



(12) **Veröffentlichung**

der internationalen Anmeldung mit der
(87) Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2023/002579**
in der deutschen Übersetzung (Art. III § 8 Abs. 2
IntPatÜbkG)
(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2021 007 998.0**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/JP2021/027186**
(86) PCT-Anmeldetag: **20.07.2021**
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **26.01.2023**
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung
in deutscher Übersetzung: **02.05.2024**

(51) Int Cl.: **B60W 30/08 (2012.01)**

(71) Anmelder:
Mitsubishi Electric Corporation, Tokyo, JP

(72) Erfinder:
Ito, Rin, Tokyo, JP

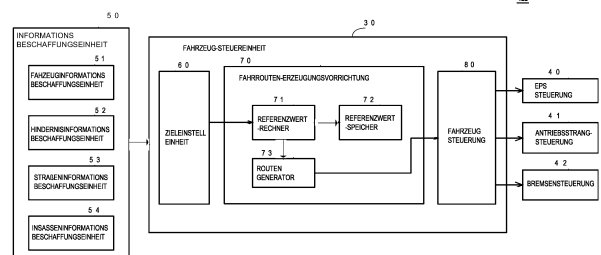
(74) Vertreter:
**Meissner Bolte Patentanwälte Rechtsanwälte
Partnerschaft mbB, 80538 München, DE**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **REISEFAHRROUTEN-ERZEUGUNGSVORRICHTUNG**

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine Reisefahrrouen-Erzeugungsvorrichtung, das eine Reisefahrroue eines Fahrzeugs erzeugt und das Folgendes beinhaltet: einen Referenzwert-Speicher, um als eine Vielzahl von vorhergehenden Referenzwerten eine Vielzahl von Referenzwerten zu speichern, die Informationen über einen Zustand des Fahrzeugs enthalten, wobei die Informationen herangezogen werden, wenn die Reisefahrrouen-Erzeugungsvorrichtung die Reisefahrroue erzeugt; einen Referenzwert-Rechner zum Berechnen einer Vielzahl von aktuellen Referenzwerten, basierend auf mindestens der Vielzahl von vorhergehenden Referenzwerten und einem Zielzustand, der ein Zielwert einer Fahrzeugzustandsgröße des Fahrzeugs ist, wobei die Vielzahl von aktuellen Referenzwerten herangezogen wird, wenn die Reisefahrrouen-Erzeugungsvorrichtung die Reisefahrroue in einer aktuellen Berechnungsperiode erzeugt; und einen Routengenerator zum Erzeugen der Reisefahrroue, basierend auf der Vielzahl von aktuellen Referenzwerten, die von dem Referenzwert-Rechner berechnet wurden.



Beschreibung

Mittel zum Lösen der Probleme

TECHNISCHES GEBIET

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine Reisefahrrouen-Erzeugungsvorrichtung, die eine Reisefahrroue eines Fahrzeugs beim automatisierten Fahren oder teilautomatisierten Fahren einschließlich eines manuellen Fahrens erzeugt.

STAND DER TECHNIK

[0002] Beim automatisierten Fahren eines Fahrzeugs wird eine Fahrroue, der das Fahrzeug folgen soll, gemäß Erkennungsinformationen über Zustände des Fahrzeugs und einer Umgebung des Fahrzeugs und gemäß einem Zielzustand des Fahrzeugs, der auf der Grundlage der Erkennungsinformationen bestimmt wurde, wie beispielsweise in Patentdokument 1 beschrieben, erzeugt. Entsprechend wird das Fahrzeug entlang der erzeugten Fahrroue gesteuert.

[0003] Das Patentdokument 1 beschreibt eine Fahrrouenunterstützungsvorrichtung für ein Fahrzeug mit einer Fahrrouenunterstützungs-Steuerung. Bei dieser Fahrrouenunterstützungs-Steuerung ermittelt die Fahrrouenunterstützungsvorrichtung des Fahrzeugs einen beweglichen Bereich eines aus einem toten Winkel auftauchenden Objekts, so dass eine Kollision zwischen dem gegenständlichen Fahrzeug und dem Objekt auf der Grundlage des beweglichen Bereichs vermieden wird.

[0004] Patentdokument 1: Japanische Patentanmeldungs-Offenlegungsschrift JP 2006- 260 217 A

KURZBESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

Mit der Erfindung zu lösende Probleme

[0005] Die Vermeidung einer Kollision zwischen dem gegenständlichen Fahrzeug und dem Objekt erfordert eine abrupte Richtungsänderung und Abbremsung des gegenständlichen Fahrzeugs. Dadurch unterscheiden sich die zuletzt berechneten Ziel-Durchfahrtpunkte und Ziel-Geschwindigkeiten stark von den jetzt berechneten. Infolgedessen hat das Patentdokument 1 das Problem der Verschlechterung des Fahrkomforts, da eine Reisefahrroue erzeugt wird, entlang derer das Verhalten des Fahrzeugs abrupt geändert wird.

[0006] Die vorliegende Erfindung ist zur Lösung des Problems konzipiert und hat zum Ziel, eine Reisefahrrouen-Erzeugungsvorrichtung bereitzustellen, die es einem Fahrzeug ermöglicht, das automatisierte Fahren mit besserem Fahrkomfort fortzusetzen, auch wenn ein Zielzustand des Fahrzeugs stark verändert wird.

[0007] Die Reisefahrrouen-Erzeugungsvorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung, das eine Reisefahrroue eines Fahrzeugs erzeugt, beinhaltet Folgendes: einen Referenzwert-Speicher, um als eine Vielzahl von vorhergehenden Referenzwerten eine Vielzahl von Referenzwerten zu speichern, die Informationen über den Zustand des Fahrzeugs enthalten, wobei die Informationen herangezogen werden, wenn die Fahrrouen-Erzeugungsvorrichtung die Reisefahrroue erzeugt; einen Referenzwert-Rechner zum Berechnen mehrerer aktueller Referenzwerte, basierend auf mindestens den mehreren vorhergehenden Referenzwerten und einem Zielzustand, der ein Zielwert einer Fahrzeugzustandsgröße des Fahrzeugs ist, wobei die mehreren aktuellen Referenzwerte herangezogen werden, wenn die Reisefahrrouen-Erzeugungsvorrichtung die Reisefahrroue in einer aktuellen Berechnungsperiode erzeugt; und einen Routengenerator zum Erzeugen der Reisefahrroue, basierend auf den mehreren vom Referenzwert-Rechner berechneten aktuellen Referenzwerten.

Effekt der Erfindung

[0008] Die Reisefahrrouen-Erzeugungsvorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung verwendet eine Vielzahl aktueller Referenzwerte, die auf der Grundlage eines Zielzustands und einer Vielzahl vorhergehender Referenzwerte berechnet werden, und bezieht sich nicht auf den Zielzustand, wie es bei der Erzeugung einer Reisefahrroue der Fall ist. Dadurch können die Auswirkungen auf signifikante Änderungen des Zielzustandes reduziert werden und das automatisierte Fahren mit besserem Fahrkomfort kann fortgesetzt werden.

KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

Fig. 1 ist eine Systemkonfigurationsdarstellung, die einen schematischen Aufbau eines Fahrzeugs zeigt, in dem eine Reisefahrrouen-Erzeugungsvorrichtung gemäß Ausführungsform 1 angebracht ist;

Fig. 2 zeigt schematisch ein Koordinatensystem für ein gegenständliches Fahrzeug, das in Ausführungsform 1 verwendet wird;

Fig. 3 ist ein funktionelles Blockdiagramm eines automatisierten Fahrsystems, das mit der Reisefahrrouen-Erzeugungsvorrichtung gemäß Ausführungsform 1 eine Reisefahrroue erzeugt;

Fig. 4 zeigt schematisch die Spurinformatiön;

Fig. 5 ist ein Flussdiagramm zur Veranschaulichung eines Verfahrens zur Berechnung eines

Referenzwertes durch einen Referenzwert-Rechner;

Fig. 6 illustriert schematisch ein Verfahren zur Extraktion eines anfänglichen Referenzwertes;

Fig. 7 zeigt schematisch die Referenzgeschwindigkeiten;

Fig. 8 illustriert schematisch die Referenzspurübergangsraten;

Fig. 9 zeigt schematisch die Referenzdurchfahrtpunkte;

Fig. 10 zeigt schematisch die Berechnung einer Referenz-Seitenabweichung;

Fig. 11 illustriert schematisch die Berechnung einer Referenz-Seitenabweichung;

Fig. 12 zeigt schematisch eine Änderung der Referenz-Seitenabweichung, wenn die Erkennungsposition eines Hindernisses abrupt geändert wird;

Fig. 13 zeigt schematisch eine Änderung der Referenz-Seitenabweichung, wenn die Erkennungsposition eines Hindernisses abrupt geändert wird;

Fig. 14 ist ein funktionales Blockdiagramm eines automatisierten Fahrsystems, das eine Reisefahrtroute durch eine Reisefahrtrouten-Erzeugungsvorrichtung gemäß der Ausführungsform 2 erzeugt;

Fig. 15 zeigt schematisch eine Beispiel-Reisefahrtroute;

Fig. 16 zeigt schematisch ein Beispiel für eine Baumstruktur von Planungspunkten;

Fig. 17 ist ein Flussdiagramm, das ein Verfahren zur Berechnung von Planungspunkt-Referenzwerten durch einen Routengenerator illustriert;

Fig. 18 illustriert ein Konzept für ein Verfahren zur Gewinnung zusätzlicher Planungspunkte;

Fig. 19 veranschaulicht ein Konzept eines Verfahrens zur Auswahl eines Planungspunktes;

Fig. 20 zeigt ein Konzept von Prozessen zur Entfernung von Planungspunkten aus vorhergehenden Planungspunkten und zum Hinzufügen zusätzlicher Planungspunkte zu den resultierenden Planungspunkten, um aktuelle Planungspunkte zu erzeugen;

Fig. 21 veranschaulicht ein Verfahrenskonzept zum Extrahieren von Referenzwerten, die den Planungspunkten der aktuellen Planungspunkte entsprechen, aus den Referenzwerten der vorhergehenden Planungspunkte und den Referenzwerten der zusätzlichen Planungspunkte und zum Bestimmen der extrahierten Referen-

zwerte als Referenzwerte der aktuellen Planungspunkte;

Fig. 22 ist ein Flussdiagramm, das ein Verfahren zur Berechnung eines Referenzwertes durch den Referenzwert-Rechner veranschaulicht;

Fig. 23 illustriert eine Hardwarekonfiguration zur Implementierung der Reisefahrtrouten-Erzeugungsvorrichtung gemäß den Ausführungsformen 1 und 2, und

Fig. 24 zeigt eine Hardwarekonfiguration für die Implementierung der Reisefahrtrouten-Erzeugungsvorrichtung gemäß den Ausführungsformen 1 und 2.

BESCHREIBUNG DER AUSFÜHRUNGSFORMEN

[Ausführungsform 1]

[0009] Fig. 1 ist ein Systemkonfigurationsdiagramm, das einen beispielhaften schematischen Aufbau eines Fahrzeugs 1 zeigt, in dem eine Reisefahrtrouten-Erzeugungsvorrichtung gemäß Ausführungsform 1 angebracht ist. Wie in **Fig. 1** dargestellt, beinhaltet das Fahrzeug 1 als Fahrsystem ein Lenkrad 2, eine Lenkachse 3, eine Lenkeinheit 4, einen Motor für die elektrische Servolenkung (EPS) 5, ein Antriebsaggregat 6, und Bremsen 7.

[0010] Weiterhin beinhaltet das Fahrzeug 1 als Sensorsystem eine Vorwärtskamera 11, einen Entfernungssensor 12, einen Sensor für das globale Satellitennavigationssystem (GNSS) 13, einen Gierratensensor 16, einen Geschwindigkeitssensor 17, einen Beschleunigungssensor 18, einen Lenkwinkelsensor 20 und einen Lenkmomentsensor 21.

Daneben beinhaltet das Fahrzeug 1 ein Navigationsgerät 14, einen

[0011] Fahrzeug-zu-Alles-Empfänger (V2X) 15, eine Fahrzeug-Steuereinheit 30, eine EPS-Steuerung 40, eine Antriebsstrang-Steuerung 41, und eine Bremsen-Steuerung 42. Die Reisefahrtrouten-Erzeugungsvorrichtung gemäß Ausführungsform 1 ist als Teil der Fahrzeug-Steuereinheit 30 ausgeführt.

[0012] Das installierte Lenkrad 2 zum Fahren des Fahrzeugs 1 durch den Fahrer ist mit der Lenkachse 3 gekoppelt. Die Lenkachse 3 ist mit der Lenkeinheit 4 gekoppelt. Die Lenkeinheit 4 trägt drehbar zwei Räder, die als Lenkräder Vorderräder sind, und wird von einem Fahrzeugrahmen getragen, so dass die Lenkeinheit 4 lenkbar ist. Ein vom Fahrer durch die Betätigung des Lenkrads 2 erzeugtes Drehmoment versetzt also die Lenkachse 3 in Drehung. Die Lenkeinheit 4 lenkt horizontal die Vorderräder. Folglich kann der Fahrer den Umfang der seitlichen Bewegung des Fahrzeugs 1 beeinflussen, wenn sich das

Fahrzeug 1 vorwärts oder rückwärts bewegt. Die Lenkachse 3 kann durch den EPS-Motor 5 in Drehung versetzt werden. Die EPS-Steuerung 40 steuert den Strom, der durch den EPS-Motor 5 fließt, so dass die Vorderräder unabhängig von der Betätigung des Lenkrads 2 durch den Fahrer gelenkt werden können.

[0013] Die Fahrzeug-Steuereinheit 30 ist ein integrierter Schaltkreis, z.B. ein Mikroprozessor, und beinhaltet eine Analog/Digital-Wandlerschaltung (A/D), eine Digital/Analog-Wandlerschaltung (D/A), eine Zentraleinheit (CPU), einen Festwertspeicher (ROM) und einen Direktzugriffsspeicher (RAM).

[0014] Die Fahrzeug-Steuereinheit 30 ist verbunden mit der Vorwärtskamera 11, dem Entfernungssensor 12, dem GNSS-Sensor 13, dem Navigationsgerät 14, dem V2X-Empfänger 15, dem Lenkwinkelsensor 20, der den Lenkwinkel misst, dem Lenkmomentsensor 21, der das Lenkmoment misst, dem Gierraten-sensor 16, der die Gierrate erfasst, dem Geschwindigkeitssensor 17, der die Geschwindigkeit des gegenständlichen Fahrzeugs erfasst, dem Beschleunigungssensor 18, der die Beschleunigung des gegenständlichen Fahrzeugs erfasst, der EPS-Steuerung 40, der Antriebsstrang-Steuerung 41, und der Bremsen-Steuerung 42.

[0015] Die Fahrzeug-Steuereinheit 30 verarbeitet die von jedem der angeschlossenen Sensoren empfangenen Informationen gemäß einem im ROM gespeicherten Programm, um einen Ziel-Lenkwinkel an die EPS-Steuerung 40, eine Ziel-Antriebskraft an die Antriebsstrang-Steuerung 41 und eine Ziel-Bremskraft an die Bremsen-Steuerung 42 zu übertragen.

[0016] Die Vorwärtskamera 11 ist in einer Position angeordnet, in der Trennlinien vor dem Fahrzeug als Bild erfasst werden können, und erfasst eine Vorwärtsumgebung des gegenständlichen Fahrzeugs, wie z.B. eine Spurinformatio oder die Position eines Hindernisses, basierend auf der Bildinformatio. Obwohl in der Ausführungsform 1 beispielhaft nur die Kamera beschrieben wird, die die Umgebung vor dem Fahrzeug 1 erfasst, kann das Fahrzeug 1 auch Kameras aufweisen, die die hintere und seitliche Umgebung erfassen.

[0017] Der Entfernungssensor 12 bestrahlt ein Hindernis in der Umgebung des gegenständlichen Fahrzeugs mit Funkwellen, Licht oder Schallwellen und erfasst die reflektierten Wellen, um einen relativen Abstand zum Hindernis und eine relative Geschwindigkeit des Hindernisses auszugeben. Der Entfernungssensor 12 kann ein Entfernungssensor sein, der auf einem bekannten System basiert, wie z.B. einem Millimeterwellenradar, einem Light Detection

and Ranging (LiDAR), einem Laserentfernungsmesser oder einem Ultraschallradar.

[0018] Der GNSS-Sensor 13 empfängt über eine Antenne Funkwellen von einem Positionierungssatelliten und führt eine Positionsberechnung basierend auf den Funkwellen durch, um die absolute Position und die absolute Orientierung des Fahrzeugs 1 auszugeben.

[0019] Das Navigationsgerät 14 hat die Aufgabe, die optimale Reiseroute zu einem vom Fahrer vorgegebenen Ziel zu berechnen und speichert Straßeninformationen zur Reiseroute. Bei den Straßeninformationen handelt es sich um Kartenknotendaten zur Darstellung von Straßenverläufen. Die Kartenknotendaten enthalten Informationen über den Breitengrad, den Längengrad und die Höhe, die die absolute Position an jedem Knoten angeben, sowie Informationen über die (Fahr-) Spurweite, den Überhöhungswinkel und den Neigungswinkel.

[0020] Der V2X-Empfänger 15 hat die Funktion, Informationen durch Kommunikation mit anderen Fahrzeugen und straßenseitigen Einheiten zu erhalten und die Informationen auszugeben. Die erhaltenen Informationen beinhalten Informationen über die Umgebung, wie z.B. Positionen und Geschwindigkeiten der anderen Fahrzeuge und Fußgänger sowie eine Sperrzone auf einer Baustelle.

[0021] Die Kommunikationsmethode des V2X-Empfängers 15 kann einer von zwei Standards sein, d.h. Dedicated Short-Range Communications (DSRC) und Cellular-V2X (C-V2X), oder eine andere Kommunikationsmethode als diese. Der V2X-Empfänger 15 ist ein Empfänger, der Kommunikationsmethoden unterstützen kann, die von Kommunikationszielen wie den anderen Fahrzeugen und straßenseitigen Einheiten angenommen werden.

[0022] Die EPS-Steuerung 40 steuert den EPS-Motor 5 so, dass der EPS-Motor 5 den von der Fahrzeug-Steuereinheit 30 übertragenen Ziellenkwinkel erreicht, um die Reisefahrroute des Fahrzeugs 1 zu steuern.

[0023] Die Antriebsstrang-Steuerung 41 steuert das Antriebsaggregat 6, so dass das Antriebsaggregat 6 die von der Fahrzeug-Steuereinheit 30 übertragene Ziel-Antriebskraft erreicht.

[0024] Obwohl die Ausführungsform 1 ein Beispiel-fahrzeug beschreibt, das nur einen Motor als Antriebskraftquelle enthält, ist die Ausführungsform 1 beispielsweise auf ein Fahrzeug anwendbar, das nur einen Elektromotor als Antriebskraftquelle enthält, und auf ein Fahrzeug, das sowohl einen Motor als auch einen Elektromotor als Antriebskraftquellen enthält.

[0025] Die Bremsen-Steuerung 42 steuert die Bremseinheiten 7 so, dass die Bremseinheiten 7 die von der Fahrzeug-Steuereinheit 30 übertragene Zielbremskraft erreichen, um die Verzögerung des Fahrzeugs 1 zu steuern.

[0026] Fig. 2 zeigt schematisch ein Koordinations-system für ein gegenständliches Fahrzeug, das in der Ausführungsform 1 verwendet wird. Insbesondere stellen die x- und y-Achsen in Fig. 2 das Koordinatensystem des gegenständlichen Fahrzeugs in Bezug auf den Schwerpunkt des gegenständlichen Fahrzeugs als Ursprung dar. Die x-Achse verläuft vor dem gegenständlichen Fahrzeug und die y-Achse links vom gegenständlichen Fahrzeug. Außerdem ist der Winkel θ im Gegenuhrzeigersinn positiv, bezogen auf die positive x-Achsenrichtung als Referenzorientierung.

[0027] Fig. 3 ist ein funktionales Blockdiagramm eines automatisierten Fahrsystems 100, das eine Reisefahrtroute durch eine Reisefahrtrouten-Erzeugungsvorrichtung 70 gemäß der Ausführungsform 1 erzeugt. Das Automatisierte Fahrsystem 100 beinhaltet die Fahrzeug-Steuereinheit 30, an die eine Informationsbeschaffungseinheit 50, die EPS-Steuerung 40, die Antriebsstrang-Steuerung 41, und die Bremsen-Steuerung 42 angeschlossen sind.

[0028] Die Informationsbeschaffungseinheit 50 hat die Funktion, Informationen über das Fahrzeug 1, Informationen über die Umgebung des Fahrzeugs 1 und Informationen über den/die Fahrzeuginsassen des Fahrzeugs zu erhalten, und beinhaltet eine Fahrzeug-Informationsbeschaffungseinheit 51, eine Hindernis-Informationsbeschaffungseinheit 52, eine Straßen-Informationsbeschaffungseinheit 53 und eine Fahrzeuginsassen-Informationsbeschaffungseinheit 54. Die Informationsbeschaffungseinheit 50 kann auch als Informationsbeschaffungseinrichtung bezeichnet werden. Die von der Informationsbeschaffungseinheit 50 gewonnenen Informationen werden als Reiseinformationen bezeichnet.

[0029] Die Fahrzeug-Informationsbeschaffungseinheit 51 beschafft Fahrzeuginformationen, die Informationen über das Fahrzeug 1 sind. Die Fahrzeug-information beinhaltet eine Zustandsgröße, die einen Zustand des Fahrzeugs 1 repräsentiert, d.h. eine Fahrzeugzustandsgröße. Die Fahrzeug-Informationsbeschaffungseinheit 51 beinhaltet den GNSS-Sensor 13, den Gierratensensor 16, den Geschwindigkeitssensor 17, den Beschleunigungssensor 18, den Lenkwinkelsensor 20, und den Lenkmomentsensor 21.

[0030] Die Hindernis-Informationsbeschaffungseinheit 52 erhält Hindernisinformationen, die Informatio-

nen über ein Hindernis im Umfeld des Fahrzeugs 1 sind. Die Hindernis-Informationsbeschaffungseinheit 52 beinhaltet die Vorwärtskamera 11, den Entfernungssensor 12, und den V2X-Empfänger 15.

[0031] Die Straßen-Informationsbeschaffungseinheit 53 erhält Straßeninformationen, indem sie einen Abgleich zwischen der Position des gegenständlichen Fahrzeugs und den vom Navigationsgerät 14 gespeicherten Karteninformationen durchführt. Die Straßen-Informationsbeschaffungseinheit 53 transformiert N Kartendaten in der Nähe des gegenständlichen Fahrzeugs in eine Fahrspur des gegenständlichen Fahrzeugs und eine an die Fahrspur des gegenständlichen Fahrzeugs angrenzende Spur in das Koordinatensystem des gegenständlichen Fahrzeugs, um die resultierenden Kartendaten als Spurinformatoren auszugeben.

[0032] Bei der Fahrzeuginsassen-Informationsbeschaffungseinheit 54 handelt es sich um eine Vorrichtung, die eine vom Fahrzeuginsassen festgelegte Einstellung zum automatisierten Fahren erhält und beispielsweise als Tablet-Terminal oder Touchpanel in dem Fahrzeug 1 angebracht ist. Der Fahrzeuginsasse kann die Einstellung für das automatisierte Fahren mit einer solchen Vorrichtung vornehmen.

[0033] Die Straßen-Informationsbeschaffungseinheit 53 kann Relativpositionen eines zum gegenständlichen Fahrzeug vorausfahrenden Fahrzeugs, die durch den Entfernungssensor 12 gewonnen werden, speichern, N vergangene Relativpositionen in das aktuelle Koordinatensystem des gegenständlichen Fahrzeugs transformieren und die resultierenden Relativpositionen als Spurinformatoren ausgeben. Hier ist eine Spur eine virtuelle Linie, die einen Mittelpunkt der Spur darstellt, der ein Mittelpunkt von weißen Linien (Trennlinien) auf beiden Seiten eines Fahrzeugs auf einer Straße ist. Eine Methode zur Gewinnung der Spurinformatoren aus den relativen Positionen der führenden Fahrzeuge ist die folgende: Wenn sich beispielsweise das führende Fahrzeug zu einem Zeitpunkt t_0 X_0 m voraus und Y_0 m nach links befindet und sich das gegenständliche Fahrzeug zu einem Zeitpunkt t_1 mit X_{em} nach vorne und Y_{em} nach links bewegt, wird die Position des führenden Fahrzeugs zum Zeitpunkt t_0 in den Koordinaten des gegenständlichen Fahrzeugs zum Zeitpunkt t_1 durch $(X_0 - X_{em})$ voraus und $(Y_0 - Y_{em})$ nach links dargestellt. Dies ist eine Methode zur Umrechnung relativer Positionen in das aktuelle Koordinatensystem des gegenständlichen Fahrzeugs. Wenn die relative Position des führenden Fahrzeugs zum Zeitpunkt t_1 weiterhin als X_1 m voraus und Y_1 m nach links ermittelt wird, erhält man eine Folge von zwei Punkten im Koordinatensystem des aktuellen gegenständlichen Fahrzeugs als ersten Punkt $(X_0 - X_e, Y_0 - Y_e)$ und zweiten Punkt (X_1, Y_1) zu diesem Zeitpunkt.

[0034] Auf diese Weise kann durch wiederholtes Speichern und Transformieren von Positionen eine Fahrroute des führenden Fahrzeugs im aktuellen Koordinationssystem für ein gegenständliches Fahrzeug erzeugt werden. Unter der Annahme, dass das führende Fahrzeug durch das Zentrum einer Spur fährt, erhält man die Spurinformati on, die die Fahrroute des führenden Fahrzeugs = das Zentrum der Spur angibt.

[0035] Die Straßen-Informationsbeschaffungseinheit 53 kann auch eine von der Vorwärtskamera 11 erhaltene Spurform ausgeben. Die Spurinformati on gemäß der Ausführungsform 1 enthält als Identifikationsinformati on eine für jede Spur definierte eindeutige Spurnummer. Wenn Punktfolgen der Spuren Punkte mit der gleichen Elementnummer aufweisen, werden die Punkte senkrecht zu den Tangenten an die Spuren ausgerichtet.

[0036] Fig. 4 veranschaulicht schematisch die Spureninformati on gemäß Ausführungsform 1 und zeigt drei Spuren, die durch eine Vielzahl von Punktfolgen dargestellt werden. In Fig. 4 ist die Spur mit der Spurnummer 2 die Fahrspur des gegenständlichen Fahrzeugs, des Fahrzeugs 1. $\{Q_{1,i}\}$ bezeichnet jede der Punktfolgen, wobei 1 eine eindeutige Spurnummer ist, die für eine Spur definiert ist, und i eine Elementnummer ist. Unter der Annahme, dass N die Anzahl der Elemente ist, kann jede der Punktfolgen durch die folgende Gleichung (1) ausgedrückt werden.

[Gleichung 1]

$$\{Q_{1,i}\} = \{Q_{1,1}, Q_{1,2}, Q_{1,3}, \dots, Q_{1,N}\} \quad (1)$$

[0037] Jeder der Punkte $Q_{1,i}$ wird durch einen Positionsvektor $(qx_{1,i}, qy_{1,i})$ im Koordinatensystem des gegenständlichen Fahrzeugs dargestellt und kann durch Gleichung (2) unten ausgedrückt werden.

[Gleichung 2]

$$Q_{1,i} = \{qx_{1,i}, qy_{1,i}\} \quad (2)$$

[0038] Beispielsweise können Dummy-Spurnformati onen an einem Ort, dessen Straßeninformati onen nicht in einem Navigationsgerät gespeichert sind, oder an einem Ort ohne Trennlinie erzeugt werden, unter Verwendung eines bekannten Verfahrens, wie es beispielsweise in der Japanische Patentanmeldungs-Offenlegungsschrift JP 2020- 75 558 A beschrieben ist. Darüber hinaus sind Informati onen, die durch den Entfernungssensor 12 und die Vorwärtskamera 11 gewonnen werden und einen Bereich angeben, durch den ein Fahrzeug fahren kann, als Spurnformati onen verfügbar.

[0039] Die Fahrzeug-Steuereinheit 30 beinhaltet eine Zieleinstelleinheit 60, die Reisefahrrou-

Erzeugungsvorrichtung 70 und eine Fahrzeug-Steuerung 80.

[0040] Die Zieleinstelleinheit 60 hat die Funktion, einen Zielzustand zu berechnen, der ein Zielwert einer Fahrzeugzustandsgröße ist, basierend auf den von der Informationsbeschaffungseinheit 50 erhaltenen Reiseinformati onen, und die Funktion, den berechneten Zielzustand an die Reisefahrrou-ten-Erzeugungsvorrichtung 70 auszugeben. Beispiele für die im Zielzustand enthaltene Fahrzeugzustandsgrößen sind eine Position, eine Orientierung, eine Geschwindigkeit, eine Beschleunigung, eine Rotationsgeschwindigkeit, ein Lenkwinkel und eine Lenkwinkelgeschwindigkeit, eine seitliche Abweichung in Bezug auf den Mittelpunkt einer Folgespur und eine Folgespurnummer der Fahrzeugkarosserie sowie beliebige Kombinationen davon. In der Ausführungsform 1 werden die Folgespurnummer und die Geschwindigkeit als Fahrzeugzustandsgrößen verwendet. Obwohl der Zielzustand durch einen skalaren Wert dargestellt wird, der auf jeder der Zustandsgrößen in Ausführungsform 1 basiert, kann der Zielzustand durch eine Datenfolge, eine parametrische Darstellung oder eine Kombination davon dargestellt werden. Die Folgespurnummer im Zielzustand wird als Zielfolgespurnummer bezeichnet, und die Geschwindigkeit im Zielzustand wird als Zielgeschwindigkeit bezeichnet.

[0041] Die Reisefahrrou-ten-Erzeugungsvorrichtung 70 hat die Funktion, eine Reisefahrroute zu berechnen, die es dem Fahrzeug 1 ermöglicht, einem führenden Fahrzeug zu folgen, und die Funktion, Informati onen über die berechnete Reisefahrroute an die Fahrzeug-Steuerung 80 auszugeben.

[0042] Die Fahrzeug-Steuerung 80 hat die Funktion, den an die EPS-Steuerung 40 zu übertragenden Ziel-Lenk Winkel, die an die Antriebsstrang-Steuerung 41 zu übertragende Ziel-Antriebskraft und die an die Bremsen-Steuerung 42 zu übertragende Ziel-Bremskraft unter Verwendung von aus der Reisefahrrou-ten-Erzeugungsvorrichtung 70 gewonnenen Informati onen über die Reisefahrroute und der aus der Informationsbeschaffungseinheit 50 gewonnenen Fahrzeugzustandsgröße zu berechnen und den Ziel-Lenk Winkel, die Ziel-Antriebskraft und die Ziel-Bremskraft auszugeben. Die Fahrzeug-Steuerung 80 kann auch als Fahrzeugsteuergerät bezeichnet werden.

[0043] Die Reisefahrrou-ten-Erzeugungsvorrichtung 70 beinhaltet einen Referenzwert-Rechner 71, einen Referenzwert-Speicher 72 und einen Routengenerator 73. Der Referenzwert-Rechner 71, der Referenzwert-Speicher 72 und der Routengenerator 73 werden im Folgenden beschrieben.

[0044] Der Referenzwert-Rechner 71 hat die Aufgabe, auf der Grundlage der von der Informationsbeschaffungseinheit 50 erhaltenen Fahrinformationen, des von der Zielvorgabeeinheit 60 erhaltenen Zielzustandes und der vom Referenzwert-Speicher 72 erhaltenen vorhergegangenen Referenzwerte aktuelle Referenzwerte neu zu berechnen und den aktuellen Referenzwert an den Referenzwert-Speicher 72 und den Routengenerator 73 auszugeben. Die Reisefahrroun-erzeugungsvorrichtung nach der vorliegenden Erfindung ist ein Gerät, das die Berechnung zur Erzeugung einer Reisefahrroune periodisch wiederholt. Ein aktueller Berechnungszeitraum wird als „aktueller Berechnungszeitraum“ bezeichnet, und ein unmittelbar vorhergegangener Berechnungszeitraum ab dem aktuellen Zeitpunkt wird als „vorhergegangener Berechnungszeitraum“ bezeichnet. In ähnlicher Weise wird zwischen den Referenzwerten unterschieden, indem „aktuell“ oder „vorhergehend“ zu den Referenzwerten hinzugefügt wird.

[0045] Bei den Referenzwerten handelt es sich um Informationen über Zustände des Fahrzeugs 1, auf die bei der Generierung einer Reisefahrroune Bezug genommen werden soll. Zu den Referenzwerten gemäß Ausführungsform 1 gehören neben Durchfahrtpunkten und Geschwindigkeiten, auf die bei der Fahrrounengenerierung Bezug genommen werden soll, auch Informationen über eine Folgespurnummer und eine Spurübergangsrate, die zur Berechnung einer Referenzposition verwendet werden sollen. Diese Informationen über die Referenzwerte werden durch einen Referenzdurchfahrtpunkt $\{P_i\}$, eine Referenzgeschwindigkeit $\{v_i\}$, eine Referenz-Folgespurnummer L und eine Referenzspurübergangsrate $\{\lambda_i\}$ dargestellt. Die Referenzspurübergangsrate $\{\lambda_i\}$ repräsentiert dabei den Grad des Übergangs von der aktuellen Folgespur zu einer Zielfolgespur in einem Element i . Die Einzelheiten werden später beschrieben.

[0046] Ein Satz von Durchfahrtpunkten, ein Satz von Geschwindigkeiten und ein Satz von Spurübergangsdaten werden jeweils durch eine Datensequenz dargestellt, deren Datenlänge M beträgt. Der Referenzdurchfahrtpunkt $\{P_i\}$, die Referenzgeschwindigkeit $\{v_i\}$ und die Referenzspurübergangsrate $\{\lambda_i\}$ werden durch Gleichung (3), Gleichung (4) bzw. Gleichung (5) unten ausgedrückt.

[Gleichung 3]

$$\{P_i\} = \{P_1, P_2, P_3, \dots, P_M\} \quad (3)$$

[Gleichung 4]

$$\{V_i\} = \{V_1, V_2, V_3, \dots, V_M\} \quad (4)$$

[Gleichung 5]

$$\{\lambda_i\} = \{\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \dots, \lambda_M\} \quad (5)$$

[0047] Jede Angabe der Durchfahrtpunkte wird durch einen Positionsvektor (p_{x_i}, p_{y_i}) im Koordinatensystem des gegenständlichen Fahrzeugs dargestellt und durch Gleichung (6) unten ausgedrückt.

[Gleichung 6]

$$P_i = (p_{x_i}, p_{y_i}) \quad (6)$$

[0048] Die Referenzwerte sind nicht auf diese beschränkt, sondern können beispielsweise Informationen über einen Ankunftszeitpunkt, eine Orientierung, eine Geschwindigkeit, eine Beschleunigung, eine Rotationsgeschwindigkeit, einen Lenkwinkel, eine Lenkwinkelgeschwindigkeit und eine seitliche Abweichung in Bezug auf einen Durchfahrtpunkt enthalten.

[0049] Ein Satz von Durchfahrtpunkten, ein Satz von Geschwindigkeiten und ein Satz von Spurübergangsdaten werden jeweils durch eine Datensequenz dargestellt, während ein Satz von Referenz-Folgespurnummern durch skalare Werte in Ausführungsform 1 dargestellt wird. Außerdem können die Menge der Durchfahrtpunkte, die Menge der Geschwindigkeiten, die Menge der Spurübergangsdaten und die Menge der Referenz-Folgespurnummern jeweils durch skalare Werte und eine Datenfolge dargestellt werden. Wenn die Menge der Durchfahrtpunkte, die Menge der Geschwindigkeiten, die Menge der Spurübergangsdaten jeweils durch skalare Werte dargestellt werden, ist die Datenlänge 1. Außerdem ist die parametrische Darstellung verfügbar.

[0050] Der Referenzwert-Speicher 72 hat die Funktion, die vom Referenzwert-Rechner 71 ausgegebenen Referenzwerte zu speichern und die gespeicherten Referenzwerte als vorausgehende Referenzwerte in der nächsten Berechnungsperiode an den Referenzwert-Rechner 71 auszugeben.

[0051] Der Routengenerator 73 hat die Aufgabe, auf Basis der Fahrinformationen und der vom Referenzwert-Rechner 71 erhaltenen Referenzwerte eine Reisefahrroune zu generieren, der das Fahrzeug folgen soll. Dabei ist ein Verfahren zur Generierung der Reisefahrroune aus Durchfahrtpunkten und Geschwindigkeiten bekannt. Beispielsweise beschreibt die WO 2020 / 129 208 die Generierung einer Reisefahrroune durch die Durchführung einer Zustandsschätzungsberechnung einer Fahrzeugzustandsgröße unter Verwendung eines Fahrzeugmodells. Die WO 2020 / 129 208 beschreibt die Anwendung von Bayes'schen Filtern als ein Beispiel für die Zustands-

schätzungsberechnung. Die zu erzeugende Reise-fahrroute wird durch eine Folge von Punkten darge-stellt, die eine Fahrzeugzustandsgröße enthalten.

[0052] Fig. 5 ist ein Flussdiagramm, das ein Verfah-ren zur Berechnung eines Referenzwertes durch den Referenzwert-Rechner 71 veranschaulicht. Zu Beginn des Betriebs stellt der Referenzwert-Rechner 71 zunächst Randbedingungen auf, die zur Anpas-sung bestimmter Referenzwerte verwendet werden (Schritt S1). Der Referenzwert-Rechner 71 gemäß Ausführungsform 1 legt einen oberen Grenzwert der Beschleunigung a_{lim} und eine Spuränderungszeit t_{lc} fest, die als Randbedingungen vorgegeben werden. Die Referenzwerte entsprechen dabei z.B. einem Ziel-Durchfahrtspunkt und einer Ziel-Geschwindig-keit. Beispiele für die Randbedingungen sind die Bedingung, dass „eine Beschleunigung kleiner oder gleich dem oberen absoluten Grenzwert der Beschleunigung a_{lim} “ sein muss. Die Randbedingun-gen sind wesentliche Voraussetzungen für die Ein-haltung der Zielwerte. Wenn also Ziel-Durchfahrts-punkte vorhanden sind, bei denen die Randbedingungen nicht eingehalten werden können, soll das Fahrzeug den Ziel-Durchfahrtspunkten fol-gen, wobei die Randbedingungen Vorrang haben. Nicht alle Referenzwerte unterliegen den Beschrän-kungen. So wird beispielsweise keine Beschränkung für die Berechnung der Durchfahrtspunkte oder der Referenz-Folgespurnummer festgelegt.

[0053] Die Festlegung der Randbedingungen kann verhindern, dass sich das Fahrzeug außerhalb der Randbedingungen verhält, und ermöglicht automati-siertes Fahren unter Berücksichtigung des Fahr-komforts und der Sicherheit.

[0054] Die Randbedingungen können in Abhängig-keit von den Fahrinformationen und einem Zielzu-stand geändert werden. Beispiele für das Ändern der Randbedingungen sind das Einholen von Infor-mationen über eine Handlung eines Fahrzeuginsas-sen von der Fahrzeuginsassen-Informationsbe-schaffungseinheit 54 und das anschließende Ändern der Randbedingungen in Abhängigkeit von der Handlung. Hier ist die Handlung des Fahrzeugin-sassen an der Fahrzeuginsassen-Informationsbe-schaffungseinheit 54 beispielsweise eine Handlung, die der Fahrzeuginsasse an einem Tablet-Endgerät durchführt, wenn die Fahrzeuginsassen-Inforna-tionsbeschaffungseinheit 54 das Tablet-Endgerät ist. Der Fahrzeuginsasse kann mit diesem Tablet-Terminal die Einstellung zum automatisierten Fahren vornehmen, beispielsweise „Spuränderung“ oder „Erhöhung einer Fahrzeuggeschwindigkeit“.

[0055] Die Fahrzeugzustandsgrößen als Randbe-dingungen sind nicht auf eine Beschleunigung und eine Spuränderungszeit beschränkt, sondern kön-nen eine Geschwindigkeit, einen Ruck, einen Lenk-

winkel, eine Lenkwinkelgeschwindigkeit, eine Lenk-winkelbeschleunigung, eine Rotationsgeschwindigkeit, eine Rotationsbeschleu-nigung, einen Fahrzeug-Schlupfwinkel, einen Rei-fen-Schlupfwinkel und beliebige Kombinationen davon beinhalten.

[0056] Nachdem die Randbedingungen in Schritt S1 festgelegt wurden, gehen die Prozesse zu Schritt S2 über, wo bestimmt wird, ob die Anzahl der Iterationen der Berechnung zur Erzeugung einer Fahrroute durch die Reisefahrrou-ten-Erzeugungsvorrichtung 70 die erste Iteration seit dem Start der Reisefahrrou-ten-Erzeugungsvorrichtung 70 ist. Wenn die Anzahl der Iterationen die erste Iteration ist (JA), fahren die Prozesse mit Schritt S3 fort. Andernfalls (NEIN), gehen die Prozesse zu Schritt S4 über.

[0057] In Schritt S3 wird ein Anfangswert für jeden Referenzwert auf der Grundlage des Zielzustands oder der Fahrinformationen festgelegt. Der Anfangs-wert der Referenzgeschwindigkeiten ist die aktuelle Geschwindigkeit des Fahrzeugs 1. Der Anfangswert der Referenz-Folgespurnummern ist eine Fahrspur-nummer des Fahrzeugs 1. Der Anfangswert der Referenzspurübergangsraten ist 0. Der Anfangswert der Durchfahrtspunkte ist hier nicht definiert. Der Anfangswert der Referenzgeschwindigkeiten kann eine Zielgeschwindigkeit sein. Der Anfangswert der Referenz-Folgespurnummer kann eine Zielfolge-spurnummer sein.

[0058] In Schritt S4 werden die im Referenzwert-Speicher 72 gespeicherten Referenzwerte als vorausgehende Referenzwerte gelesen. Anschlie-ßend wird mit Schritt S5 fortgefahren.

[0059] In Schritt S5 wird ein erster Referenzwert auf Basis der vorhergegangenen Referenzwerte ermit-telt. Ein vorhergehender Referenzwert eines durch einen skalaren Wert repräsentierten Referenzwertes wird als Anfangswert bestimmt. Daten, die dem aktuellen Zeitpunkt entsprechen, werden aus Refe-renzwerten, die durch eine Datenfolge repräsentiert werden, extrahiert und als anfänglicher Referenzwert bestimmt. Das Verfahren zur Extraktion der Daten, die dem aktuellen Zeitpunkt entsprechen, ist nicht beschränkt. Beispiele für das Verfahren sind das Bestimmen eines Abstands zwischen jedem Durch-fahrtspunkt und einer Fahrzeugposition, die in einer vorhergegangenen Berechnung aus den Durch-fahrtspunktinformationen entsprechend den vorher-gegangenen Referenzwerten erhalten wurde, das Schätzen eines Bewegungsabstands des Fahrzeugs 1 auf der Grundlage der aktuellen Geschwindigkeit und einer verstrichenen Zeit aus der vorhergegan- genen Berechnung, das Extrahieren eines der bestimmten Abstände zwischen den Durchfahrts-punkten und den Fahrzeugpositionen, die in der vor-hergegangenen Berechnung erhalten wurden, der

dem geschätzten Bewegungsabstand des Fahrzeugs 1 am nächsten kommt, und das Definieren des bestimmten Abstands als einen anfänglichen Referenzwert.

[0060] Dabei werden Referenzwerte auf rückwärtigen Positionen, gesehen von der Fahrzeugposition in der vorhergegangenen Berechnung, aus den auszuwählenden Zielen eliminiert. Die Datenlängen der Referenzwerte, die durch eine Datenfolge repräsentiert werden, sind alle gleich.

[0061] Fig. 6 veranschaulicht schematisch das Verfahren zur Extraktion eines ersten Referenzwertes. $\{P'_i\}$ bezeichnet Durchfahrtspunkte, die vorhergegangenen Referenzwerten entsprechen. Fig. 6 zeigt, dass die vorhergehenden Referenzwerte Informationen über die Durchfahrtspunkte $P'_1, P'_2, P'_3, P'_4, P'_5$ und P'_6 enthalten. Fig. 6 veranschaulicht die Position des Fahrzeugs 1 in der vorhergegangenen Berechnung durch gestrichelte Linien. Fig. 6 veranschaulicht auch die Fahrstrecke des Fahrzeugs 1, die auf der Grundlage der aktuellen Geschwindigkeit und der verstrichenen Zeit aus der vorhergegangenen Berechnung geschätzt wird, unter Verwendung eines Halbkreises, dessen Mittelpunkt die Position des Fahrzeugs 1 in der vorhergegangenen Berechnung ist, d.h. der Durchfahrtspunkt $\{P'_i\}$. Fig. 6 zeigt, dass der Durchfahrtspunkt P'_3 der geschätzten Fahrstrecke am nächsten kommt. Somit wird das dritte Element der Referenzwerte, die durch eine Datenfolge dargestellt werden, als anfänglicher Referenzwert bestimmt.

[0062] Obwohl das Extrahieren von Daten zum aktuellen Zeitpunkt aus den Durchfahrtspunktinformationen oben beschrieben wurde, können jedem der Referenzwerte Zeitinformationen zugeordnet werden, so dass die Daten, die dem aktuellen Zeitpunkt am nächsten liegen, extrahiert werden können. Dabei müssen die Datenlängen der Referenzwerte nicht alle gleich sein. Obwohl in der obigen Beschreibung Daten extrahiert werden, die einem der vorhergehenden Referenzwerte entsprechen, kann ein Wert, der auf der Grundlage von Abstandsinformationen oder Zeitinformationen interpoliert wurde, ein anfänglicher Referenzwert sein.

[0063] Nachdem der anfängliche Referenzwert in Schritt S3 oder Schritt S5 festgelegt wurde, fahren die Verfahren mit Schritt S6 fort. In Schritt S6 wird ein neuer Referenzwert auf der Grundlage der in Schritt S1 festgelegten Beschränkungen, des in Schritt S3 oder Schritt S5 festgelegten anfänglichen Referenzwertes und des von der Zieleinstelleinheit 60 erhaltenen Zielzustands berechnet. Im Folgenden wird ein Verfahren zur Berechnung des Referenzwertes beschrieben.

[0064] Zunächst wird beschrieben, wie eine Referenzgeschwindigkeit berechnet wird. Unter der Annahme, dass v_t eine Zielgeschwindigkeit bezeichnet, L_t eine Zielfolgespurnummer bezeichnet und s_i einen Abstand vom ersten Punkt zu jedem Punkt in einer Folge von Punkten $\{Q_{L_t, i}\}$ bezeichnet, die eine Zielfolgespur darstellen, wird der Abstand s_i durch die nachstehende Gleichung (7) ausgedrückt, wobei $s_1 = 0$ ist.

[Gleichung 7]

$$s_i = \sum_{j=1}^{i-1} \sqrt{(qx_{L_t, j+1} - qx_{L_t, j})^2 + (qy_{L_t, j+1} - qy_{L_t, j})^2} \quad (7)$$

[0065] Ein Referenzwert $\{v_i\}$ wird durch die nachstehende Gleichung (8) bestimmt, wobei ein Anfangswert v_0 der Referenzgeschwindigkeiten und der obere Grenzwert der absoluten Beschleunigung a_{lim} verwendet werden.

[Gleichung 8]

$$v_i = \sqrt{v_0^2 + \text{sgn}(v_t^2 - v_0^2) \cdot \min(|v_t^2 - v_0^2|, 2a_{lim}s_i)} \quad (8)$$

[0066] Hier ist sgn eine Funktion, die allgemein als Vorzeichenfunktion bezeichnet wird, und wird durch Gleichung (9) unten ausgedrückt.

[Gleichung 9]

$$\text{sgn}(x) = \begin{cases} 1: x > 0 \\ 0: x = 0 \\ -1: x < 0 \end{cases} \quad (9)$$

[0067] Fig. 7 veranschaulicht schematisch die nach dem oben beschriebenen Verfahren ermittelten Referenzgeschwindigkeiten. In Fig. 7 stellt die horizontale Achse den Abstand s und die vertikale Achse die Geschwindigkeit v dar. Fig. 7 veranschaulicht die Referenzgeschwindigkeiten, die die Zielgeschwindigkeit erreichen, anhand einer leichten Kurve, bezogen auf den Anfangswert der Referenzgeschwindigkeiten als Ursprung.

[0068] Als Nächstes wird beschrieben, wie eine Referenz-Folgespurnummer, eine Referenz-Spurübergangsrate und ein Referenz-Durchfahrtspunkt berechnet werden. Wenn die Zielfolgespurnummer L_t gleich einem Anfangswert L_0 der Referenz-Folgespurnummern ist oder wenn ein Anfangswert λ_0 der Spurübergangsrate größer als oder gleich 1 ist, werden die Referenz-Folgespurnummer L , die Referenz-Spurübergangsrate $\{\lambda_i\}$ und der Referenz-Durchfahrtspunkt $\{P_i\}$ durch Gleichung (10), Gleichung (11) bzw. Gleichung (12) unten ausgedrückt.

[Gleichung 10]

$$L = L_t \quad (10)$$

[Gleichung 11]

$$\lambda_i = 0 \quad (11)$$

[Gleichung 12]

$$P_i = Q_{L_t, i} \quad (12)$$

[0069] Wenn die Zielfolgespurnummer L_t vom Anfangswert L_0 der Referenz-Folgespurnummern abweicht und wenn der Anfangswert λ_0 der Referenz-Spurübergangsraten kleiner als 1 ist, wird im folgenden Verfahren ein Referenzwert bestimmt. Zunächst wird die Referenz-Folgespurnummer L gleich dem Anfangswert L_0 gesetzt, wie durch Gleichung (13) unten angegeben.

[Gleichung 13]

$$L = L_0 \quad (13)$$

[0070] Als Nächstes wird eine vorhergesagte verstrichene Zeit t_i zu jedem Punkt in der Folge von Punkten $\{Q_{L_t, i}\}$, die die Zielfolgespur darstellen, durch Gleichung (14) unten definiert.

[Gleichung 14]

$$t_i = \sum_{j=1}^i \frac{s_j}{v_j} \quad (14)$$

[0071] Die Referenz-Spur-Übergangsrate $\{\lambda_i\}$ wird aus der vorhergesagten verstrichenen Zeit t_i und der Spur-Änderungszeit t_{ic} unter Verwendung der nachstehenden Gleichung (15) berechnet.

[Gleichung 15]

$$\lambda_i = \min\left(\lambda_0 + \frac{t_i}{t_{ic}}, 1\right) \quad (15)$$

[0072] Wie in Gleichung (15) angegeben, ist die Referenzspurübergangsrate ein Wert, der sich aus der Division der vorhergesagten verstrichenen Zeit durch die Spuränderungszeit ergibt. Da eine Fahrroute so generiert wird, dass eine Spuränderung innerhalb der Spuränderungszeit t_{ic} abgeschlossen ist, stellt die Division der vorhergesagten verstrichenen Zeit durch die Spuränderungszeit dar, wie weit die Spuränderung in einem i -ten Punkt fortgeschritten ist.

[0073] Die Spuränderungszeit ist hier eine voreingestellte Zeit. Die Spuränderungszeit ist z.B. auf eine Zeit eingestellt, in der der Fahrzeuginsasse keinen Stress beim Ändern einer Spur verspürt, und kann vom Fahrzeuginsassen über die Fahrzeuginsassen-Informationsbeschaffungseinheit 54 auf die Präferenzen des Fahrzeuginsassen eingestellt werden. Weiterhin kann die Spuränderungszeit in einen Zielzustand einbezogen werden.

[0074] Als nächstes wird ein Referenzdurchfahrtpunkt $\{P_i\}$ aus der Folge von Punkten $\{Q_{L_t, i}\}$, die die Referenz-Folgespur darstellen, der Folge von Punkten $\{Q_{L_t, i}\}$, die die Zielfolgespur darstellen, und der Referenzspurübergangsrate $\{\lambda_i\}$ unter Verwendung der Gleichung (16) unten berechnet.

[Gleichung 16]

$$P_i = \frac{1 + \cos(\lambda_i \pi)}{2} Q_{L_t, i} + \frac{1 - \cos(\lambda_i \pi)}{2} Q_{L_t, i} \quad (16)$$

[0075] Obwohl ein Durchfahrtpunkt durch Anwendung einer trigonometrischen Funktion auf die Spur-Übergangsrate in Ausführungsform 1 gemäß Gleichung (16) bestimmt wird, kann der Durchfahrtpunkt auch durch Anwendung einer Sigmoidfunktion oder durch direkte Multiplikation einer Folge von Punkten einer Spur mit einer Spur-Übergangsrate bestimmt werden.

[0076] Fig. 8 und Fig. 9 zeigen schematisch die Referenz-Spur-Übergangsraten bzw. die Referenz-Durchfahrtpunkte, die in den vorgenannten Verfahren bestimmt wurden. In Fig. 8 stellt die horizontale Achse die vorhergesagte verstrichene Zeit t und die vertikale Achse die Referenzspurübergangsrate λ_i dar. In Fig. 8 wird die Referenzspurübergangsrate im Verhältnis zur vorhergesagten verstrichenen Zeit in Bezug auf den Anfangswert der Referenzspurübergangsraten als Ursprung auf 100 %, d.h. 1, erhöht. In Fig. 9 stellt die horizontale Achse den Referenzdurchfahrtpunkt p_x in Richtung der x -Achse und die vertikale Achse den Referenzdurchfahrtpunkt p_y in Richtung der y -Achse dar. Fig. 9 veranschaulicht eine Fahrroute, die die Zielfolgespur LT unter Verwendung einer leichten Kurve erreicht.

[0077] Wie oben beschrieben, generiert die Reise-fahrroun-erzeugungsvorrichtung 70 eine Reise-fahrroute basierend auf dem aktuellen Referenzwert, der mit einem Zielzustand des Fahrzeugs 1 und vorhergegangenen Referenzwerten, d.h. Zielwerten, abgeglichen wird. Dadurch kann das Fahrzeug 1 den Zielzustand, d.h. das automatisierte Fahren mit besserem Fahrkomfort, realisieren, wobei sich die Spur abrupt ändert und die Geschwindigkeit dabei reduziert wird.

[Modifikation 1]

[0078] Die Ausführungsform 1 beschreibt, dass die Randbedingungen in Abhängigkeit von den Fahrinformationen und Zielzuständen verändert werden können. Hier schließen die von der Zielsetzungseinheit 60 erhaltenen Zielzustände den Notfall ein, und die vom Referenzwert-Rechner 71 zu verwendenden Randbedingungen können in Abhängigkeit von einem Wert des Notfalls geändert werden. Je höher zum Beispiel der Notfall ist, desto mehr kann der Bereich der Fahrzeugzustandsmenge, die unter den Beschränkungen erlaubt ist, erweitert werden. Wenn der Notfall höher als ein vorbestimmter Schwellenwert ist, können die Beschränkungen den Beschränkungen der dynamischen Leistung des Fahrzeugs entsprechen.

[0079] In diesem Fall ist der Notfall mit der erforderlichen Reaktionsfähigkeit für jede der Zustandsgrößen verbunden, die nicht zum Notfall gehören und in den Zielzuständen enthalten sind. Wenn es sich bei den in den Zielzuständen enthaltenen Zustandsgrößen mit Ausnahme des Notfalls beispielsweise um eine Position, eine Orientierung, eine Geschwindigkeit, eine Beschleunigung, eine Rotationsgeschwindigkeit, einen Lenkwinkel und eine Lenkwinkelgeschwindigkeit sowie eine seitliche Abweichung in Bezug auf die Mitte einer folgenden Spur der Fahrzeugkarosserie handelt, kann die Ansprechempfindlichkeit durch die Zeit definiert werden, die jede der Zustandsgrößen benötigt, um innerhalb einer bestimmten Toleranz auf einen Zielwert zu konvergieren. Eine Zustandsgröße mit hoher Ansprechempfindlichkeit wirkt sich auf den Fahrkomfort aus. Darüber hinaus kann die Ansprechempfindlichkeit einer Folgespurnummer als die Ansprechempfindlichkeit einer Spurübergangsrate definiert werden. Ist diese Ansprechempfindlichkeit hoch, wird der Fahrkomfort z.B. durch abrupte Spuränderungen beeinträchtigt.

[0080] Die Änderung der Randbedingungen in Abhängigkeit von der Notfallsituation eines Fahrzeugzustandes und die Zuweisung einer höheren Priorität für das Ansprechverhalten als für den Fahrkomfort bei hoher Notfallsituation ermöglichen somit ein automatisiertes Fahren mit höherer Sicherheit.

[Modifikation 2]

[0081] Bei Vorhandensein eines Hindernisses in der Nähe von Referenzdurchfahrtpunkten kann eine in Bezug auf die Referenzdurchfahrtpunkte horizontal verschobene Reisefahrtroute gewünscht sein. In diesem Fall beinhalten die Referenzwerte eine Referenz-Seitenabweichung, die eine seitliche Abweichung darstellt, die das Fahrzeug in Bezug auf die Referenzdurchfahrtpunkte einnehmen sollte. So kann der Referenzwert-Rechner 71 so konfiguriert

werden, dass er die Funktion hat, die Referenz-Seitenabweichung in Abhängigkeit von einer Position des Hindernisses zu bestimmen. Darüber hinaus beinhalten die Randbedingungen einen oberen Grenzwert für die Änderungsgeschwindigkeit u_{lim} für die seitliche Abweichung. Die Referenz-Seitenabweichung wird durch eine Datenfolge $\{d_i\}$ dargestellt. Im Folgenden wird ein Beispiel für die Bestimmung der Referenz-Seitenabweichung beschrieben.

[0082] Die Fig. 10 und 11 zeigen schematisch die Berechnung der Referenz-Seitenabweichung. Fig. 10 veranschaulicht die Vorgänge bei Vorhandensein eines Hindernisses OB auf der linken Seite in Bezug auf die Ausrichtung des Fahrzeugs 1 am Referenzdurchfahrtpunkt P_i . Fig. 11 veranschaulicht die Vorgänge bei Vorhandensein des Hindernisses OB auf der rechten Seite in Bezug auf die Ausrichtung des Fahrzeugs 1 am Referenzdurchfahrtpunkt P_i .

[0083] Der Abstand von jedem der Referenzdurchfahrtpunkte zum Schnittpunkt einer Geraden, die senkrecht zu einer Tangente am Referenzdurchfahrtpunkt verläuft, und einer Begrenzung eines besetzten Bereichs des Hindernisses OB in Fig. 10 und 11 wird berechnet. Hier wird die Tangente am Referenzdurchfahrtpunkt wie folgt definiert: Wenn beispielsweise angenommen wird, dass θ_i den Durchschnitt der Steigung einer geraden Linie, die einen Referenzdurchfahrtpunkt P_{i-1} mit einem Referenzdurchfahrtpunkt P_i verbindet, und der Steigung einer geraden Linie, die den Referenzdurchfahrtpunkt P_i mit einem Referenzdurchfahrtpunkt P_{i+1} verbindet, bezeichnet, wird eine gerade Linie mit der Steigung θ_i , die durch den Referenzdurchfahrtpunkt P_i verläuft, als Tangente am Referenzdurchfahrtpunkt P_i definiert. Wenn die Referenzdurchfahrtpunkte in einem Interpolationsverfahren wie der Spline-Interpolation verbunden werden, werden die Referenzdurchfahrtpunkte kontinuierlich durch Kurven in der Spline-Interpolation verbunden. Somit kann die gerade Linie mit der Steigung θ_i , die durch den Referenzdurchfahrtpunkt P_i verläuft, als gekrümmte Tangente am Referenzdurchfahrtpunkt P_i definiert werden.

[0084] $\{dl1_i\}$ bezeichnet einen Abstand der Geraden, der sich von jedem der Referenzdurchfahrtpunkte nach links erstreckt, und $\{dr2_i\}$ bezeichnet einen Abstand der Geraden, der sich von dem Referenzdurchfahrtpunkt nach rechts erstreckt, in Bezug auf die Ausrichtung des Fahrzeugs 1. Wenn der Schnittpunkt mit der Grenze des besetzten Bereichs des Hindernisses OB nicht vorhanden ist, wird der Abstand durch einen ausreichend großen Wert ersetzt. W_v bezeichnet die Breite der Karosserie des Fahrzeugs 1. Ein Sicherheitsabstand M_{obs} zwischen dem Hindernis OB und dem Fahrzeug 1 ist vorgegeben. Ein Abstand, der durch einen Pfeil

dargestellt ist, der sich gegenüber einem Pfeil, der den Abstand $\{dl1_i\}$ darstellt, erstreckt, ist als die kleinste seitliche Abweichung $\{dl2_i\}$ in **Fig. 10** definiert. Ein Abstand, der durch einen Pfeil veranschaulicht wird, der sich gegenüber einem Pfeil erstreckt, der den Abstand $\{dr1_i\}$ veranschaulicht, wird als die kleinste seitliche Abweichung $\{dr2_i\}$ in **Fig. 11** definiert. Die kleinste seitliche Abweichung $\{dl2_i\}$ und die kleinste seitliche Abweichung $\{dr2_i\}$ können durch Gleichung (17) bzw. Gleichung (18) bestimmt werden.

[Gleichung 17]

$$dl2_i = -\min\left(dl1_i - \frac{W_v}{2} - M_{obs}, 0\right) \quad (17)$$

[Gleichung 18]

$$dr2_i = -\min\left(dr1_i - \frac{W_v}{2} - M_{obs}, 0\right) \quad (18)$$

[0085] Hier wird ein durch einen Pfeil dargestellter Abstand am Referenzdurchfahrtpunkt P_{i-1} als Seitenabweichung $\{dl3_{i-1, i}\}$ und ein durch einen Pfeil dargestellter Abstand am Referenzdurchfahrtpunkt P_{i+1} als Seitenabweichung $\{dr3_{i+1, i}\}$ definiert, bezogen auf die kleinste Seitenabweichung $\{dl2_i\}$ am Referenzdurchfahrtpunkt P_i in **Fig. 10**. Diese seitlichen Abweichungen sind seitliche Abweichungen, die an den Referenzdurchfahrtpunkten vor und nach dem Referenzdurchfahrtpunkt P_i eingestellt werden, um die realistische kleinste seitliche Abweichung $\{dl2_i\}$ unter der Bedingung des oberen Geschwindigkeitsgrenzwertes u_{lim} für die seitliche Abweichung einzustellen. Durch deren Einstellung können die Geschwindigkeit für die Seitenabweichung des Fahrzeugs 1 reduziert und eine Verminderung des Fahrkomforts verhindert werden.

[0086] In ähnlicher Weise wird ein durch einen Pfeil dargestellter Abstand am Referenzdurchfahrtpunkt P_{i-1} als Seitenabweichung $\{dr3_{i-1, i}\}$ und ein durch einen Pfeil dargestellter Abstand am Referenzdurchfahrtpunkt P_{i+1} als Seitenabweichung $\{dl3_{i+1, i}\}$ definiert, bezogen auf die kleinste Seitenabweichung $\{dr2_i\}$ am Referenzdurchfahrtpunkt P_i in **Fig. 11**.

[0087] Die kleinste seitliche Abweichung $\{dl2_i\}$ am Referenzdurchfahrtpunkt P_i , der eine Anfangsposition in **Fig. 10** ist, und die kleinste seitliche Abweichung $\{dr2_i\}$ am Referenzdurchfahrtpunkt P_i , der eine Anfangsposition in **Fig. 11** ist, werden durch Gleichung (19) bzw. Gleichung (20) bestimmt, wobei eine seitliche Abweichung d_0 verwendet wird, die in Referenzwerten an den Anfangspositionen enthalten ist.

[Gleichung 19]

$$dl2_1 = \max(-d_0, 0) \quad (19)$$

[Gleichung 20]

$$dr2_1 = \max(d_0, 0) \quad (20)$$

[0088] Wenn die Änderungsgeschwindigkeit für die seitliche Abweichung auf u_{lim} oder weniger begrenzt ist, werden die seitlichen Abweichungen $\{dl3_{i, j}\}$ und $\{dr3_{i, j}\}$, die in dem Element i gesichert werden sollten, um die kleinste seitliche Abweichung in einem Element j zu realisieren, durch Gleichung (21) bzw. Gleichung (22) unter Verwendung der vorhergesagten verstrichenen Zeit t_i bestimmt.

[Gleichung 21]

$$\{dl3_{i, j}\} = \{dl3_{i,1}, dl3_{i,2}, dl3_{i,3}, \dots, dl3_{i,M}\} \quad (21)$$

[Gleichung 22]

$$\{dr3_{i, j}\} = \{dr3_{i,1}, dr3_{i,2}, dr3_{i,3}, \dots, dr3_{i,M}\} \quad (22)$$

[0089] Die seitlichen Abweichungen $dl3_{i, j}$ und $dr3_{i, j}$ an den jeweiligen Referenzdurchfahrtpunkten in Gleichung (21) und Gleichung (22) werden durch Gleichung (23) bzw. Gleichung (24) bestimmt.

[Gleichung 23]

$$dl3_{i, j} = \max\left(dl2_j - |t_i - t_j| \cdot u_{lim}, 0\right) \quad (23)$$

[Gleichung 24]

$$dr3_{i, j} = \max\left(dr2_j - |t_i - t_j| \cdot u_{lim}, 0\right) \quad (24)$$

[0090] Hier entspricht das Element j dem Referenzdurchfahrtpunkt P_i für die Berechnung der kleinsten seitlichen Abweichung $\{dl2_i\}$ und der kleinsten seitlichen Abweichung $\{dr2_i\}$ wie oben beschrieben. Das Element i entspricht jeweils dem Referenzdurchfahrtpunkt P_{i-1} und dem Referenzdurchfahrtpunkt P_{i+1} , die die Referenzdurchfahrtpunkte vor und nach dem Referenzdurchfahrtpunkt P_i sind.

[0091] Wenn beispielsweise die Änderungsgeschwindigkeit für die seitliche Abweichung auf u_{lim} oder weniger begrenzt ist, wobei $i = j - 1$ ist, muss eine Differenz zwischen der seitlichen Abweichung im Element j und der seitlichen Abweichung in einem Element $j - 1$ kleiner als oder gleich einem bestimmten Wert $\Delta dl2_j$ sein. Mit anderen Worten, um die kleinste seitliche Abweichung $dl2_j$ im Element j zu erreichen, muss die seitliche Abweichung im Element $j - 1$ größer als mindestens $dl2_j - \Delta dl2_j$ sein. Das

bedeutet die zu sichernde Seitenabweichung im Element i . Der bestimmte Wert Δd_{l2_j} entspricht $|t_i - t_j| \cdot u_{lim}$ in Gleichung (23) und Gleichung (24). Da $i = j - 1$ ist, kann der bestimmte Wert Δd_{l2_j} durch Gleichung (25) ausgedrückt werden.

[Gleichung 25]

$$\Delta d_{l2_j} = |t_j - t_{j-1}| \cdot u_{lim} \quad (25)$$

[0092] Eine linke Seitenabweichung d_{li} und eine rechte Seitenabweichung d_{ri} in den jeweiligen Elementen i stellen die Maximalwerte der Seitenabweichung $\{d_{l3_{i,j}}\}$ und der Seitenabweichung $\{d_{r3_{i,j}}\}$ dar und werden durch Gleichung (26) bzw. Gleichung (27) bestimmt.

[Gleichung 26]

$$d_{li} = \max\{d_{l3_{i,j}}\} \quad (26)$$

[Gleichung 27]

$$d_{ri} = \max\{d_{r3_{i,j}}\} \quad (27)$$

[0093] Anschließend wird aus der linken Seitenabweichung d_{li} und der rechten Seitenabweichung d_{ri} durch Gleichung (28) eine Referenz-Seitenabweichung d_i bestimmt.

[Gleichung 28]

$$d_i = d_{ri} - d_{li} \quad (28)$$

[0094] Wie oben beschrieben, kann eine Seitenabweichung unter den Randbedingungen verändert werden, wobei eine Seitenabweichung bei der Erzeugung einer vorhergegangenen Fahrroute als Ausgangswert verwendet wird. Da die Erkennungsgenauigkeit des Hindernisses OB gering ist, können abrupte Änderungen im Verhalten des Fahrzeugs unterdrückt werden, auch wenn die Position des zu erkennenden Hindernisses abrupt geändert wird.

[0095] Fig. 12 und 13 zeigen schematisch die Änderungen der Referenz-Seitenabweichung, wenn die Erkennungsposition des Hindernisses OB abrupt geändert wird. In jeder der Fig. 12 und 13 stellt eine durchgezogene Linie Referenzdurchfahrtspunkte dar, und eine gestrichelte Linie stellt eine Reisefahrroute dar, die unter Berücksichtigung der Referenzdurchfahrtspunkte und der Referenz-Seitenabweichung erhalten wurde. Da sich das Hindernis OB zum Zeitpunkt von Fig. 12 in der Nähe der Referenzdurchfahrtspunkte befindet, wird eine Reisefahrroute, die das Hindernis umgeht, mit einer großen Referenz-Seitenabweichung erzeugt. Zum Zeitpunkt von Fig. 13 bis zum Zeitpunkt von Fig. 12 ist die Erkennungsposition des Hindernisses OB stark von der zum Zeitpunkt von Fig. 12 verändert, und das Hindernis OB ist von den Referenzdurchfahrtspunk-

ten entfernt. Es besteht also keine Notwendigkeit, dem Hindernis OB auszuweichen. Hier wird eine Referenz-Seitenabweichung berechnet, die sich allmählich dem Wert 0 annähert, wobei eine Referenz-Seitenabweichung bei der Erstellung der vorhergegangenen Fahrroute als Ausgangswert verwendet wird. Dadurch können abrupte Änderungen der Fahrroute auch bei abrupter Änderung der Erkennungsposition des Hindernisses OB unterdrückt und der Fahrkomfort verbessert werden.

[Ausführungsform 2]

[0096] Fig. 14 ist ein funktionales Blockdiagramm eines automatisierten Fahrsystems 200, das eine Reisefahrroute durch eine Reisefahrrouten-Erzeugungsvorrichtung gemäß Ausführungsform 2 erzeugt. Für die gleichen Strukturen wie bei dem unter Bezugnahme auf Fig. 3 beschriebenen Automatisierten Fahrsystem 100 werden die gleichen Bezugswerte verwendet, und eine überlappende Beschreibung entfällt. Die Systemkonfiguration des Fahrzeugs 1, in dem das Automatisierte Fahrsystem 200 angebracht ist, ist identisch mit der in Fig. 1.

[0097] Die Fahrzeug-Steuereinheit 30 beinhaltet die Zieleinstelleinheit 60, eine Reisefahrrouten-Erzeugungsvorrichtung 70A und die Fahrzeug-Steuerung 80. Die Reisefahrrouten-Erzeugungsvorrichtung 70A hat eine Struktur, die durch Hinzufügen eines Planungspunktselektors 74, eines Planungspunkt-speichers 75 und eines Routen-Extraktors 76 zu der Reisefahrrouten-Erzeugungsvorrichtung 70 gemäß der Ausführungsform 1 erhalten wird, und zeichnet sich durch die Verwendung von Planungspunkten bei der Berechnung von Referenzwerten aus.

[0098] Obwohl die Planungspunkte nahezu identisch sind mit den Punkten, die eine Reisefahrroute bilden, unterscheiden sich die Planungspunkte von den Punkten, die eine Reisefahrroute bilden, durch die Art und Weise, wie die Verbindungen zwischen den Punkten hergestellt werden. Insbesondere wird jeweils nur ein Punkt vor und nach einem Punkt einer Reisefahrroute zu einem bestimmten Zeitpunkt verbunden, während eine beliebige Anzahl von Planungspunkten nach einem Planungspunkt zu einem bestimmten Zeitpunkt verbunden werden kann, um eine Baumstruktur anzunehmen, obwohl nur ein Planungspunkt vor dem Planungspunkt zu dem bestimmten Zeitpunkt verbunden ist.

[0099] Fig. 15 zeigt schematisch eine Beispiel-Reisefahrroute, und Fig. 16 zeigt schematisch eine Beispiel-Baumstruktur von Planungspunkten.

[0100] Wie in Fig. 15 dargestellt, wird eine Reisefahrroute durch eine Folge von Punkten TP₁ bis TP₆ repräsentiert. Punkte, die mit einem Punkt zu einem bestimmten Zeitpunkt verbunden sind, sind Punkte

vor und nach dem Punkt zu dem bestimmten Zeitpunkt, mit Ausnahme des Start- und des Endpunktes. Wie in **Fig. 16** dargestellt, werden die Planungspunkte durch eine Folge von Punkten LP₁ bis LP₇ repräsentiert. Obwohl ein Planungspunkt vor einem Planungspunkt zu einem bestimmten Zeitpunkt mit Ausnahme des Startpunkts und des Endpunkts verbunden ist, ist eine Vielzahl von Planungspunkten nach dem Planungspunkt zu dem bestimmten Zeitpunkt verbunden. Die Planungspunkte verzweigen sich manchmal.

[0101] Hier wird wieder **Fig. 14** beschrieben. Der Planungspunktselektor 74 hat die Funktion, aus den im Planungspunktspeicher 75 gespeicherten vorhergehenden Planungspunkten einen Planungspunkt als Auswahlplanungspunkt auszuwählen und eine Auswahlplanungspunktnummer, die eine Identifikationsnummer des Auswahlplanungspunktes ist, an den Referenzwert-Rechner 71 und den Routengenerator 73 auszugeben.

[0102] Die Verfahren zur Auswahl eines Planungspunktes sind nicht besonders beschränkt. Beispiele für Verfahren sind ein Verfahren zur Bestimmung eines ausgewählten Planungspunktes unter Verwendung von Zufallswerten und ein Verfahren zur Bestimmung eines ausgewählten Planungspunktes auf der Grundlage eines Zielzustands oder der Fahrinformationen. Der Planungspunktselektor 74 gibt bei der ersten Berechnung zur Generierung einer Fahrroute einen ungültigen Wert als Auswahlplanungspunktnummer aus, ohne ein Verfahren zur Auswahl eines Planungspunktes durchzuführen, das später beschrieben wird.

[0103] Der Referenzwert-Rechner 71 hat die Aufgabe, auf der Basis der Fahrinformationen, des Zielzustandes, der im Referenzwert-Speicher 72 gespeicherten vorhergegangenen Planungspunkt-Referenzwerte und der vom Planungspunktselektor 74 erhaltenen Auswahl-Planungspunktnummer Referenzwerte neu zu berechnen und an den Routengenerator 73 auszugeben. Dabei sind die vorhergegangenen Planungspunkt-Referenzwerte solche Planungspunkt-Referenzwerte, die den im vorhergegangenen Berechnungszeitraum gewonnenen Planungspunkten entsprechen. Die Planungspunkt-Referenzwerte sind nicht immer identisch mit Referenzwerten, sondern beinhalten Planungspunkt-Referenzwerte, die allen Planungspunkten entsprechen.

[0104] Der Routengenerator 73 hat die Aufgabe, auf der Grundlage der Fahrinformationen, der Referenzwerte, der Auswahlplanungspunktnummer und der vorhergegangenen Planungspunkte eine Vielzahl von Planungspunkten zu erzeugen und die Vielzahl von Planungspunkten an den Planungspunktspeicher 75 und den Routen-Extraktor 76 auszugeben,

sowie den Planungspunkten entsprechende Planungspunkt-Referenzwerte zu berechnen und die Planungspunkt-Referenzwerte an den Referenzwert-Speicher 72 auszugeben.

[0105] Wie zuvor beschrieben, werden jedem der Planungspunkte Informationen über die Verbindungen zwischen den Punkten zugeordnet. Die Methoden zur Darstellung der Verbindungsinformationen sind nicht besonders beschränkt. Unter der Annahme, dass beispielsweise ein Planungspunkt vor einem Planungspunkt zu einem bestimmten Zeitpunkt oder ein Planungspunkt mit einer kurzen Bewegungsdistanz von der Position des gegenständlichen Fahrzeugs ein „Elternteil“ ist und ein Planungspunkt nach dem Planungspunkt zu dem bestimmten Zeitpunkt oder ein Planungspunkt mit einer langen Bewegungsdistanz von der Position des gegenständlichen Fahrzeugs ein „Kind“ ist, können die Verbindungsinformationen durch Identifikationsnummern von Planungspunkten dargestellt werden, die als Elternteil und Kind jedes Planungspunktes bestimmt wurden.

[0106] Der Referenzwert-Speicher 72 hat die Funktion, die vom Routengenerator 73 ausgegebenen Planungspunkt-Referenzwerte zu speichern und die gespeicherten Planungspunkt-Referenzwerte an den Referenzwert-Rechner 71 als vorausgehende Planungspunkt-Referenzwerte im nächsten Berechnungszeitraum auszugeben.

[0107] Der Planungspunktspeicher 75 hat die Funktion, die vom Routengenerator 73 ausgegebenen Planungspunkte zu speichern und die gespeicherten Planungspunkte an den Planungspunktselektor 74 und den Routengenerator 73 als vorausgehende Planungspunkte im nächsten Berechnungszeitraum auszugeben.

[0108] Der Routen-Extraktor 76 hat die Aufgabe, aus den vom Routengenerator 73 ausgegebenen Planungspunkten eine Vielzahl von Planungspunkten zu extrahieren und die Planungspunkte als Reiseroute an die Fahrzeug-Steuerung 80 auszugeben. Die Methoden zum Extrahieren der Planungspunkte sind nicht besonders beschränkt. Beispiele für Verfahren sind das Bestimmen eines Planungspunktes, der einem von der Zieleinstelleinheit 60 erhaltenen Zielerreichungspunkt am nächsten liegt, als Endplanungspunkt und das Bestimmen einer Folge von Punkten ohne Verzweigung, die sich durch das Verfolgen von Planungspunkten vor dem Endplanungspunkt ergeben, als Reiseroute.

[0109] Es ist auch möglich, Planungspunkte, deren Abstände zum Zielerreichungspunkt kleiner oder gleich einem vorgegebenen Abstand sind, als Endpunktkandidaten zu bestimmen und einen Planungspunkt, dessen Kosten unter den Endpunktkandida-

ten am geringsten sind, als Endpunkt zu bestimmen. Dabei werden die Kosten jedes der Endpunktkandidaten z.B. durch die Berechnung einer Summe von Produkten aus Fahrzeugzustandsgrößen und vorgegebenen Gewichten auf den jeweiligen Planungspunkten ermittelt, die bei der Verfolgung von Planungspunkten vor dem Endpunktkandidaten aufgespürt werden. Der Planungspunkt mit der niedrigsten Summe wird als Endplanungspunkt bestimmt. Wenn eine geringere Gewichtung der Fahrzeugzustandsgröße auf den Fahrkomfort die Kosten reduziert, wird der Fahrkomfort verbessert.

[0110] Die Einbeziehung einer Kollisionswahrscheinlichkeit mit einem Hindernis in die Fahrzeugzustandsgröße an jedem Planungspunkt ermöglicht die Auswahl eines Planungspunktes unter Berücksichtigung der Kollisionswahrscheinlichkeit mit dem Hindernis. Die Zeitinformation kann jedem Planungspunkt zugeordnet werden, so dass Planungspunkte ab einer vorgegebenen Zielerreichungszeit bis zu einer vorbestimmten Zeit als Endplanungspunktkandidaten ermittelt werden können.

[0111] Fig. 17 ist ein Flussdiagramm, das ein Verfahren zur Berechnung von Planungspunkt-Referenzwerten durch den Routengenerator 73 zeigt. Nach dem Start des Betriebs ermittelt der Routengenerator 73 zunächst, ob die Anzahl der Iterationen der Berechnung zur Erzeugung einer Fahrroute durch die Reisefahrrouten-Erzeugungsvorrichtung 70A die erste Iteration seit dem Start der Reisefahrrouten-Erzeugungsvorrichtung 70A ist (Schritt S21). Wenn die Anzahl der Iterationen die erste Iteration ist (JA), fahren die Prozesse mit Schritt S22 fort. Andernfalls (NEIN), fahren die Prozesse mit Schritt S23 fort.

[0112] In Schritt S22 wird auf der Grundlage der aus der Informationsbeschaffungseinheit 50 erhaltenen Fahrzeugzustandsgröße ein Anfangszustand, d.h. ein Anfangswert für die Erzeugung einer Fahrroute bestimmt. Anschließend wird mit Schritt S24 fortgefahren.

[0113] Zum anderen wird in Schritt S23 aus einem Auswahlplanungspunkt der Ausgangszustand für die Generierung einer Fahrroute ermittelt. Konkret wird aus den vorhergegangenen Planungspunkten, die aus dem Planungspunktspeicher 75 gewonnen werden, ein Planungspunkt extrahiert, welcher der aus dem Planungspunktselektor 74 gewonnenen Auswahlplanungspunktnummer entspricht. Eine Fahrzeugzustandsgröße an dem extrahierten Planungspunkt wird als Anfangszustand, d.h. als Anfangswert, bestimmt. Anschließend wird mit Schritt S24 fortgefahren.

[0114] In Schritt S24 wird eine Reisefahrroute generiert, indem eine Zustandsschätzungsberechnung für die Fahrzeugzustandsgröße durchgeführt wird,

basierend auf dem in Schritt S22 oder S23 bestimmten Anfangszustand, zum Beispiel unter Verwendung des in der WO 2020 129 208 beschriebenen Fahrzeugmodells. Konkret wird die Reisefahrroute durch die in dem vorgenannten bekannten Dokument beschriebene Technologie erzeugt, indem die von dem Planungspunkt, der der Nummer des ausgewählten Planungspunktes entspricht, erhaltenen Informationen unter Verwendung der Durchfahrtspunkte und der Geschwindigkeiten, die in den Referenzwerten enthalten sind, als Ausgangszustand bestimmt werden. Zum Beispiel ist ein Verfahren zum Erzeugen einer Reisefahrroute unter Verwendung der Hindernisinformationen und der Straßeninformationen ein bekanntes Verfahren als ein Verfahren zum Erzeugen einer Reisefahrroute unter Verwendung der Fahrinformationen.

[0115] Nachdem die Reisefahrroute generiert wurde, fahren die Prozesse mit Schritt S25 fort, wo eine Identifikationsnummer definiert wird, die für jeden der Planungspunkte eindeutig ist, welche die Reisefahrroute bilden. Dann werden die Identifikationsnummer jedes der Planungspunkte und die Identifikationsnummern eines übergeordneten und eines untergeordneten Planungspunktes den Informationen über den Planungspunkt zugeordnet. Dann werden die Planungspunkte als zusätzliche Planungspunkte bestimmt.

[0116] Fig. 18 illustriert ein Konzept dieses Prozesses. Wie in Fig. 18 dargestellt, werden, wenn die in Schritt S24 erzeugte Reisefahrroute drei Planungspunkte enthält, den jeweiligen Planungspunkten Identifikationsnummern, d.h. hier die Identifikationsnummern 8, 9 und 10, zugewiesen. Dann werden die Planungspunkte, denen jeweils Identifikationsnummerninformationen über einen übergeordneten und einen untergeordneten Punkt zugeordnet sind, als zusätzliche Planungspunkte bestimmt. Fig. 18 veranschaulicht, dass der Planungspunkt mit der Identifikationsnummer 8 als zusätzlicher Planungspunkt AP_1 und ein zusätzlicher Planungspunkt AP_2 mit der Identifikationsnummer 9 als Kind des zusätzlichen Planungspunktes AP_1 bestimmt wird, da die Identifikationsnummerninformationen über das Elternteil und das Kind vorliegen. Da der übergeordnete Punkt für den zusätzlichen Planungspunkt AP_1 der vorhergehende Planungspunkt LP_1 ist, dem die Identifikationsnummer 1 zugewiesen wurde, wird dem zusätzlichen Planungspunkt AP_1 die Identifikationsnummer 1 als übergeordnete Information zugewiesen. Für die zusätzlichen Planungspunkte AP_2 und AP_3 entfallen die Identifikationsnummerninformationen des übergeordneten und des untergeordneten Planungspunktes.

[0117] Der vorhergehende Planungspunkt LP_1 ist ein Auswahlplanungspunkt, der vom Planungspunktselektor 74 aus den im Planungspunktspeicher 75

gespeicherten vorhergehenden Planungspunkten LP_1 bis LP_7 ausgewählt wird. Den vorhergehenden Planungspunkten LP_1 bis LP_7 sind die Identifikationsnummern 1 bis 7 zugeordnet.

[0118] Dabei wird, wenn ein Planungspunkt, der in der in Schritt S24 erzeugten und die drei Planungspunkte beinhaltenden Reisefahrtroute dem übergeordneten Punkt am nächsten liegt, mit dem Auswahlplanungspunkt übereinstimmt, der dem übergeordneten Punkt am nächsten liegende Planungspunkt aus den weiteren Planungspunkten entfernt. Dann wird der Auswahlplanungspunkt als übergeordneter Punkt für den zusätzlichen Planungspunkt ausgewählt, der dem übergeordneten Punkt am zweitnächsten ist.

[0119] Fig. 19 veranschaulicht ein Konzept dieses Prozesses. Wie in Fig. 19 dargestellt, wird diesem Planungspunkt keine Identifikationsnummer zugewiesen, wenn der Planungspunkt, der dem übergeordneten Punkt in der in Schritt S24 erzeugten und die drei Planungspunkte einschließenden Reisefahrtroute am nächsten liegt, d.h. der Planungspunkt an der Spitze der Reisefahrtroute, mit dem vorhergehenden Planungspunkt LP_1 übereinstimmt, der der Auswahlplanungspunkt ist, und die Identifikationsnummern 8 und 9 werden dem zweiten und dritten Planungspunkt zugewiesen. Fig. 19 zeigt, dass der Planungspunkt mit der Identifikationsnummer 8 als zusätzlicher Planungspunkt AP_1 bestimmt wird, der zusätzliche Planungspunkt AP_2 mit der Identifikationsnummer 9 als Kind des zusätzlichen Planungspunktes AP_1 bestimmt wird und der vorhergehende Planungspunkt LP_1 , der der Auswahlplanungspunkt ist, als Elternteil des zusätzlichen Planungspunktes AP_1 bestimmt wird.

[0120] Nachdem die zusätzlichen Planungspunkte erzeugt wurden, fahren die Prozesse mit Schritt S26 fort, wo Planungspunkt-Referenzwerte, die den zusätzlichen Planungspunkten entsprechen, als zusätzliche Planungspunkt-Referenzwerte berechnet werden, basierend auf den Referenzwerten und den zusätzlichen Planungspunkten.

[0121] Die Planungspunkt-Referenzwerte können durch Zuordnung einer Identifikationsnummer jedes der Planungspunkte zu einem Referenzwert gewonnen werden. Beispiele für die Planungspunkt-Referenzwerte können einen Wert beinhalten, der durch Extraktion nur der nächstgelegenen Daten eines Planungspunktes erhalten wird, oder einen Wert, der durch Dateninterpolation von Referenzwerten, die durch eine Datensequenz dargestellt werden, erhalten wird. Dies kann die Nutzungsrate des Referenzwert-Speichers 72 reduzieren.

[0122] Nachdem die zusätzlichen Planungspunkt-Referenzwerte generiert wurden, gehen die Pro-

zesse zu Schritt S27 über, wo unnötige Planungspunkte als Entfernungspaltungspunkte ausgewählt werden. Die Methoden zur Auswahl unnötiger Planungspunkte sind nicht besonders eingeschränkt. Beispielsweise können ein Planungspunkt, der von der Position des Fahrzeugs aus gesehen hinten liegt, und ein früherer Planungspunkt in Bezug auf den aktuellen Zeitpunkt ausgewählt werden. Wenn die Planungspunkte, aus denen die Entfernungspaltungspunkte entfernt wurden, in eine Vielzahl von Baumstrukturen unterteilt sind, kann eine der Vielzahl von Baumstrukturen ausgewählt werden, und die in den anderen Baumstrukturen enthaltenen Planungspunkte können als Entfernungspaltungspunkte bestimmt werden. Die Art der Auswahl einer Baumstruktur kann beliebig sein. Beispielsweise kann eine Baumstruktur ausgewählt werden, die Planungspunkte enthält, die der Position des gegenständlichen Fahrzeugs am nächsten liegen.

[0123] Nachdem die Entfernungspaltungspunkte ausgewählt wurden, wird mit Schritt S28 fortgefahren, wo die Planungspunkte und die Planungspunkt-Referenzwerte aktualisiert werden. Insbesondere das Entfernen der Entfernungspaltungspunkte von den vorhergehenden Planungspunkten und das Hinzufügen zusätzlicher Planungspunkte zu den resultierenden Planungspunkten ergeben die aktuellen Planungspunkte.

[0124] Fig. 20 veranschaulicht ein Konzept dieses Prozesses. Unter der Annahme, dass in Fig. 20 ein vorhergehender Planungspunkt LP_0 ein Entfernungspaltungspunkt ist, weil er sich hinter der Position des gegenständlichen Fahrzeugs befindet, werden die verbleibenden Planungspunkte vollständig in Planungspunkte nach dem vorhergehenden Planungspunkt LP_1 und Planungspunkte nach dem vorhergehenden Planungspunkt LP_3 aufgeteilt. Geht man davon aus, dass der vorhergehende Planungspunkt LP_1 unter den Planungspunkten derjenige ist, der der Position des gegenständlichen Fahrzeugs am nächsten liegt, werden die vorhergehenden Planungspunkte LP_3 bis LP_7 als Entfernungspaltungspunkte bestimmt. Addiert man dann zu den vorhergegangenen Planungspunkten LP_1 und LP_2 weitere Planungspunkte AP_1 bis AP_3 , so erhält man die aktuellen Planungspunkte.

[0125] In Schritt S28 wird ein Referenzwert, der jedem der Planungspunkte der aktuellen Planungspunkte entspricht, aus den Referenzwerten der vorhergehenden Planungspunkte und den Referenzwerten der zusätzlichen Planungspunkte extrahiert, und die extrahierten Referenzwerte werden als Referenzwerte der aktuellen Planungspunkte bestimmt.

[0126] Fig. 21 illustriert ein Konzept dieses Prozesses. Fig. 21 zeigt entsprechende Tabellen mit den

Referenzwerten der vorhergegangenen Planungspunkte, den Referenzwerten der zusätzlichen Planungspunkte und den Referenzwerten der aktuellen Planungspunkte. In den Tabellen sind die Referenzwerte eins-zu-eins mit den Identifikationsnummern der entsprechenden Planungspunkte angegeben. Die Identifikationsnummern in **Fig. 21** entsprechen den Identifikationsnummern in **Fig. 20**. Wie in **Fig. 21** dargestellt, werden die Referenzwerte 1 und 2 der Planungspunkte, denen die Identifikationsnummern 1 und 2 zugeordnet sind, aus den vorhergehenden Planungspunkt-Referenzwerten extrahiert, und die Referenzwerte 8 bis 10 der Planungspunkte, denen die Identifikationsnummern 8 bis 10 zugeordnet sind, werden aus den zusätzlichen Planungspunkt-Referenzwerten extrahiert. Die extrahierten Referenzwerte werden zu aktuellen Planungspunkt-Referenzwerten bestimmt.

[0127] Die Reisefahrroun-Erzeugungsvorrichtung 70A beendet eine Reihe von Fahrroun-Erzeugungsprozessen durch die Prozesse in den Schritten S21 bis S28 und wiederholt die Prozesse in den Schritten S21 bis S28, um die nächste Fahrroun zu erzeugen.

[0128] **Fig. 22** ist ein Flussdiagramm, das ein Verfahren zur Berechnung eines Referenzwertes durch den Referenzwert-Rechner 71 illustriert. Das Verfahren zur Berechnung des Referenzwertes ist im Wesentlichen dasselbe wie das vom Referenzwert-Rechner 71 des automatisierten Fahrsystems 100 gemäß Ausführungsform 1 durchgeführte und mit Bezug auf **Fig. 5** beschriebene. Da die Vorgänge in den Schritten S1, S2, S3 und S6 mit denen in **Fig. 5** übereinstimmen, wird die überlappende Beschreibung weggelassen.

[0129] Wenn in Schritt S2 festgestellt wird, dass die Anzahl der Iterationen der Berechnung zur Erzeugung einer Fahrroun durch die Reisefahrroun-Erzeugungsvorrichtung 70A nicht die erste Iteration seit dem Start der Reisefahrroun-Erzeugungsvorrichtung 70A (NEIN) ist, gehen die Prozesse zu Schritt S7 über.

[0130] In S7 wird aus den vom Referenzwert-Speicher 72 ausgegebenen vorhergegangenen Planungspunkt-Referenzwerten ein dem ausgewählten Planungspunkt entsprechender Referenzwert extrahiert. Basierend auf dem extrahierten Planungspunkt-Referenzwert wird ein Referenzwert bestimmt, der als initialer Referenzwert festgelegt wird. Wie bereits beschrieben, ist ein Planungspunkt-Referenzwert ein Referenzwert, dem eine Identifikationsnummer für jeden Planungspunkt zugeordnet ist. Somit kann durch Entfernen der Identifikationsnummerninformation jedes Planungspunktes aus dem Planungspunkt-Referenzwert der Referenzwert erzeugt werden.

[0131] Nachdem der anfängliche Referenzwert in Schritt S3 oder Schritt S7 festgelegt wurde, fahren die Prozesse mit Schritt S6 fort, wo ein neuer Referenzwert basierend auf den in Schritt S2 festgelegten Einschränkungen, dem in Schritt S3 oder Schritt S7 festgelegten anfänglichen Referenzwert und dem von der Zieleinstellungseinheit 60 erhaltenen Zielzustand berechnet wird. Dieser Vorgang ist identisch mit demjenigen gemäß Ausführungsform 1.

[0132] Da die Reisefahrroun-Erzeugungsvorrichtung 70A, wie oben beschrieben, die in der Vergangenheit erzeugte Reisefahrroun wiederverwendet, kann die Berechnungseffizienz verbessert werden. Darüber hinaus kann durch die Auswahl einer Reisefahrroun, bei der die Kosten aus denen die abzweigenden Planungspunkte bestimmt werden, eine Reisefahrroun mit besserem Fahrkomfort erzeugt werden. Die Einbeziehung einer Kollisionswahrscheinlichkeit mit einem Hindernis in die Fahrzeugzustandsgröße jedes Planungspunktes kann die Wahrscheinlichkeit erhöhen, eine Reisefahrroun mit einer geringen Kollisionswahrscheinlichkeit mit einem Hindernis zu erzeugen.

[Hardwarekonfiguration]

[0133] Jedes der vorgenannten Bestandteile der Reisefahrroun-Erzeugungsvorrichtung 70 und 70A gemäß den Ausführungsformen 1 und 2 kann mittels eines Computers konfiguriert werden und wird implementiert, indem der Computer veranlasst wird, ein Programm auszuführen. Konkret wird jede der Reisefahrroun-Erzeugungsvorrichtungen 70 und 70A z.B. durch eine in **Fig. 23** dargestellte Verarbeitungsschaltung 500 realisiert. Die Verarbeitungsschaltung 500 ist mit einem Prozessor, beispielsweise einer Zentraleinheit (CPU) oder einem digitalen Signalprozessor (DSP), ausgestattet. Die Verarbeitungsschaltung 500 veranlasst ein in einem Speicher abgelegtes Programm, die Funktionen der einzelnen Bestandteile auszuführen.

[0134] Diese Verarbeitungsschaltung 500 kann eine dedizierte Hardware sein. Wenn es sich bei der Verarbeitungsschaltung 500 um dedizierte Hardware handelt, entspricht sie beispielsweise einer einzelnen Schaltung, einer zusammengesetzten Schaltung, einem programmierten Prozessor, einem parallel programmierten Prozessor, einer anwendungsspezifischen integrierten Schaltung (ASIC), einem feldprogrammierbaren Gate-Array (FPGA) oder einer beliebigen Kombination davon.

[0135] Jede Funktion der konstituierenden Elemente der Reisefahrroun-Erzeugungsvorrichtung 70 und 70A kann durch eine separate Verarbeitungsschaltung implementiert werden, oder die Funktionen können gemeinsam durch eine einzige Verarbeitungsschaltung implementiert werden.

[0136] Fig. 24 zeigt eine Hardwarekonfiguration, bei der die Verarbeitungsschaltung 500 einen Prozessor enthält. Die Funktionen jedes der konstituierenden Elemente der Reisefahrrouen-Erzeugungsvorrichtung 70 und 70A werden durch beliebige Kombinationen mit Software (Software, Firmware oder Software und Firmware) implementiert. Die Software wird zum Beispiel als Programm geschrieben und ist in einem Speicher 520 gespeichert. Ein Prozessor 510, der als Verarbeitungsschaltung 500 fungiert, führt die Funktionen jedes der konstituierenden Elemente aus, indem er die im Speicher 520 gespeicherten Programme liest und ausführt. Anders ausgedrückt, dieses Programm veranlasst einen Computer, Verfahren und Betriebsmethoden der Bestandteile der Reisefahrrouen-Erzeugungsvorrichtung 70 und 70A auszuführen.

[0137] Beispiele für den Speicher 520 sind hier ein nichtflüchtiger oder flüchtiger Halbleiterspeicher wie RAM, ROM, ein Flash-Speicher, ein löschbarer programmierbarer Nur-Lese-Speicher (EPROM) und ein elektrisch löschbarer programmierbarer Nur-Lese-Speicher (EEPROM), eine Festplatte (HDD), eine Magnetplatte, eine flexible Platte, eine optische Platte, eine Compact Disc, eine MiniDisc, eine Digital Versatile Disc (DVD), ein entsprechendes Laufwerk und ferner ein beliebiges Speichermedium, das in Zukunft verwendet werden soll.

[0138] Beschrieben wird eine Konfiguration zur Implementierung der Funktionen jedes der Bestandteile der Reisefahrrouen-Erzeugungsvorrichtung 70 und 70A durch Hardware oder Software, zum Beispiel. Die Konfiguration ist jedoch nicht darauf beschränkt, sondern ein Teil der konstituierenden Elemente der Reisefahrrouen-Erzeugungsvorrichtung 70 und 70A kann durch dedizierte Hardware implementiert werden, und ein anderer Teil der konstituierenden Elemente kann durch Software implementiert werden, usw. Zum Beispiel kann die Verarbeitungsschaltung 500, die als dedizierte Hardware fungiert, die Funktionen des Teils der konstituierenden Elemente implementieren, und die Verarbeitungsschaltung 500, die als Prozessor 510 fungiert, kann die Funktionen des anderen Teils der konstituierenden Elemente durch Lesen und Ausführen eines im Speicher 520 gespeicherten Programms implementieren.

[0139] Wie oben beschrieben, können die Reisefahrrouen-Erzeugungsvorrichtungen 70 und 70A jede der Funktionen durch Hardware, Software usw. oder beliebige Kombinationen davon implementieren.

[0140] Während die vorliegende Erfindung im Detail beschrieben wird, ist die vorhergehende Beschreibung in allen Aspekten illustrativ und schränkt die vorliegende Erfindung nicht ein. Daher können zahl-

reiche Modifikationen und Variationen, die noch nicht beispielhaft beschrieben wurden, entwickelt werden, ohne vom Anwendungsbereich der vorliegenden Erfindung abzuweichen.

[0141] Ausführungsformen können im Rahmen der Erfindung frei kombiniert oder in geeigneter Weise verändert und weggelassen werden.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- JP 2006260217 A [0004]
- JP 202075558 A [0038]
- WO 2020129208 [0051, 0114]

Patentansprüche

1. Reisefahrroun-Erzeugungsvorrichtung, die eine Reisefahrroun eines Fahrzeugs erzeugt, wobei die Reisefahrroun-Erzeugungsvorrichtung Folgendes beinhaltet:

- einen Referenzwert-Speicher, um eine Vielzahl von Referenzwerten, die Informationen über einen Zustand des Fahrzeugs enthalten, als eine Vielzahl von vorhergehenden Referenzwerten zu speichern, wobei die Informationen herangezogen werden, wenn die Reisefahrroun-Erzeugungsvorrichtung die Reisefahrroun erzeugt;
- einen Referenzwert-Rechner zum Berechnen einer Vielzahl von aktuellen Referenzwerten, basierend auf mindestens der Vielzahl von vorhergehenden Referenzwerten und einem Zielzustand, der ein Zielwert einer Fahrzeugzustandsgröße des Fahrzeugs ist, wobei die Vielzahl von aktuellen Referenzwerten herangezogen wird, wenn die Reisefahrroun-Erzeugungsvorrichtung die Reisefahrroun in einer aktuellen Berechnungsperiode erzeugt; und
- einen Routengenerator zum Erzeugen der Reisefahrroun, basierend auf der Vielzahl aktueller Referenzwerte, die vom Referenzwert-Rechner berechnet werden.

2. Reisefahrroun-Erzeugungsvorrichtung, die eine Reisefahrroun eines Fahrzeugs erzeugt, wobei die Reisefahrroun-Erzeugungsvorrichtung Folgendes beinhaltet:

- einen Referenzwert-Speicher, um eine Vielzahl von vorhergehenden Planungspunkt-Referenzwerten zu speichern, die einer Vielzahl von Referenzwerten entsprechen, die Informationen über einen Zustand des Fahrzeugs enthalten, wobei die Informationen herangezogen werden, wenn die Reisefahrroun-Erzeugungsvorrichtung die Reisefahrroun erzeugt;
- einen Planungspunktspeicher zum Speichern einer Vielzahl von vorhergehenden Planungspunkten, die verwendet wurden, als die Reisefahrroun-Erzeugungsvorrichtung die Reisefahrroun in einer vorhergehenden Berechnungsperiode erzeugt hat;
- einen Planungspunktelektor zum Auswählen eines Planungspunktes als Auswahlplanungspunkt aus der Vielzahl der im Planungspunktspeicher gespeicherten vorhergegangenen Planungspunkte und zum Bestimmen des Auswahlplanungspunktes als Anfangswert, wenn die Reisefahrroun-Erzeugungsvorrichtung die Reisefahrroun erzeugt;
- einen Referenzwert-Rechner, um eine Vielzahl von aktuellen Referenzwerten zu berechnen, basierend auf zumindest dem Auswahlplanungspunkt und einem Zielzustand, der ein Zielwert einer Fahrzeugzustandsgröße des Fahrzeugs ist, wobei die Vielzahl von aktuellen Referenzwerten in Bezug genommen wird, wenn die Reisefahrroun-Erzeugungsvorrichtung die Reisefahrroun in einer aktuellen Berechnungsperiode erzeugt; und

- einen Routengenerator zum Erzeugen einer Vielzahl aktueller Planungspunkte auf der Grundlage der vom Referenzwert-Rechner berechneten Vielzahl aktueller Referenzwerte, der Vielzahl vorhergehender Planungspunkte und des Auswahlplanungspunktes, und zum Erzeugen der Reisefahrroun aus mindestens einem aus der Vielzahl aktueller Planungspunkte extrahierten aktuellen Planungspunkt.

3. Reisefahrroun-Erzeugungsvorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, wobei als Zielwert mindestens eine von folgenden Größen definiert ist, Geschwindigkeit, Beschleunigung, Lenkwinkel, Lenkwinkelgeschwindigkeit, Rotationsgeschwindigkeit, Orientierung, seitliche Abweichung in Bezug auf einen Mittelpunkt einer nachfolgenden Spur oder der nachfolgenden Spur des Fahrzeugs.

4. Reisefahrroun-Erzeugungsvorrichtung nach Anspruch 3, wobei der Zielwert einer Zielfolgespur als Zielzustand definiert ist, die Vielzahl der Referenzwerte eine Folgespurnummer, eine Spurübergangsrate, die einen Grad des Übergangs von einer aktuellen Folgespur zur Zielfolgespur darstellt, und einen Durchfahrtpunkt beinhaltet, und der Referenzwert-Rechner den Durchfahrtpunkt berechnet, basierend auf dem Zielzustand und der Folgespurnummer und der Spurübergangsrate, die in der Vielzahl von Referenzwerten enthalten sind.

5. Reisefahrroun-Erzeugungsvorrichtung nach Anspruch 3, wobei der Referenzwert-Rechner eine Randbedingung festlegt, die einen Bereich möglicher Werte eines Teils einer in den Zielzustand einbezogenen Variablen definiert, und die Vielzahl der aktuellen Referenzwerte unter der Randbedingung berechnet.

6. Reisefahrroun-Erzeugungsvorrichtung nach Anspruch 5, wobei die Variable mindestens eine der folgenden Größen ist, Geschwindigkeit, Beschleunigung, Ruck, Lenkwinkel, Lenkwinkelgeschwindigkeit, Lenkwinkelbeschleunigung, Rotationsgeschwindigkeit, Rotationsbeschleunigung, Schlupfwinkel des Fahrzeugs oder Spuränderungszeit des Fahrzeugs ist.

7. Reisefahrroun-Erzeugungsvorrichtung nach Anspruch 5, wobei der Zielzustand einen Notfall einschließt, und der Referenzwert-Rechner die Einschränkung entsprechend dem Notfall ändert.

8. Reisefahrroun-Erzeugungsvorrichtung nach Anspruch 4, wobei die mehreren Referenzwerte eine Referenz-Seitenabweichung beinhalten, die eine Seitenabweichung darstellt, die das Fahrzeug in Bezug auf

einen Referenz-Durchfahrtpunkt einnehmen soll,
und
der Referenzwert-Rechner die Referenz-Seitenab-
weichung in Abhängigkeit von der Position eines
Hindernisses bestimmt.

Es folgen 24 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG. 1

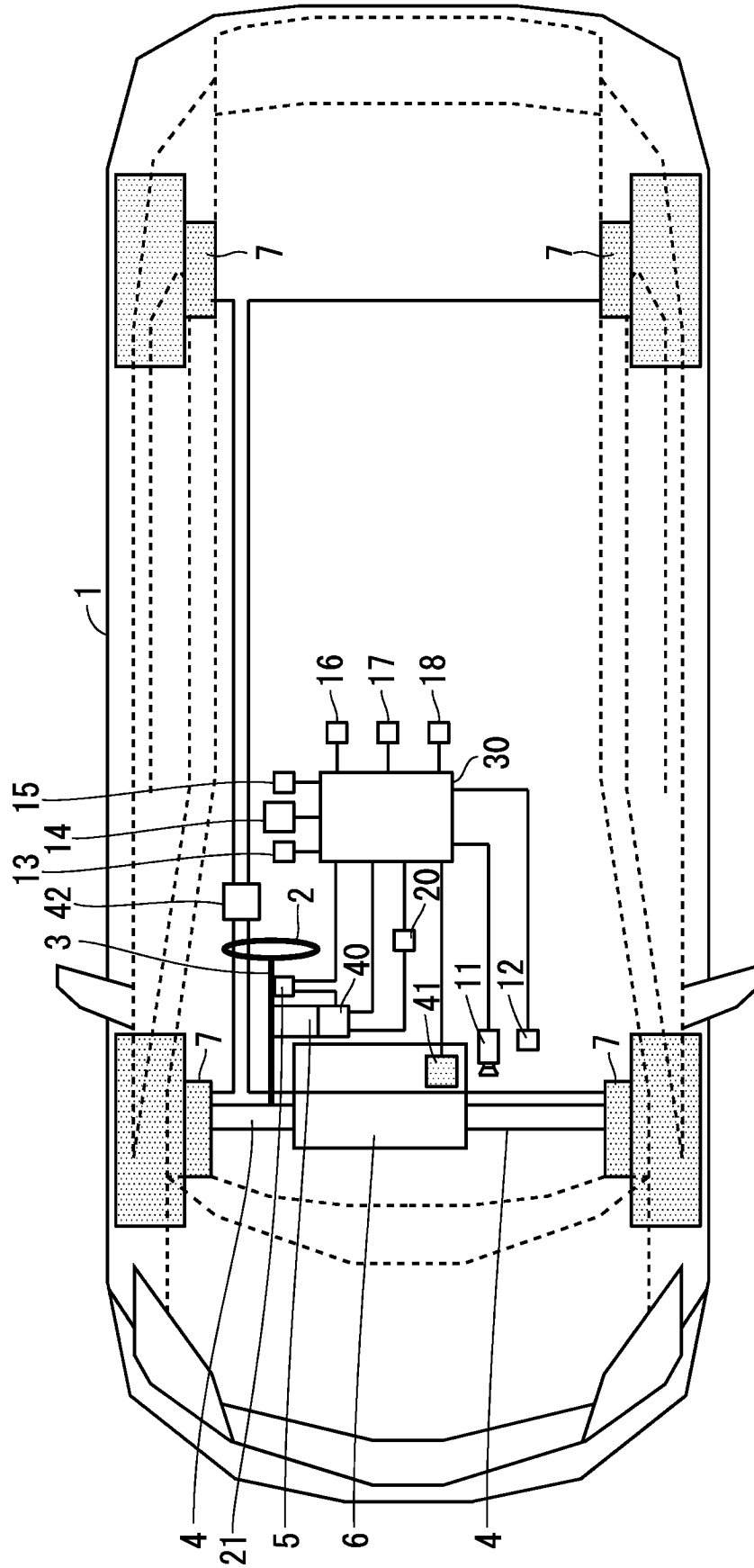


FIG. 2

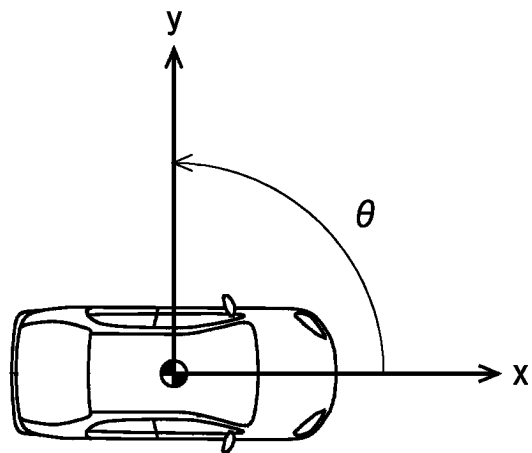


FIG. 3

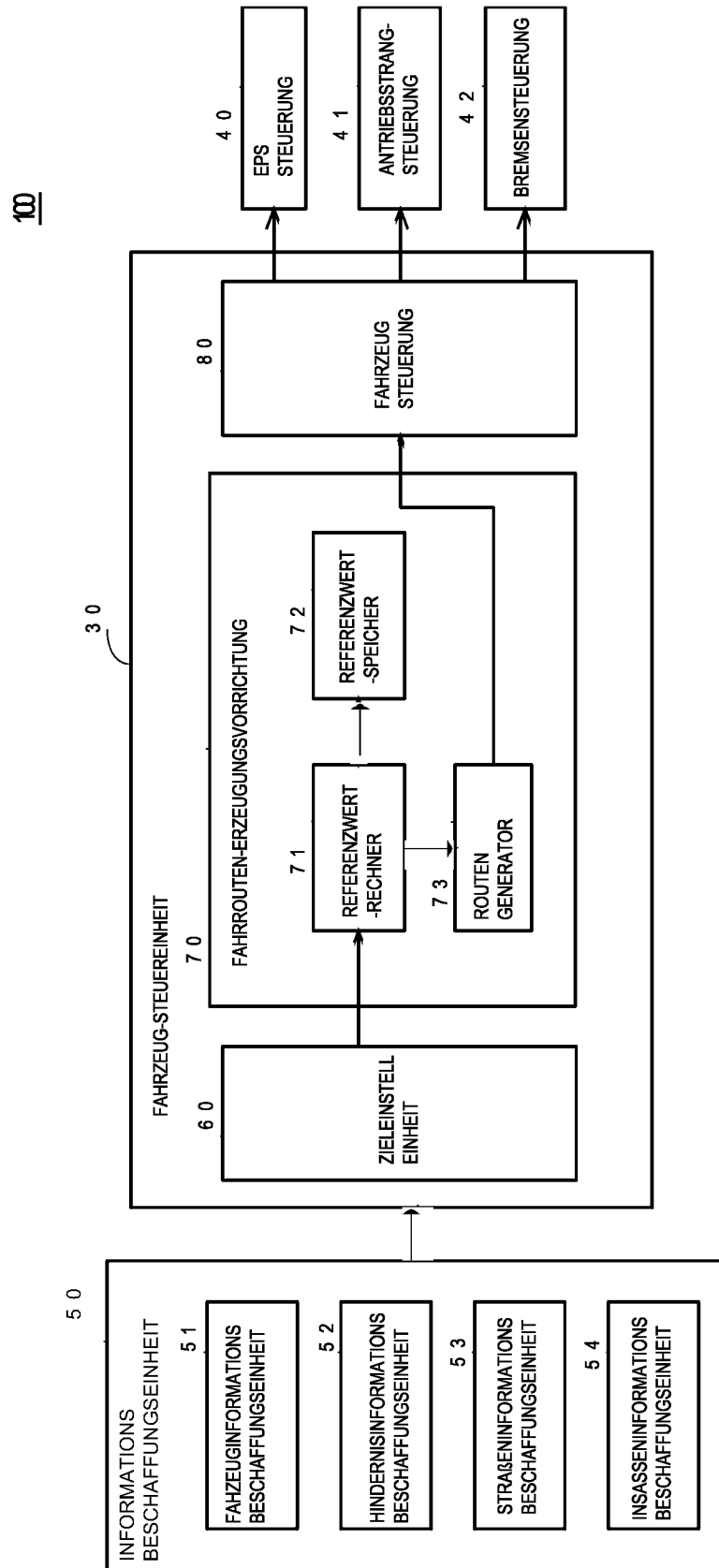


FIG. 4

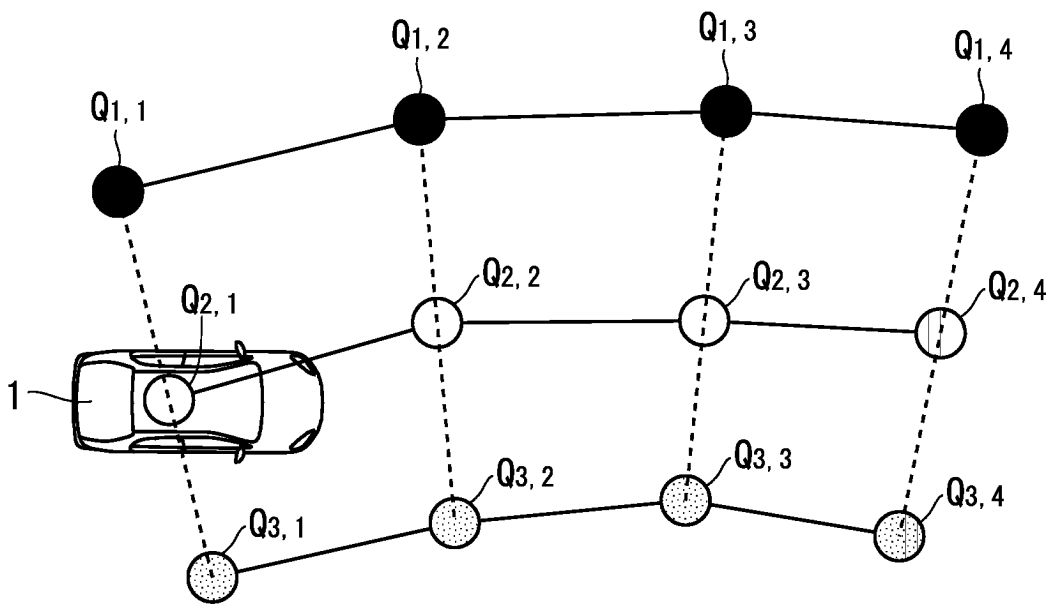


FIG. 5

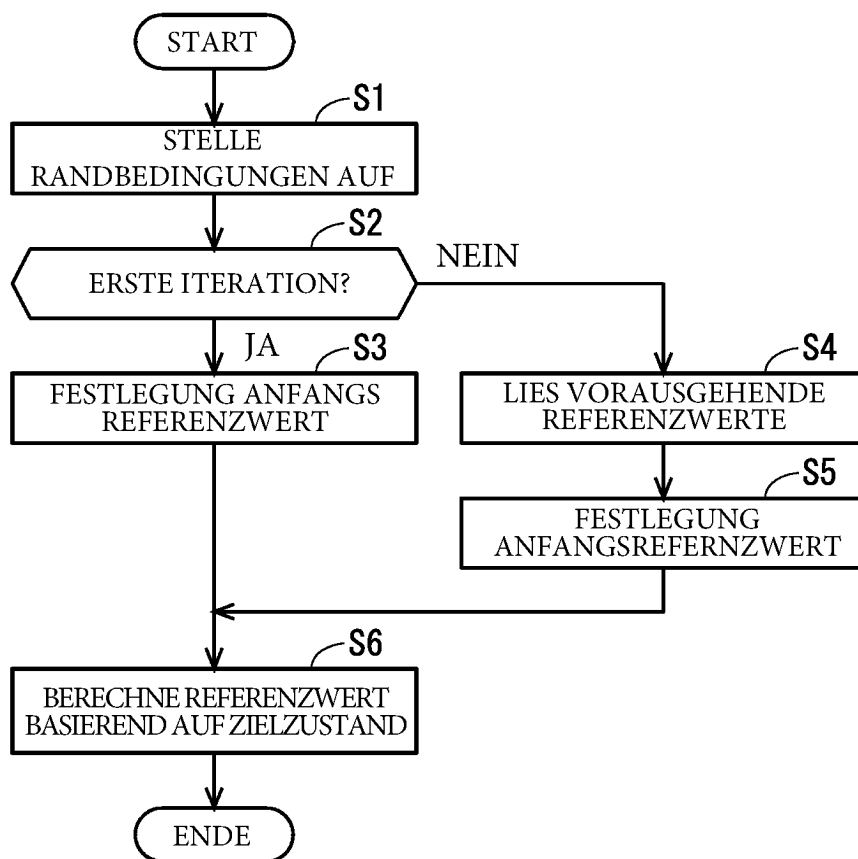


FIG. 6

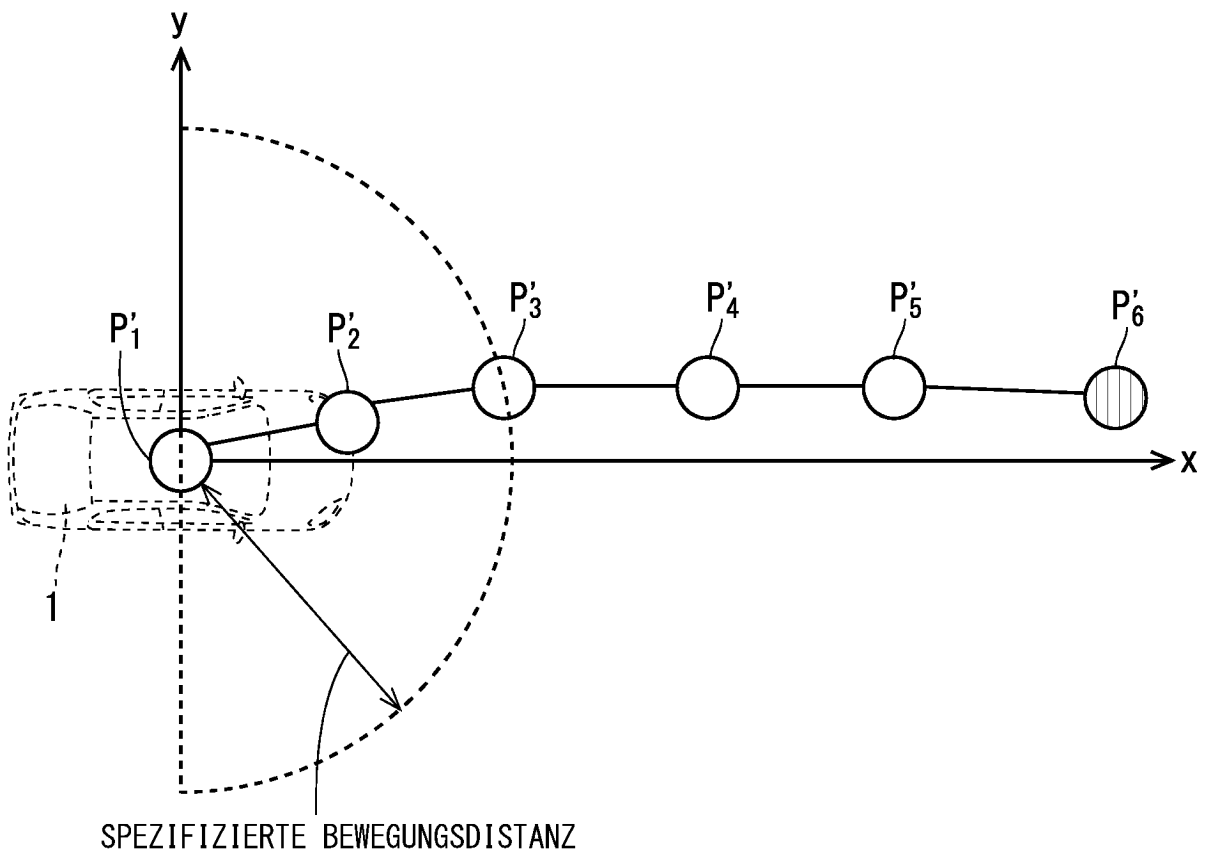


FIG. 7

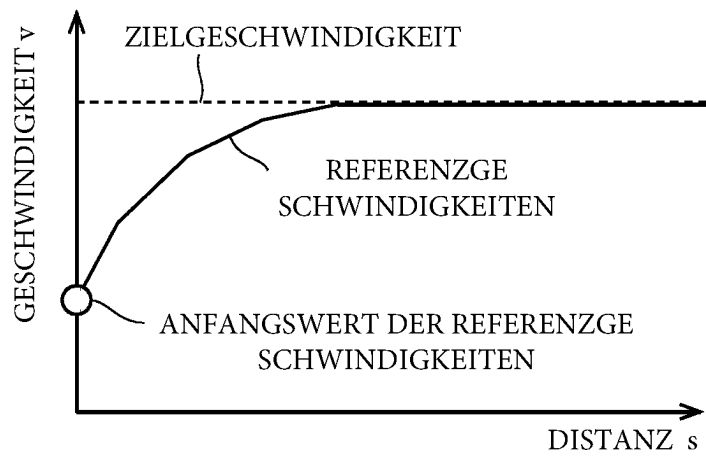


FIG. 8

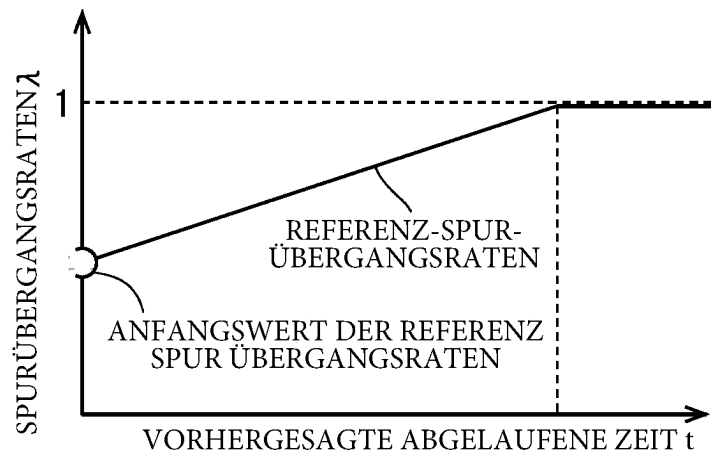


FIG. 9

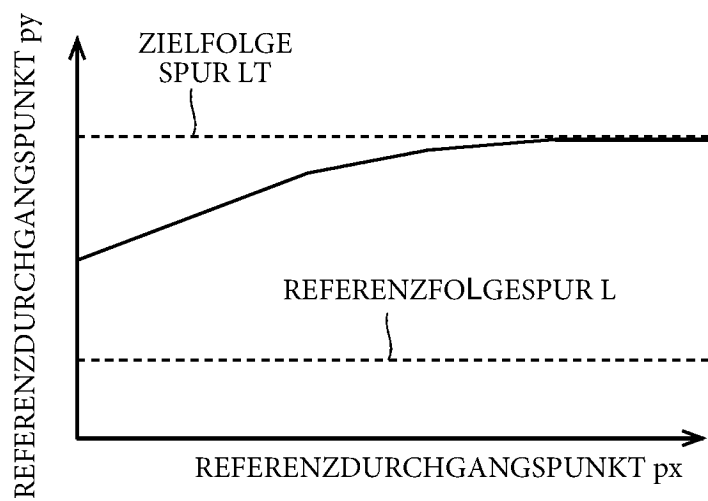


FIG. 10

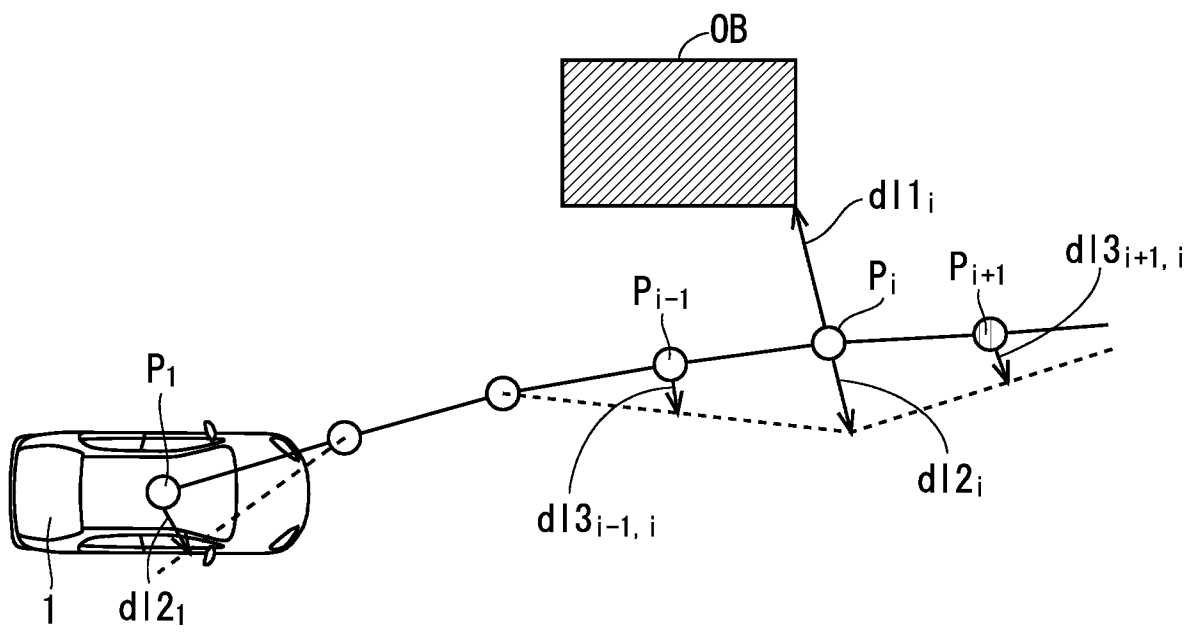


FIG. 11

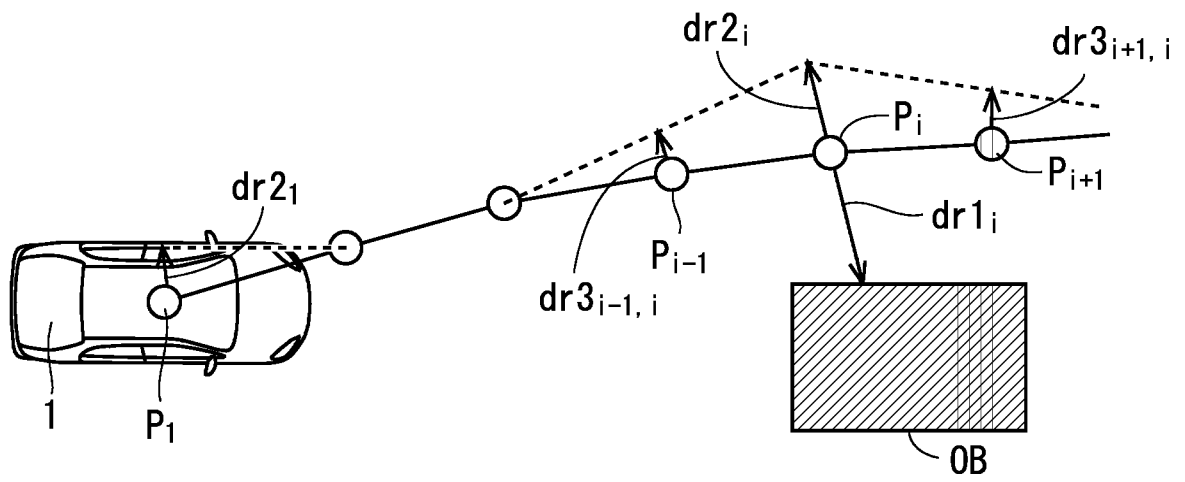


FIG. 12

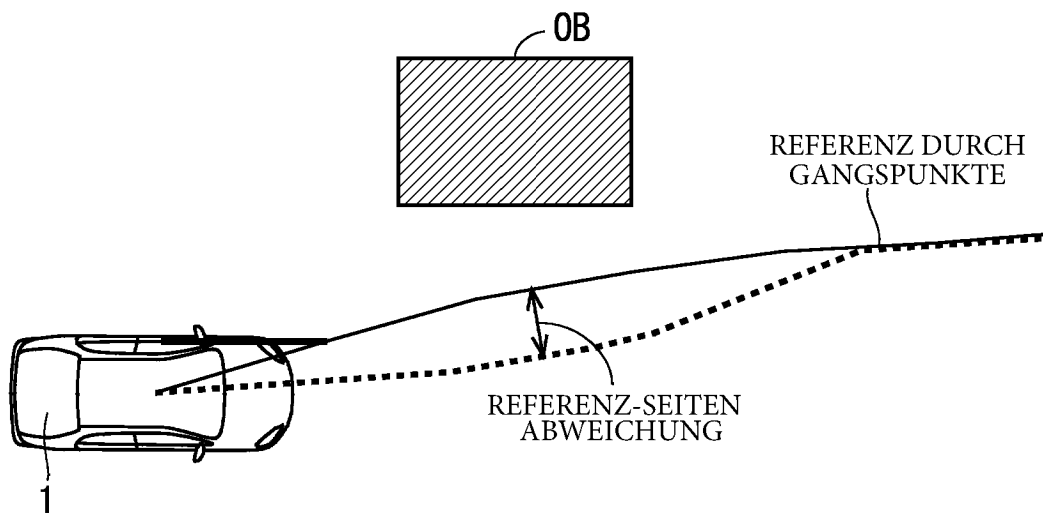


FIG. 13

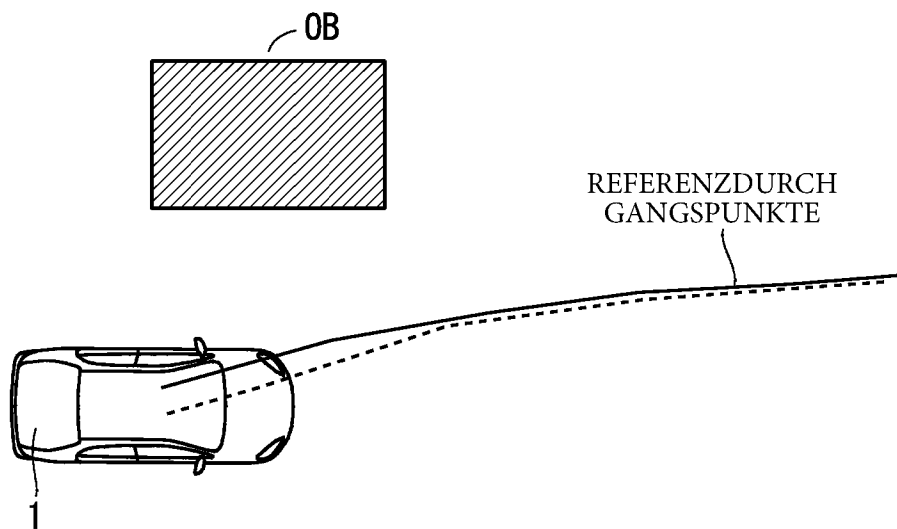


FIG. 14

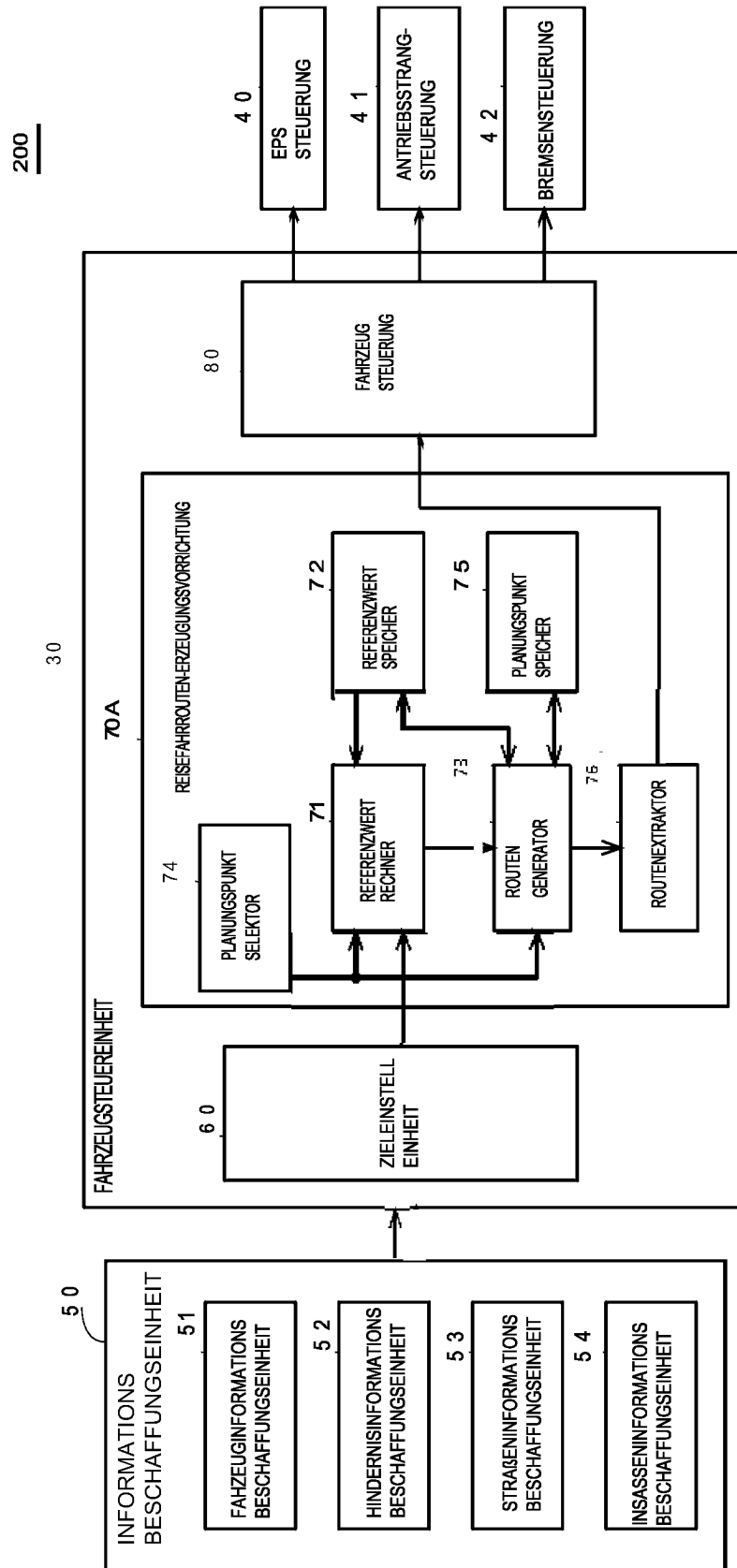


FIG. 15

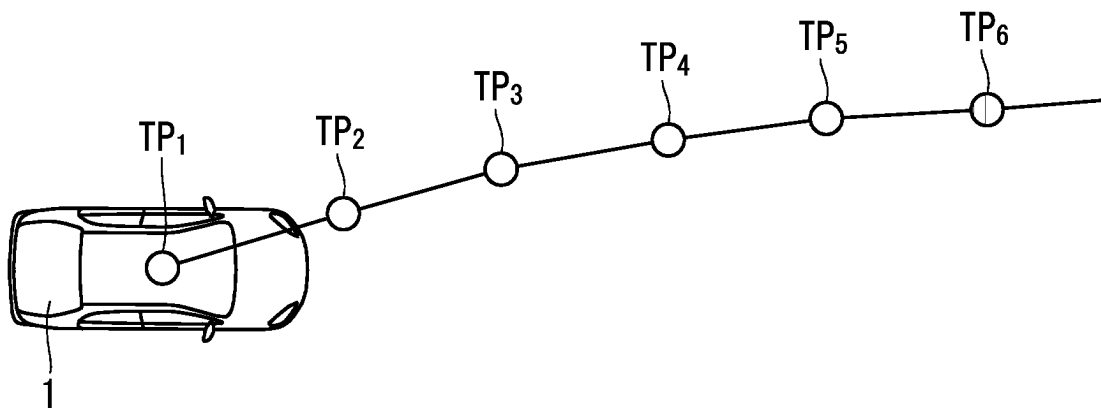


FIG. 16

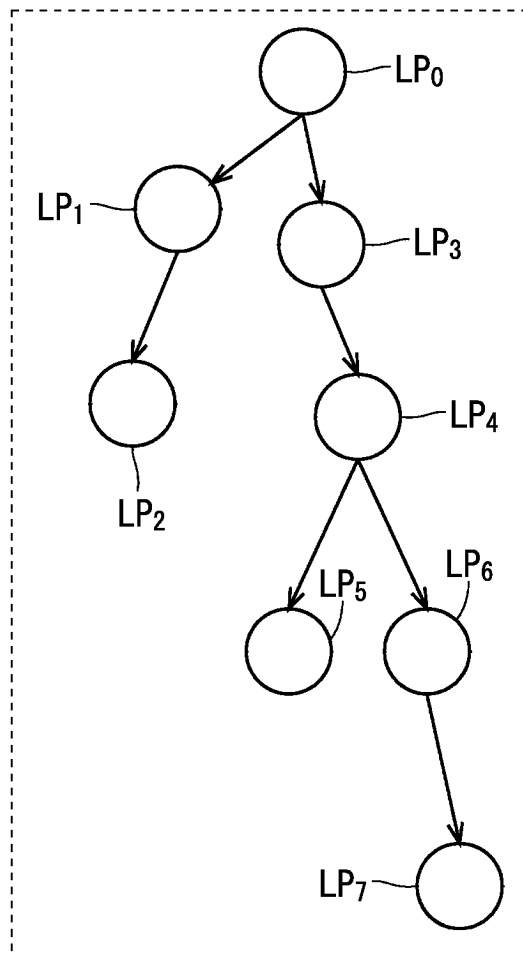
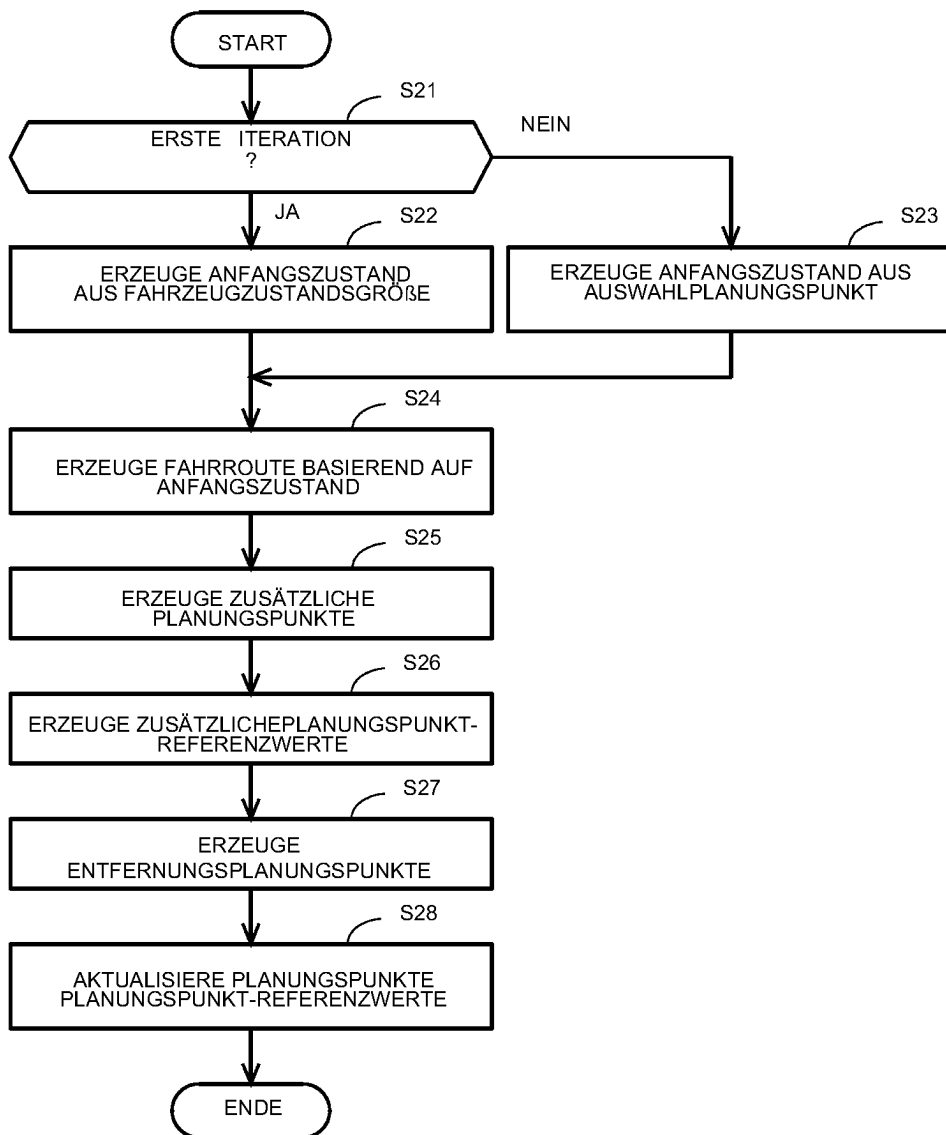


FIG. 17



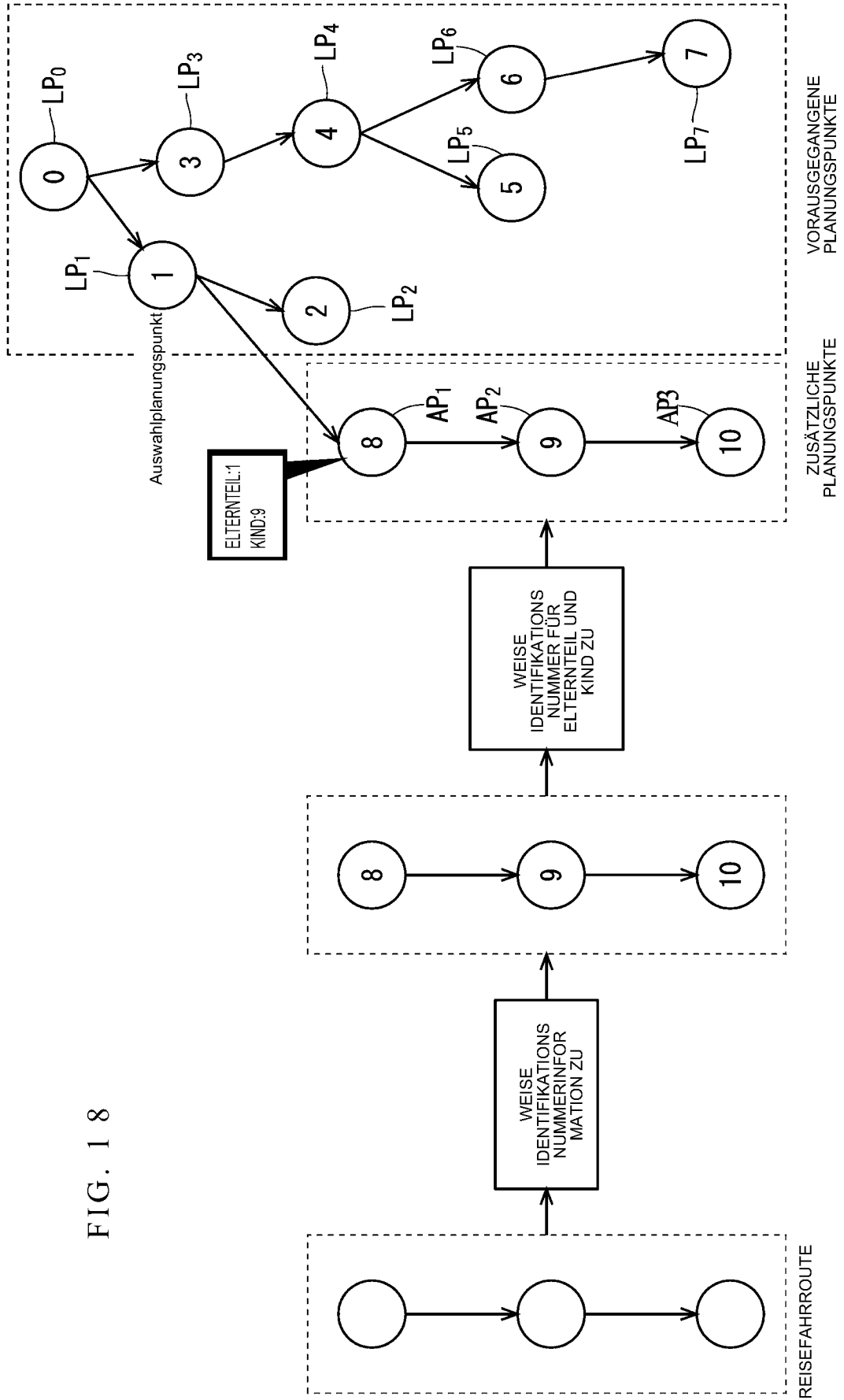


FIG. 1 8

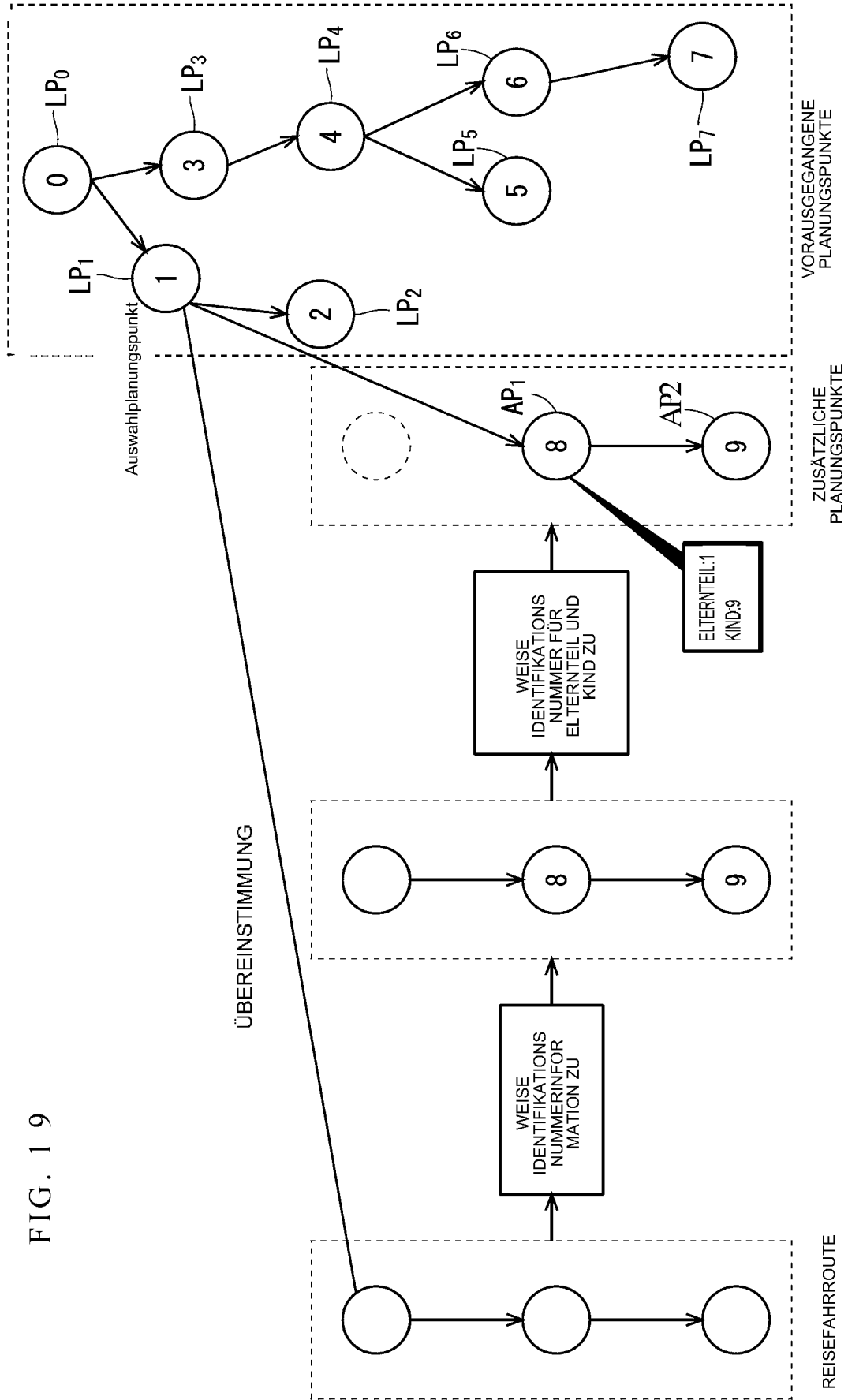


FIG. 1 9

FIG. 20

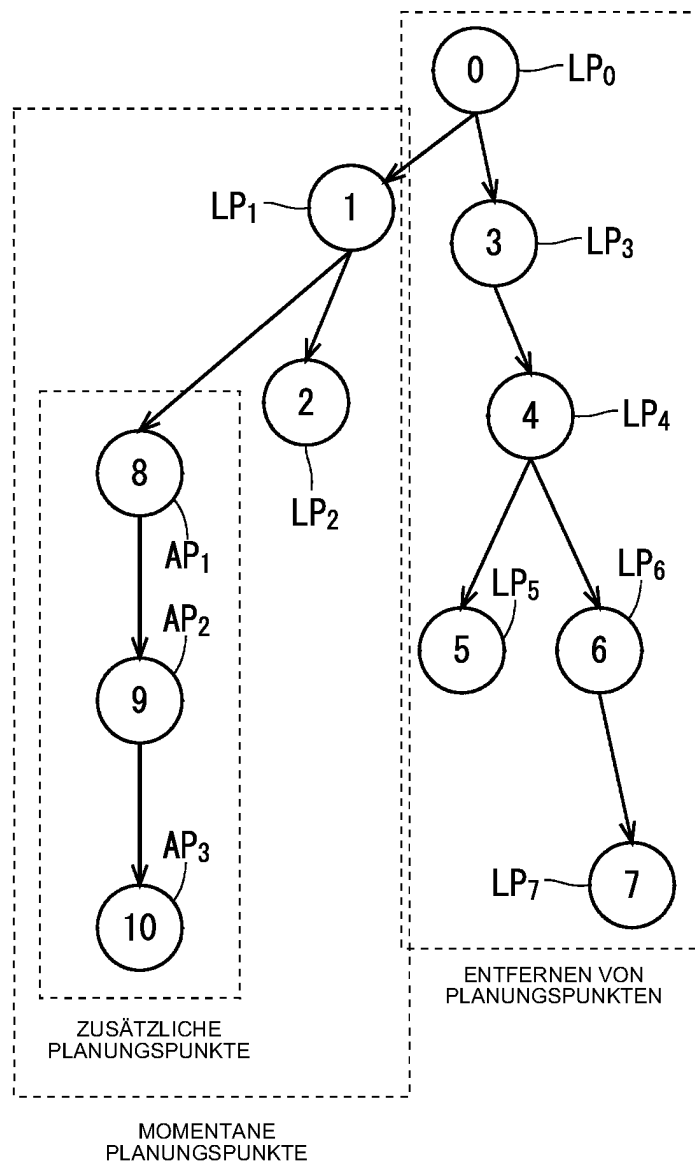


FIG. 21

VORUSGEGANGENE
PLANUNGSPUNKT REFERENZWERTE

IDENTIFIKATIONSNUMMER DES KORRESPONDIERENDEN PLANUNGSPUNKTES	JEDER REFERENZ WERT
0	REFERENZ WERT 0
1	REFERENZ WERT 1
2	REFERENZ WERT 2
3	REFERENZ WERT 3
...	
7	REFERENZ WERT 7

ZUSÄTZLICHE PLANUNGSPUNKT
REFERENZWERTE

8	REFERENZ WERT 8
9	REFERENZ WERT 9
10	REFERENZ WERT 10

MOMENTANE
PLANUNGSPUNKTREFERENZWERTE

1	REFERENZ WERT 1
2	REFERENZ WERT 2
8	REFERENZ WERT 8
9	REFERENZ WERT 9
10	REFERENZ WERT 10

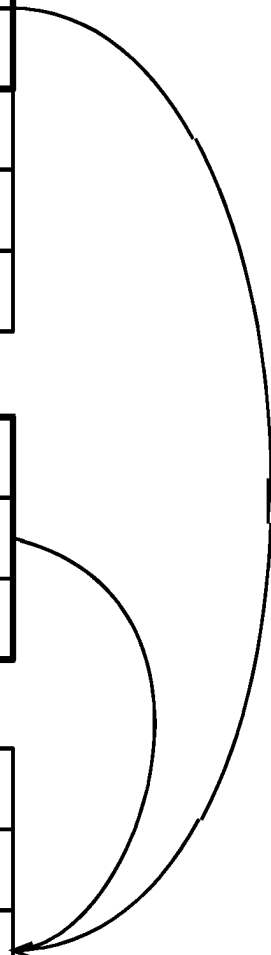


FIG. 22

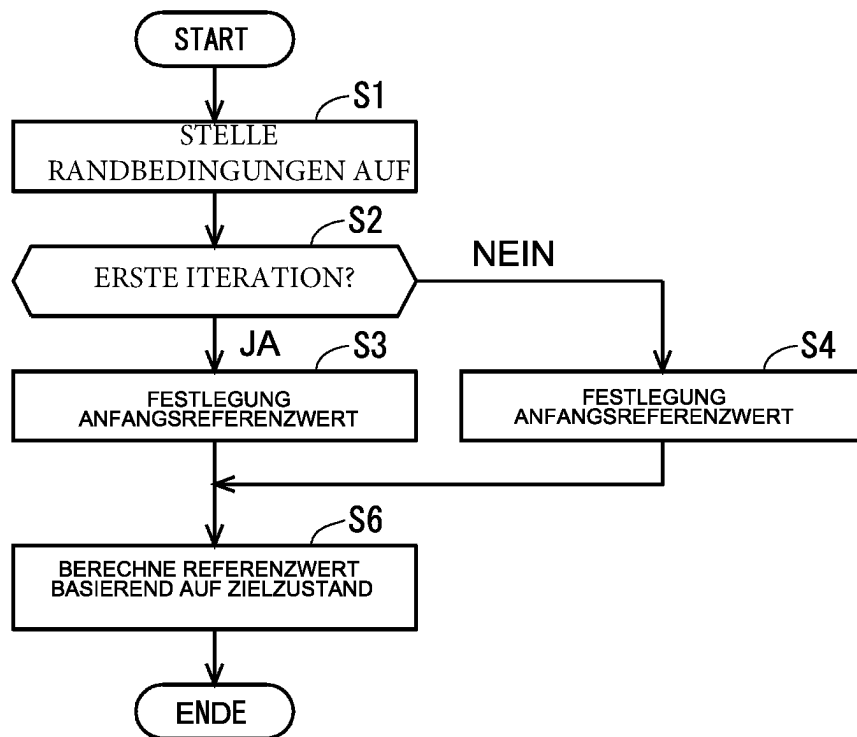


FIG. 23

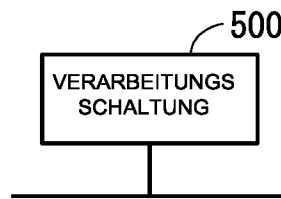


FIG. 24

