



(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2016 221 314.8**

(22) Anmeldetag: **28.10.2016**

(43) Offenlegungstag: **04.05.2017**

(51) Int Cl.: **B60W 40/00 (2006.01)**

(30) Unionspriorität:
2015-216969 **04.11.2015** **JP**

(71) Anmelder:
TOYOTA JIDOSHA KABUSHIKI KAISHA, Toyota-shi, Aichi-ken, JP

(74) Vertreter:
Winter, Brandl, Fürniss, Hübner, Röss, Kaiser, Polte Partnerschaft mbB, Patentanwälte, 85354 Freising, DE

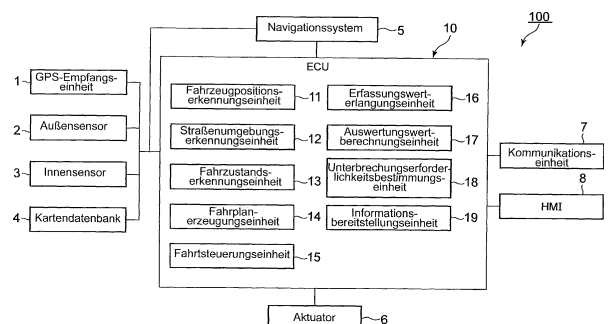
(72) Erfinder:
Urano, Hiromitsu, Toyota-shi, Aichi-ken, JP; Taguchi, Kouji, Toyota-shi, Aichi-ken, JP

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **AUTONOMFAHRTSYSTEM**

(57) Zusammenfassung: Ein Autonomfahrtsystem enthält eine Fahrplanerzeugungseinheit, die einen Fahrplan eines Fahrzeugs erzeugt, eine Fahrtsteuerungseinheit, die eine Autonomfahrtsteuerung des Fahrzeugs durchführt, eine Erfassungswertelerlangungseinheit, die einen Steuerergebniserfassungswert, der während der Autonomfahrtsteuerung erfasst wird, erlangt, eine Auswertungswertberechnungseinheit, die einen Auswertungswert des Fahrplans auf der Grundlage eines Ergebnisses eines Vergleichs zwischen dem Steuersollwert und dem Steuerergebniserfassungswert berechnet, eine Unterbrechungserforderlichkeitsbestimmungseinheit, die auf der Grundlage des Auswertungswerts des Fahrplans und eines Auswertungsschwellenwerts bestimmt, ob eine Unterbrechung der Autonomfahrtsteuerung erforderlich ist, und eine Informationsbereitstellungseinheit, die Unterbrechungsinformationen hinsichtlich der Autonomfahrtsteuerung für einen Insassen des Fahrzeugs und andere Fahrzeuge um das Fahrzeug bereitstellt, wenn bestimmt wird, dass eine Unterbrechung der Autonomfahrtsteuerung erforderlich ist.



Beschreibung

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

1. Gebiet der Erfindung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Autonomfahrtsystem, das eine Autonomfahrtsteuerung eines Fahrzeugs durchführt.

2. Stand der Technik

[0002] Als eine Fahrunterstützungsvorrichtung, die eine Fahrunterstützungssteuerung zum Unterstützen eines Fahrers beim Fahren eines Fahrzeugs durchführt, ist eine Vorrichtung bekannt, die Informationen für den Fahrer bereitstellt, um im Voraus anzugeben, dass die Fahrunterstützungssteuerung unterbrochen werden wird, wenn erwartet wird, dass die Zuverlässigkeit der Fahrunterstützungssteuerung sich aufgrund einer Straßenumgebung verringert, bei der es schwierig wird, weiße Linien zu erkennen, beispielsweise in einem Tunnel (JP 2003-205805 A).

[0003] Die Entwicklung der Autonomfahrtsteuerung ist dabei, es einem Fahrzeug zu ermöglichen, zu fahren, ohne dass der Fahrer einen Fahrbetrieb durchführt. Wenn die Autonomfahrtsteuerung durchgeführt wird, wird ein Fahrplan, der bewirkt, dass das Fahrzeug zu einem Ziel fährt, anhand von Karteninformationen erzeugt.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0004] Im Vergleich zu der Fahrunterstützungsvorrichtung, die oben beschrieben ist, ist es manchmal wünschenswert, dass eine Autonomfahrtsteuerung unterbrochen werden kann, wenn die Straßenumgebung derart ist, dass weiße Linien erkannt werden können, aber die Karteninformationen und die Straßenumgebung sich bis zu einem Ausmaß derart voneinander unterscheiden, dass dieser Unterschied die Autonomfahrtsteuerung beeinflusst. In einem derartigen Fall ist es, bevor die Autonomfahrtsteuerung unterbrochen wird, vorteilhaft, Informationen über die Unterbrechung der Autonomfahrtsteuerung für die Insassen eines Fahrzeugs und die anderen Fahrzeuge um das Fahrzeug bereitzustellen.

[0005] Ein Autonomfahrtsystem gemäß der vorliegenden Erfindung stellt auf der Grundlage der Karteninformationen Unterbrechungsinformationen hinsichtlich einer Autonomfahrtsteuerung für die Insassen eines Fahrzeugs und andere Fahrzeuge um das Fahrzeug bereit, wenn die Unterbrechung der Autonomfahrtsteuerung notwendig wird.

[0006] Ein Autonomfahrtsystem gemäß einem Aspekt der vorliegenden Erfindung ist ein Autonomfahrtsystem, das eine Autonomfahrtsteuerung eines

Fahrzeugs durchführt. Das Autonomfahrtsystem enthält eine Kartendatenbank, die Karteninformationen speichert, und eine elektronische Steuereinheit. Die elektronische Steuereinheit enthält eine Fahrplanerzeugungseinheit, die ausgelegt ist, einen Fahrplan des Fahrzeugs auf der Grundlage einer Zielroute des Fahrzeugs und der Karteninformationen zu erzeugen, wobei der Fahrplan einen Steuersollwert des Fahrzeugs entsprechend einer Position der Zielroute enthält, wobei die Zielroute im Voraus eingestellt wird, eine Fahrzeugpositionserkennungseinheit, die ausgelegt ist, eine Position des Fahrzeugs auf der Grundlage eines Messergebnisses einer Positionsmesseinheit des Fahrzeugs zu erkennen, eine Straßenumgebungserkennungseinheit, die ausgelegt ist, eine Straßenumgebung um das Fahrzeug auf der Grundlage eines Erfassungsergebnisses eines Außensensors des Fahrzeugs zu erkennen, eine Fahrzustandserkennungseinheit, die ausgelegt ist, einen Fahrzustand des Fahrzeugs auf der Grundlage eines Erfassungsergebnisses eines Innersensors des Fahrzeugs zu erkennen, eine Fahrsteuerungseinheit, die ausgelegt ist, die Autonomfahrtsteuerung des Fahrzeugs auf der Grundlage des Fahrplans, der Position des Fahrzeugs, der Straßenumgebung um das Fahrzeug und des Fahrzustands des Fahrzeugs durchzuführen, eine Erfassungswert-erlangungseinheit, die ausgelegt ist, einen Steuerergebniserfassungswert, der während der Autonomfahrtsteuerung des Fahrzeugs erfasst wird, in Verbindung mit der Position der Zielroute zu erlangen, eine Auswertungswertberechnungseinheit, die ausgelegt ist, einen Auswertungswert des Fahrplans auf der Grundlage eines Ergebnisses eines Vergleichs zwischen dem Steuersollwert und dem Steuerergebniserfassungswert zu berechnen, eine Unterbrechungserforderlichkeitsbestimmungseinheit, die ausgelegt ist, auf der Grundlage des Auswertungswerts des Fahrplans und eines Auswertungsschwellenwerts zu bestimmen, ob eine Unterbrechung der Autonomfahrtsteuerung erforderlich ist, und eine Informationsbereitstellungseinheit, die ausgelegt ist, Unterbrechungsinformationen hinsichtlich der Autonomfahrtsteuerung für einen Insassen des Fahrzeugs und andere Fahrzeuge um das Fahrzeug bereitzustellen, wenn die Unterbrechungserforderlichkeitsbestimmungseinheit bestimmt, dass eine Unterbrechung der Autonomfahrtsteuerung erforderlich ist.

[0007] In dem Autonomfahrtsystem gemäß dem oben beschriebenen Aspekt wird, wenn es einen Unterschied bzw. eine Differenz zwischen den Karteninformationen und der tatsächlichen Straßenumgebung gibt, eine Differenz zwischen einem Steuersollwert in dem Fahrplan, der von den Karteninformationen abhängt, und dem entsprechenden Steuerergebniserfassungswert, der während der Autonomfahrtsteuerung entsprechend der tatsächlichen Straßenumgebung erfasst wird, erzeugt. Daher kann das Autonomfahrtsystem auf der Grundlage des Aus-

wertungswerts des Fahrplans, der aus dem Ergebnis des Vergleichs zwischen den Steuersollwerten und den Steuerergebniserfassungswerten berechnet wird, bestimmen, ob eine Unterbrechung der Autonomfahrtsteuerung erforderlich ist. Wenn bestimmt wird, dass die Unterbrechung der Autonomfahrtsteuerung erforderlich ist, stellt dieses Autonomfahrtsystem Unterbrechungsinformationen hinsichtlich der Autonomfahrtsteuerung für die Insassen des Fahrzeugs und andere Fahrzeuge um das Fahrzeug bereit. Daher kann dieses Autonomfahrtsystem die Unterbrechungsinformationen hinsichtlich der Autonomfahrtsteuerung, die aufgrund der Differenz zwischen den Karteninformationen und der Straßenumgebung erzeugt werden, für die Insassen des Fahrzeugs und die anderen Fahrzeuge um das Fahrzeug bereitstellen.

[0008] In dem oben beschriebenen Aspekt kann die Unterbrechungserforderlichkeitsbestimmungseinheit den Auswertungsschwellenwert auf der Grundlage einer Position des Fahrzeugs auf einer Karte entsprechend einem Berechnungszeitpunkt des Auswertungswerts des Fahrplans oder auf der Grundlage einer Berechnungstageszeit des Auswertungswerts der Fahrplans einstellen. Da eine höhere Karteninformationsgenauigkeit für die Autonomfahrtsteuerung in einem städtischen Gebiet als in Außenbezirken benötigt wird, kann dieses Autonomfahrtsystem einen Auswertungsschwellenwert auf der Grundlage der Position des Fahrzeugs auf der Karte entsprechend dem Berechnungszeitpunkt des Auswertungswerts des Fahrplans einstellen, um entsprechend der Position des Fahrzeugs auf der Karte genau zu bestimmen, ob die Autonomfahrtsteuerung zu unterbrechen ist. Da die Genauigkeit beim Erkennen eines Objekts wie beispielsweise einer weißen Linie in einem von einer Kamera aufgenommenen Bild bei Nacht im Vergleich zu bei Tag geringer ist, mit dem Ergebnis, dass diese Verringerung der Genauigkeit die Zuverlässigkeit beim Bestimmen, ob eine Unterbrechung der Autonomfahrtsteuerung erforderlich ist, beeinflusst, kann dieses Autonomfahrtsystem den Auswertungsschwellenwert auf der Grundlage der Berechnungstageszeit des Auswertungswerts des Fahrplans einstellen, womit es möglich ist, entsprechend der Berechnungstageszeit richtig zu bestimmen, ob eine Unterbrechung der Autonomfahrtsteuerung erforderlich ist.

[0009] In dem oben beschriebenen Aspekt kann die Fahrzeugpositionserkennungseinheit die Position des Fahrzeugs auf der Karte auf der Grundlage von Positionsinformationen, die von der Positionsmesseinheit gemessen werden, und der Karteninformationen, die in der Kartendatenbank gespeichert sind, erkennen.

[0010] In dem oben beschriebenen Aspekt ist die Positionsmesseinheit des Fahrzeugs eine GPS-Emp-

fangseinheit, und die Fahrzeugpositionserkennungseinheit kann die Position des Fahrzeugs auf der Grundlage von Positionsinformationen erkennen, die von der GPS-Empfangseinheit empfangen werden.

[0011] In dem oben beschriebenen Aspekt kann die Fahrzeugpositionserkennungseinheit, wenn Positionsinformationen hinsichtlich weißer Linien in den Karteninformationen enthalten sind, eine Position des Fahrzeugs in einem orthogonalen x-y-Koordinatensystem und Positionsinformationen über weiße Linien einer Fahrspur, auf der das Fahrzeug fährt, verwenden, um eine Längsposition des Fahrzeugs in einer Erstreckungsrichtung der Fahrspur und eine Querposition des Fahrzeugs in einer Breitenrichtung der Fahrspur zu berechnen.

[0012] In dem oben beschriebenen Aspekt kann die Auswertungswertberechnungseinheit jedes Mal, wenn sie die Steuerergebniserfassungswerte von einer vorbestimmten Anzahl von eingestellten Längspositionen erlangt, den Auswertungswert des Fahrplans auf der Grundlage eines Ergebnisses eines Vergleichs zwischen den Steuersollwerten, die den eingestellten Längspositionen zugeordnet sind, und den Steuerergebniserfassungswerten berechnen.

[0013] In dem oben beschriebenen Aspekt kann die Straßenumgebungserkennungseinheit Positionen der weißen Linien der Fahrspur und die Fahrumgebung um das Fahrzeug auf der Grundlage des Erfassungsergebnisses des Außensensors erkennen.

[0014] In dem oben beschriebenen Aspekt kann die Fahrzustandserkennungseinheit eine Fahrzeuggeschwindigkeit des Fahrzeugs auf der Grundlage von Fahrzeuggeschwindigkeitsinformationen, die von einem Fahrzeuggeschwindigkeitssensor erfasst werden, der in dem Innensensor enthalten ist, erkennen, und gleichzeitig kann sie eine Richtung des Fahrzeugs auf der Grundlage von Gierrateninformationen, die von einem Gierratensensor erfasst werden, der in dem Innensensor enthalten ist, erkennen.

[0015] In dem oben beschriebenen Aspekt kann die Fahrplanerzeugungseinheit einen kurzfristigen Fahrplan auf der Grundlage der Position des Fahrzeugs, der Straßenumgebung um das Fahrzeug, des Fahrzustands des Fahrzeugs und des Fahrplans erzeugen.

[0016] In dem oben beschriebenen Aspekt kann der Steuerergebniserfassungswert ein kurzfristiger Steuersollwert in einem kurzfristigen Fahrplan sein, und die Auswertungswertberechnungseinheit kann den Auswertungswert des Fahrplans auf der Grundlage eines Ergebnisses eines Vergleichs zwischen dem Steuersollwert und dem kurzfristigen Steuersollwert berechnen.

[0017] Das Autonomfahrtsystem gemäß dem oben beschriebenen Aspekt kann Unterbrechungsinformationen hinsichtlich der Autonomfahrtsteuerung für die Insassen eines Fahrzeugs und andere Fahrzeuge um das Fahrzeug bereitzustellen, wenn eine Unterbrechung der Autonomfahrtsteuerung aufgrund eines Fehlers in den Karteninformationen erforderlich ist.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0018] Merkmale, Vorteile sowie die technische und gewerbliche Bedeutung beispielhafter Ausführungsformen der Erfindung werden im Folgenden mit Bezug auf die zugehörigen Zeichnungen beschrieben, in denen gleiche Bezugszeichen gleiche Elemente bezeichnen. Es zeigen:

[0019] Fig. 1 ein Blockdiagramm, das ein Autonomfahrtsystem gemäß der Ausführungsform zeigt;

[0020] Fig. 2 ein Diagramm, das eine Zielroute zeigt;

[0021] Fig. 3 eine Draufsicht, die eine Situation zeigt, in der es eine Differenz zwischen den Zielquerpositionen in einem Fahrplan und den Steuerergebnisquerpositionen, die während der Autonomfahrtsteuerung erfasst werden, gibt;

[0022] Fig. 4A ein Flussdiagramm, das die Fahrplanerzeugungsverarbeitung zeigt;

[0023] Fig. 4B ein Flussdiagramm, das eine Autonomfahrtsteuerung zeigt;

[0024] Fig. 5 ein Flussdiagramm, das die Steuerergebniserfassungswertelanganungsverarbeitung zeigt; und

[0025] Fig. 6 ein Flussdiagramm, das die Unterbrechungserforderlichkeitsbestimmungsverarbeitung zeigt.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG DER AUSFÜHRUNGSFORMEN

[0026] Im Folgenden werden bevorzugte Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung genauer mit Bezug auf die Zeichnungen beschrieben.

[0027] Fig. 1 ist ein Blockdiagramm, das ein Autonomfahrtsystem **100** gemäß dieser Ausführungsform zeigt. Der Umriss des Autonomfahrtsystems **100** wird hier zunächst beschrieben, gefolgt von der Beschreibung der Konfiguration des Autonomfahrtsystems **100**. Danach werden verschiedene Arten von Verarbeitungen, die von dem Autonomfahrtsystem **100** durchgeführt werden, beschrieben.

[0028] Das Autonomfahrtsystem **100**, das an einem Fahrzeug wie beispielsweise einem Personenwa-

gen montiert ist, ist ein System zum Durchführen der Autonomfahrtsteuerung eines Fahrzeugs. Wenn der Fahrer einen Betrieb zum Starten einer Autonomfahrtsteuerung durchführt (es wird beispielsweise ein Autonomfahrtsteuerungsstartknopf gedrückt), startet das Autonomfahrtsystem **100** die Autonomfahrtsteuerung des Fahrzeugs.

[0029] Die Autonomfahrtsteuerung meint eine Fahrzeugsteuerung, die bewirkt, dass ein Fahrzeug autonom entlang einer Zielroute, die im Voraus eingestellt wird, fährt. Unter der Autonomfahrtsteuerung fährt das Fahrzeug autonom ohne einen Fahrbetrieb des Fahrers. Eine Zielroute meint eine Route auf der Karte, entlang der das Fahrzeug unter der Autonomfahrtsteuerung fahren wird.

[0030] Fig. 2 ist ein Diagramm, das eine Zielroute zeigt. Fig. 2 zeigt ein Fahrzeug M, eine Zielroute R des Fahrzeugs M und ein Ziel E der Zielroute R. Das Ziel E ist ein Ziel, das von dem Fahrer eingestellt wird. Das Autonomfahrtsystem **100** verwendet ein bekanntes Verfahren, um die Zielroute R von der derzeitigen Position des Fahrzeugs M zu dem Ziel E auf der Grundlage der Karteninformationen einzustellen. Das Autonomfahrtsystem **100** stellt die kürzeste Route von der derzeitigen Position des Fahrzeugs M zu dem Ziel E als Zielroute R ein.

[0031] Das Autonomfahrtsystem **100** verwendet die Karteninformationen, um die Autonomfahrtsteuerung durchzuführen. Die Karteninformationen enthalten Positionsinformationen über Straßen (Positionsinformationen über jede Fahrspur), Informationen über Straßengestalten (beispielsweise Straßengestalten wie eine Kurve eines geraden Teils, eine Kurvenkrümmung), Informationen über Straßenbreiten (Informationen über die Fahrspurbreite) und Informationen über Geschwindigkeitsbegrenzungen auf der Straße. Außerdem enthalten die Karteninformationen Positionsinformationen über Kreuzungen und Abzweigungen, Positionsinformationen über Stoppllinien, Positionsinformationen über Fußgängerüberwege und Positionsinformationen über Ampeln. Die Karteninformationen können außerdem Straßenneigungsinformationen und Straßenschrägungsinformationen enthalten.

[0032] Außerdem können die Karteninformationen Positionsinformationen und Gestaltinformationen über nicht bewegte Hindernisse wie beispielsweise Randsteine, Strommasten, Pfosten, Leitplanken, Wände und Gebäude enthalten. Die Karteninformationen können Positionsinformationen und Gestaltinformationen über Straßenoberflächenbemalungen wie beispielsweise Buchstaben und Markierungen, die auf die Straßenoberfläche gemalt sind, enthalten. Die Straßenoberflächenbemalungen können Kanaldeckel enthalten. Die Karteninformationen können Informationen über Hinweistafeln oberhalb einer Stra-

ße und Informationen über Verkehrszeichen, die auf der Seite der Straße angeordnet sind, enthalten.

[0033] Das Autonomfahrtsystem **100** erzeugt einen Fahrplan, der für die Autonomfahrtsteuerung verwendet werden wird, auf der Grundlage der Zielroute R und der Karteninformationen. Ein Fahrplan ist ein Plan, der bewirkt, dass das Fahrzeug M entlang der Zielroute R von der derzeitigen Position des Fahrzeugs M zu dem Ziel, das beispielsweise in zehn Kilometern voraus liegt, fährt. Der Fahrplan wird auf der Grundlage der Karteninformationen erzeugt.

[0034] Ein Fahrplan enthält Steuersollwerte des Fahrzeugs M, die jeweils einer Position des Fahrzeugs M auf der Zielroute R entsprechen. Eine Position auf der Zielroute R bezieht sich auf eine Position auf der Zielroute R auf der Karte in der Erstreckungsrichtung. Eine Position auf der Zielroute R meint eine eingestellte Längsposition, die in einem vorbestimmten Abstand (beispielsweise 1 m) in der Erstreckungsrichtung der Zielroute eingestellt ist.

[0035] Ein Steuersollwert bezieht sich auf einen Wert, der in dem Fahrplan als ein Steuersoll des Fahrzeugs M verwendet wird. Der Steuersollwert wird in Zuordnung zu einer jeweiligen eingestellten Längsposition auf der Zielroute R eingestellt. Der Steuersollwert enthält eine Sollquerposition des Fahrzeugs M und eine Sollfahrzeuggeschwindigkeit des Fahrzeugs M.

[0036] Die Sollquerposition bezieht sich auf eine Querposition des Fahrzeugs M, die als ein Steuersoll in dem Fahrplan verwendet wird. Die Querposition des Fahrzeugs M bezieht sich auf eine Position des Fahrzeugs M in der Straßenbreitenrichtung (Fahrspurbreitenrichtung) der Straße, auf der das Fahrzeug M fährt. Die Fahrspurbreitenrichtung bezieht sich auf die Richtung, die auf der Straßenoberfläche der Straße in rechten Winkeln zu den weißen Linien, die die Fahrspur der Straße ausbilden, kreuzt. Außerdem ist die Position des Fahrzeugs M in der Erstreckungsrichtung der Straße (Richtung, die in rechten Winkeln die Straßenbreitenrichtung kreuzt) die Längsposition des Fahrzeugs M. Die Längsposition des Fahrzeugs M ist die Position des Fahrzeugs M auf der Zielroute R in der Erstreckungsrichtung. Die Sollfahrzeuggeschwindigkeit bezieht sich auf die Fahrzeuggeschwindigkeit des Fahrzeugs, die als ein Steuersoll in dem Fahrplan verwendet wird.

[0037] Das Autonomfahrtsystem **100** erkennt die Straßenumgebung um das Fahrzeug M auf der Grundlage der Bilder, die von der fahrzeugeigenen Kamera aufgenommen werden, eines Erfassungsergebnisses des fahrzeugeigenen LIDAR oder eines Erfassungsergebnisses der fahrzeugeigenen Radars. Die Straßenumgebung enthält die Positionen von weißen Linien, die eine Fahrspur bilden,

auf der das Fahrzeug M fährt, eine Linienart der weißen Linien, Straßengestalten (einschließlich Straßenkrümmung), eine Fahrspurbreite und Positionen von nicht bewegten Hindernissen. Die nicht bewegten Hindernisse enthalten Gebäude, Wände, Leitplanken und Strommasten. Die Straßenumgebung kann eine Fahrspurschrägung und eine Fahrspurneigung enthalten.

[0038] Außerdem erkennt das Autonomfahrtsystem **100** den Fahrzustand des Fahrzeugs M auf der Grundlage des Erfassungsergebnisses von Vorrichtungen wie beispielsweise des Fahrzeuggeschwindigkeitssensors des Fahrzeugs M. Der Fahrzustand enthält die Fahrzeuggeschwindigkeit des Fahrzeugs M, eine Beschleunigung des Fahrzeugs M und eine Gierrate des Fahrzeugs M. Das Autonomfahrtsystem **100** misst die Position des Fahrzeugs M auf der Grundlage des Messergebnisses einer GPS-Empfangeinheit (GPS: globales Ortungssystem), die später beschrieben wird. Das Autonomfahrtsystem **100** kann die Positionsinformationen über die nicht bewegten Hindernisse, die in den Karteninformationen enthalten sind, und die Erfassungsergebnisse von Vorrichtungen wie beispielsweise des fahrzeugeigenen Radars verwenden, um die Position des Fahrzeugs M auf der Grundlage der SLAM-Technologie (SLAM: Gleichzeitige Lokalisierung und Kartenerstellung) zu messen.

[0039] Das Autonomfahrtsystem **100** führt die Autonomfahrtsteuerung auf der Grundlage der Straßenumgebung um das Fahrzeug M, des Fahrzustands des Fahrzeugs M, der Position des Fahrzeugs M und des Fahrplans durch. Wenn die Karteninformationen keinen Fehler enthalten und der tatsächlichen Straßenumgebung entsprechen, führt das Autonomfahrtsystem **100** die Autonomfahrtsteuerung des Fahrzeugs M entsprechend dem Fahrplan durch. Die Autonomfahrtsteuerung des Fahrzeugs M gemäß dem Fahrplan meint eine Autonomfahrtsteuerung zum Steuern des Fahrzeugs M derart, dass die tatsächliche Querposition des Fahrzeugs M und die tatsächliche Fahrzeuggeschwindigkeit des Fahrzeugs M bei einer eingestellten Längsposition auf der Zielroute R mit der Sollquerposition und der Sollfahrzeuggeschwindigkeit an der eingestellten Längsposition übereinstimmen.

[0040] Wenn die Karteninformationen einen Fehler enthalten und es demzufolge eine Differenz zwischen den Karteninformationen und der tatsächlichen Straßenumgebung gibt, führt das Autonomfahrtsystem **100** die Autonomfahrtsteuerung entsprechend der tatsächlichen Straßenumgebung durch. Wenn ein erzeugter Fahrplan angibt, dass das Fahrzeug M mit einer festen Geschwindigkeit fährt, aber eine Stoppinie vor dem Fahrzeug in dem Bild, das von der fahrzeugeigenen Kamera aufgenommen wird, erfasst wird, führt das Autonomfahrtsystem **100** eine Auto-

nomfahrtsteuerung durch, die bewirkt, dass das Fahrzeug M zeitweilig stoppt, wobei nicht dem Fahrplan, sondern der tatsächlichen Straßenumgebung Priorität gegeben wird. Wenn ein erzeugter Fahrplan angibt, dass das Fahrzeug M mit einer festen Geschwindigkeit fährt, aber es ein Fahrzeug gibt, das vor dem Fahrzeug M mit einer Geschwindigkeit fährt, die niedriger als die feste Geschwindigkeit ist, führt das Autonomfahrtsystem **100** eine Autonomfahrtsteuerung durch, die bewirkt, dass das Fahrzeug M dem vorausbefindlichen Fahrzeug folgt, wobei nicht dem Fahrplan, sondern der tatsächlichen Straßenumgebung Priorität gegeben wird.

[0041] Anschließend erlangt das Autonomfahrtsystem **100**, nachdem die Autonomfahrtsteuerung des Fahrzeugs M entlang der Zielroute R gestartet wurde, die Steuerergebniserfassungswerte des Fahrzeugs M, die während der Autonomfahrtsteuerung erfasst werden. Das Autonomfahrtsystem **100** erlangt die Steuerergebniserfassungswerte, die jeweils einer eingestellten Längsposition auf der Zielroute R zugeordnet sind. Jeder Steuerergebniserfassungswert ist ein Erfassungswert, der das Ergebnis angibt, wie das Fahrzeug M durch die Autonomfahrtsteuerung gesteuert wird. Die Steuerergebniserfassungswerte werden jeweils in Zuordnung zu einer eingestellten Längsposition auf der Zielroute R erlangt.

[0042] Ein Steuerergebniserfassungswert gibt die Steuerergebnisquerposition des Fahrzeugs M und die Steuerergebnisfahrzeuggeschwindigkeit des Fahrzeugs M an. Die Steuerergebnisquerposition ist die Querposition des Fahrzeugs M, die als Steuerergebnis der Autonomfahrtsteuerung erzeugt wird. Die Steuerergebnisquerposition ist die Querposition des Fahrzeugs M während der Autonomfahrtsteuerung, die an einer eingestellten Längsposition erfasst wird. Die Erfassung der Querposition des Fahrzeugs M wird später genauer beschrieben. Die Steuerergebnisfahrzeuggeschwindigkeit ist die Fahrzeuggeschwindigkeit des Fahrzeugs M, die als ein Steuerergebnis der Autonomfahrtsteuerung erzeugt wird. Die Steuerergebnisfahrzeuggeschwindigkeit ist die Fahrzeuggeschwindigkeit des Fahrzeugs M während der Autonomfahrtsteuerung, die an einer eingestellten Längsposition erfasst wird. Die Steuerergebnisfahrzeuggeschwindigkeit wird von dem fahrzeugeigenen Fahrzeuggeschwindigkeitssensor erfasst.

[0043] Das Autonomfahrtsystem **100** berechnet den Auswertungswert eines Fahrplans auf der Grundlage eines Ergebnisses des Vergleichs zwischen den Steuersollwerten in dem Fahrplan und den Steuerergebniserfassungswerten, die während der Autonomfahrtsteuerung erfasst werden. Für jede eingestellte Längsposition auf der Zielroute R vergleicht das Autonomfahrtsystem **100** den Steuersollwert in dem Fahrplan mit dem Steuerergebniserfassungswert, der während der Autonomfahrtsteuerung er-

fasst wird. Der Auswertungswert des Fahrplans gibt den Gleichheitsgrad zwischen den Steuersollwerten in dem Fahrplan und den Steuerergebniserfassungswerten, die während der Autonomfahrtsteuerung erfasst werden, oder den Grad der Differenz zwischen den Steuersollwerten in dem Fahrplan und den Steuerergebniserfassungswerten, die während der Autonomfahrtsteuerung erfasst werden, an. Der Auswertungswert des Fahrplans wird derart berechnet, dass, je gleicher die Steuersollwerte in dem Fahrplan und die Steuerergebniserfassungswerte, die während der Autonomfahrtsteuerung erfasst werden, sind, umso größer der Auswertungswert des Fahrplans ist, oder dass, je größer die Differenz zwischen den Steuersollwerten in dem Fahrplan und den Steuerergebniserfassungswerten, die während der Autonomfahrtsteuerung erfasst werden, ist, umso kleiner der Fahrplanauswertungswert ist.

[0044] Die Berechnung des Auswertungswerts eines Fahrplans wird im Folgenden mit Bezug auf **Fig. 3** beschrieben. **Fig. 3** ist eine Draufsicht, die eine Situation zeigt, bei der es eine Differenz zwischen den Sollquerpositionen in einem Fahrplan und den Steuerergebnisquerpositionen, die während der Autonomfahrtsteuerung erfasst werden, gibt. **Fig. 3** zeigt eine Fahrspur L des Fahrzeugs M, tatsächliche weiße Linien Wa und Wb der Fahrspur L und eine weiße Linie WTa, die in der Vergangenheit vorhanden war. **Fig. 3** zeigt außerdem eingestellte Längspositionen G1 bis G4, Sollquerpositionen Tw1 bis Tw4 in dem Fahrplan, Steuerergebnisquerpositionen Pw1 bis Pw4 und Differenzen d2 bis d4 zwischen den Sollquerpositionen Tw2–Tw4 und den Steuerergebnisquerpositionen Pw2–Pw4. Die eingestellten Längspositionen G1 bis G4 werden auf der Zielroute R in dieser Reihenfolge mit einem vorbestimmten Abstand eingestellt.

[0045] Die Sollquerposition Tw1, die in **Fig. 3** gezeigt ist, ist die Sollquerposition, die der eingestellten Längsposition G1 entspricht. Die Sollquerposition Tw2 ist die Sollquerposition, die der eingestellten Längsposition G2 entspricht. Die Sollquerposition Tw3 ist die Sollquerposition, die der eingestellten Längsposition G3 entspricht. Die Sollquerposition Tw4 ist die Sollquerposition, die der eingestellten Längsposition G4 entspricht. Auf ähnliche Weise ist die Steuerergebnisquerposition Pw1 die Steuerergebnisquerposition, die der eingestellten Längsposition G1 entspricht. Die Steuerergebnisquerposition Pw2 ist die Steuerergebnisquerposition, die der eingestellten Längsposition G2 entspricht. Die Steuerergebnisquerposition Pw3 ist die Steuerergebnisquerposition, die der eingestellten Längsposition G3 entspricht. Die Steuerergebnisquerposition Pw4 ist die Steuerergebnisquerposition, die der eingestellten Längsposition G4 entspricht.

[0046] Die Differenz d_2 , die in **Fig. 3** gezeigt ist, ist der Abstand zwischen der Sollquerposition Tw_2 und der Steuerergebnisquerposition Pw_2 in der Fahrspurbreitenrichtung. Die Differenz d_3 ist der Abstand zwischen der Sollquerposition Tw_3 und der Steuerergebnisquerposition Pw_3 in der Fahrspurbreitenrichtung. Die Differenz d_4 ist der Abstand zwischen der Sollquerposition Tw_4 und der Steuerergebnisquerposition Pw_4 in der Fahrspurbreitenrichtung. Die Differenz zwischen der Sollquerposition Tw_1 in dem Fahrplan und der Steuerergebnisquerposition Pw_1 ist gleich 0, da diese dieselbe Position sind.

[0047] **Fig. 3** zeigt, dass der Straßenumbau derart erfolgt ist, dass sich die Fahrschulbreite der Fahrspur L vergrößert hat, da die weiße Linie WTa durch eine neue weiße Linie Wa ersetzt wurde. Vor dem Straßenumbau war die weiße Linie WTa eine gerade weiße Linie, die sich parallel zu der weißen Linie Wb erstreckt hat. Die neue weiße Wa ist bis zu der eingestellten Längsposition G_1 dieselbe wie die weiße Linie WTa . Ab diesem Punkt ist die weiße Linie Wa eine weiße Linie, die sich diagonal derart erstreckt, dass sich der Abstand zu der weißen Linie Wb erhöht, wenn das Fahrzeug von der eingestellten Längsposition G_1 zu der eingestellten Längsposition G_2 fährt. Ab der eingestellten Längsposition G_2 ist die weiße Linie Wa eine gerade weiße Linie, die sich parallel zu der weißen Linie Wb erstreckt. Andererseits sind die Karteninformationen in der Kartendatenbank noch nicht aktualisiert, und daher ist in der Kartendatenbank weiterhin die Kombination aus zwei weißen Linien, d. h. der weißen Linie WTa vor dem Straßenumbau und der weißen Linie Wb , als weiße Linien, die die Fahrspur L ausbilden, gespeichert.

[0048] Das Autonomfahrtsystem **100** erzeugt einen Fahrplan derart, dass das Fahrzeug in der Mitte der Fahrspur L, die der Mittelposition, die in den Karteninformationen gespeichert ist, entspricht, fährt. Daher werden in **Fig. 3** die Sollquerpositionen Tw_1 bis Tw_4 in dem Fahrplan jeweils an einer Position in gleichem Abstand zu der weißen Linie WTa und der weißen Linie Wb in der Fahrspurbreitenrichtung eingestellt.

[0049] Andererseits führt das Autonomfahrtsystem **100** eine Autonomfahrtsteuerung auf der Grundlage der tatsächlichen Straßenumgebung, die anhand von Bildern erkannt wird, die von der fahrzeugeigenen Kamera aufgenommen werden, derart durch, dass das Fahrzeug M in der Mitte der tatsächlichen Fahrspur L fährt. Daher werden die Steuerergebnisquerpositionen Pw_1 bis Pw_4 , die während der Autonomfahrtsteuerung erfasst werden, jeweils als Position in einem gleichen Abstand zu der weißen Linie Wa und der weißen Linie Wb in der Fahrspurbreitenrichtung erfasst.

[0050] In der Situation, die in **Fig. 3** gezeigt ist, berechnet das Autonomfahrtsystem **100** den Auswer-

tungswert des Fahrplans auf der Grundlage eines Ergebnisses des Vergleichs zwischen den Sollquerpositionen Tw_1 bis Tw_4 in dem Fahrplan, die auf der Grundlage der Karteninformationen erzeugt werden, und den Steuerergebnisquerpositionen Pw_1 bis Pw_4 , die während der Autonomfahrtsteuerung erfasst werden, die auf der Grundlage der tatsächlichen Straßenumgebung durchgeführt führt. Jedes Mal, wenn die Steuerergebniserfassungswerte entsprechend einer vorbestimmten Anzahl von eingestellten Längspositionen neu erlangt wurden, berechnet das Autonomfahrtsteuerung **100** den Auswertungswert des Fahrplans auf der Grundlage des Ergebnisses des Vergleichs zwischen den Steuersollwerten und den Steuerergebniserfassungswerten, die diesen eingestellten Längspositionen zugeordnet sind. In der Situation, die in **Fig. 3** gezeigt ist, berechnet das Autonomfahrtsystem **100** den Auswertungswert des Fahrplans, wenn die Steuerergebnisquerpositionen Pw_1 bis Pw_4 , die den vier eingestellten Längspositionen G_1 bis G_4 entsprechen, erlangt wurden, auf der Grundlage des Ergebnisses des Vergleichs zwischen den Sollquerpositionen Tw_1 bis Tw_4 in dem Fahrplan und den Steuerergebnisquerpositionen Pw_1 bis Pw_4 .

[0051] Das Autonomfahrtsystem **100** verwendet die Differenzen d_2 bis d_4 als Ergebnis des Vergleichs zwischen den Sollquerpositionen Tw_1 bis Tw_4 und den Steuerergebnisquerpositionen Pw_1 bis Pw_4 . Je größer der Mittelwert der Differenzen d_2 bis d_4 zwischen den Sollquerpositionen Tw_1 bis Tw_4 und den Steuerergebnisquerpositionen Pw_1 bis Pw_4 ist, umso kleiner ist der Auswertungswert des Fahrplans, der von dem Autonomfahrtsystem **100** berechnet wird. Genauer gesagt kann das Autonomfahrtsystem **100** den Kehrwert des Mittelwerts der Differenzen d_2 bis d_4 als Auswertungswert des Fahrplans berechnen.

[0052] Das Autonomfahrtsystem **100** kann den Median, die Summe, den Maximalwert oder den Minimalwert der Differenzen d_2 bis d_4 anstelle des Mittelwerts der Differenzen d_2 bis d_4 verwenden. Das Autonomfahrtsystem **100** kann den Auswertungswert des Fahrplans unter Verwendung eines vorbestimmten Berechnungsausdrucks, in den die Differenzen d_2 bis d_4 eingegeben werden, berechnen.

[0053] Das Autonomfahrtsystem **100** bestimmt auf der Grundlage des berechneten Auswertungswerts des Fahrplans und eines Auswertungsschwellenwerts, ob die Unterbrechung der Autonomfahrtsteuerung erforderlich ist. Der Auswertungsschwellenwert ist ein Wert, der im Voraus eingestellt wird. Wenn der Auswertungswert des Fahrplans kleiner als der Auswertungsschwellenwert ist, bestimmt das Autonomfahrtsystem **100**, dass die Unterbrechung der Autonomfahrtsteuerung erforderlich ist, da die Möglichkeit besteht, dass die Karteninformationen und die tatsächliche Straßenumgebung sich in einem derartigen Ausmaß voneinander unterscheiden, dass der Unter-

schied die Autonomfahrtsteuerung beeinflusst. Wenn der Auswertungswert des Fahrplans nicht kleiner als der Auswertungsschwellenwert ist, bestimmt das Autonomfahrtsystem **100**, dass die Unterbrechung der Autonomfahrtsteuerung nicht erforderlich ist.

[0054] Wenn bestimmt wird, dass die Unterbrechung der Autonomfahrtsteuerung erforderlich ist, stellt das Autonomfahrtsystem **100** Unterbrechungsinformationen hinsichtlich der Autonomfahrtsteuerung für die Insassen des Fahrzeugs M (beispielsweise den Fahrer) und andere Fahrzeuge um das Fahrzeug M bereit. Die Unterbrechungsinformationen hinsichtlich der Autonomfahrtsteuerung beziehen sich auf Informationen, die von dem Autonomfahrtsystem **100** verwendet werden, um zu informieren, dass die Autonomfahrtsteuerung des Fahrzeugs M unterbrochen werden wird. Die Unterbrechungsinformationen hinsichtlich der Autonomfahrtsteuerung, die an die Insassen des Fahrzeugs M gesendet werden, können Informationen enthalten, die den Fahrer auffordern, die manuelle Fahrt des Fahrzeugs M zu starten. Die Unterbrechungsinformationen hinsichtlich der Autonomfahrtsteuerung, die an die anderen Fahrzeuge um das Fahrzeug M gesendet werden, können Informationen über den Fahrzustand des Fahrzeugs M enthalten.

[0055] Das Autonomfahrtsystem **100** stellt die Unterbrechungsinformationen hinsichtlich der Autonomfahrtsteuerung für die Insassen des Fahrzeugs M über die Anzeige und den Lautsprecher in dem Fahrzeuginneren bereit. Das Autonomfahrtsystem **100** kann die Unterbrechungsinformationen hinsichtlich der Autonomfahrtsteuerung für die anderen Fahrzeuge um das Fahrzeug M über eine Fahrzeug-zu-Fahrzeug-Kommunikation bereitstellen. Die anderen Fahrzeuge um das Fahrzeug M meinen andere Fahrzeuge, die innerhalb eines vorbestimmten Bereichs um das Fahrzeug M angeordnet sind. Das Autonomfahrtsystem **100** kann die Unterbrechungsinformationen hinsichtlich der Autonomfahrtsteuerung auch nur entweder für die Insassen des Fahrzeugs M oder die anderen Fahrzeugen um das Fahrzeug M bereitstellen.

[0056] Wenn bestimmt wird, dass die Unterbrechung der Autonomfahrtsteuerung erforderlich ist, unterbricht das Autonomfahrtsystem **100** die Autonomfahrtsteuerung des Fahrzeugs M. Die Unterbrechung der Autonomfahrtsteuerung dient zum Stoppen der Autonomfahrtsteuerung des Fahrzeugs M entlang der Zielroute R, die von dem Autonomfahrtsystem **100** durchgeführt wird. Das Autonomfahrtsystem **100** stellt die Unterbrechungsinformationen hinsichtlich der Autonomfahrtsteuerung für die Insassen des Fahrzeugs M und die anderen Fahrzeuge um das Fahrzeug bereit und unterbricht danach die Autonomfahrtsteuerung. Das Autonomfahrtsystem **100** kann die Informationen und die Unterbre-

chung der Autonomfahrtsteuerung gleichzeitig durchführen oder kann die Autonomfahrtsteuerung unterbrechen, nachdem die Informationen bereitgestellt wurden.

<Konfiguration des Autonomfahrtsystems gemäß dieser Ausführungsform>

[0057] Wie es in **Fig. 1** gezeigt ist, enthält das Autonomfahrtsystem **100** gemäß dieser Ausführungsform eine ECU **10** zum Durchführen der Autonomfahrtsteuerung. Die ECU **10** ist eine elektronische Steuereinheit, die eine zentrale Verarbeitungseinheit (CPU), einen Nur-Lese-Speicher (ROM), einen Speicher mit wahlfreiem Zugriff (RAM) und eine CAN-Kommunikationsschaltung (CAN: Steuerbereichsnetzwerk) enthält. Die ECU **10** lädt ein Programm, das in dem ROM gespeichert ist, in den RAM und führt das Programm, das in den RAM geladen wurde, aus, um verschiedene Funktionen zu implementieren. Die ECU **10** kann durch mehrere elektronische Steuereinheiten ausgebildet werden. Mit der ECU **10** sind eine GPS-Empfangseinheit **1**, ein Außensensor **2**, ein Innensensor **3**, eine Kartendatenbank **4**, ein Navigationssystem **5**, ein Aktuator bzw. Stellglied **6**, eine Kommunikationseinheit **7** und eine Mensch-Maschine-Schnittstelle (HMI) **8** über die CAN-Kommunikationsschaltung verbunden.

[0058] Die GPS-Empfangseinheit **1**, die an dem Fahrzeug M montiert ist, dient als eine Positionsmesseinheit, die die Position des Fahrzeugs M misst. Die GPS-Empfangseinheit **1** empfängt Signale von drei oder mehr GPS-Satelliten, um die Position des Fahrzeugs M zu messen (beispielsweise den Breitengrad und den Längengrad des Fahrzeugs M). Die GPS-Empfangseinheit **1** sendet die Informationen über die gemessene Position des Fahrzeugs M an die ECU **10**.

[0059] Der Außensensor **2** ist eine Erfassungsvorrichtung zum Erfassen eines Objekts wie beispielsweise eines Hindernisses um (in der Umgebung) das Fahrzeug M. Das Außensensor **2** enthält eine Kamera, ein Radar und/oder ein LIDAR (LIDAR: Lichterfassung und Ortung). Der Außensensor **2** wird außerdem zum Erkennen der weißen Linien einer Fahrspur, auf der das Fahrzeug M fährt, verwendet, wie es später beschrieben wird. Der Außensensor **2** kann außerdem zum Messen der Position des Fahrzeugs M verwendet werden.

[0060] Die Kamera ist eine Aufnahmeeinrichtung, die die Außensituation des Fahrzeugs aufnimmt. Die Kamera ist auf der Innenseite der Windschutzscheibe des Fahrzeugs M und auf der Rückseite des Fahrzeugs angeordnet. Die Kamera kann auf rechten und linken Seiten des Fahrzeugs M vorhanden sein. Die Kamera sendet aufgenommene Informationen, die durch Aufnahmen der Szene vor dem Fahrzeug M

und der Szene hinter dem Fahrzeug M erzeugt werden, an die ECU 10. Die Kamera kann eine monokulare Kamera oder eine Stereo-Kamera sein. Die Stereo-Kamera enthält zwei Aufnahmeeinheiten, die derart angeordnet sind, dass die Disparität zwischen dem rechten Auge und dem linken Auge reproduziert werden kann. Die Informationen, die von der Stereo-Kamera aufgenommen werden, enthalten außerdem Tiefenrichtungsinformationen.

[0061] Das Radar erfasst ein Hindernis um das Fahrzeug M unter Verwendung einer Radiowelle (beispielsweise Millimeterwelle). Das Radar erfasst ein Hindernis durch Senden einer Radiowelle in die Umgebung des Fahrzeugs M und Empfangen einer Radiowelle, die von einem Hindernis reflektiert wird. Das Radar sendet die erfassten Hindernisinformationen an die ECU 10. Zusätzlich zu den nicht bewegten Hindernissen, die oben beschrieben wurden, beinhalten die Hindernisse bewegte Hindernisse wie beispielsweise Fahrräder und andere Fahrzeuge.

[0062] Das LIDAR erfasst ein Hindernis außerhalb des Fahrzeugs M unter Verwendung von Licht. Das LIDAR misst den Abstand zu einem Reflexionspunkt und erfasst ein Hindernis durch Senden von Licht in die Umgebung des Fahrzeugs M und Empfangen von Licht, das von einem Hindernis reflektiert wird. Das LIDAR sendet die erfassten Hindernisinformationen an die ECU 10. Das LIDAR und das Radar müssen nicht notwendigerweise gleichzeitig installiert sein.

[0063] Der Innensensor 3 ist eine Erfassungsvorrichtung, die den Fahrzustand des Fahrzeugs M erfasst. Der Innensensor 3 enthält einen Fahrzeuggeschwindigkeitssensor, einen Beschleunigungssensor und einen Gierratensensor. Der Fahrzeuggeschwindigkeitssensor ist eine Erfassungsvorrichtung, die die Geschwindigkeit des Fahrzeugs M erfasst. Ein Beispiel des Fahrzeuggeschwindigkeitssensors ist ein Raddrehzahlsensor, der an jeweiligen Rädern des Fahrzeugs M oder an der Antriebswelle, die sich synchron zu den Rädern dreht, angebracht ist, um die Drehzahl der Räder zu erfassen. Der Fahrzeuggeschwindigkeitssensor sendet die erfassten Fahrzeuggeschwindigkeitsinformationen an die ECU 10.

[0064] Der Beschleunigungssensor ist eine Erfassungsvorrichtung, die die Beschleunigung des Fahrzeugs M erfasst. Der Beschleunigungssensor enthält einen Längsbeschleunigungssensor, der eine Beschleunigung in der Längsrichtung des Fahrzeugs M erfasst, und einen Querschleunigungssensor, der die Querschleunigung des Fahrzeugs M erfasst. Der Beschleunigungssensor sendet die Beschleunigungsinformationen hinsichtlich des Fahrzeugs M an die ECU 10. Der Gierratensensor ist eine Erfassungsvorrichtung, die die Gierrate (Drehwinkelgeschwindigkeit) um die vertikale Achse des Schwerpunkts des Fahrzeugs M erfasst. Ein Gyrosensor kann als

Gierratensensor verwendet werden. Der Gierratensensor sendet die erfassten Gierrateninformationen hinsichtlich des Fahrzeugs M an die ECU 10.

[0065] Der Innensensor 3 kann einen Lenkwinkelsensor enthalten. Der Lenkwinkelsensor ist ein Sensor, der den Lenkwinkel (tatsächlicher Lenkwinkel) des Fahrzeugs M erfasst. Der Lenkwinkelsensor ist an der Lenkwelle des Fahrzeugs M angeordnet. Der Lenkwinkelsensor sendet die erfassten Lenkwinkelinformationen an die ECU 10.

[0066] Die Kartendatenbank 4 ist eine Datenbank, die Karteninformationen speichert. Diese Kartendatenbank 4 ist in einem Festplattenlaufwerk (HDD), das in dem Fahrzeug M montiert ist, ausgebildet. Die Kartendatenbank 4 ist mit dem Server eines Karteninformationsverwaltungszentrums über eine drahtlose Kommunikation mittels der Kommunikationseinheit 7 verbunden. Die Kartendatenbank 4 verwendet die neuesten Karteninformationen, die in dem Server des Karteninformationsverwaltungszentrums gespeichert sind, um die Karteninformationen regelmäßig zu aktualisieren. Die Kartendatenbank 4 muss nicht immer in dem Fahrzeug M montiert sein. Die Kartendatenbank 4 kann in einem Server vorhanden sein, der mit dem Fahrzeug M kommunizieren kann.

[0067] Das Navigationssystem 5, das in dem Fahrzeug M montiert ist, stellt die Zielroute R, auf der das Fahrzeug M unter der Autonomfahrtsteuerung fahren wird, ein. Das Navigationssystem 5 berechnet die Zielroute R von der Position des Fahrzeugs M zu dem Ziel E auf der Grundlage des Ziels, das im Voraus eingestellt wurde, der Position des Fahrzeugs M, die von der GPS-Empfangseinheit 1 gemessen wird, und der Karteninformationen, die in der Kartendatenbank 4 gespeichert sind. Das Ziel E der Autonomfahrtsteuerung wird eingestellt, wenn ein Insasse des Fahrzeugs M einen Betrieb hinsichtlich eines Eingabeknopfs (oder berührungsempfindliche Fläche), der auf dem Navigationssystem 5 angeordnet ist, durchführt. Die Zielroute R wird durch Identifizieren der jeweiligen Fahrspuren, die die Straße ausbilden, eingestellt. Das Navigationssystem 5 kann die Zielroute R unter Verwendung eines bekannten Verfahrens einstellen. Wenn der Fahrer das Fahrzeug M manuell fährt, kann das Navigationssystem 5 eine Funktion zum Leiten des Fahrers entlang der Zielroute R aufweisen. Das Navigationssystem 5 sendet die Informationen über die Zielroute R des Fahrzeugs M an die ECU 10. Ein Teil der Funktionen des Navigationssystems 5 kann von einem Server einer Einrichtung wie beispielsweise eines Informationsverarbeitungszentrums durchgeführt werden, das in der Lage ist, mit dem Fahrzeug M zu kommunizieren. Die Funktion des Navigationssystems 5 kann von der ECU 10 durchgeführt werden.

[0068] Die Zielroute R, die hier beschrieben ist, enthält eine Zielroute, die automatisch auf der Grundlage der vergangenen Zielhistorie und der Karteninformationen erzeugt wird, wenn das Ziel nicht explizit von dem Fahrer eingestellt wird, beispielsweise eine Straßenfolgeroute in der „Fahrerunterstützungsvorrichtung“, die in dem japanischen Patent Nr. 5382218 (WO 2011/1 583479 beschrieben ist, oder in der „Autonomfahrtvorrichtung“, die in der JP 2011-162132 A beschrieben ist.

[0069] Der Aktuator **6** ist eine Vorrichtung, die die Fahrsteuerung des Fahrzeugs M durchgeföhrt. Der Aktuator **6** enthält mindestens einen Drosselaktuator, einen Bremsaktuator und einen Lenkaktuator. Der Drosselaktuator steuert die Luftmenge, die dem Verbrennungsmotor zuzuföhren ist (Drosselwinkel) entsprechend dem Steuersignal von der ECU **10**, um die Antriebskraft des Fahrzeugs M zu steuern. Wenn das Fahrzeug M ein Hybridfahrzeug ist, wird die Luftmenge, die dem Verbrennungsmotor zuzuföhren ist, ebenso wie das Steuersignal von der ECU **10** an den Elektromotor, der als Energiequelle dient, empfangen, um die Antriebskraft zu steuern. Wenn das Fahrzeug M ein Elektrofahrzeug ist, wird das Steuersignal von der ECU **10** an den Elektromotor, der als Energiequelle dient, empfangen, um die Antriebskraft zu steuern. In diesem Fall bildet der Elektromotor, der als Energiequelle dient, den Aktuator **6**.

[0070] Der Bremsaktuator steuert das Bremssystem entsprechend dem Steuersignal, das von der ECU **10** empfangen wird, um die Bremskraft, die auf die Räder des Fahrzeugs M auszuüben ist, zu steuern. Als Bremssystem kann ein hydraulisches Bremssystem verwendet werden. Der Lenkaktuator steuert den Antrieb des Unterstützungsmotors, d. h. eine Komponente des elektrischen Servolenksystems zum Steuern des Lenkmoments, entsprechend dem Steuersignal, das von der ECU **10** empfangen wird. Dadurch steuert der Lenkaktuator das Lenkmoment des Fahrzeugs M.

[0071] Die Kommunikationseinheit **7** ist in dem Fahrzeug M montiert, um eine drahtlose Kommunikation durchzuführen. Die Kommunikationseinheit **7** kommuniziert drahtlos mit Servern wie beispielsweise dem Server in dem Karteninformationsverwaltungszentrum, das die Karteninformationen verwaltet. Die Kommunikationseinheit **7** kann eine Fahrzeug-zu-Fahrzeug-Kommunikation mit anderen Fahrzeugen durchführen, die zu einer Fahrzeug-zu-Fahrzeug-Kommunikation in der Lage sind. Die Kommunikationseinheit **7** kann außerdem eine Straße-zu-Fahrzeug-Kommunikation mit einem straßenseitigen Transceiver, der an der Straße installiert ist, durchführen.

[0072] Die HMI **8** ist eine Schnittstelle zum Senden und Empfangen von Informationen zwischen ei-

nem Insassen (beispielsweise dem Fahrer) des Fahrzeugs M und dem Autonomfahrtsystem **100**. Die HMI **8** weist eine Anzeige zum Anzeigen von Bildinformation für die Insassen, einen Lautsprecher zum Ausgeben von Sprache an die Insassen, eine Vibrationseinheit zum Übermitteln von Vibrationen an die Insassen und Betätigungsknöpfe oder eine berührungsempfindliche Fläche, die es dem Insassen ermöglichen, Eingabebetriebe durchzuführen, auf. Die Vibrationseinheit ist ein Vibrationsaktuator, der Vibrationen zum Übermitteln von Informationen an den Fahrer ausgibt. Die Vibrationseinheit ist beispielsweise in dem Sitzkissen, in der Rückenlehne und/oder in der Kopfstütze des Sitzes (beispielsweise des Fahrersitzes) angeordnet. Die HMI **8** sendet die Informationen, die von einem Insassen eingegeben werden, an die ECU **10**. Außerdem zeigt die HMI **8** Bildinformation auf der Anzeige an oder gibt Sprache über den Lautsprecher als Reaktion auf das Steuersignal von der ECU **10** aus.

[0073] Im Folgenden wird die Funktionskonfiguration der ECU **10** beschrieben. Die ECU **10** enthält eine Fahrzeugpositionserkennungseinheit **11**, eine Straßenumgebungserkennungseinheit **12**, eine Fahrzustandserkennungseinheit **13**, eine Fahrplanerzeugungseinheit **14**, eine Fahrtsteuerungseinheit **15**, eine Erfassungswerterlangungseinheit **16**, eine Auswertungswertberechnungseinheit **17**, eine Unterbrechungserforderlichkeitsbestimmungseinheit **18** und eine Informationsbereitstellungseinheit **19**. Ein Teil der Funktionen der ECU **10** kann von einem Server durchgeführt werden, der mit dem Fahrzeug M kommunizieren kann. Die Fahrplanerzeugungseinheit **14**, die Erfassungswerterlangungseinheit **16**, die Auswertungswertberechnungseinheit **17** und/oder die Unterbrechungserforderlichkeitsbestimmungseinheit **18** können jeweils in einem Server angeordnet sein, der mit dem Fahrzeug M kommunizieren kann.

[0074] Die Fahrzeugpositionserkennungseinheit **11** erkennt die Position des Fahrzeugs M auf der Karte auf der Grundlage der Positionsinformationen, die von der GPS-Empfangseinheit **1** empfangen werden, und der Karteninformationen, die in der Kartendatenbank **4** gespeichert sind. Die Fahrzeugpositionserkennungseinheit **11** erkennt die Position des Fahrzeugs M als eine Kombination aus der x-Koordinate und der y-Koordinate in einem orthogonalen x-y-Koordinatensystem, in dem die Position des Fahrzeugs M zu dem Startzeitpunkt der Autonomfahrtsteuerung der Bezugspunkt ist. Die Fahrzeugpositionserkennungseinheit **11** kann die Position des Fahrzeugs M mittels der SLAM-Technologie unter Verwendung der Positionsinformationen der nicht bewegten Hindernisse wie beispielsweise Strommasten, die in den Karteninformationen in der Kartendatenbank **4** enthalten sind, und des Erfassungsergebnisses des Außensensors **2** erkennen. In diesem

Fall dient der Außensensor **2** anstelle der GPS-Empfangseinheit **1** als Positionsmesseinheit.

[0075] Die Position des Fahrzeugs M kann mit der Mittelposition des Fahrzeugs M aus der Sicht der vertikalen Richtung (Flächenansicht) als Bezugspunkt bestimmt werden. Die Mittelposition des Fahrzeugs M ist die Mitte in der Fahrspurbreitenrichtung des Fahrzeugs M und ist die Mitte in der Längsrichtung des Fahrzeugs M.

[0076] Die Fahrzeugpositionserkennungseinheit **11** erkennt außerdem die Längsposition des Fahrzeugs M und die Querposition des Fahrzeugs M. Wenn Positionsinformationen über weiße Linien in den Karteninformationen enthalten sind, erkennt die Fahrzeugpositionserkennungseinheit **11** außerdem die Längsposition des Fahrzeugs M und die Querposition des Fahrzeugs M unter Verwendung der Position des Fahrzeugs in dem orthogonalen x-y-Koordinatensystem, das oben beschrieben wurde, und der Positionsinformationen (Koordinateninformationen) der weißen Linien der Fahrspur, auf der das Fahrzeug M fährt. Die Fahrzeugpositionserkennungseinheit **11** verwendet ein bekanntes Berechnungsverfahren, um die Längsposition des Fahrzeugs M in der Erstreckungsrichtung der Fahrspur und die Querposition des Fahrzeugs M in der Breitenrichtung der Fahrspur zu berechnen.

[0077] Die Fahrzeugpositionserkennungseinheit **11** kann außerdem ein bekanntes Bildverarbeitungsverfahren verwenden, um die Querposition des Fahrzeugs M auf der Grundlage des aufgenommenen Bilds (Bild von weißen Linien) vor dem Fahrzeug, das von der fahrzeugeigenen Kamera aufgenommen wird, zu erkennen. Die Montageposition der fahrzeugeigenen Kamera an dem Fahrzeug M ist fest, und der Bereich, der von der Kamera, die an dieser Montageposition montiert ist, aufgenommen wird, ist ebenfalls fest. Außerdem ist die Positionsbeziehung (Positionsbeziehung in der Flächenansicht) zwischen der Kameramontageposition und der Mittelposition des Fahrzeugs M fest. Daher kann die Fahrzeugpositionserkennungseinheit **11** die Mittelposition des Fahrzeugs M in der Fahrspurbreitenrichtung (Querposition des Fahrzeugs M) aus den Positionen der beiden weißen Linien (rechts und links), die in dem Bild enthalten sind, das von der Kamera aufgenommen wird, berechnen. Die Fahrzeugpositionserkennungseinheit **11** kann die Querposition des Fahrzeugs M als Verschiebungsgröße (Abweichungsgröße) der Mittelposition des Fahrzeugs M in Bezug auf die Mitte der Fahrspur (die Position in gleichem Abstand zu den beiden weißen Linien (rechts und links)) erkennen.

[0078] Die Fahrzeugpositionserkennungseinheit **11** kann die Querposition des Fahrzeugs M unter Verwendung von weißen Linien erkennen, die nicht mit-

tels der Kamera, sondern mittels des LIDAR erfasst werden. Die Montageposition des LIDAR an dem Fahrzeug M ist fest, und der Bereich, der von dem LIDAR, das an dieser Montageposition montiert ist, erfasst wird, ist ebenfalls fest. Außerdem ist die Positionsbeziehung (Positionsbeziehung in der Flächenansicht) zwischen der LIDAR-Montageposition und der Mittelposition des Fahrzeugs M fest. Daher kann die Fahrzeugpositionserkennungseinheit **11** die Querposition des Fahrzeugs M aus den Positionen der beiden weißen Linien (rechts und links), die von dem LIDAR erfasst werden, berechnen.

[0079] Die Position des Fahrzeugs M muss nicht auf der Grundlage der Mittelposition des Fahrzeugs M, sondern kann auf der Grundlage der Schwerpunktposition des Fahrzeugs M aus der Sicht der vertikalen Richtung (Schwerpunktposition des Fahrzeugs M zu dem Entwurfszeitpunkt) bestimmt werden. Da die Positionsbeziehung zwischen der Schwerpunktposition des Fahrzeugs M zu dem Entwurfszeitpunkt und der Mittelposition des Fahrzeugs M, die oben beschrieben wurde, fest ist, kann die Fahrzeugpositionserkennungseinheit **11** die Querposition des Fahrzeugs M mit der Schwerpunktposition des Fahrzeugs M als Bezugspunkt auf dieselbe Weise erkennen, als wenn die Mittelposition des Fahrzeugs M verwendet werden würde.

[0080] Die Straßenumgebungserkennungseinheit **12** erkennt die Straßenumgebung um das Fahrzeug M auf der Grundlage des Erfassungsergebnisses des Außensensors **2**. Die Straßenumgebungserkennungseinheit **12** verwendet ein bekanntes Verfahren, um die Straßenumgebung um das Fahrzeug M auf der Grundlage des Bilds, das von der Kamera aufgenommen wird, der Hindernisinformationen, die von dem LIDAR erfasst werden, oder der Hindernisinformationen, die von dem Radar erfasst werden, zu erkennen. Genauer gesagt erkennt die Straßenumgebungserkennungseinheit **12** die Positionen der weißen Linien der Fahrspur, auf der das Fahrzeug M fährt, auf der Grundlage der Informationen, die von der Kamera aufgenommen werden, und der Hindernisinformationen, die von dem LIDAR erfasst werden. Die Straßenumgebungserkennungseinheit **12** kann außerdem die Linienart der weißen Linien und die Krümmung der weißen Linien erkennen. Die Straßenumgebungserkennungseinheit **12** erkennt die nicht bewegten Hindernisse um das Fahrzeug M auf der Grundlage der Informationen, die von der Kamera aufgenommen werden, der Hindernisinformationen, die von dem LIDAR erfasst werden, oder der Hindernisinformationen, die von dem Radar erfasst werden.

[0081] Die Fahrzustandserkennungseinheit **13** erkennt den Fahrzustand des Fahrzeugs M einschließlich der Fahrzeuggeschwindigkeit und der Richtung des Fahrzeugs M auf der Grundlage des Erfassungsergebnisses des Innensensors **3**. Genauer gesagt

erkennt die Fahrzustandserkennungseinheit **13** die Fahrzeuggeschwindigkeit des Fahrzeugs M auf der Grundlage der Fahrzeuggeschwindigkeitsinformationen, die von dem Fahrzeuggeschwindigkeitssensor erfasst werden. Die Fahrzustandserkennungseinheit **13** erkennt die Richtung des Fahrzeugs M auf der Grundlage der Gierrateninformationen, die von dem Gierratensensor erfasst werden.

[0082] Die Fahrplanerzeugungseinheit **14** erzeugt einen Fahrplan des Fahrzeugs M auf der Grundlage der Zielroute R, die von dem Navigationssystem **5** eingestellt wird, und der Karteninformationen, die in der Kartendatenbank **4** gespeichert sind. Gleichzeitig führt der Fahrer einen Betrieb zum Starten der Autonomfahrtsteuerung durch, und die Fahrplanerzeugungseinheit **14** startet die Erzeugung eines Fahrplans. Dieser Fahrplan ist ein Fahrplan, der verwendet wird, wenn das Fahrzeug M von der derzeitigen Position des Fahrzeugs M zu dem Ziel, das im Voraus eingestellt wurde, fährt. Dieser Fahrplan wird auf der Grundlage der Karteninformationen erzeugt.

[0083] Genauer gesagt erzeugt die Fahrplanerzeugungseinheit **14** einen Fahrplan durch Einstellen der eingestellten Längspositionen auf der Zielroute R in vorbestimmten Abständen (beispielsweise jeweils 1 m) und gleichzeitig durch Einstellen der Steuersollwerte (beispielsweise Sollquerposition und Sollfahrzeuggeschwindigkeit) für jede eingestellte Längsposition. Das heißt, der Fahrplan enthält die Steuersollwerte entsprechend den jeweiligen eingestellten Längspositionen auf der Zielroute R. Die eingestellte Längsposition und die eingestellte Sollquerposition können kombiniert und als ein Satz von Positionskordinaten eingestellt werden. Die eingestellte Längsposition und die eingestellte Sollquerposition meinen die Längspositionsinformationen und die Querpositionsinformationen, die als Soll bzw. Ziel in dem Fahrplan eingestellt sind.

[0084] Die Erzeugung eines Fahrplans wird genauer mit Bezug auf **Fig. 3** beschrieben. Wenn der Fahrer einen Betrieb zum Starten der Autonomfahrtsteuerung startet, wobei das Fahrzeug M in einem vorbestimmten Abstand (mehrere hundert Meter, mehrere Kilometer) vor der eingestellten Längsposition G1, die in **Fig. 3** gezeigt ist, angeordnet ist, erzeugt die Fahrplanerzeugungseinheit **14** einen Fahrplan, der die Steuersollwerte entsprechend den eingestellten Längspositionen G1 bis G4 enthält, auf der Grundlage der Karteninformationen. Die Fahrplanerzeugungseinheit **14** erzeugt einen Fahrplan, der bewirkt, dass das Fahrzeug in der Mitte der Fahrspur L der Fahrspurbreitenrichtung fährt. Man beachte, dass hier, da die Karteninformationen in der Kartendatenbank **4** nicht aktualisiert sind, die Fahrplanerzeugungseinheit **14** den Fahrplan auf der Grundlage von alten Karteninformationen (Karteninformationen, die die weiße Linie WTa vor dem Straßenum-

bau und die weiße Linie Wb enthalten) erzeugt. Das heißt, die Fahrplanerzeugungseinheit **14** erzeugt einen Fahrplan, der bewirkt, dass das Fahrzeug M entlang den Sollquerpositionen Tw1 bis Tw4 fährt, die jeweils in einem gleichen Abstand zu der weißen Linie WTa und der weißen Linie Wb eingestellte sind.

[0085] Zusätzlich zu dem Fahrplan, der auf der Grundlage der Karteninformationen erzeugt wird, erzeugt die Fahrplanerzeugungseinheit **14** einen kurzfristigen Fahrplan entsprechend der tatsächlichen Straßenumgebung. Der kurzfristige Fahrplan wird als ein Plan erzeugt, der bewirkt, dass das Fahrzeug M in dem Erfassungsbereich des Außensensors **2** (beispielsweise dem Bereich innerhalb von 150 m vor dem Fahrzeug M) fährt.

[0086] Ähnlich wie der Fahrplan enthält der kurzfristige Fahrplan kurzfristige Steuersollwerte, die jeweils einer eingestellten Längsposition auf der Zielroute R entsprechen. Ein kurzfristiger Steuersollwert bezieht sich auf einen Wert des Steuersolls des Fahrzeugs M in dem kurzfristigen Fahrplan. Der kurzfristige Steuersollwert wird in Zuordnung zu einer jeweiligen eingestellten Längsposition auf der Zielroute R eingestellt. Der kurzfristige Steuersollwert enthält die kurzfristige Sollquerposition des Fahrzeugs M und die kurzfristige Sollfahrzeuggeschwindigkeit des Fahrzeugs M. Die kurzfristige Sollquerposition bezieht sich auf die Querposition des Fahrzeugs M, die ein Steuersoll in dem kurzfristigen Fahrplan ist. Die kurzfristige Sollfahrzeuggeschwindigkeit bezieht sich auf eine Fahrzeuggeschwindigkeit des Fahrzeugs M, die ein Steuersoll in dem kurzfristigen Fahrplan ist.

[0087] Die Fahrplanerzeugungseinheit **14** erzeugt einen kurzfristigen Fahrplan auf der Grundlage der Straßenumgebung um das Fahrzeug M, die von der Straßenumgebungserkennungseinheit **12** erkannt wird, des Fahrzustands des Fahrzeugs M, der von der Fahrzustandserkennungseinheit **13** erkannt wird, der Position des Fahrzeugs M, die von der Fahrzeugpositionserkennungseinheit **11** erkannt wird, und des Fahrplans (Fahrplan von der derzeitigen Position des Fahrzeugs M zu dem Ziel).

[0088] Wenn die Karteninformationen keinen Fehler enthalten, kann die Fahrplanerzeugungseinheit **14** die Steuersollwerte in dem Fahrplan als die kurzfristigen Steuersollwerte in dem kurzfristigen Fahrplan verwenden. Wenn das Fahrzeug M an einer Querposition fährt, die sich von der Position unterscheidet, die in dem Fahrplan definiert ist (eine Querposition, die nicht in der Mitte der Fahrspur liegt), erzeugt die Fahrplanerzeugungseinheit **14** einen kurzfristigen Fahrplan, so dass das Fahrzeug M von der derzeitigen Position des Fahrzeugs M zu der Mitte der Fahrspur zurückkehrt. Ein derartiger kurzfristiger Fahrplan kann durch Bezugnahme auf die JP 2009-291540 A erzeugt werden.

[0089] Die Erzeugung eines kurzfristigen Fahrplans wird genauer mit Bezug auf **Fig. 3** beschrieben. Wenn das Fahrzeug M zu einem Punkt fährt, bei dem die eingestellten Längspositionen G1 bis G4 in dem Erfassungsbereich des Außensensors **2** enthalten sind, erzeugt die Fahrplanerzeugungseinheit **14** einen kurzfristigen Fahrplan, der die kurzfristigen Steuersollwerte entsprechend den eingestellten Längspositionen G1 bis G4 enthält. Die Fahrplanerzeugungseinheit **14** erzeugt einen kurzfristigen Fahrplan, der bewirkt, dass das Fahrzeug in der Mitte der Fahrspur L der Fahrspurweitenrichtung fährt. Auf der Grundlage der Straßenumgebung um das Fahrzeug M erzeugt die Fahrplanerzeugungseinheit **14** einen kurzfristigen Fahrplan, der bewirkt, dass das Fahrzeug M an einer Position im gleichen Abstand zu den tatsächlichen weißen Linien Wa und Wb fährt. In diesem Fall werden die kurzfristigen Sollquerpositionen in dem kurzfristigen Fahrplan entsprechend den eingestellten Längspositionen G1 bis G4 jeweils an denselben Positionen wie diejenigen der Steuerergebnisquerpositionen Pw1 bis Pw4 eingestellt.

[0090] Die Fahrtsteuerungseinheit **15** führt die Autonomfahrtsteuerung des Fahrzeugs M auf der Grundlage eines kurzfristigen Fahrplans durch, der von der Fahrplanerzeugungseinheit **14** erzeugt wird. Mit anderen Worten, die Fahrtsteuerungseinheit **15** führt die Autonomfahrtsteuerung auf der Grundlage eines kurzfristigen Fahrplans, der anhand der Straßenumgebung um das Fahrzeug, des Fahrzustands des Fahrzeugs M, der Position des Fahrzeugs M und des Fahrplans erzeugt wird, durch.

[0091] Die Fahrtsteuerungseinheit **15** berechnet einen Befehlssteuerwert auf der Grundlage des kurzfristigen Fahrplans, so dass die Querposition und die Fahrzeuggeschwindigkeit des Fahrzeugs M gleich der Sollquerposition und der Sollfahrzeuggeschwindigkeit in dem kurzfristigen Fahrplan an einer eingestellten Längsposition werden. Die Fahrtsteuerungseinheit **15** sendet den berechneten Befehlssteuerwert an den Aktuator **6**. Die Fahrtsteuerungseinheit **15** steuert den Ausgang des Aktuators (Antriebskraft, Bremskraft, Lenkmoment usw.) unter Verwendung des Befehlssteuerwerts, um die Autonomfahrtsteuerung des Fahrzeugs M durchzuführen. Die Fahrtsteuerungseinheit **15** führt die Autonomfahrtsteuerung entsprechend der tatsächlichen Straßenumgebung auf der Grundlage des kurzfristigen Fahrplans durch. Genauer gesagt führt die Fahrtsteuerungseinheit **15** die Autonomfahrtsteuerung auf der Grundlage des kurzfristigen Fahrplans auf der Fahrspur L, die in **Fig. 3** gezeigt ist, derart durch, dass das Fahrzeug M die Steuerergebnisquerpositionen Pw1 bis Pw4 passiert.

[0092] Wenn, wie es später beschrieben wird, die Unterbrechungserfordernisbestimmungseinheit **18** bestimmt, dass eine Unterbrechung der

Autonomfahrtsteuerung erforderlich ist, unterbricht die Fahrtsteuerungseinheit **15** die Autonomfahrtsteuerung. Die Fahrtsteuerungseinheit **15** stoppt das Senden eines Befehlssteuerwerts an den Aktuator **6**, um die Autonomfahrtsteuerung zu unterbrechen.

[0093] Während das Fahrzeug M die Autonomfahrtsteuerung durchführt, erlangt die Erfassungswert-erlangungseinheit **16** die Steuerergebniserfassungswerte des Fahrzeugs M, die während der Autonomfahrtsteuerung erfasst werden. Die Erfassungswert-erlangungseinheit **16** erlangt die Steuerergebniserfassungswerte, die jeweils einer eingestellten Längsposition auf der Zielroute R zugeordnet sind. Wie es oben beschrieben wurde, enthält ein Steuerergebniserfassungswert die Steuerergebnisfahrzeuggeschwindigkeit und die Steuerergebnisquerposition.

[0094] Die Erfassungswert-erlangungseinheit **16** berechnet die Fahrzeuggeschwindigkeit des Fahrzeugs M, die einer Längsposition des Fahrzeugs M zugeordnet ist, auf der Grundlage der Längsposition des Fahrzeugs M, die von der Fahrzeugpositionserkennungseinheit **11** erkannt wird, und der Fahrzeuggeschwindigkeitsinformationen, die von dem Fahrzeuggeschwindigkeitssensor erfasst werden. Auf der Grundlage der Fahrzeuggeschwindigkeit des Fahrzeugs M, die der Längsposition des Fahrzeugs M zugeordnet ist, erlangt die Erfassungswert-erlangungseinheit **16** die Steuerergebnisfahrzeuggeschwindigkeit des Fahrzeugs M, die einer jeweiligen eingestellten Längsposition zugeordnet ist. Man beachte, dass die Steuerergebnisfahrzeuggeschwindigkeit des Fahrzeugs M, die einer eingestellten Längsposition zugeordnet ist, keine Fahrzeuggeschwindigkeit sein muss, die erfasst wird, wenn die Längsposition des Fahrzeugs M mit der eingestellten Längsposition übereinstimmt. Stattdessen kann die Erfassungswert-erlangungseinheit **16** die Fahrzeuggeschwindigkeit, die eine der Fahrzeuggeschwindigkeiten des Fahrzeugs M ist, die von dem Fahrzeuggeschwindigkeitssensor in regelmäßigen Abständen erfasst werden, und die die Fahrzeuggeschwindigkeit ist, die erfasst wird, wenn die Längsposition des Fahrzeugs M am nächsten bei der eingestellten Längsposition ist, als Steuerergebnisfahrzeuggeschwindigkeit des Fahrzeugs M, die der eingestellten Längsposition zugeordnet ist, erlangen.

[0095] Auf ähnliche Weise erlangt die Erfassungswert-erlangungseinheit **16** die Steuerergebnisquerposition des Fahrzeugs M, die einer jeweiligen eingestellten Längsposition zugeordnet ist, auf der Grundlage der Längsposition des Fahrzeugs M und der Querposition des Fahrzeugs M, die von der Fahrzeugpositionserkennungseinheit **11** erkannt wird. Man beachte, dass die Steuerergebnisquerposition des Fahrzeugs M, die einer eingestellten Längsposition zugeordnet ist, keine Querposition des Fahrzeugs sein muss, die erfasst wird, wenn die Längsposition

des Fahrzeugs M mit der eingestellten Längsposition übereinstimmt. Stattdessen kann die Erfassungswertelerlangungseinheit **16** die Querposition, die eine der Querpositionen des Fahrzeugs M ist, die von der Fahrzeugpositionserkennungseinheit **11** in regelmäßigen Abständen erkannt werden, und die die Querposition ist, die erfasst wird, wenn die Längsposition des Fahrzeugs M am nächsten bei der eingestellten Längsposition ist, als Steuerergebnisquerposition des Fahrzeugs M, die der eingestellten Längsposition zugeordnet ist, erlangt.

[0096] Genauer gesagt erlangt die Erfassungswertelerlangungseinheit **16** auf der Fahrspur L, die in **Fig. 3** gezeigt ist, die Steuerergebnisquerpositionen Pw1 bis Pw4, durch die das Fahrzeug M tatsächlich fährt, für die eingestellten Längspositionen G1 bis G4. Die Steuerergebnisquerpositionen Pw1 bis Pw4 werden als Daten erlangt, die mit den Sollquerpositionen Tw1 bis Tw4 in dem Fahrplan verglichen werden können. Die Steuerergebnisquerpositionen Pw1 bis Pw4, die den eingestellten Längspositionen G1 bis G4 zugeordnet sind, werden als Koordinatenwerte in dem orthogonalen x-y-Koordinatensystem, das oben beschrieben wurde, erlangt.

[0097] Die Auswertungswertberechnungseinheit **17** berechnet den Auswertungswert eines Fahrplans. Die Auswertungswertberechnungseinheit **17** berechnet den Auswertungswert eines Fahrplans auf der Grundlage des Ergebnisses eines Vergleichs zwischen Steuersollwerten in dem Fahrplan, der von der Fahrplanerzeugungseinheit **14** erzeugt wird, und Steuerergebniserfassungswerten, die von der Erfassungswertelerlangungseinheit **16** erlangt werden. Die Auswertungswertberechnungseinheit **17** vergleicht den Steuersollwert und den Steuerergebniserfassungswert, die derselben eingestellten Längsposition zugeordnet sind, miteinander. Jedes Mal, wenn die Erfassungswertelerlangungseinheit **16** die Steuerergebniserfassungswerte einer vorbestimmten Anzahl von eingestellten Längspositionen erlangt, berechnet die Auswertungswertberechnungseinheit **17** den Auswertungswert des Fahrplans auf der Grundlage des Ergebnisses eines Vergleichs zwischen den Steuersollwerten und den Steuerergebniserfassungswerten, die diesen eingestellten Längspositionen zugeordnet sind. Die vorbestimmte Anzahl kann eins oder zwei oder mehr betragen. Die Auswertungswertberechnungseinheit **17** vergleicht den Steuersollwert und den Steuerergebniserfassungswert für jede eingestellte Längsposition und berechnet auf der Grundlage des Ergebnisses dieses Vergleichs den Auswertungswert des Fahrplans.

[0098] Die Auswertungswertberechnungseinheit **17** kann den Auswertungswert eines Fahrplans einmal in einer vorbestimmten Zeitperiode (beispielsweise 10 Minuten) berechnen. In diesem Fall berechnet die Auswertungswertberechnungseinheit **17** den Aus-

wertungswert den Fahrplans anhand des Ergebnisses eines Vergleichs zwischen den Steuersollwerten und den Steuerergebniserfassungswerten unter Verwendung der Steuerergebniserfassungswerte, die in der vorbestimmten Zeitperiode erlangt wurden. Außerdem erkennt die Auswertungswertberechnungseinheit **17** die Starttageszeit und/oder die Beendigungstageszeit der Berechnung des Auswertungswerts des Fahrplans auf der Grundlage eines internen Zeitgebers der ECU **10**.

[0099] Als Vergleich zwischen dem Steuersollwert und dem Steuerergebniserfassungswert kann die Auswertungswertberechnungseinheit **17** die Sollfahrzeuggeschwindigkeit und die Steuerergebnisfahrzeuggeschwindigkeit miteinander vergleichen. Wenn es eine Stopplinie gibt, die in den Karteninformationen, die in der Kartendatenbank **4** gespeichert sind, nicht enthalten ist, wird das Fahrzeug M, das die Stopplinie erfasst, verzögert. Daher unterscheidet sich in diesem Fall die Sollfahrzeuggeschwindigkeit in dem Fahrplan, der von den Karteninformationen abhängt, von der Steuerergebnisfahrzeuggeschwindigkeit, die während der Autofahrtsteuerung entsprechend der tatsächlichen Straßenumgebung erfasst wird. Als Ergebnis des Vergleichs zwischen der Sollfahrzeuggeschwindigkeit und der Steuerergebnisfahrzeuggeschwindigkeit verwendet die Auswertungswertberechnungseinheit **17** die Differenz zwischen der Sollfahrzeuggeschwindigkeit und der Steuerergebnisfahrzeuggeschwindigkeit. Die Auswertungswertberechnungseinheit **17** berechnet die Differenz (Absolutwert) zwischen der Sollfahrzeuggeschwindigkeit und der Steuerergebnisfahrzeuggeschwindigkeit für jede eingestellte Längsposition. Je größer der Mittelwert der Differenzen an den eingestellten Längspositionen ist, umso kleiner ist der Auswertungswert des Fahrplans, der von der Auswertungswertberechnungseinheit **17** berechnet wird. Die Auswertungswertberechnungseinheit **17** kann den Kehrwert des Mittelwerts der Differenzen an den eingestellten Längspositionen als Auswertungswert des Fahrplans berechnen. Anstelle des Mittelwerts der Differenzen kann die Auswertungswertberechnungseinheit **17** den Median, die Summe, den Maximalwert oder den Minimalwert der Differenzen verwenden. Auf diese Weise berechnet die Auswertungswertberechnungseinheit **17** den Auswertungswert des Fahrplans hinsichtlich der Fahrzeuggeschwindigkeit auf der Grundlage des Ergebnisses des Vergleichs zwischen der Sollfahrzeuggeschwindigkeit und der Steuerergebnisfahrzeuggeschwindigkeit.

[0100] Als Vergleich zwischen dem Steuersollwert und dem Steuerergebniserfassungswert kann die Auswertungswertberechnungseinheit **17** die Sollquerposition und die Steuerergebnisquerposition miteinander vergleichen. Der Vergleich zwischen der Sollquerposition und der Steuerergebnisquerposition

wurde zuvor mit Bezug auf **Fig. 3** beschrieben, und daher wird die Beschreibung nicht wiederholt. Auf diese Weise berechnet die Auswertungswertberechnungseinheit **17** den Auswertungswert des Fahrplans hinsichtlich der Querposition auf der Grundlage des Ergebnisses des Vergleichs zwischen der Sollquerposition und der Steuerergebnisquerposition.

[0101] Nach der Berechnung des Auswertungswerts des Fahrplans durch die Auswertungswertberechnungseinheit **17** stellt die Unterbrechungserfordernisbestimmungseinheit **18** einen Auswertungsschwellenwert ein. Der Auswertungsschwellenwert ist ein Schwellenwert, der verwendet wird, um zu bestimmen, ob die Unterbrechung einer Autonomfahrtsteuerung erforderlich ist. Die Unterbrechungserfordernisbestimmungseinheit **18** stellt den Auswertungsschwellenwert auf der Grundlage der Position des Fahrzeugs M auf der Karte entsprechend dem Berechnungszeitpunkt des Auswertungswerts des Fahrplans, dessen Berechnung von der Auswertungswertberechnungseinheit **17** durchgeführt wird, ein. Der Berechnungszeitpunkt des Auswertungswerts des Fahrplans bezieht sich auf eine Starttageszeit, zu der die Auswertungswertberechnungseinheit **17** die Berechnung des Auswertungswerts des Fahrplans startet. Der Berechnungszeitpunkt des Auswertungswerts des Fahrplans kann die Beendigungstageszeit sein, zu der die Auswertungswertberechnungseinheit **17** die Berechnung des Auswertungswerts des Fahrplans beendet. Die Position des Fahrzeugs M auf der Karte bezieht sich auf die Position des Fahrzeugs M in den Karteninformationen, die in der Kartendatenbank **4** gespeichert sind.

[0102] Die Unterbrechungserfordernisbestimmungseinheit **18** bestimmt, ob die Position des Fahrzeugs M auf der Karte in einem städtischen oder in einem außerstädtischen Bereich angeordnet ist. Die Karteninformationen enthalten Daten, die angeben, ob sich eine Position in einem städtischen Bereich oder in einem außerstädtischen Bereich befindet. Aufgrund dessen, dass eine höhere Karteninformationsgenauigkeit für eine Autonomfahrtsteuerung in einem städtischen Bereich im Vergleich zu einem außerstädtischen Bereich (Außenbezirk) benötigt wird, stellt die Unterbrechungserfordernisbestimmungseinheit **18** einen Auswertungsschwellenwert ein, der größer ist, wenn bestimmt wird, dass sich die Position in einem städtischen Bereich befindet, als in einem Fall, in dem bestimmt wird, dass sich die Position in einem außerstädtischen Bereich befindet. Das heißt, die Unterbrechungserfordernisbestimmungseinheit **18** stellt den Auswertungsschwellenwert derart ein, dass die Autonomfahrtsteuerung noch leichter unterbrochen wird, wenn bestimmt wird, dass sich die Position in einem städtischen Bereich befindet, als in einem Fall, in dem bestimmt wird, dass sich die Position in einem außerstädtischen Bereich befindet.

[0103] Gemäß einem anderen Verfahren kann die Unterbrechungserfordernisbestimmungseinheit **18** auf der Grundlage der Position des Fahrzeugs M auf der Karte bestimmen, ob das Fahrzeug M auf einer offenen Strecke bzw. Straße oder einer Schnellstraße vorhanden ist. Die Karteninformationen enthalten Daten, die angeben, ob eine Straße eine Schnellstraße ist. In der folgenden Beschreibung ist eine Straße, die keine Schnellstraße ist, eine offene Strecke bzw. Straße. Da eine höhere Karteninformationsgenauigkeit für die Autonomfahrtsteuerung auf einer offenen Strecke im Vergleich zu einer Schnellstraße benötigt wird, stellt die Unterbrechungserfordernisbestimmungseinheit **18** einen Auswertungsschwellenwert ein, der größer ist, wenn bestimmt wird, dass die Straße eine offene Straße ist, als in einem Fall, in dem bestimmt wird, dass die Straße eine Schnellstraße ist. Das heißt, die Unterbrechungserfordernisbestimmungseinheit **18** stellt den Auswertungsschwellenwert derart ein, dass die Autonomfahrtsteuerung noch leichter unterbrochen wird, wenn bestimmt wird, dass die Straße eine offene Straße ist, als in einem Fall, in dem bestimmt wird, dass die Straße eine Schnellstraße ist.

[0104] Gemäß einem weiteren Verfahren kann die Unterbrechungserfordernisbestimmungseinheit **18** auf der Grundlage der Position des Fahrzeugs M auf der Karte bestimmen, ob das Fahrzeug M auf einer privaten Straße vorhanden ist. In diesem Fall enthalten die Karteninformationen Daten, die angeben, ob eine Straße eine private Straße ist. Da eine höhere Karteninformationsgenauigkeit für die Autonomfahrtsteuerung auf einer privaten Straße, die in vielen Fällen schmaler als eine offene Straße ist, benötigt wird, stellt die Unterbrechungserfordernisbestimmungseinheit **18** einen Auswertungsschwellenwert ein, der größer ist, wenn bestimmt wird, dass die Straße eine private Straße ist, als in einem Fall, in dem bestimmt wird, dass die Straße eine offene Straße ist. Das heißt, die Unterbrechungserfordernisbestimmungseinheit **18** stellt den Auswertungsschwellenwert derart ein, dass die Autonomfahrtsteuerung noch leichter unterbrochen wird, wenn bestimmt wird, dass die Straße eine private Straße ist, als in einem Fall, in dem bestimmt wird, dass die Straße eine offene Straße ist.

[0105] Außerdem stellt die Unterbrechungserfordernisbestimmungseinheit **18** den Auswertungsschwellenwert für die Fahrzeuggeschwindigkeit und den Auswertungsschwellenwert für die Querposition jeweils auf der Grundlage der Position des Fahrzeugs M auf der Karte ein.

[0106] Die Unterbrechungserfordernisbestimmungseinheit **18** bestimmt auf der Grundlage des Auswertungswerts des Fahrplans und des Auswertungsschwellenwerts, ob die Unterbrechung der Autonomfahrtsteuerung erforderlich ist. Wenn die

Auswertungswertberechnungseinheit **17** den Auswertungswert eines Fahrplans berechnet hat, bestimmt die Unterbrechungserfordernisbestimmungseinheit **18**, ob die Unterbrechung der Autonomfahrtsteuerung erforderlich ist. Wenn der Auswertungswert des Fahrplans kleiner als der Auswertungsschwellenwert ist, bestimmt die Unterbrechungserfordernisbestimmungseinheit **18**, dass die Unterbrechung der Autonomfahrtsteuerung erforderlich ist. Wenn der Auswertungswert des Fahrplans nicht kleiner als der Auswertungsschwellenwert ist, bestimmt die Unterbrechungserfordernisbestimmungseinheit **18**, dass die Unterbrechung der Autonomfahrtsteuerung nicht erforderlich ist.

[0107] Wenn es um das Fahrzeug M herum ein dynamisches Hindernis gibt, das die Autonomfahrtsteuerung beeinflusst, muss die Unterbrechungserfordernisbestimmungseinheit **18** nicht bestimmen, ob die Unterbrechung der Autonomfahrtsteuerung erforderlich ist, da in diesem Fall nicht richtig bestimmt werden kann, ob die Unterbrechung der Autonomfahrtsteuerung erforderlich ist. Dynamische Hindernisse beinhalten Fahrräder, Fußgänger, Tiere und andere Fahrzeuge. Auf der Grundlage der Straßenumgebung um das Fahrzeug M, die von der Straßenumgebungserkennungseinheit **12** erkannt wird, bestimmt die Unterbrechungserfordernisbestimmungseinheit **18**, ob es ein dynamisches Hindernis innerhalb des Bereiches eines vorbestimmten Abstands (beispielsweise innerhalb von 1 m) zu der Solltrajektorie des Fahrzeugs M in dem Fahrplan gibt (die Trajektorie, die durch die Positionen verläuft, die durch die eingestellten Längspositionen und die Sollquerpositionen identifiziert werden, die einander zugeordnet sind). Wenn bestimmt wird, dass es ein dynamisches Hindernis innerhalb des Bereiches des vorbestimmten Abstands zu der Solltrajektorie des Fahrzeugs M gibt, muss die Unterbrechungserfordernisbestimmungseinheit **18** nicht bestimmen, ob die Unterbrechung der Autonomfahrtsteuerung erforderlich ist. Die Unterbrechungserfordernisbestimmungseinheit **18** kann außerdem derart ausgebildet sein, dass es keine Notwendigkeit gibt, zu bestimmen, ob die Unterbrechung der Autonomfahrtsteuerung erforderlich ist, wenn bestimmt wird, dass es ein dynamisches Hindernis vor dem Fahrzeug M gibt.

[0108] Wenn von der Unterbrechungserfordernisbestimmungseinheit **18** bestimmt wird, dass die Unterbrechung der Autonomfahrtsteuerung erforderlich ist, stellt die Informationsbereitstellungseinheit **19** Unterbrechungsinformationen hinsichtlich der Autonomfahrtsteuerung für die Insassen (beispielsweise den Fahrer) des Fahrzeugs M und die anderen Fahrzeuge um das Fahrzeug M bereit. Die Informationsbereitstellungseinheit **19** sendet ein Steuersignal an die HMI **8**, um die Informationen für die Insassen des Fahrzeugs M über die HMI **8** bereitzustellen.

Die Informationsbereitstellungseinheit **19** stellt die Informationen für die Insassen des Fahrzeugs M durch Ausgeben von Bildinformationen über die Anzeige der HMI **8** oder durch Ausgeben von Sprache über den Lautsprecher der Unterbrechungserfordernisbestimmungseinheit **18** bereit. In Verbindung mit dem Ausgeben von Bildinformation über die Anzeige oder dem Ausgeben von Sprache über den Lautsprecher kann die Informationsbereitstellungseinheit **19** bewirken, dass die Vibrationseinheit unter dem Sitz Vibrationen ausgibt. Außerdem stellt die Informationsbereitstellungseinheit **19** Informationen bereit, um es dem Fahrer zu ermöglichen, eine manuelle Fahrt zu starten.

[0109] Die Informationsbereitstellungseinheit **19** kann die Unterbrechungsinformationen hinsichtlich der Autonomfahrtsteuerung für die anderen Fahrzeuge um das Fahrzeug M mittels Fahrzeug-zu-Fahrzeug-Kommunikation über die Kommunikationseinheit **7** bereitstellen. Außerdem kann die Informationsbereitstellungseinheit **19** die Unterbrechungsinformationen hinsichtlich der Autonomfahrtsteuerung, die Informationen über den Fahrzustand des Fahrzeugs M enthalten, für die anderen Fahrzeuge um das Fahrzeug M bereitstellen. Die Informationsbereitstellungseinheit **19** kann die Unterbrechungsinformationen hinsichtlich der Autonomfahrtsteuerung für die anderen Fahrzeuge um das Fahrzeug M durch Projizieren von Buchstaben oder Bildern auf die Scheibe (vordere Windschutzscheibe, Seitenscheiben, hintere Scheibe) des Fahrzeugs M bereitstellen. In diesem Fall weist das Fahrzeug M eine Projektoranzeige zum Projizieren der Buchstaben und Bilder auf die Scheiben auf. Die Informationsbereitstellungseinheit **19** kann eine bekannte Technologie verwenden, um die oben beschriebene Projektionsanzeige durchzuführen. Hinsichtlich der Technologie der Projektionsanzeige dieser Art wird beispielsweise auf das US-Patent Nr. 2012/0089273 verwiesen.

[0110] Die Informationsbereitstellungseinheit **19** kann die Unterbrechungsinformationen hinsichtlich der Autonomfahrtsteuerung auch nur für die Insassen des Fahrzeugs M oder die anderen Fahrzeuge um das Fahrzeug M bereitstellen.

[0111] Die Fahrplanerzeugungsverarbeitung des Autonomfahrtsystems **100** gemäß dieser Ausführungsform wird im Folgenden mit Bezug auf **Fig. 4A** beschrieben. **Fig. 4A** zeigt ein Flussdiagramm, das die Fahrplanerzeugungsverarbeitung zeigt. Das Flussdiagramm, das in **Fig. 4A** gezeigt ist, wird durchgeführt, wenn der Fahrer einen Betrieb zum Starten der Autonomfahrtsteuerung durchführt.

[0112] In S10 erkennt das Autonomfahrtsystem **100** die Position des Fahrzeugs M über die Fahrzeugpositionserkennungseinheit **11**, wie es in **Fig. 4A** gezeigt ist. Die Fahrzeugpositionserkennungseinheit **11**

erkennt die Position des Fahrzeugs M auf der Karte auf der Grundlage der Positionsinformationen, die durch die GPS-Empfangseinheit **1** empfangen werden, und der Karteninformationen, die in der Kartendatenbank **4** gespeichert sind. Die Fahrzeugpositionserkennungseinheit **11** kann das Erfassungsergebnis des Außensensors **2** verwenden, um die Position des Fahrzeugs mittel der SLAM-Technologie zu erkennen.

[0113] Anschließend erzeugt das Autonomfahrtsystem **100** in S11 einen Fahrplan mittels der Fahrplanerzeugungseinheit **14**. Die Fahrplanerzeugungseinheit **14** erzeugt einen Fahrplan, der bewirkt, dass das Fahrzeug M entlang der Zielroute R fährt, auf der Grundlage der Position des Fahrzeugs M, die von der Fahrzeugpositionserkennungseinheit **11** erkannt wird, und der Zielroute R, die von dem Navigationssystem **5** im Voraus eingestellt wurde. Die Fahrplanerzeugungseinheit **14** erzeugt den Fahrplan von der derzeitigen Position des Fahrzeugs M zu dem Ziel E.

[0114] Nachdem der Fahrplan auf der Grundlage der Karteninformationen erzeugt wurde, beendet das Autonomfahrtsystem **100** die derzeitige Fahrplanerzeugungsverarbeitung. Wenn der Fahrer danach die Zielroute R ändert, startet das Autonomfahrtsystem **100** erneut die Fahrplanerzeugungsverarbeitung.

[0115] Im Folgenden wird die Autonomfahrtsteuerung des Autonomfahrtsystems **100** gemäß dieser Ausführungsform mit Bezug auf **Fig. 4B** beschrieben. **Fig. 4B** ist ein Flussdiagramm, das die Autonomfahrtsteuerung zeigt. Das Flussdiagramm, das in **Fig. 4B** gezeigt ist, wird durchgeführt, wenn ein Betrieb zum Starten der Autonomfahrtsteuerung von dem Fahrer durchgeführt wird und ein Fahrplan erzeugt wurde.

[0116] In S20 erkennt das Autonomfahrtsystem **100** die Position des Fahrzeugs M mittels der Fahrzeugpositionserkennungseinheit **11**, wie es in **Fig. 4B** gezeigt ist. Die Fahrzeugpositionserkennungseinheit **11** erkennt die Position des Fahrzeugs M auf der Grundlage der Positionsinformationen, die durch die GPS-Empfangseinheit **1** empfangen werden, und der Karteninformationen, die in der Kartendatenbank **4** gespeichert sind. Die Fahrzeugpositionserkennungseinheit **11** kann die SLAM-Technologie verwenden, um die Position des Fahrzeugs M zu erkennen. Die Fahrzeugpositionserkennungseinheit **11** kann die Position des Fahrzeugs M aus der Historie der Änderung der Fahrzeuggeschwindigkeit des Fahrzeugs M und der Historie der Änderung der Richtung des Fahrzeugs M auf der Grundlage der Fahrzeuggeschwindigkeitsinformationen, die von dem Fahrzeuggeschwindigkeitssensor erfasst werden, und der Gierrateninformationen, die von dem Gierratensensor erfasst werden, schätzen.

[0117] In S20 erkennt das Autonomfahrtsystem **100** die Straßenumgebung um das Fahrzeug M mittels der Straßenumgebungserkennungseinheit **12**. Die Straßenumgebungserkennungseinheit **12** erkennt die Positionen der weißen Linien der Fahrspur und die Straßenumgebung um das Fahrzeug M auf der Grundlage des Erfassungsergebnisses des Außensensors **2**. Außerdem erkennt das Autonomfahrtsystem **100** in S20 den Fahrzustand des Fahrzeugs M über die Fahrzustandserkennungseinheit **13**. Die Fahrzustandserkennungseinheit **13** erkennt die Fahrzeuggeschwindigkeit des Fahrzeugs M auf der Grundlage der Fahrzeuggeschwindigkeitsinformationen, die von dem Fahrzeuggeschwindigkeitssensor erfasst werden, und erkennt die Richtung des Fahrzeugs M auf der Grundlage der Gierrateninformationen, die von dem Gierratensensor erfasst werden.

[0118] Anschließend erzeugt das Autonomfahrtsystem **100** in S21 einen kurzfristigen Fahrplan mittels der Fahrplanerzeugungseinheit **14**. Die Fahrplanerzeugungseinheit **14** erzeugt den kurzfristigen Fahrplan auf der Grundlage der Position des Fahrzeugs M, der Straßenumgebung um das Fahrzeug M, des Fahrzustands des Fahrzeugs M und des Fahrplans. Die Fahrplanerzeugungseinheit **14** erzeugt den kurzfristigen Fahrplan entsprechend der tatsächlichen Straßenumgebung. Die Fahrplanerzeugungseinheit **14** erzeugt den kurzfristigen Fahrplan als einen Plan zum Bewirken, dass das Fahrzeug M in dem Bereich, der von dem Außensensor **2** erfasst wird, fährt.

[0119] Anschließend führt das Autonomfahrtsystem **100** in S22 die Autonomfahrtsteuerung des Fahrzeugs M mittels der Fahrtsteuerungseinheit **15** durch. Die Fahrtsteuerungseinheit **15** führt die Autonomfahrtsteuerung, die bewirkt, dass das Fahrzeug M entsprechend der tatsächlichen Straßenumgebung fährt, auf der Grundlage des kurzfristigen Fahrplans durch. Die Fahrtsteuerungseinheit **15** führt die Autonomfahrtsteuerung des Fahrzeugs M durch Steuern des Ausgangs des Aktuators **6** unter Verwendung eines Befehlssteuerwerts durch.

[0120] Danach wiederholt das Autonomfahrtsystem **100** die Verarbeitung ab S20, während das Fahrzeug M unter Steuerung der Autonomfahrtsteuerung fährt.

[0121] Im Folgenden wird die Steuerergebniserfassungswernerlangungsverarbeitung des Autonomfahrtsystems **100** gemäß dieser Ausführungsform beschrieben. **Fig. 5** ist ein Flussdiagramm, das die Steuerergebniserfassungswernerlangungsverarbeitung zeigt. Das Flussdiagramm, das in **Fig. 5** gezeigt ist, wird durchgeführt, wenn das Fahrzeug M die Autonomfahrtsteuerung startet.

[0122] In S30 erlangt das Autonomfahrtsystem **100** einen Steuerergebniserfassungswert mittels der Er-

fassungswernerlangungseinheit **16**, wie es in **Fig. 5** gezeigt ist. Die Erfassungswernerlangungseinheit **16** erlangt den Steuerergebniserfassungswert in Zuordnung zu einer eingestellten Längsposition auf der Zielroute R. Die Erfassungswernerlangungseinheit **16** erlangt die Steuerergebnisfahrzeuggeschwindigkeit des Fahrzeugs M, die einer jeweiligen eingestellten Längsposition zugeordnet ist, auf der Grundlage der Längsposition des Fahrzeugs M, die von der Fahrzeugpositionserkennungseinheit **11** erkannt wird, und der Fahrzeuggeschwindigkeitsinformationen, die von dem Fahrzeuggeschwindigkeitssensor erfasst werden. Die Erfassungswernerlangungseinheit **16** erlangt die Steuerergebnisquerposition des Fahrzeugs M, die einer jeweiligen eingestellten Längsposition zugeordnet ist, auf der Grundlage der Längsposition des Fahrzeugs M und der Querposition des Fahrzeugs M, die von der Fahrzeugpositionserkennungseinheit **11** erkannt werden.

[0123] Die Erfassungswernerlangungseinheit **16** erlangt den Steuerergebniserfassungswert, wenn die Längsposition des Fahrzeugs M sich bei der eingestellten Längsposition befindet. Die Erfassungswernerlangungseinheit **16** kann die Steuerergebniserfassungswerte von mehreren eingestellten Längspositionen gleichzeitig aus den vergangenen Daten hinsichtlich der Positionen des Fahrzeugs (Längsposition und Querposition) und den vergangenen Daten hinsichtlich der Fahrzeuggeschwindigkeit des Fahrzeugs M (Fahrzeuggeschwindigkeitsdaten, die Längspositionen zugeordnet sind) erlangen.

[0124] Die Unterbrechungserforderlichkeitsbestimmungsverarbeitung des Autonomfahrtsystems **100** gemäß dieser Ausführungsform wird im Folgenden beschrieben. **Fig. 6** ist ein Flussdiagramm, das die Unterbrechungserforderlichkeitsbestimmungsverarbeitung zeigt. Das Flussdiagramm, das in **Fig. 6** gezeigt ist, wird durchgeführt, wenn eine vorbestimmte Anzahl von Steuerergebniserfassungswerten durch die Steuerergebniserfassungswernerlangungsverarbeitung, die in **Fig. 5** gezeigt ist, neu erlangt wurden.

[0125] In S40 berechnet das Autonomfahrtsystem **100** den Auswertungswert eines Fahrplans mittels der Auswertungswertberechnungseinheit **17**, wie es in **Fig. 6** gezeigt ist. Die Auswertungswertberechnungseinheit **17** berechnet den Auswertungswert des Fahrplans auf der Grundlage des Ergebnisses eines Vergleichs zwischen einem Steuersollwert in dem Fahrplan, der von der Fahrplanerzeugungseinheit **14** erzeugt wird, und einem Steuerergebniserfassungswert, der von der Erfassungswernerlangungseinheit **16** erlangt wird. Die Auswertungswertberechnungseinheit **17** berechnet den Auswertungswert des Fahrplans auf der Grundlage der Differenz zwischen dem Steuersollwert und dem Steuerergebniserfassungswert an jeweiligen eingestellten Längspositionen.

[0126] Anschließend stellt das Autonomfahrtsystem **100** in S41 einen Auswertungsschwellenwert mittels der Unterbrechungserforderlichkeitsbestimmungseinheit **18** ein. Die Unterbrechungserforderlichkeitsbestimmungseinheit **18** stellt den Auswertungsschwellenwert auf der Grundlage der Position des Fahrzeugs M auf der Karte entsprechend des Zeitpunkts der Berechnung des Auswertungswerts des Fahrplans, die von der Auswertungswertberechnungseinheit **17** durchgeführt wird, ein.

[0127] Anschließend bestimmt das Autonomfahrtsystem **100** in S42 mittels der Unterbrechungserforderlichkeitsbestimmungseinheit **18**, ob es erforderlich ist, die Autonomfahrtsteuerung zu unterbrechen. Die Unterbrechungserforderlichkeitsbestimmungseinheit **18** bestimmt auf der Grundlage des Auswertungswerts des Fahrplans und des Auswertungsschwellenwerts, ob die Unterbrechung der Autonomfahrtsteuerung erforderlich ist. Wenn bestimmt wird, dass die Unterbrechung der Autonomfahrtsteuerung nicht erforderlich ist, beendet das Autonomfahrtsystem **100** die derzeitige Unterbrechungserforderlichkeitsbestimmungsverarbeitung. Wenn im Gegensatz dazu bestimmt wird, dass die Unterbrechung der Autonomfahrtsteuerung erforderlich ist, schreitet das Autonomfahrtsystem **100** zu S43.

[0128] In S43 unterbricht das Autonomfahrtsystem **100** die Autonomfahrtsteuerung mittels der Fahrtsteuerungseinheit **15** und stellt Unterbrechungsinformationen hinsichtlich der Autonomfahrtsteuerung mittels der Informationsbereitstellungseinheit **19** bereit. Die Fahrtsteuerungseinheit **15** stoppt das Ausgeben eines Befehlssteuerwerts an den Aktuator **6**, um die Autonomfahrtsteuerung zu unterbrechen. Die Informationsbereitstellungseinheit **19** stellt die Unterbrechungsinformationen, die angeben, dass die Autonomfahrtsteuerung unterbrochen werden wird, für die Insassen des Fahrzeugs M und die anderen Fahrzeuge um das Fahrzeug M bereit. Die Informationsbereitstellungseinheit **19** stellt die Informationen für die Insassen des Fahrzeugs M mittels der HMI **8** bereit. Die Informationsbereitstellungseinheit **19** stellt die Unterbrechungsinformationen hinsichtlich der Autonomfahrtsteuerung für die anderen Fahrzeuge um das Fahrzeug M über eine Fahrzeug-zu-Fahrzeug-Kommunikation mittels der Kommunikationseinheit **7** bereit. Danach beendet das Autonomfahrtsystem **100** die derzeitige Unterbrechungserforderlichkeitsbestimmungsverarbeitung.

[0129] Die Wirkung des Autonomfahrtsystems gemäß dieser Ausführungsform ist die folgende. Wenn es eine Differenz zwischen den Karteninformationen und der tatsächlichen Straßenumgebung gibt, gibt es eine Differenz zwischen einem Steuersollwert in dem Fahrplan, der von den Karteninformationen abhängt, und dem entsprechenden Steuerergebniserfassungswert, der während der Autonom-

fahrtsteuerung entsprechend der tatsächlichen Straßenumgebung erfasst wird. In einem derartigen Fall kann das Autonomfahrtsystem **100** gemäß dieser Ausführungsform, die oben beschrieben wurde, auf der Grundlage des Auswertungswerts des Fahrplans, der anhand des Ergebnisses des Vergleichs zwischen dem Steuersollwert und dem Steuerergebniserfassungswert berechnet wird, und des Auswertungsschwellenwerts bestimmen, ob die Unterbrechung der Autonomfahrtsteuerung erforderlich ist. Wenn bestimmt wird, dass die Unterbrechung der Autonomfahrtsteuerung erforderlich ist, stellt das Autonomfahrtsystem **100** die Unterbrechungsinformationen hinsichtlich der Autonomfahrtsteuerung für die Insassen des Fahrzeugs M und die anderen Fahrzeuge um das Fahrzeug M bereit. Daher kann dieses Autonomfahrtsystem die Unterbrechungsinformationen hinsichtlich der Autonomfahrtsteuerung, die auf der Grundlage der Karteninformationen erzeugt werden, für die Insassen des Fahrzeugs M und die anderen Fahrzeuge um das Fahrzeug M bereitstellen. Wenn ein Fehler in den Karteninformationen enthalten ist, aber der Fehler zu keiner großen Differenz zwischen einem Steuersollwert in dem Fahrplan und dem Steuerergebniserfassungswert, der während der Autonomfahrtsteuerung erfasst wird, führt, unterbricht das Autonomfahrtsystem **100** die Autonomfahrtsteuerung nicht, womit eine unnötige Unterbrechung der Autonomfahrtsteuerung vermieden wird.

[0130] Außerdem stellt das Autonomfahrtsystem **100** einen Auswertungsschwellenwert auf der Grundlage der Position des Fahrzeugs M auf der Karte entsprechend dem Berechnungszeitpunkt des Auswertungswerts des Fahrplans ein. Da eine höhere Karteninformationsgenauigkeit für die Autonomfahrtsteuerung in einem städtischen Bereich als in einem nichtstädtischen Bereich benötigt wird, kann dieses Autonomfahrtsystem **100**, das einen Auswertungsschwellenwert auf der Grundlage der Position des Fahrzeugs M auf der Karte entsprechend dem Berechnungszeitpunkt des Auswertungswerts des Fahrplans einstellt, daher entsprechend der Position des Fahrzeugs M auf der Karte genau bestimmen, ob die Autonomfahrtsteuerung zu unterbrechen ist.

[0131] Während oben Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung beschrieben wurden, ist es selbstverständlich, dass die vorliegende Erfindung nicht auf die oben beschriebenen speziellen Ausführungsformen beschränkt ist. Die vorliegende Erfindung kann in verschiedenen Modi implementiert werden, in denen verschiedene Änderungen und Modifikationen zu den oben beschriebenen Ausführungsformen auf der Grundlage des Wissens des Fachmanns hinzugefügt werden.

[0132] Im Folgenden wird eine Modifikation eines Steuersollwerts und eines Steuerergebniserfassungswerts beschrieben. Ein Steuersollwert in einem

Fahrplan muss nicht immer sowohl eine Sollquerposition als auch eine Sollfahrzeuggeschwindigkeit enthalten. Die Fahrplanerzeugungseinheit **14** kann einen Fahrplan erzeugen, der nur die Steuersollquerposition oder die Sollfahrzeuggeschwindigkeit enthält. In diesem Fall muss die Erfassungswert-erlangungseinheit **16** nur den Steuerergebniserfassungswert entsprechend der Sollquerposition oder der Sollfahrzeuggeschwindigkeit, die in dem Fahrplan enthalten ist, erlangen.

[0133] Außerdem kann die Fahrplanerzeugungseinheit **14** den Solllenkwinkel des Fahrzeugs M anstelle der Sollquerposition des Fahrzeugs M verwenden. Der Solllenkwinkel bezieht sich auf einen Sollwert des Lenkwinkels des Fahrzeugs M, der bei der Autonomfahrtsteuerung verwendet wird. Anstelle des Lenkwinkels kann auch das Lenkmoment, der Gierwinkel oder die Gierrate verwendet werden. Die Fahrplanerzeugungseinheit **14** kann die Sollbeschleunigung des Fahrzeugs M anstelle der Sollfahrzeuggeschwindigkeit des Fahrzeugs M verwenden. Die Sollbeschleunigung bezieht sich auf einen Sollwert der Beschleunigung des Fahrzeugs M, der bei der Autonomfahrtsteuerung verwendet wird.

[0134] In diesem Fall erlangt die Erfassungswert-erlangungseinheit **16** den Steuerergebnislenkwinkel als Steuerergebniserfassungswert entsprechend dem Solllenkwinkel. Der Steuerergebnislenkwinkel ist der Lenkwinkel des Fahrzeugs M unter der Autonomfahrtsteuerung, der an einer eingestellten Längsposition erfasst wird. Der Steuerergebnislenkwinkel wird von dem Lenkwinkelsensor des Fahrzeugs M erfasst. Außerdem erlangt die Erfassungswert-erlangungseinheit **16** die Steuerergebnisbeschleunigung als Steuerergebniserfassungswert entsprechend der Sollbeschleunigung. Die Steuerergebnisbeschleunigung ist die Beschleunigung (Verzögerung) des Fahrzeugs M unter der Autonomfahrtsteuerung, die an einer eingestellten Längsposition erfasst wird. Die Steuerergebnisbeschleunigung wird von dem Beschleunigungssensor des Fahrzeugs M erfasst.

[0135] Im Folgenden wird eine Modifikation des Ergebnisses eines Vergleichs zwischen einem Steuersollwert und einem Steuerergebniserfassungswert beschrieben. Die Auswertungswertberechnungseinheit **17** muss nicht notwendigerweise die Differenz zwischen einem Steuersollwert und dem entsprechenden Steuerergebniserfassungswert als Ergebnis eines Vergleichs zwischen dem Steuersollwert in einem Fahrplan und dem Steuerergebniserfassungswert, der während der Autonomfahrtsteuerung erfasst wird, verwenden. Als Ergebnis eines Vergleichs zwischen einem Steuersollwert in einem Fahrplan und dem entsprechenden Steuerergebniserfassungswert, der während der Autonomfahrtsteuerung erfasst wird, kann die Auswertungswertberechnungseinheit **17** das Verhältnis zwischen dem

Steuersollwert und dem Steuerergebniserfassungswert verwenden. Die Verwendung des Verhältnisses zwischen dem Steuersollwert und dem Steuerergebniserfassungswert bewirkt, dass das Ergebnis des Vergleichs eine dimensionslose Größe ist. In diesem Fall wird bewirkt, dass das Verhältnis zwischen dem Steuersollwert und dem Steuerergebniserfassungswert, wenn dieses als Auswertungswert des Fahrplans verwendet wird, bewirkt, dass der Auswertungswert eine dimensionslose Größe ist. Das heißt, für die Fahrzeuggeschwindigkeit und die Querposition, die jeweils in ihrer eigenen Einheit gemessen werden, kann jeweils ein dimensionsloser Auswertungswert berechnet werden. Dieses führt dazu, dass der Auswertungsschwellenwert, der von der Unterbrechungserfordernisbestimmungseinheit **18** verwendet wird, eine dimensionslose Größe ist, und beseitigt daher die Notwendigkeit, den Auswertungsschwellenwert für die Fahrzeuggeschwindigkeit (Einheit: km/h) und den Auswertungsschwellenwert für die Querposition (Einheit: m) separat einzustellen, wodurch derselbe Auswertungsschwellenwert verwendet werden kann.

[0136] Im Folgenden wird eine Modifikation der Erzeugung eines Fahrplans beschrieben. Die Karteninformationen können Informationen über eine Fahrspurmittellinie enthalten, die eine virtuelle Linie ist, die durch Verbinden der Mittelpositionen in jeweiligen gleichen Abständen zu der rechten weißen Linie und der linken weißen Linie der Fahrspur in der Fahrspurbreitenrichtung ausgebildet wird. In diesem Fall kann die Fahrplanerzeugungseinheit **14** auf der Grundlage der Informationen über die Fahrspurmittellinie, die in den Karteninformationen enthalten ist, einen Fahrplan erzeugen, der bewirkt, dass das Fahrzeug M entlang der Mittellinie fährt. Die Informationen über die virtuelle Fahrspurmittellinie beseitigen, wenn sie auf diese Weise im Voraus erstellt werden, die Notwendigkeit, dass die Fahrplanerzeugungseinheit **14** die Fahrspurmittelposition aus den Positionsinformationen über die weißen Linien oder den Randsteinen, die in den Karteninformationen gespeichert sind, berechnen muss, was die Berechnungslast verringert. Die Karteninformationen können Informationen über die vergangenen Fahrtrajektorien des Fahrzeugs M enthalten. In diesem Fall kann die Fahrplanerzeugungseinheit **14** einen Fahrplan auf der Grundlage der Informationen über die vergangenen Fahrtrajektorien des Fahrzeugs M, die in den Karteninformationen enthalten sind, erzeugen.

[0137] Im Folgenden wird eine Modifikation der Einstellung eines Auswertungsschwellenwerts beschrieben. Die Unterbrechungserfordernisbestimmungseinheit **18** muss einen Auswertungsschwellenwert nicht auf der Grundlage der Position des Fahrzeugs M auf der Karte entsprechend dem Berechnungszeitpunkt des Auswertungswerts eines Fahrplans einstellen, sondern kann diesen

auf der Grundlage des Berechnungstageszeitpunkts des Auswertungswerts des Fahrplans einstellen. Die Berechnungstageszeit des Auswertungswerts eines Fahrplans bezieht sich auf eine Tageszeit, zu der die Auswertungswertberechnungseinheit **17** die Berechnung des Auswertungswerts des Fahrplans startet. Die Berechnungstageszeit des Auswertungswerts eines Fahrplans kann auch die Tageszeit sein, zu der die Auswertungswertberechnungseinheit **17** die Berechnung des Auswertungswerts des Fahrplans beendet.

[0138] Um einen Auswertungsschwellenwert auf der Grundlage der Berechnungstageszeit des Auswertungswerts eines Fahrplans einzustellen, bestimmt die Unterbrechungserfordernisbestimmungseinheit **18**, ob die Berechnungstageszeit des Auswertungswerts des Fahrplans eine Zeit in der Nacht oder am Tag ist. Da die Genauigkeit beim Erkennen eines Objekts wie beispielsweise einer weißen Linie in einem von einer Kamera aufgenommenen Bild bei Nacht niedriger als bei Tag ist, besteht die Möglichkeit, dass sich die Zuverlässigkeit beim Bestimmen, ob die Unterbrechung der Autonomfahrtsteuerung erforderlich ist, bei Nacht verringert. Wenn bestimmt wird, dass die Berechnungstageszeit eine Zeit in der Nacht ist, stellt die Unterbrechungserfordernisbestimmungseinheit **18** den Auswertungswert auf kleiner als den Auswertungsschwellenwert ein, der eingestellt wird, wenn bestimmt wird, dass der Berechnungszeitpunkt eine Zeit am Tag ist. Das heißt, die Unterbrechungserfordernisbestimmungseinheit **18** stellt den Auswertungsschwellenwert derart ein, dass es schwieriger ist, zu bestimmen, dass die Unterbrechung der Autonomfahrtsteuerung erforderlich ist, wenn bestimmt wird, dass der Berechnungszeitpunkt eine Zeit bei Nacht ist, als wenn bestimmt wird, dass der Berechnungszeitpunkt eine Zeit am Tag ist.

[0139] Außerdem kann die Unterbrechungserfordernisbestimmungseinheit **18** bestimmen, ob die Berechnungstageszeit des Auswertungswerts eines Fahrplans eine Sonnenuntergangszeit ist. Es besteht die Möglichkeit, dass die Genauigkeit beim Erkennen eines Objekts wie beispielsweise einer weißen Linie bei Sonnenuntergang sich aufgrund des Sonnenuntergangs verschlechtert. Wenn bestimmt wird, dass die Berechnungstageszeit die Sonnenuntergangszeit ist, kann die Unterbrechungserfordernisbestimmungseinheit **18** den Auswertungswert auf kleiner einstellen, als wenn bestimmt wird, dass die Berechnungstageszeit eine Zeit bei Nacht ist. Das heißt, die Unterbrechungserfordernisbestimmungseinheit **18** stellt den Auswertungsschwellenwert derart ein, dass es schwieriger ist, zu bestimmen, dass die Unterbrechung der Autonomfahrtsteuerung erforderlich ist, wenn bestimmt wird, dass die Berechnungstageszeit die Sonnenuntergangszeit

ist, als wenn bestimmt wird, dass die Berechnungstageszeit eine Zeit bei Nacht ist.

[0140] Die Genauigkeit der Erkennung eines Objekts wie beispielsweise einer weißen Linie in einem von einer Kamera aufgenommenen Bild ist bei Nacht geringer als bei Tag, mit dem Ergebnis, dass diese Verringerung der Genauigkeit die Zuverlässigkeit beim Bestimmen, ob die Unterbrechung der Autonomfahrtsteuerung erforderlich ist, beeinflusst. Daher stellt das Autonomfahrtsystem **100** gemäß dieser Modifikation einen Auswertungsschwellenwert auf der Grundlage der Berechnungstageszeit des Auswertungswerts eines Fahrplans ein, womit es entsprechend der Berechnungstageszeit möglich ist, richtig zu bestimmen, ob die Unterbrechung der Autonomfahrtsteuerung erforderlich ist.

[0141] Wenn das Fahrzeug M derart ausgelegt ist, dass Priorität dem Erfassungsergebnis des Radarsensors anstelle des Bilds, das von der Kamera aufgenommen wird, gegeben wird, besteht die Möglichkeit, dass die Erfassungsgenauigkeit des Radarsensors durch Sonnenlicht bei Tag verringert wird. Wenn die Berechnungstageszeit des Auswertungswerts eines Fahrplans als eine Zeit am Tag bestimmt wird, kann die Unterbrechungserfordernisbestimmungseinheit **18** den Auswertungsschwellenwert auf kleiner als den Auswertungsschwellenwert einstellen, der eingestellt wird, wenn die Berechnungstageszeit des Auswertungswerts des Fahrplans als eine Zeit bei Nacht bestimmt wird. Die Unterbrechungserfordernisbestimmungseinheit **18** kann den Auswertungsschwellenwert auf der Grundlage sowohl der Position des Fahrzeugs M auf der Karte entsprechend dem Berechnungszeitpunkt des Auswertungswerts eines Fahrplans als auch der Berechnungstageszeit des Auswertungswerts des Fahrplans einstellen. Außerdem muss die Unterbrechungserfordernisbestimmungseinheit **18** nicht notwendigerweise den Auswertungsschwellenwert auf der Grundlage der Position des Fahrzeugs M auf der Karte oder der Berechnungstageszeit einstellen, sondern kann einen festen Auswertungsschwellenwert, der im Voraus eingestellt wird, verwenden.

[0142] Im Folgenden wird eine Modifikation der Berechnung des Auswertungswerts eines Fahrplans und der Bestimmung der Erforderlichkeit einer Unterbrechung beschrieben. Die Auswertungswertberechnungseinheit **17** muss nicht notwendigerweise den Auswertungswert als einen größeren Wert berechnen, wenn der Gleichheitsgrad zwischen den Steuersollwerten in dem Fahrplan und den Steuerergebniserfassungswerten, die während der Autonomfahrtsteuerung erfasst werden, größer ist, sondern kann den Auswertungswert als einen kleineren Wert berechnen, wenn der Gleichheitsgrad zwischen den Steuersollwerten und den Steuerergebniserfassungswerten höher ist. In diesem Fall be-

stimmt die Unterbrechungserfordernisbestimmungseinheit **18**, dass die Unterbrechung der Autonomfahrtsteuerung erforderlich ist, wenn der Auswertungswert des Fahrplans gleich oder größer als der Auswertungsschwellenwert ist. Die Unterbrechungserfordernisbestimmungseinheit **18** bestimmt dann, dass die Unterbrechung der Autonomfahrtsteuerung nicht erforderlich ist, wenn der Auswertungswert des Fahrplans kleiner als der Auswertungsschwellenwert ist.

[0143] Außerdem kann die Auswertungswertberechnungseinheit **17** gemäß dieser Ausführungsform den Auswertungswert eines Fahrplans für die Fahrzeuggeschwindigkeit und/oder den Auswertungswert des Fahrplans für die Querposition jeweils gewichten (mit einem vorbestimmten Gewichtungskoeffizienten multiplizieren) und dann die Summe als Auswertungswert des Fahrplans berechnen. Die Auswertungswertberechnungseinheit **17** kann den Auswertungswert eines Fahrplans für die Fahrzeuggeschwindigkeit und den Auswertungswert des Fahrplans für die Querposition normalisieren (durch einen vorbestimmten Normalisierungskoeffizienten teilen) und dann die Summe als Auswertungswert des Fahrplans berechnen.

[0144] Im Folgenden wird eine Modifikation der Autonomfahrtsteuerung beschrieben. Die Autonomfahrtsteuerung gemäß der vorliegenden Erfindung muss nicht notwendigerweise eine Steuerung sowohl für die Fahrzeuggeschwindigkeit als auch die Querposition des Fahrzeugs M auf der Grundlage eines Fahrplans durchführen. Die Autonomfahrtsteuerung kann eine Steuerung sein, die von einer Kombination aus der adaptiven Fahrtregelung (ACC) und der Autonomquerpositionseinstellung bzw. -anpassung des Fahrzeugs M auf der Grundlage des Fahrplans durchgeführt wird. Der Steuerungsinhalt der ACC wird in den obigen Ausführungsformen beschrieben und daher nicht wiederholt. Wenn die ACC verwendet wird, wird kein Fahrplan (Fahrplan, der von den Karteninformationen abhängt) für die Fahrzeuggeschwindigkeit (oder Beschleunigung) des Fahrzeugs M erzeugt. Die Autonomquerpositionseinstellung bzw. -anpassung bezieht sich auf die Steuerung zum Einstellen bzw. Anpassen der Querposition des Fahrzeugs M auf der Grundlage des Fahrplans (Fahrplan, der von den Karteninformationen abhängt) einschließlich der Querposition (Sollquerposition) des Fahrzeugs M, die für eine jeweilige eingestellte Längsposition auf der Zielroute R eingestellt ist. In diesem Fall bestimmt das Autonomfahrtsystem **100** auf der Grundlage des Ergebnisses eines Vergleichs zwischen der Sollquerposition in dem Fahrplan und der Steuerergebnisquerposition des Steuerergebniserfassungsergebnisses, ob die Unterbrechung der Autonomfahrtsteuerung erforderlich ist.

[0145] Die Autonomfahrtsteuerung kann eine Steuerung sein, die durch eine Kombination aus der Lenkunterstützung, die von dem Sensorergebnis abhängt, und der Autonomfahrzeuggeschwindigkeitseinstellung des Fahrzeugs M auf der Grundlage eines Fahrplans durchgeführt wird. Der Steuerungsinhalt der Lenkunterstützung ist in der obigen Ausführungsform beschrieben und wird hier nicht wiederholt. Wenn die Lenkunterstützung verwendet wird, wird kein Fahrplan (Fahrplan, der von den Karteninformationen abhängt) für die Querposition (oder Lenkwinkel) des Fahrzeugs M erzeugt. Die Autonomfahrzeuggeschwindigkeitseinstellung bezieht sich auf die Steuerung zum Einstellen der Fahrzeuggeschwindigkeit des Fahrzeugs M auf der Grundlage eines Fahrplans, der die Fahrzeuggeschwindigkeit (Sollfahrzeuggeschwindigkeit) des Fahrzeugs M enthält, die für eine jeweilige eingestellte Längsposition auf der Zielroute R eingestellt ist. In diesem Fall bestimmt das Autonomfahrtsystem **100** auf der Grundlage des Ergebnisses des Vergleichs zwischen der Sollfahrzeuggeschwindigkeit in dem Fahrplan und der Steuerergebnisfahrzeuggeschwindigkeit des Steuererfassungsergebnisses, ob die Unterbrechung der Autonomfahrtsteuerung erforderlich ist.

[0146] Im Folgenden wird ein Bezugsbeispiel beschrieben, bei dem ein kurzfristiger Steuersollwert in einem kurzfristigen Fahrplan verwendet wird. Das Autonomfahrtsystem **100** kann den Auswertungswert eines Fahrplans unter Verwendung eines kurzfristigen Steuersollwerts in einem kurzfristigen Fahrplan anstelle eines Steuerergebniserfassungswerts, der während der Autonomfahrtsteuerung erfasst wird, berechnen. In diesem Fall berechnet die Auswertungswertberechnungseinheit **17** den Auswertungswert des Fahrplans auf der Grundlage des Ergebnisses eines Vergleichs zwischen dem Steuersollwert in dem Fahrplan, der von den Karteninformationen abhängt, und dem kurzfristigen Steuersollwert in dem kurzfristigen Fahrplan entsprechend der tatsächlichen Straßenumgebung. Die Auswertungswertberechnungseinheit erzeugt einen größeren Auswertungswert des Fahrplans, wenn der Gleichheitsgrad zwischen den Steuersollwerten in dem Fahrplan und den kurzfristigen Steuersollwerten in dem kurzfristigen Fahrplan höher ist. Das Ergebnis des Vergleichs zwischen dem Steuersollwert in dem Fahrplan und dem kurzfristigen Steuersollwert in dem kurzfristigen Fahrplan kann die Differenz zwischen dem Steuersollwert in dem Fahrplan und dem kurzfristigen Steuersollwert in dem kurzfristigen Fahrplan sein oder kann das Verhältnis zwischen den Steuersollwerten in dem Fahrplan und den kurzfristigen Steuersollwerten in dem kurzfristigen Fahrplan sein.

[0147] Wenn es einen Unterschied bzw. eine Differenz zwischen einer Straße in den Karteninformationen und einer tatsächlichen Straßenumgebung gibt, wird eine Differenz zwischen einem Steuersollwert in

dem Fahrplan, der von den Karteninformationen abhängt, und dem entsprechenden kurzfristigen Steuersollwert in dem kurzfristigen Fahrplan, der entsprechend der tatsächlichen Straßenumgebung erzeugt wird, erzeugt. Daher kann das Autonomfahrtsystem **100** den Auswertungswert des Fahrplans, der anhand des Ergebnisses eines Vergleichs zwischen dem Steuersollwert und dem kurzfristigen Steuersollwert berechnet wird, verwenden, um zu bestimmen, ob eine Unterbrechung der Autonomfahrtsteuerung erforderlich ist.

[0148] Da der kurzfristige Steuersollwert, der einer eingestellten Längsposition zugeordnet ist, sogar dann erlangt werden kann, wenn das Fahrzeug M noch nicht an der eingestellten Längsposition angekommen ist, kann das Autonomfahrtsystem **100** gemäß dem Bezugsbeispiel den Auswertungswert des Fahrplans früher als in einem Fall berechnen, in dem der Steuerergebniserfassungswert, der während der Autonomfahrtsteuerung erfasst wird, verwendet wird, was es möglich macht, früher zu bestimmen, ob eine Unterbrechung der Autonomfahrtsteuerung erforderlich ist.

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 2003-205805 A [0002]
- JP 5382218 [0068]
- WO 2011/1583479 [0068]
- JP 2011-162132 A [0068]
- JP 2009-291540 A [0088]
- US 2012/0089273 [0109]

Patentansprüche

1. Autonomfahrtsystem, das eine Autonomfahrtsteuerung eines Fahrzeugs durchführt, wobei das Autonomfahrtsystem aufweist:

eine Kartendatenbank, die Karteninformationen speichert; und

eine elektronische Steuereinheit, die enthält:

eine Fahrplanerzeugungseinheit (14), die ausgelegt ist, einen Fahrplan des Fahrzeugs auf der Grundlage einer Zielroute des Fahrzeugs und der Karteninformationen zu erzeugen, wobei der Fahrplan einen Steuersollwert des Fahrzeugs entsprechend einer Position der Zielroute enthält, wobei die Zielroute im Voraus eingestellt wird;

eine Fahrzeugpositionserkennungseinheit (11), die ausgelegt ist, eine Position des Fahrzeugs auf der Grundlage eines Messergebnisses einer Positionsmesseinheit des Fahrzeugs zu erkennen;

eine Straßenumgebungserkennungseinheit (12), die ausgelegt ist, eine Straßenumgebung um das Fahrzeug auf der Grundlage eines Erfassungsergebnisses eines Außensensors des Fahrzeugs zu erkennen;

eine Fahrzustandserkennungseinheit (13), die ausgelegt ist, einen Fahrzustand des Fahrzeugs auf der Grundlage eines Erfassungsergebnisses eines Innersensors des Fahrzeugs zu erkennen;

eine Fahrtsteuerungseinheit (15), die ausgelegt ist, die Autonomfahrtsteuerung des Fahrzeugs auf der Grundlage des Fahrplans, der Position des Fahrzeugs, der Straßenumgebung um das Fahrzeug und des Fahrzustands des Fahrzeugs durchzuführen;

eine Erfassungswernerlangungseinheit (16), die ausgelegt ist, einen Steuerergebniserfassungswert in Zuordnung zu der Position auf der Zielroute zu erlangen, wobei der Steuerergebniserfassungswert während der Autonomfahrtsteuerung des Fahrzeugs erfasst wird;

eine Auswertungswertberechnungseinheit (17), die ausgelegt ist, einen Auswertungswert des Fahrplans auf der Grundlage eines Ergebnisses eines Vergleichs zwischen dem Steuersollwert und dem Steuerergebniserfassungswert zu berechnen;

eine Unterbrechungserforderlichkeitsbestimmungseinheit (18), die ausgelegt, auf der Grundlage des Auswertungswerts des Fahrplans und eines Auswertungsschwellenwerts zu bestimmen, ob eine Unterbrechung der Autonomfahrtsteuerung erforderlich ist; und

eine Informationsbereitstellungseinheit (19), die ausgelegt ist, Unterbrechungsinformationen hinsichtlich der Autonomfahrtsteuerung für einen Insassen des Fahrzeugs und andere Fahrzeuge um das Fahrzeug bereitzustellen, wenn die Unterbrechungserforderlichkeitsbestimmungseinheit bestimmt, dass die Unterbrechung der Autonomfahrtsteuerung erforderlich ist.

2. Autonomfahrtsystem nach Anspruch 1, wobei die Unterbrechungserforderlichkeitsbestimmungseinheit (18) den Auswertungsschwellenwert auf der Grundlage einer Position des Fahrzeugs auf einer Karte entsprechend einem Berechnungszeitpunkt des Auswertungswerts des Fahrplans oder auf der Grundlage einer Berechnungstageszeit des Auswertungswerts des Fahrplans einstellt.

3. Autonomfahrtsystem nach Anspruch 2, wobei die Fahrzeugpositionserkennungseinheit (11) die Position des Fahrzeugs auf der Karte auf der Grundlage von Positionsinformationen, die von der Positionsmesseinheit gemessen werden, und der Karteninformationen, die in der Kartendatenbank gespeichert sind, erkennt.

4. Autonomfahrtsystem nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei die Positionsmesseinheit des Fahrzeugs eine GPS-Empfangseinheit ist und die Fahrzeugpositionserkennungseinheit (11) die Position des Fahrzeugs auf der Grundlage von Positionsinformationen, die durch die GPS-Empfangseinheit empfangen werden, erkennt.

5. Autonomfahrtsystem nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei, wenn Positionsinformationen über weiße Linien in den Karteninformationen enthalten sind, die Fahrzeugpositionserkennungseinheit (11) die Position des Fahrzeugs in einem orthogonalen x-y-Koordinatensystem und Positionsinformationen über weiße Linien einer Fahrspur, auf der das Fahrzeug fährt, verwendet, um eine Längsposition des Fahrzeugs in einer Erstreckungsrichtung der Fahrspur und eine Querposition des Fahrzeugs in einer Breitenrichtung der Fahrspur zu berechnen.

6. Autonomfahrtsystem nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei jedes Mal, wenn die Erfassungswernerlangungseinheit (16) die Steuerergebniserfassungswerte einer vorbestimmten Anzahl von eingestellten Längspositionen neu erlangt hat, die Auswertungswertberechnungseinheit (17) den Auswertungswert des Fahrplans auf der Grundlage eines Ergebnisses eines Vergleichs zwischen den Steuersollwerten, die den eingestellten Längspositionen zugeordnet sind, und den Steuerergebniserfassungswerten berechnet.

7. Autonomfahrtsystem nach Anspruch 5, wobei die Straßenumgebungserkennungseinheit (12) Positionen der weißen Linien der Fahrspur und die Straßenumgebung um das Fahrzeug auf der Grundlage des Erfassungsergebnisses des Außensensors erkennt.

8. Autonomfahrtsystem nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei die Fahrzustandserkennungseinheit (13) eine Fahrzeuggeschwindigkeit des Fahrzeugs auf der Grundlage von Fahrzeuggeschwindigkeitsin-

formationen, die von einem Fahrzeuggeschwindigkeitssensor erfasst werden, der in dem Innensensor enthalten ist, erkennt und gleichzeitig eine Richtung des Fahrzeugs auf der Grundlage von Gierrateninformationen, die von einem Gierratensensor erfasst werden, der in dem Innensensor enthalten ist, erkennt.

9. Autonomfahrtsystem nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei die Fahrplanerzeugungseinheit (14) einen kurzfristigen Fahrplan auf der Grundlage der Position des Fahrzeugs, der Straßenumgebung um das Fahrzeug, des Fahrzustands des Fahrzeugs und des Fahrplans erzeugt.

10. Autonomfahrtsystem nach Anspruch 9, wobei der Steuerergebniserfassungswert ein kurzfristiger Steuersollwert in dem kurzfristigen Fahrplan ist und die Auswertungswertberechnungseinheit (17) den Auswertungswert des Fahrplans auf der Grundlage eines Ergebnisses eines Vergleichs zwischen dem Steuersollwert und dem kurzfristigen Steuersollwert berechnet.

Es folgen 6 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

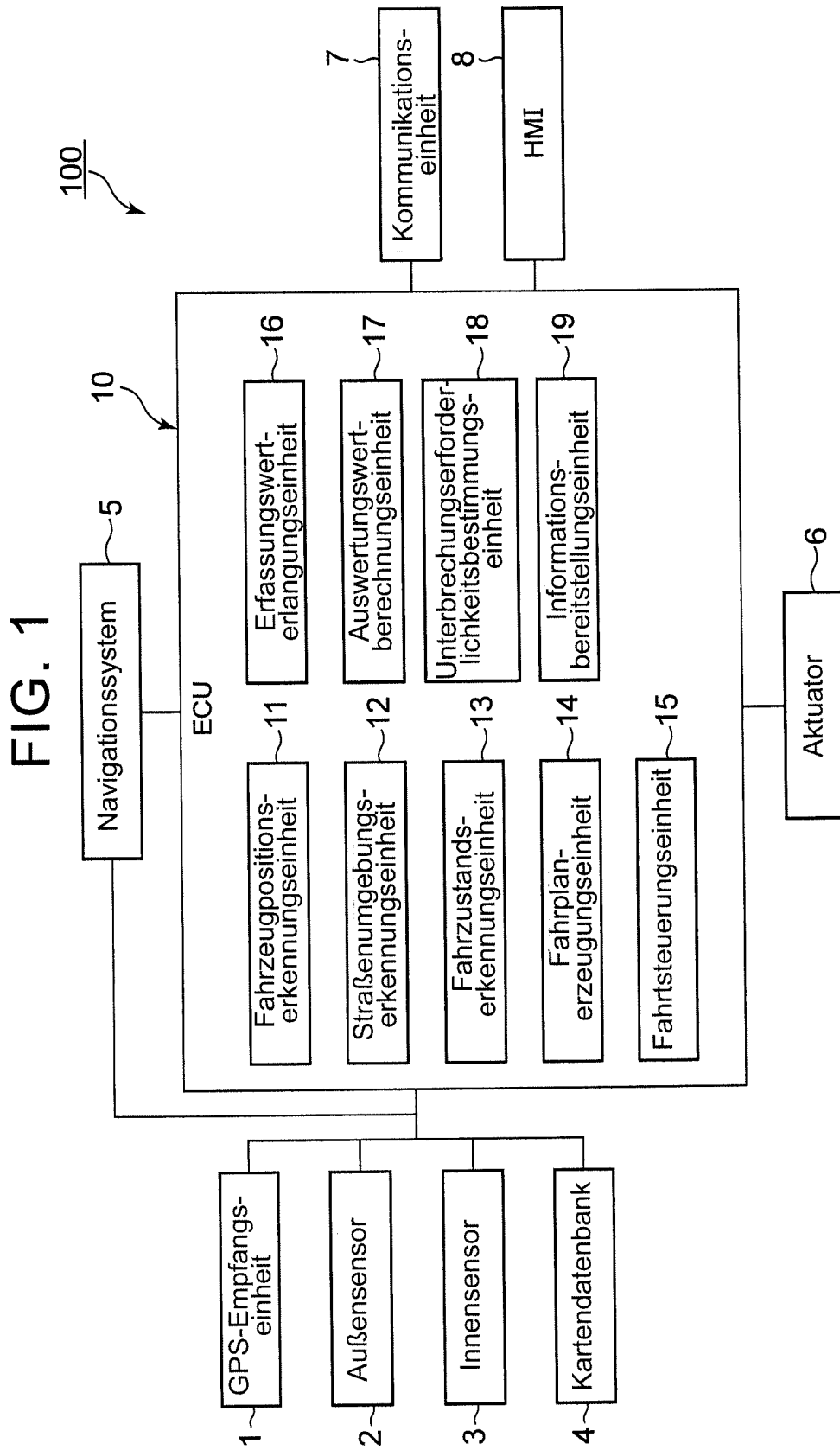


FIG. 2

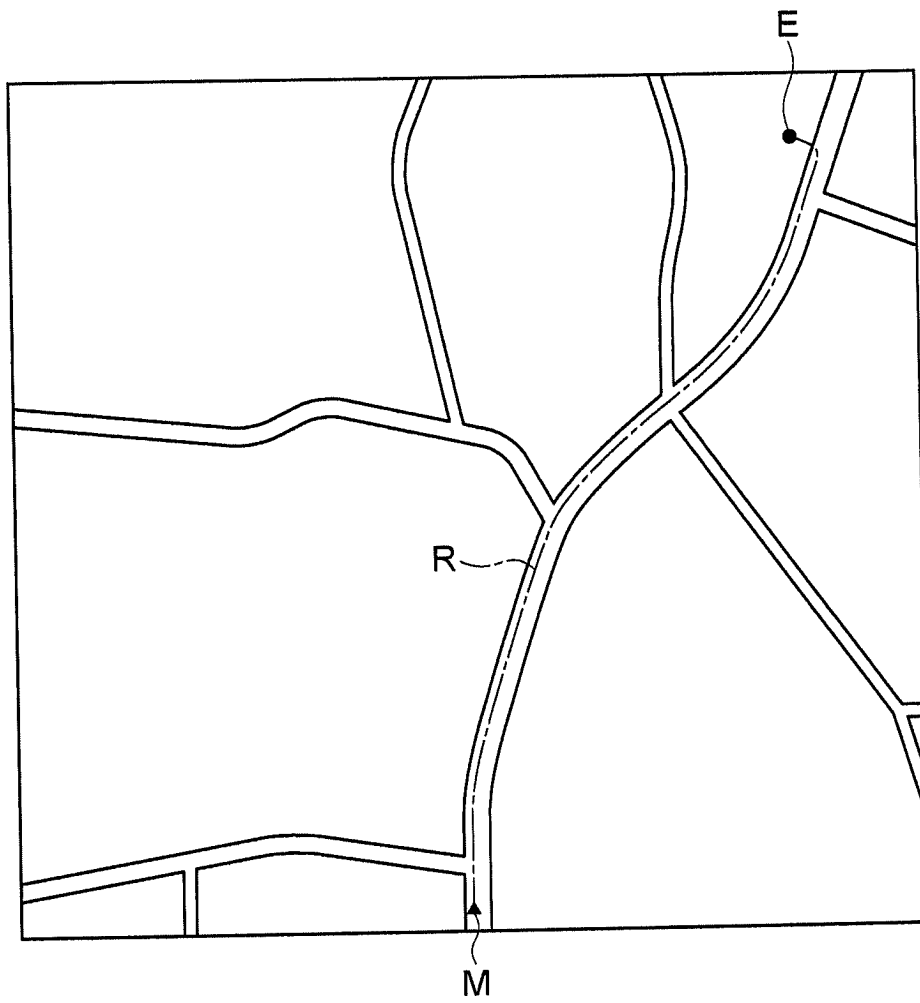


FIG. 3

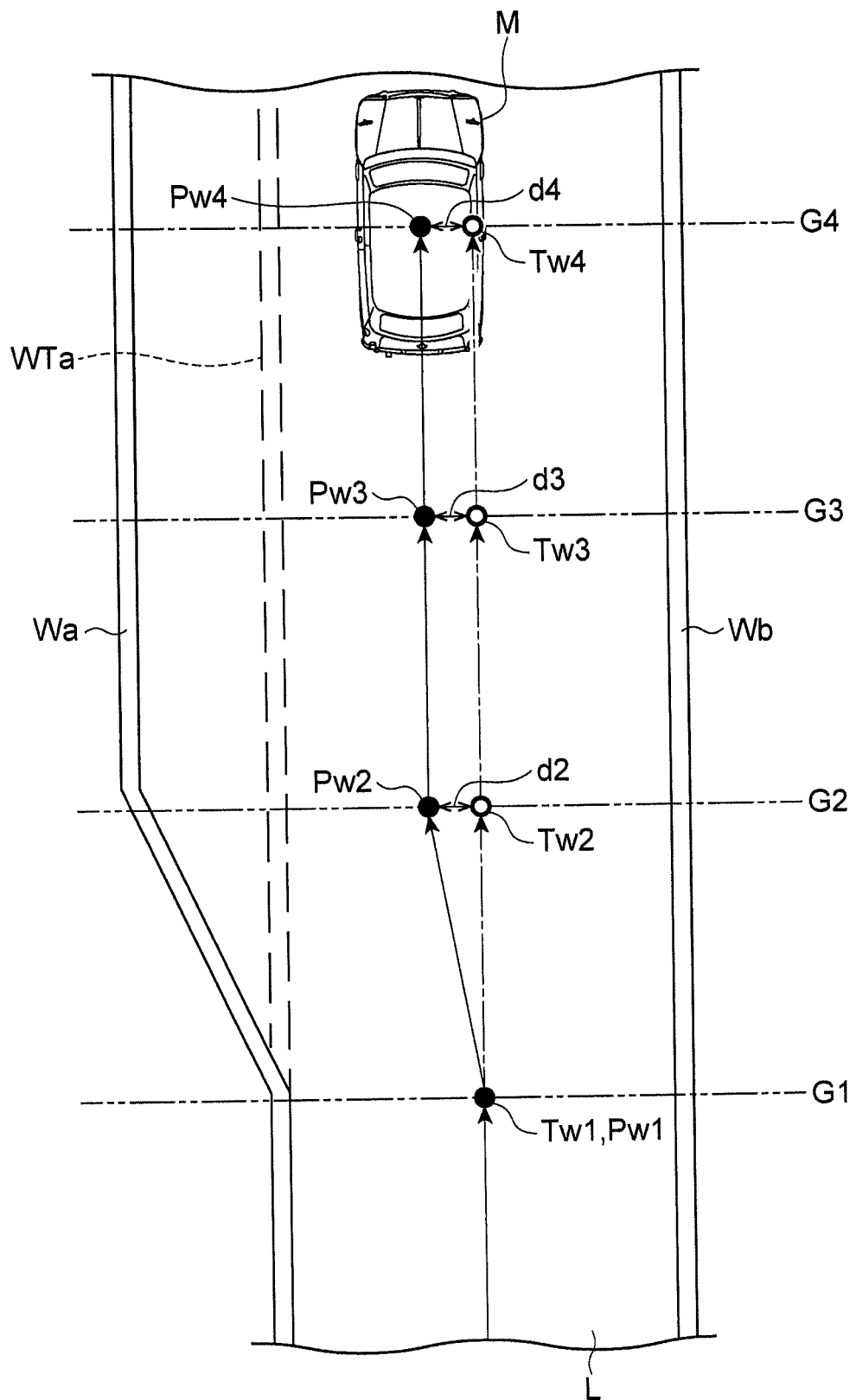


FIG. 4A

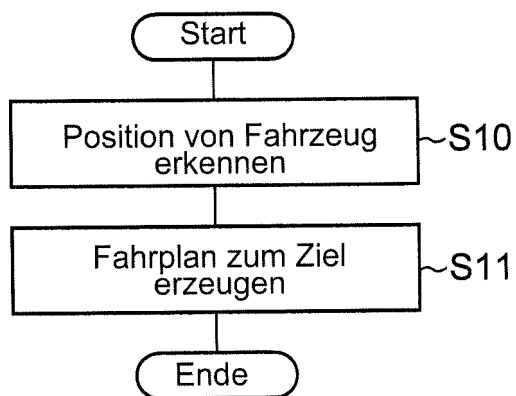


FIG. 4B

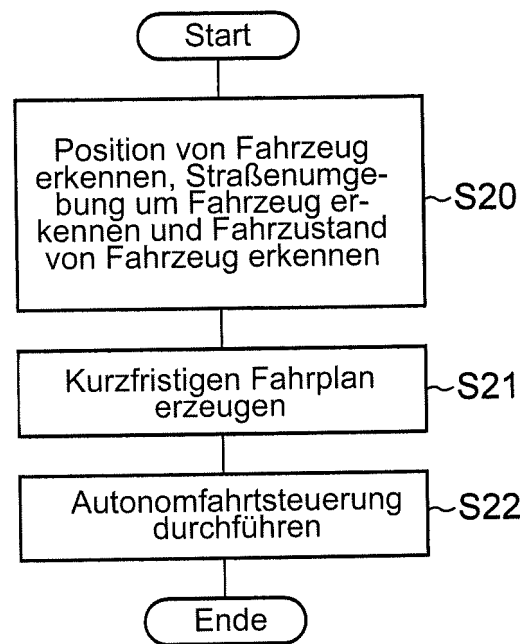


FIG. 5

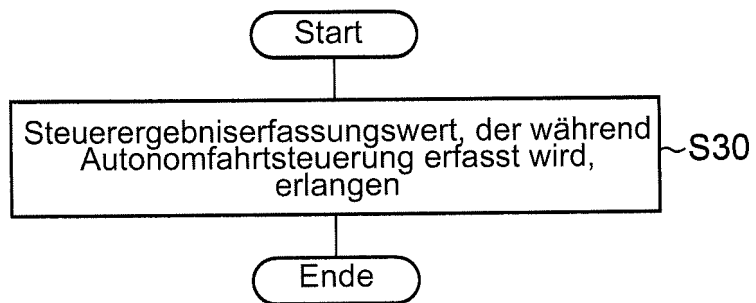


FIG. 6

