020/ 181 109**	**A1**

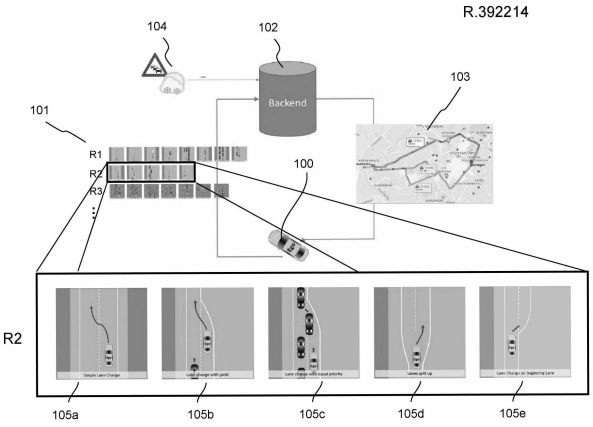
COLWELL, Ian, et al. An automated vehicle safety concept based on runtime restriction of the operational design domain. In: 2018 IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV). IEEE, 2018. S. 1910-1917.

Rechercheantrag gemäß § 43 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Ermittlung einer Route für ein automatisiertes Fahrzeug**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung beschreibt ein Verfahren zur Ermittlung einer Route (103) für ein automatisiertes Fahrzeug (100) und umfasst die folgenden Schritte:
• Empfangen eines Start- und eines zu erreichenden Zielpunkts des Fahrzeugs (100), wobei diese Punkte insbesondere in entsprechenden Koordinaten empfangen werden;
• Ermitteln der „Operational Design Domain“ (ODD) des Fahrzeugs (100) basierend auf Leistungsdaten (101) des Fahrzeugs (100);
• Zugreifen auf digitale Kartendaten;
• Ermitteln einer Route vom Start- zum Zielpunkt anhand der Kartendaten und der ODD derart, dass basierend auf den Kartendaten ermittelte, voraussichtlich bei Befahrung der Route zu bewältigende, Fahraufgaben in der ODD des Fahrzeugs (100) liegen und diese Route folglich von dem Fahrzeug (100) automatisiert abgefahren werden kann.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Ermittlung einer Route für ein automatisiertes Fahrzeug, eine zur Ausführung des Verfahrens eingerichtete Vorrichtung, ein Computerprogramm zur Ausführung des Verfahrens, sowie ein maschinenlesbares Speichermedium, auf welchem dieses Computerprogramm gespeichert ist.

Stand der Technik

[0002] Aus dem Stand der Technik sind Verfahren zum Betreiben von automatisierten Fahrzeugen und zur Ermittlung von Routen basierend auf Kartendaten bekannt.

[0003] Beispielsweise offenbart die DE 19 747 230 A1 ein Verfahren zur Berücksichtigung ergänzender Verkehrsinformationen für die Funktion einer eine interne digitale Straßenkarte enthaltenden fahrzeugfesten Zielführungseinrichtung eines Kraftfahrzeugs durch Übergabe von Ausgangspunkt und Fahrtziel an einen Zentralrechner und Übertragung einer im Zentralrechner unter Berücksichtigung der ergänzenden Verkehrsinformation erstellten Routenplanung auf die fahrzeugfeste Zielführungseinrichtung des Kraftfahrzeugs.

Offenbarung der Erfindung

[0004] Die Erfindung beschreibt ein Verfahren zur Ermittlung einer Route für ein automatisiertes Fahrzeug und umfasst die folgenden Schritte:

- Empfangen eines Start- und eines zu erreichenden Zielpunkts des Fahrzeugs, wobei diese Punkte insbesondere in entsprechenden Koordinaten empfangen werden;
- Ermitteln der „Operational Design Domain“ (ODD) des Fahrzeugs basierend auf Leistungsdaten des Fahrzeugs;
- Zugreifen auf digitale Kartendaten;
- Ermitteln einer Route vom Start- zum Zielpunkt anhand der Kartendaten und der ODD derart, dass basierend auf den Kartendaten ermittelte, voraussichtlich bei Befahrung der Route zu bewältigende, Fahraufgaben in der ODD des Fahrzeugs liegen und diese Route folglich von dem Fahrzeug automatisiert abgefahren werden kann.

[0005] Unter einer Operational Design Domain (ODD) wird eine Beschreibung der spezifischen Betriebsdomäne(n), in der eine automatisierte Funktion oder ein automatisiertes System ordnungsgemäß funktionieren soll, verstanden, einschließlich, aber nicht beschränkt auf Straßentypen, Geschwindigkeitsbereich, Umgebungsbedingungen (Wetter, Tages-/Nachtzeit, Verkehrsdichte usw.), geographische Gegebenheiten (z.B. Rechts-/Linksverkehr), Temperaturbereiche und weitere Domäneneinschränkungen.

[0006] Unter einem zumindest teilautomatisiert betriebenen Fahrzeug kann ein hoch- oder vollautomatisiert betriebenes Fahrzeug verstanden werden. Insbesondere kann es sich bei dem automatisierten Fahrzeug um ein fahrerlos betriebenes Fahrzeug handeln, dass zumindest teilweise ohne menschlichen Eingriff betrieben werden kann. Bei dem Fahrzeug kann es sich beispielsweise um einen klassischen Pkw, einen Lkw, einen Kleinbus oder ein Shuttle handeln. Bei dem Fahrzeug kann es sich des Weiteren auch um andere Fahrzeugtypen, wie Zwei- oder Dreiräder handeln.

[0007] Beim Startpunk kann es sich beispielweise um den aktuellen Standort des Fahrzeugs handeln. Es kann jedoch auch Situationen geben, in denen ein Fahrzeug manuell zu einer bestimmten Position gebracht wird, beispielsweise, wenn sich dort ein Umsteigepunkt für Fahrer dieser Fahrzeugtypen befindet oder das Fahrzeug generell nur von einem bestimmten Punkt automatisiert starten kann / darf. Der Startpunkt kann folglich auch in ein System eingegeben werden, beispielsweise per Tastatur oder Spracherkennung oder über ein mobiles Endgerät. Der Zielpunkt entspricht beispielsweise einem Fahrziel eines Insassen des Fahrzeugs oder einem Abholpunkt, an dem ein Insasse automatisiert vom Fahrzeug abgeholt werden möchte. Die Eingabe kann beispielsweise über eine App eines Smartphones erfolgen, wobei die Informationen dann über einen Server an die entsprechende Stelle weitergeleitet werden. Die Eingabe kann auch direkt im Fahrzeug, beispielsweise über ein Tablet, eine Tastatur oder über eine Spracherkennung erfolgen.

[0008] Das Verfahren kann des Weiteren den optionalen Schritt des Ausgebens eines Routensignals zur automatisierten Ansteuerung des Fahrzeugs entlang der Route umfassen. Dieses Signal gibt insbesondere die Strecke vor und muss keine konkreten Steuerungsbefehle umfassen. Je nach Ausführungsform sind hier jedoch unterschiedliche Konzepte denkbar, auch eine Ableitung von Steuerbefehlen basierend auf der Route.

[0009] Bei den Kartendaten kann es sich insbesondere um Daten einer digitalen Karte handeln. Die Karte kann mehrere Schichten aufweisen, die unterschiedliche Eigenschaften bestimmter Bereiche umfassen. Beispielsweise können Geschwindigkeitsbeschränkungen, Verkehrsschilder, Kreuzungssituationen, Straßentypen, Straßenschäden und/oder Informationen über Ampelanlagen und dergleichen hinterlegt sein. Es können auch variable Informationen, wie Wetter, Glatteis, Stau, Unfälle

oder temporäre Baustellen oder Straßensperren hinterlegt sein. Insbesondere lassen sich aus den Kartendaten Fahrmanöver ableiten, die ein Fahrzeug beim Befahren einer Strecke auf dieser Karte bewältigen können muss. Hierfür kann die Karte für unterschiedliche Wegabschnitte auch die notwendigen Fahrmanöver hinterlegt haben, die dann für einen zu befahrenen Weg kumuliert zu einer Summe von zu bewältigenden Fahraufgaben entlang dieser Strecke addiert werden. Die unterschiedlichen Fahraufgaben können einem vordefinierten Satz von Fahrszenarien entsprechen, der beispielsweise durch einen Standard vorgegeben sein kann.

[0010] Unter den voraussichtlich zu bewältigenden Fahraufgaben werden die Aufgaben verstanden, die das Fahrzeug zur Bewältigung bestimmter Fahrszenarien ausführen können muss. Beispielsweise die Durchführung eines einfachen Spurwechsels nach rechts, eines Linksabbiegevorgangs an einer Kreuzung ohne Ampeln und ohne besondere Vorfahrtsangaben, eines Haltemanövers an einem Bordstein auf einer zweispurigen Straße oder eines Wendemanövers auf einer einspurigen Straße mit Gegenverkehr. Weitere Beispiele finden sich in den Ausführungsbeispielen.

[0011] Die Leistungsdaten des Fahrzeugs können unterschiedliche Daten und Angaben umfassen. Ihnen ist gemein, dass basierend auf den Leistungsdaten Rückschlüsse auf die ODD des Fahrzeugs gezogen werden können. Bei den Leistungsdaten kann es sich um spezifische Angaben zum Fahrzeug, zu dessen Sensorkonfiguration, dessen Rechenleistung, der Funktionsfähigkeit der Sensoren, die Verbindungsstärke des Fahrzeugs zu einem externen Server in verschiedenen Bereichen auf einer Karte und dergleichen handeln. Beim Ermitteln der ODD wird die ODD entweder basierend auf den Leistungsdaten bestimmt, aus diesen abgeleitet oder lediglich ausgelesen. Die Leistungsdaten können schon derart gestaltet sein, dass sie die ODD angeben oder sich die ODD aus der Kombination verschiedener Leistungsdaten ergibt.

[0012] Beim Ermitteln der Route erfolgt insbesondere ein Abgleich der für eine Strecke notwendigen Fahrmanöver mit der ODD des Fahrzeugs bzw. den vom Fahrzeug bewältigbaren Fahrmanövern. Hierbei kann die Route so oft variiert werden, dass letztlich lediglich die Fahrmanöver zu bewältigen sind, die das Fahrzeug beherrscht / die in der ODD des Fahrzeugs liegen. Falls ein Zielpunkt aufgrund einer zu eingeschränkten ODD nicht vollständig angefahren werden kann, kann alternativ auch ein anderer Zielpunkt, bevorzugt in der Nähe des gewünschten Zielpunkts ermittelt werden. Es ist auch denkbar, dass das Fahrzeug in diesem Fall einen Zielpunkt vorschlägt und ggf. anfährt, an welchem für den Fahrzeuginsassen die Möglichkeit zum Umstieg auf ein weiteres Beförderungsmittel besteht, dass den Insassen letztlich an sein gewünschtes Ziel führt. Dies kann beispielsweise eine Bahnstation, eine Velocopter oder Hubschrauber Landeplatz, ein Flughafen oder ein Terminal für weitere automatisierte Fahrzeug mit passender ODD sein.

[0013] Dieses Verfahren stellt einen grundlegenden Pfeiler für eine Standardisierung einer Schnittstelle zwischen Fahrzeugen und einem Server dar, sodass letztlich basierend auf den jeweils beherrschbaren Fahrhandlungen eines automatisierten Fahrzeugs passende Routen für dieses Fahrzeug bereitgestellt werden können. Die Ermittlung dieser Routen kann insbesondere auf einem externen Server erfolgen, der letztlich dazu in der Lage ist, für eine Vielzahl und ein breites Spektrum unterschiedlicher automatisierter Fahrzeuge mit unterschiedlichen ODDs jeweils individuell an das Fahrzeug angepasste Routen zu ermitteln. Eine Ermittlung der Route im Fahrzeug selbst ist auch möglich.

[0014] In einer weiteren Ausführungsform des Verfahrens umfassen die Leistungsdaten eine Fahrzeugklasse und/oder ein Fahrzeugmodell und/oder ein Sensorset und/oder eine Sensorkonfiguration und/oder eine Spezifikation des AD-System des Fahrzeugs.

[0015] Diese Ausführungsform des Verfahrens bietet den Vorteil, dass diesen Leistungsdaten bereits ausgewertete Fahrmanöver / Fahrszenarien / ODDs zugeordnet sein können, sodass basierend auf diesen Leistungsdaten bereits alle Informationen vorliegen, um zu ermitteln, ob eine bestimmte Route von diesem Fahrzeug automatisiert befahrbar ist. Diesen Leistungsdaten können die entsprechenden Fähigkeiten des Fahrzeugs in einer Datenbank zugeordnet sein. Es kann sich bei den Leistungsdaten dann beispielsweise um AD-Fahrzeugklassen (z.B. unterschiedliche Modelle, unterschiedliche Sensorsets, ...) handeln.

[0016] In einer weiteren Ausführungsform des Verfahrens umfassen die Leistungsdaten vom Fahrzeug automatisiert durchführbare und/oder nicht durchführbare Fahrszenarien.

[0017] Auch diese Ausführungsform der Erfindung bietet den Vorteil, dass eine Ermittlung der vom Fahrzeug beherrschbaren Fahrszenarien entfallen kann, wenn diese bereits in Form definierter Szenarien übermittelt werden. Insbesondere kann es auch entscheidend sein, Fahrszenarien zu übermitteln, die definitiv nicht vom Fahrzeug beherrscht werden oder aus einer Einschränkung des AD-Systems, eines Hardware- oder Softwarefehlers oder einer Verschmutzung eines Sensors resultieren. Hierdurch können sehr effizient nicht geeignete Routen ausgeschlossen werden.

[0018] In einer weiteren Ausführungsform des Verfahrens sind die Fahrszenarien in unterschiedliche Rubriken aufgeteilt, wobei eine Rubrik die Fähigkeit des Fahrzeugs die Spur zu halten und/oder einen Spurwechsel durchzuführen und/oder einen Vorfahrtsrechtentscheid an einem Verkehrsknotenpunkt zu treffen oder/oder ein Einparkmanöver und/oder Ausparkmanöver durchführen zu können beschreibt.

[0019] Unter diese Rubriken können dann mehrere Fahrsituationen fallen. Beispielsweise kann beim Einparken das seitliche Einparken rechts auf einen parallel zur Straße verlaufenden Parkplatz, das rückwärtige Einparken auf einen sich 90 Grad zur Straße gedrehten Parkplatz links und dergleichen enthalten. Den Rubriken können dann zur Rubrik passende vordefinierte Fahrszenarien zugeordnet werden, die das in der Rubrik grob beschriebene Fahrszenario unter unterschiedlichen Verkehrssituationen und/oder unterschiedlichen Umfeldbedingungen und/oder in unterschiedlichen Umgebungen beschreiben. Es können den Rubriken auch Fahrszenarien zugeordnet, die nicht vom Fahrzeug beherrscht werden.

[0020] In einer weiteren Ausführungsform des Verfahrens umfassen die Leistungsdaten Systemeinschränkungen, insbesondere Sensorausfälle oder -einschränkungen.

[0021] Diese Ausführungsform des Verfahrens bietet den Vorteil, dass auf die individuelle Ist-Situation des Fahrzeugs eingegangen und eine Route ermittelt werden kann, die das Fahrzeug zum aktuellen Zeitpunkt automatisiert befahren kann. So können beispielsweise Sensorausfälle, Verschmutzungen oder nicht mehr korrekt kalibrierte Sensoren angegeben werden. Basierend auf diesen Informationen lassen sich Fahrmanöver oder Fahrszenarien ableiten, die vom Fahrzeug nicht mehr automatisiert durchführbar sind oder nur mit eingeschränkter Geschwindigkeit. Basierend auf diesen Einschränkungen kann dann eine passende Route ermittelt werden.

[0022] In einer weiteren Ausführungsform des Verfahrens umfassen die Leistungsdaten zumindest eine vom Fahrzeug beherrschbare und/oder nicht beherrschbare Krümmung und/oder Breite der Fahrbahn, und/oder Verkehrsdichte und/oder, Witterung und/oder vom Fahrzeug beherrschbare und/oder nicht beherrschbare Lichtverhältnisse und/oder Temperaturbereiche.

[0023] Diese Leistungsdaten können die ODD des Fahrzeugs noch präziser definieren und letztlich zu einer sichereren Vorhersage beitragen, ob gewisse Routen tatsächlich automatisiert vom Fahrzeug befahren werden können.

[0024] In einer weiteren Ausführungsform des Verfahrens erfolgt die Ermittlung der Route basierend auf Wetterdaten und/oder Verkehrsdaten, insbesondere einem Abgleich der Wetterdaten und/oder Verkehrsdaten mit der ODD des Fahrzeugs.

[0025] Auch aktuelle Daten, wie das Wetter, die Temperatur, der aktuelle Straßenzustand oder Reibwert oder das aktuelle Verkehrsaufkommen können wichtige Größen sein, um die Systemgrenzen des Fahrzeugs zu ermitteln. Die ODD des Fahrzeugs kann entsprechende Einschränkungen enthalten, die sich auf diese Größen beziehen. So kann sich beispielsweise ein automatisiert befahrbarer Kurvenradius je nach Wetter und Straßenzustand verändern. Auch kann beispielsweise die automatisierte Befahrbarkeit einer zweispurigen Straße, auf der ein Fahrspurwechsel erforderlich ist, von der aktuellen Verkehrsdichte abhängen. Falls die Dichte zu groß ist, könnte ein Spurwechsel ggf. zu viel Zeit in Anspruch nehmen, zu einem Verpassen einer Ausfahrt oder zu einer Verursachung eines Rückstaus führen. Derartige Einschränkungen können durch Hinzuziehen dieser Daten mitberücksichtigt werden, wodurch noch besser zu dem jeweiligen Fahrzeug passende Routen ermittelt werden können.

[0026] Der hier vorgestellte Ansatz schafft ferner eine Vorrichtung, die ausgebildet ist, um die Schritte einer Variante eines hier vorgestellten Verfahrens in entsprechenden Einrichtungen durchzuführen, anzusteuern bzw. umzusetzen. Auch durch diese Ausführungsvariante der Erfindung in Form einer Vorrichtung kann die der Erfindung zugrundeliegende Aufgabe schnell und effizient gelöst werden.

[0027] Hierzu kann die Vorrichtung zumindest eine Recheneinheit zum Verarbeiten von Signalen oder Daten, zumindest eine Speichereinheit zum Speichern von Signalen oder Daten, zumindest eine Schnittstelle zu einem Sensor oder einem Aktor zum Einlesen von Sensorsignalen von dem Sensor oder zum Ausgeben von Daten- oder Steuersignalen an den Aktor und/oder zumindest eine Kommunikationsschnittstelle zum Einlesen oder Ausgeben von Daten aufweisen, die in ein Kommunikationsprotokoll eingebettet sind. Die Recheneinheit kann beispielsweise ein Computer, ein Signalprozessor, ein Mikrocontroller oder dergleichen sein, wobei die Speichereinheit ein Flash-Speicher, ein EEPROM oder eine magnetische Speichereinheit sein kann. Die Kommunikationsschnittstelle kann ausgebildet sein, um Daten drahtlos und/oder leitungsgebunden einzulesen oder auszugeben, wobei eine Kommunikationsschnittstelle, die leitungsgebundene Daten einlesen oder ausgeben kann, diese Daten beispielsweise elektrisch oder optisch aus einer entsprechenden Datenübertragungsleitung einlesen oder in eine entsprechende Datenübertragungsleitung ausgeben kann.

[0028] Von Vorteil ist auch ein Computerprogramm mit Programmcode, der auf einem maschinenlesbaren Träger oder Speichermedium wie einem Halbleiterspeicher, einem Festplattenspeicher oder einem optischen Speicher gespeichert sein kann und zur Durchführung, Umsetzung der Schritte des Verfahrens nach einer der vorstehend beschriebenen Ausführungsformen verwendet wird, insbesondere wenn das Programmprodukt oder Programm auf einem Computer oder einer Vorrichtung ausgeführt wird.

[0029] Es wird ebenfalls ein maschinenlesbares Speichermedium beansprucht, auf welchem dieses Computerprogramm gespeichert ist.

Figurenliste

Fig. 1 zeigt einen bildlichen Verfahrensablauf.

Fig. 2 zeigt ein schematisches Verfahrensdiagramm.

Fig. 3 zeigt einen bildlichen Verfahrensablauf mit eingeschränkter Sensorik.

Fig. 4 zeigt die angeführten beispielshaften Fahrszenarien im Detail.

Ausführungsbeispiele

[0030] Das Wirkfeld eines automatisiert fahrenden Fahrzeuges kann in einzelne Szenarien unterteilt werden. So kann z.B. das Fahren in der Stadt in unterschiedliche Szenarien aufgeteilt werden, wozu z.B. folgende Rubriken zählen: Spurhalten, Spurwechsel, Vorfahrtsrechtentscheid an Verkehrsknotenpunkten, Einparken, Ausparken, etc.. Eine Umsetzungsmöglichkeit für AD-Systeme besteht darin, deskriptive Zustandsautomaten zu verwenden, die die Übergänge zwischen einzelnen erlaubten Fahrhandlungen modelliert.

[0031] Das erste Ausführungsbeispiel zieht Szenarien in einer standardisierten Form heran, um die jeweilige Leistungsfähigkeit einer Instanz eines AD-Systems, in diesem Fall die ODD eines automatisierten Fahrzeugs, einem anderen technischen System mitzuteilen, in diesem Fall einem Server zu Ermittlung einer individuell an die Leistungsfähigkeit bzw. ODD des Fahrzeugs angepassten Route. Hierfür wird die Leistungsfähigkeit (Performance, ODD) des automatisierten Fahrzeugs mittels Szenarien beschrieben, die an den Server übermittelt werden.

[0032] In **Fig. 1** ist das Verfahren exemplarisch dargestellt. Eine Instanz eines AD-Systems, hier das automatisierte Fahrzeug 100, sendet die aktuell von ihm umsetzbarer Leistungsdaten 101 an den Server 102. Die Leistungsdaten 101 entsprechen in diesem Fall bereits der ODD, sodass die Ermittlung der ODD in einem Auslesen der übermittelten ODD besteht. Die ODD wird über die durch das Fahrzeug 100 beherrschbaren Szenarien (R1, R2, R3, ...), wie Spurwechsel, Fahrspur folgen, usw. beschrieben. In **Fig. 1** sind einige Fahrszenarien aus der Rubrik Spurwechsel R2 noch einmal vergrößert dargestellt. Die vom Fahrzeug beherrschbaren Spurwechsel umfassen unter anderem einen einfachen Spurwechsel 105a, einen Spurwechsel mit sich von hinten auf der neuen Spur näherndem weiteren Verkehrsteilnehmern 105b, das Einfädeln bei einer Spurzusammenführung im Reißverschlussverfahren 105c, das Auswählen einer Fahrspur beim ein sich teilenden Fahrspur 105d bzw. einer neu hinzukommenden Fahrspur 105e. Ferner werden genauere geometrische Informationen an die erlaubte Infrastruktur (Fahrspurbreiten, Krümmungen, ...) sowie die erlaubten Bereiche an atmosphärischen Umfeldbedingungen (Niederschlagsmenge, Schnee, Temperaturbereich, ...) weitergeleitet. Auf Basis dieser Informationen ermittelt der Server 102 unter Zuhilfenahme weiterer Backend-Dienste 104 (Live-Verkehrsdaten, Wetterdienst, ...) und einer Szenario-Allokation der Verkehrswege des Zielgebietes eine automatisiert von dem Fahrzeug 100 befahrbare Route 103. Diese wird nach deren Ermittlung an das Fahrzeug 100 zurückgesendet.

[0033] Die einzelnen Verfahrensschritte sind in **Fig. 2** noch einmal schematisch dargestellt, wobei das Verfahren Ermittlung der Route für das automatisiertes Fahrzeug 100 in diesem Beispiel auf einem Server 102 abläuft und in Schritt 201 startet.

[0034] In Schritt 202 werden Start- und ein zu erreichender Zielpunkt empfangen. In diesem Ausführungsbeispiel handelt es sich beim Startpunkt um die aktuelle Position des Fahrzeugs 100, die von diesem Übermittelt wird. Beim Zielpunkt handelt es sich um einen über einen weiteren Server erhaltenen Ort, der von einem Kunden über ein mobiles Gerät eingegeben wurde.

[0035] In Schritt 203 wird vom Server 102 die ODD des Fahrzeugs 100 basierend auf Leistungsdaten 101 des Fahrzeugs 100 ermittelt. In diesem Ausführungsbeispiel sendet das Fahrzeug 100 seine Leistungsdaten 101 in Form von vom Fahrzeug 100 automatisiert beherrschbaren Szenarien 101, die wiederum in einzelne Rubriken R1, R2, R3, ... aufgeteilt sind. Aus diesen Szenarien wird vom Server die ODD zusammengesetzt, die in diesem Beispiel eine vergleichbare Form aufweist.

[0036] In Schritt 204 greift der Server 102 auf Kartendaten zu, die mehrere Datenschichten mit detaillierten Informationen zu bestimmen Punkten, Streckenabschnitten und beispielsweise Kreuzungen enthalten. In diesem Fall sind die Kartendaten so detailliert, dass sich basierend auf den in den Kartendaten enthaltenen Informationen ableiten lässt, welche Fahrszenarien entlang unterschiedlicher Routen

auftreten oder auftreten können, die von einem automatisierten Fahrzeug folglich beherrscht werden müssen. Die digitale Karte weist in diesem Ausführungsbeispiel auch eine sich zeitlich verändernde Schicht auf, in der aktuelle Verkehrsinformationen und Straßenbedingungen regelmäßig aktualisiert abgelegt sind. In weiteren Ausführungsbeispielen können noch weitere Daten von anderen Quellen herangezogen werden, beispielsweise von Wetterdiensten, Diensten zur Ermittlung aktueller Reibwerte, Fußgängerdaten, Daten von fest installierten Infrastruktureinheiten, die beispielsweise live Bilder liefern, und dergleichen.

[0037] In Schritt 205 wird basierend auf den Kartendaten und der ODD des Fahrzeugs 103 eine Route 103 vom Start- zum Zielpunkt ermittelt, dass die voraussichtlich bei Befahrung der Route zu bewältigenden Fahraufgaben in der ODD des Fahrzeugs 100 liegen und diese Route folglich von dem Fahrzeug 100 automatisiert abgefahren werden kann.

[0038] Das Verfahren endet in Schritt 206.

[0039] Neben der grundlegenden Beschreibung der spezifikationsgemäßen Performance (Normbereich) des Fahrzeugs können über dieses Verfahren auch Einschränkungen der Systemperformance des Fahrzeugs 100 beschrieben werden und daraufhin eine, an die neue Performance angepasste, Route 103x vom Server 102 an das Fahrzeug 100 zurückgesendet werden. Dieses weitere Ausführungsbeispiel ist in **Fig. 3** exemplarisch dargestellt. Eine solche Reduktion der Norm-Systemperformance kann z.B. durch einen defekten oder verdreckten Sensor des Fahrzeugs hervorgerufen werden. In diesem Beispiel funktioniert ein benötigter Sensor für einen Spurwechsel nach links, eine sichere Berücksichtigung eines links überholenden Fahrzeugs auf die eigene Spur und die Bewältigung von nicht vollständig durch Ampelanlagen geregelten Kreuzungen nicht mehr ordnungsgemäß, was bei einem zyklisch ablaufenden Systemtest im Fahrzeug 100 ermittelt wurde. Diese Information wird an den Server 102 übertragen, in dem die Leistungsdaten 101 an den Sensorschaden angepasst werden. In diesem Beispiel wird dem Server mitgeteilt, dass spezifische Fahrmanöver/ Fahrszenarien nicht mehr vom automatisiert vom Fahrzeug 100 bewältigt werden können, sodass in den Rubriken R1x, R2x, R3x einzelne Fahrmanöver nicht mehr automatisiert durchführbar sind. In **Fig. 3** sind beispielsweise einige Spurwechselfunktionen dargestellt, die durchgestrichen sind 105ax, 105bx, 105cx. Basierend auf dieser Information erfolgt eine neue Routenplanung auf dem Server, woraufhin die bei voller Funktionsfähigkeit mögliche Route anpasst und eine neue Route 103x ermittelt wird, in welcher die nicht mehr automatisiert durchführbaren Fahrszenarien vermieden werden. Hierdurch kann das Fahrzeug 100 trotz Sensoreinschränkungen noch automatisiert von einem Start- zu einem Zielpunkt fahren. Die Übertragung der Leistungsdaten 101 des Fahrzeugs 100 erfolgt in diesem Beispiel in regelmäßigen Abständen, sodass eine Anpassung der Route bei veränderter ODD des Fahrzeugs 100 ohne größere Zeitverzögerung bereitgestellt werden kann und hierdurch eine hohe Sicherheit beim Betrieb des Fahrzeugs 100 sichergestellt wird und gleichzeitig der Verkehrsfluss nicht durch das Fahrzeug 100 behindert wird.

[0040] **Fig. 4** zeigt ein Beispiel von beherrschbaren Szenarien des automatisierten Fahrzeugs 100 bei voller Funktionsfähigkeit des AD-Systems des Fahrzeugs 100 und dessen Sensoren, die als Grundlage für die Ermittlung von Routen für dieses Fahrzeug 100 dienen. Es sind beispielhaft drei Kategorien dargestellt, die allerdings nur einen Bruchteil der beherrschbaren Fahrszenarien darstellen und somit lediglich einen kleinen Ausschnitt der möglichen Fahrszenarien repräsentieren. Es werden exemplarisch Fahrszenarien aus den drei Rubriken Spurfolgen R1, Spurwechsel R2 und Kreuzungssituationen R3 abgebildet, die das Fahrzeug automatisiert bewältigen kann.

[0041] Beim Spurfolgen R1 zeigen die Bilder von links nach rechts: Spurfolgen bei verlorener Ladung, bei Fahrbahnen mit sich verändernder Geometrie, bei Angaben von Geschwindigkeitsbegrenzungen, bei Teilblockade der Fahrbahn durch ein weiteres Objekt, bei seitlichen geparkten Fahrzeugen, beim Folgen eines sich vor dem Fahrzeug befindlichen weiteren Fahrzeugs, im Stop-and-Go Verkehr, im Falle eines Überholmanövers eines weiteren Fahrzeugs von hinten.

[0042] Beim Spurwechsel R2 zeigen die Bilder von links nach rechts: Einfacher Spurwechsel, Spurwechsel mit Ausweichen, Spurwechsel mit Reißverschlussverfahren, Spurwechsel bei sich teilender Spur, Spurwechsel bei neu beginnender zweiter Fahrspur.

[0043] Bei den Kreuzungssituationen R3 zeigen die Bilder von links nach rechts: Durch eine Ampel geregelter Linksabbiegevorgang mit entgegenkommendem Verkehr, durch Ampeln geregeltes gerades Überfahren einer Kreuzung, Kreuzungen mit mehreren Fahrspuren in eine Richtung, durch eine Ampel geregelter Abbiegevorgang rechts, Kreuzungen mit Vorfahrt achten Schild ohne Ampeln, Kreuzung ohne Ampeln und Schilder mit ausschließlicher rechts vor links Regelung, Linksabbiegevorgang aus einer nicht Vorfahrtsberechtigen Spur mit Verkehr auf einer Vorfahrtsstraße.

[0044] In einem weiteren Ausführungsbeispiel werden von einem Fahrzeug Details über das AD-System geliefert, insbesondere über die Sichtweite und

Performance der Sensoren, sowie die möglichen Fahrmanöver in Abhängigkeit von erfassbaren Bereichen im Umfeld des Fahrzeugs. Basierend auf den Sensorinformationen und Kartendaten wird in diesem Beispiel für die Ermittlung der Route geprüft, ob der durch die Sensoren erfassbare Bereich an Schlüsselpunkten entlang der Route ausreichend ist, um die an diesen Schlüsselpunkten notwendigen Manöver auszuführen. Bei den Schlüsselpunkten handelt es sich insbesondere um Punkte an denen ein Spurwechsel, ein Abbiegevorgang, ein Wendemanöver, eine Auf- oder Abfahrt auf eine Straße notwendig ist. Zudem werden auch aller Kreuzungssituationen bewertet. Sind die erfassbaren Bereiche ausreichend groß, sodass die notwendigen Fahrmanöver automatisiert vom Fahrzeug durchgeführt werden können, ist die Route mit der ODD des Fahrzeugs kompatibel und kann automatisiert abgefahren werden.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Zitierte Patentliteratur

- DE 19747230 A1 [0003]

Patentansprüche

1. Verfahren zur Ermittlung einer Route für ein automatisiertes Fahrzeug (100), umfassend die folgenden Schritte:
• Empfangen eines Start- und eines zu erreichenden Zielpunkts des Fahrzeugs, insbesondere entsprechender Koordinaten;
• Ermitteln der „Operational Design Domain“ (ODD) des Fahrzeugs (100) basierend auf Leistungsdaten (102) des Fahrzeugs (100);
• Zugreifen auf digitale Kartendaten;
• Ermitteln einer Route vom Start- zum Zielpunkt anhand der Kartendaten und der ODD derart, dass basierend auf den Kartendaten ermittelte, voraussichtlich bei Befahrung der Route zu bewältigende, Fahraufgaben in der ODD des Fahrzeugs (100) liegen.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Leistungsdaten eine Fahrzeugklasse und/oder ein Fahrzeugmodell und/oder ein Sensorset und/oder eine Sensorkonfiguration und/oder eine Spezifikation des AD-System des Fahrzeugs (100) umfassen.

3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Leistungsdaten vom Fahrzeug (100) automatisiert durchführbare und/oder nicht durchführbare Fahrszenarien umfassen.

4. Verfahren nach Anspruch 3, wobei die Fahrszenarien in unterschiedliche Rubriken aufgeteilt sind, wobei eine Rubrik die Fähigkeit des Fahrzeugs (100) die Spur zu halten und/oder einen Spurwechsel durchzuführen und/oder einen Vorfahrtsrechtentscheid an einem Verkehrsknotenpunkt zu treffen oder/oder ein Einparkmanöver und/oder Ausparkmanöver durchführen zu können beschreibt.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Leistungsdaten Systemeinschränkungen, insbesondere Sensorausfälle oder -einschränkungen, umfassen.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Leistungsdaten zumindest eine vom Fahrzeug (100) beherrschbare und/oder nicht beherrschbare Krümmung und/oder Breite der Fahrbahn, und/oder Verkehrsdichte und/oder, Witterung und/oder vom Fahrzeug beherrschbare und/oder nicht beherrschbare Lichtverhältnisse und/oder Temperaturbereiche umfassen.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Ermittlung der Route basierend auf Wetterdaten und/oder Verkehrsdaten (104), insbesondere einem Abgleich der Wetterdaten und/oder Verkehrsdaten (104) mit der ODD des Fahrzeugs (100), erfolgt.

8. Vorrichtung, die eingerichtet ist, ein Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 7 auszuführen.

9. Computerprogramm, umfassend Befehle, die bei der Ausführung des Computerprogramms durch einen Computer diesen veranlassen, ein Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 7 auszuführen.

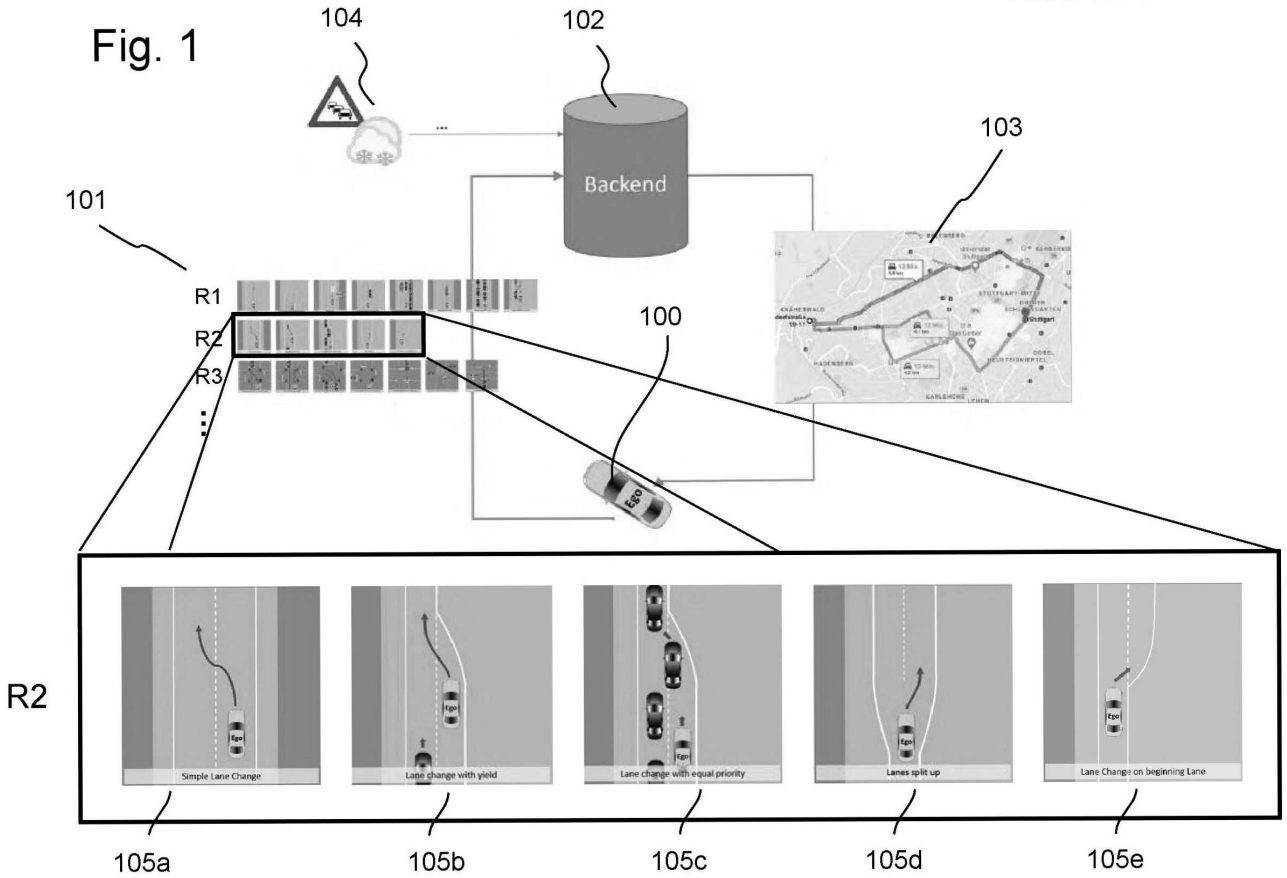
10. Maschinenlesbares Speichermedium, auf dem das Computerprogramm nach Anspruch 9 gespeichert ist.

Es folgen 4 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

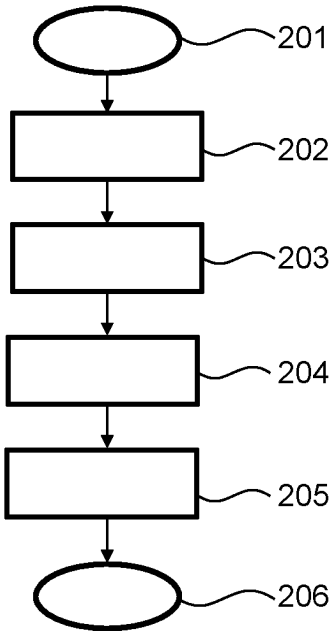
R.392214

Fig. 1



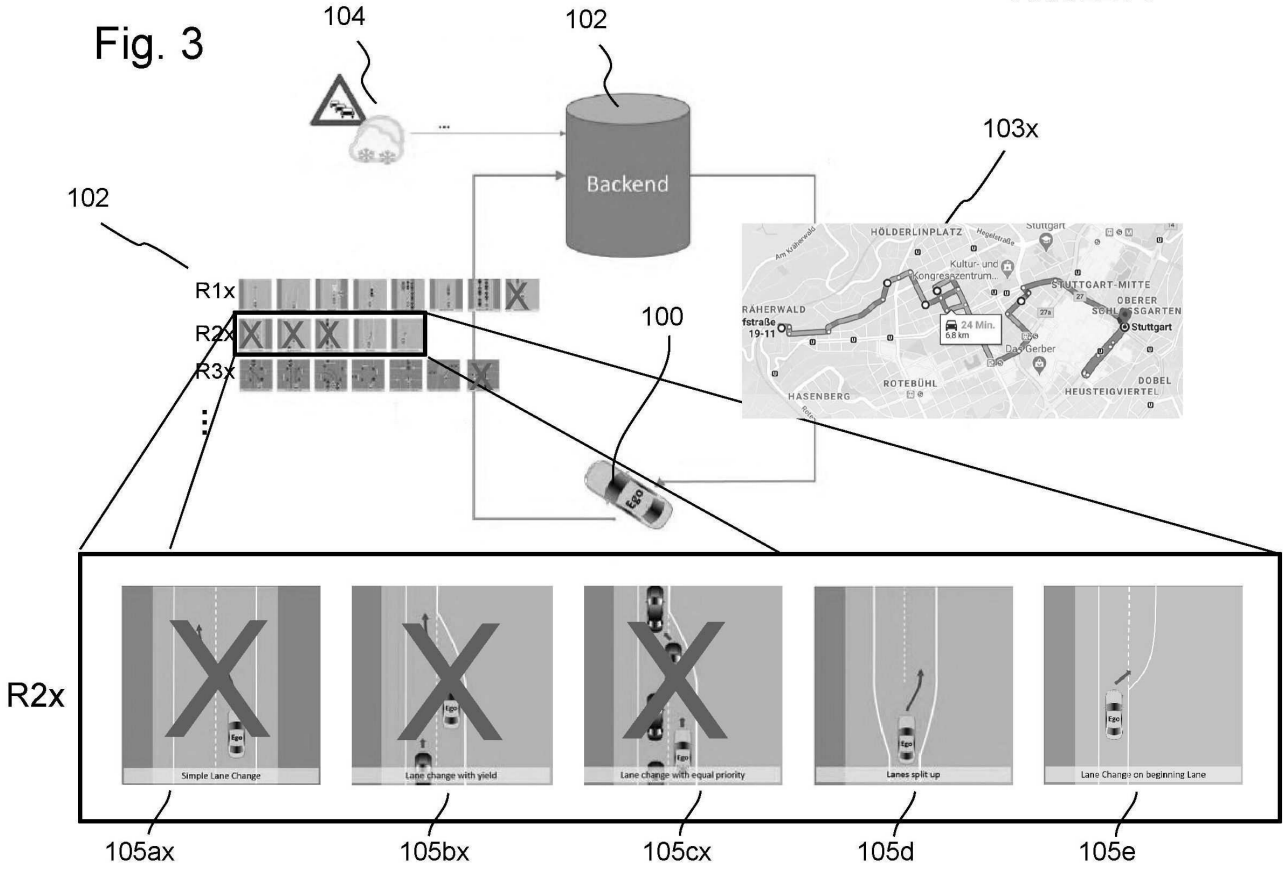
R.392214

Fig. 2



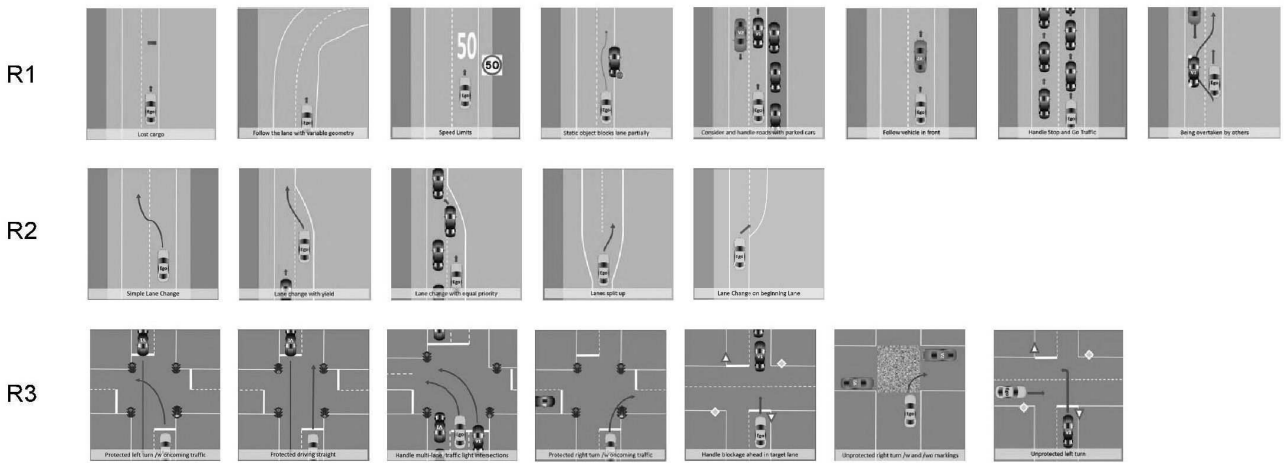
R.392214

Fig. 3



R.392214

Fig. 4



 Das Dokument wurde durch die Firma Luminess hergestellt.