



(10) **DE 10 2014 204 792 B4** 2024.11.21

(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2014 204 792.7**
(22) Anmeldetag: **14.03.2014**
(43) Offenlegungstag: **30.10.2014**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **21.11.2024**

(51) Int Cl.: **B60W 40/09 (2012.01)**
B60W 50/12 (2012.01)
B60W 10/18 (2012.01)
B60W 10/20 (2006.01)
B60K 28/02 (2006.01)
G07C 5/08 (2006.01)
G06F 17/10 (2006.01)
G06N 20/00 (2019.01)

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

(30) Unionspriorität:
2013-052115 14.03.2013 JP

(73) Patentinhaber:
DENSO CORPORATION, Kariya-city, Aichi-pref., JP; National University Corporation Nara Institute of Science and Technology, Ikoma-city, Nara-pref., JP

(74) Vertreter:
Winter, Brandl - Partnerschaft mbB, Patentanwälte, 85354 Freising, DE

(72) Erfinder:
Bando, Takashi, c/o DENSO CORPORATION, Int., Kariya-city, Aichi-pref., JP; Egawa, Masumi, c/o DENSO CORPORATION, Int., Kariya-city, Aichi-pref., JP; Kubo, Takatomi, c/o National University Corpor, Ikoma-city, Nara-pref., JP; Hamada, Ryunosuke, c/o National University Corpo, Ikoma-city, Nara-pref., JP; Ikeda, Kazushi, c/o National University Corpora, Ikoma-city, Nara-pref., JP

(56) Ermittelter Stand der Technik:
siehe Folgeseiten

(54) Bezeichnung: **System zur Erfassung eines abnormalen Fahrverhaltens**

(57) Hauptanspruch: System (1) zur Erfassung eines abnormalen Fahrverhaltens für ein Fahrzeug (V), wobei das System (1) aufweist:

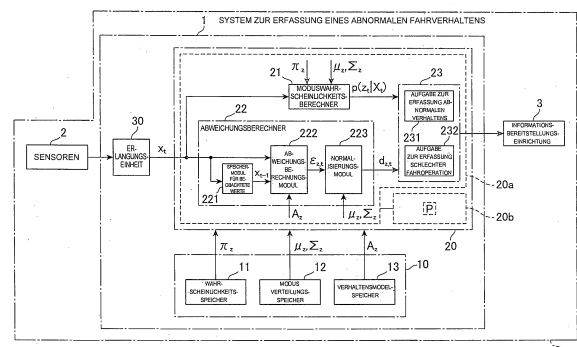
eine Erlangungseinrichtung (2), die wiederholt einen beobachteten Wert erlangt, der einen Fahrzustand des Fahrzeugs (V) und/oder eine Fahrerfahroperation des Fahrzeugs (V) angibt;

eine Moduswahrscheinlichkeitsberechnungseinrichtung (21), die jedes Mal, wenn ein beobachteter Wert zu einer gegebenen Erlangungszeitgebung als ein zum Ziel gesetzter erlangter Wert erlangt wird, eine Moduswahrscheinlichkeit für jeden von mehreren Fahrmodi (M1 bis Mm) als eine Funktion von einem oder mehreren vorhergehenden beobachteten Werten, die vorhergehend vor dem zum Ziel gesetzten erlangten Wert erlangt werden, berechnet, wobei jeder der mehreren Fahrmodi (M1 bis Mm) durch Modellieren einer Gruppe normaler Fahrverhalten definiert ist, wobei die Moduswahrscheinlichkeit für jeden der mehreren Fahrmodi (M1 bis Mm) eine Wahrscheinlichkeit repräsentiert, dass ein zum Ziel gesetzter Fahrmodus zur gegebenen Erlangungszeitgebung einem entsprechenden der mehreren Fahrmodi (M1 bis Mm) entspricht;

eine Abweichungsberechnungseinrichtung (22), die für einen Vergleich mit dem zum Ziel gesetzten erlangten Wert einen vorhergesagten beobachteten Wert für jeden

der mehreren Fahrmodi (M1 bis Mm) unter Verwendung eines Modells für ein normales Fahrerverhalten, das für einen entsprechenden der mehreren Fahrmodi (M1 bis Mm) definiert ist, erlangt und eine Abweichung des zum Ziel gesetzten beobachteten Werts aus dem vorhergesagten beobachteten Wert für jeden der mehreren Fahrmodi (M1 bis Mm) berechnet; und

eine Abnormalitätsbestimmungseinrichtung (23), die bestimmt, ob es mindestens ein abnormales Fahrerverhalten gibt, basierend ...



(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	60 2004 010 968	T2
US	4 604 611	A
JP	2009- 154 675	A

Beschreibung**QUERVERWEIS AUF VERWANDTE
ANMELDUNGEN**

[0001] Diese Anmeldung basiert auf und beansprucht die Priorität der am 14. März 2013 eingereichten japanischen Patentanmeldung JP 2013 - 052 115 A auf deren Offenbarung vollinhaltlich Bezug genommen wird.

TECHNISCHES GEBIET

[0002] Die vorliegende Offenbarung betrifft Systeme zum Erfassen abnormaler Fahrerfahrverhalten basierend auf den Fahrzuständen eines Fahrzeugs oder den Fahreroperationszuständen bzw. Fahrerbedienungs Zuständen des Fahrzeugs.

HINTERGRUND

[0003] Es bestehen dringende Bedürfnisse zum Vermeiden von Fahrzeugunfällen aufgrund von Fahrerfehlern, um die Verkehrssicherheit zu verbessern. Hinsichtlich dieser Bedürfnisse gibt es bekannte Verfahren zum Erfassen basierend auf beobachteten Werten, die die Fahrzustände eines Fahrzeugs oder die Fahreroperationszustände des Fahrzeugs angeben, von abnormalen Fahrerverhalten, von denen eines beispielsweise in der japanischen Patentanmeldung mit der Veröffentlichungsnummer JP 2009 - 154 675 A offenbart ist.

[0004] Das Verfahren, das in der Patentveröffentlichung offenbart ist, verwendet Modelle eines normalen Verhaltens und Modelle eines abnormalen Verhaltens. Jedes der Modelle eines normalen Verhaltens repräsentiert ein Modellieren von Fahrerfahrverhalten, wenn sie normal sind, erlangt wird. Jedes der Modelle eines abnormalen Verhaltens repräsentiert ein Modell, das durch Modellieren von Fahrerfahrverhalten, wenn sie abnormal sind, erlangt wird, die beispielsweise ein Fahrerfahrverhalten beinhalten, wenn der Fahrer einschläft.

[0005] Insbesondere sammelt das Verfahren zyklisch beobachtete Werte der Fahrzustände eines Fahrzeugs oder der Fahreroperationszustände des Fahrzeugs. Dann schätzt das Verfahren basierend auf den vorhergehend erlangten beobachteten Werten und den Modellen eines normalen Verhaltens einen gegenwärtigen beobachteten Wert als einen ersten Schätzwert und schätzt basierend auf den vorhergehend erlangten beobachteten Werten und den Modellen eines abnormalen Verhaltens einen gegenwärtigen beobachteten Wert als einen zweiten Schätzwert.

[0006] Dann bestimmt das Verfahren, ob ein gegenwärtiger beobachteter Wert, der tatsächlich beobachtet wird, näher an einem des ersten Schätzwerts und des zweiten Schätzwerts als an dem anderen davon ist, und bestimmt, ob die Fahrerfahrverhalten normal oder abnormal sind.

bachtet wird, näher an einem des ersten Schätzwerts und des zweiten Schätzwerts als an dem anderen davon ist, und bestimmt, ob die Fahrerfahrverhalten normal oder abnormal sind.

[0007] Es wird ferner auf die DE 60 2004 010 968 T2 und die US 4 604 611 A verwiesen, die als Stand der Technik ermittelt wurden. Die DE 60 2004 010 968 T2 beschreibt eine Möglichkeit, den Wachzustand eines Fahrers aus gemittelten Werten einer Lenkradauslenkung abzuschätzen. Die US 4 604 611 A beschreibt eine Möglichkeit einer Abschätzung einer Müdigkeit eines Fahrers aus einem Verhältnis zwischen Aus- und Rücklenkungen.

ÜBERBLICK ÜBER DIE ERFINDUNG

[0008] In dem vorstehend erläuterten Verfahren, das in der Patentveröffentlichung offenbart ist, ist es, um die Modelle eines abnormalen Verhaltens vorzubereiten, notwendig, beobachtete Werte der Fahrzustände eines Fahrzeugs oder der Fahreroperationszustände des Fahrzeugs zu sammeln, während ein Fahrer das Fahrzeug abnormal operiert. Jedoch kann es schwierig sein, diese beobachteten Werte zu sammeln.

[0009] Da es unterschiedliche Variationen abnormaler Fahrerfahrverhalten gibt, kann es ferner schwierig sein, die Modelle eines abnormalen Verhaltens hinsichtlich aller Variationen von abnormalen Fahrerfahrverhalten vorzubereiten, was dazu führt, dass es schwierig wird, mit hoher Genauigkeit zu bestimmen, ob die Fahrerfahrverhalten normal oder abnormal sind.

[0010] Hinsichtlich der vorstehend erläuterten Umstände strebt ein Aspekt der vorliegenden Offenbarung danach, Systeme zur Erfassung abnormaler Fahrverhalten bereitzustellen, die die vorstehend erläuterten Probleme lösen können.

[0011] Insbesondere zielt ein alternativer Aspekt der vorliegenden Offenbarung darauf ab, derartige Systeme bereitzustellen, die abnormale Fahrerfahrverhalten ohne Verwendung derartiger Modelle eines abnormalen Verhaltens erfassen können.

[0012] Gemäß einem ersten beispielhaften Aspekt der vorliegenden Offenbarung wird ein System zur Erfassung eines abnormalen Fahrverhaltens für ein Fahrzeug bereitgestellt: Das System beinhaltet eine Erlangungseinrichtung, die wiederholt einen beobachteten Wert erlangt, der einen Fahrzustand des Fahrzeugs und/oder eine Fahrerfahroperation des Fahrzeugs angibt. Das System beinhaltet eine Moduswahrscheinlichkeitsberechnungseinrichtung, die jedes Mal, wenn ein beobachteter Wert zu einer gegebenen Erlangungszeitgebung als ein zum Ziel gesetzter erlangter Wert erlangt wird, eine Modus-

wahrscheinlichkeit für jeden von mehreren Fahrmodi als eine Funktion von einem oder mehreren vorhergehenden beobachteten Werten, die vorhergehend vor dem zum Ziel gesetzten erlangten Wert erlangt werden, berechnet. Jeder der mehreren Fahrmodi ist durch Modellieren einer Gruppe normaler Fahrverhalten definiert. Die Moduswahrscheinlichkeit für jeden der mehreren Fahrmodi repräsentiert eine Wahrscheinlichkeit, dass ein zum Ziel gesetzter Fahrmodus zur gegebenen Erlangungszeitgebung einem entsprechenden der mehreren Fahrmodi entspricht. Das System beinhaltet eine Abweichungsbeurteilungseinrichtung, die für einen Vergleich mit dem zum Ziel gesetzten erlangten Wert einen vorhergesagten beobachteten Wert für jeden der mehreren Fahrmodi unter Verwendung eines Modells für ein normales Fahrerverhalten, das für einen entsprechenden der mehreren Fahrmodi definiert ist, erlangt und eine Abweichung des zum Ziel gesetzten beobachteten Werts aus dem vorhergesagten beobachteten Wert für jeden der mehreren Fahrmodi berechnet. Das System beinhaltet eine Abnormalitätsbestimmungseinrichtung, die bestimmt, ob es mindestens ein abnormales Fahrerverhalten gibt, basierend auf der Moduswahrscheinlichkeit für jeden der mehreren Fahrmodi und der Abweichung, die für jeden der mehreren Fahrmodi berechnet wird.

[0013] Gemäß einem zweiten beispielhaften Aspekt der vorliegenden Offenbarung wird ein Programmprodukt bereitgestellt, das für ein System zur Erfassung eines abnormalen Fahrverhaltens für ein Fahrzeug verwendbar ist. Das Programmprodukt beinhaltet ein nichtflüchtiges computerlesbares Medium; und einen Satz Computerprogrammanweisungen, die in dem computerlesbaren Medium eingebettet sind. Die Anweisungen veranlassen einen Computer eines Sicherheitssystems:

einen beobachteten Wert, der einen Fahrzustand des Fahrzeugs und/oder eine Fahrerfahroperation des Fahrzeugs anzeigt, wiederholt zu erlangen;

jedes Mal, wenn ein beobachteter Wert zu einer gegebenen Erlangungszeitgebung als ein zum Ziel gesetzter erlangter Wert erlangt wird, eine Moduswahrscheinlichkeit für jeden von mehreren Fahrmodi als eine Funktion von einem oder mehreren vorhergehenden beobachteten Werten, die vorhergehend vor dem zum Ziel gesetzten erlangten Wert erlangt werden, zu berechnen, wobei jeder der mehreren Fahrmodi durch Modellieren einer Gruppe normaler Fahrverhalten definiert ist, wobei die Moduswahrscheinlichkeit für jeden der mehreren Fahrmodi eine Wahrscheinlichkeit repräsentiert, dass ein zum Ziel gesetzter Fahrmodus zur gegebenen Erlangungszeitgebung einem entsprechenden der mehreren Fahrmodi entspricht;

für einen Vergleich mit dem zum Ziel gesetzten erlangten Wert einen vorhergesagten beobachteten Wert für jeden der mehreren Fahrmodi unter Verwendung eines Modells für ein normales Fahrerverhalten, das für einen entsprechenden der mehreren Fahrmodi definiert ist, zu erlangen;

eine Abweichung des zum Ziel gesetzten beobachteten Werts aus dem vorhergesagten beobachteten Wert für jeden der mehreren Fahrmodi zu berechnen; und

zu bestimmen, ob es mindestens ein abnormales Fahrerverhalten gibt, basierend auf der Moduswahrscheinlichkeit für jeden der mehreren Fahrmodi und der Abweichung, die für jeden der mehreren Fahrmodi berechnet wird.

[0014] Die Konfiguration sowohl des ersten als auch des zweiten beispielhaften Aspekts der vorliegenden Offenbarung bestimmt, ob es mindestens ein abnormales Fahrerverhalten gibt, basierend auf der Moduswahrscheinlichkeit für jeden der mehreren Fahrmodi und der Abweichung, die für jeden der mehreren Fahrmodi berechnet wird. Jeder der mehreren Fahrmodi ist durch Modellieren einer Gruppe normaler Fahrverhalten definiert. Die Moduswahrscheinlichkeit für jeden der mehreren Fahrmodi repräsentiert eine Wahrscheinlichkeit, dass ein zum Ziel gesetzter Fahrmodus zur gegebenen Erlangungszeitgebung einem entsprechenden der mehreren Fahrmodi entspricht. Somit ist es möglich, zu bestimmen, ob es mindestens ein abnormales Fahrerverhalten gibt, ohne Modelle eines abnormalen Verhaltens zu verwenden, von denen jedes durch Modellieren von Fahrerfahrverhalten, wenn sie abnormal sind, erlangt wird. Somit kann die Bestimmung bezüglich dessen, dass es mindestens ein abnormales Fahrerverhalten gibt, mit einer höheren Genauigkeit und einer einfacheren Prozedur ausgeführt werden.

[0015] Die vorstehenden und/oder weitere Merkmale und/oder Vorteile unterschiedlicher Aspekte der vorliegenden Offenbarung werden hinsichtlich der nachfolgenden Beschreibung in Zusammenschau mit den Zeichnungen weiter gewürdigt. Unterschiedliche Aspekte der vorliegenden Offenbarung können unterschiedliche Merkmale und/oder Vorteile wo angemessen beinhalten und/oder ausschließen. Ferner können unterschiedliche Aspekte der vorliegenden Offenbarung eines oder mehrere Merkmale anderer Ausführungsformen wo angemessen kombinieren. Die Beschreibungen von Merkmalen und/oder Vorteilen spezieller Ausführungsformen sollen nicht als andere Ausführungsformen oder die Ansprüche einschränkend betrachtet werden.

KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0016] Weitere Aspekte der vorliegenden Offenbarung werden aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsformen mit Bezug auf die Zeichnungen ersichtlich.
Es zeigen:

Fig. 1 ein Blockschaltbild, das schematisch ein Beispiel der Gesamtkonfiguration eines Fahrerunterstützungssystems SS gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung illustriert;

Fig. 2A eine schematische Ansicht eines AR-HMM (Autoregressive Hidden Markov Modell), das ein Modell von Fahrerfahrverhalten ausdrückt, gemäß der Ausführungsform;

Fig. 2B einen Graph, der schematisch Parameter einer Gauss-Verteilung illustriert, gemäß der Ausführungsform;

Fig. 3 ein Ablaufdiagramm, das schematisch ein Beispiel einer Aufgabe zur Erfassung eines abnormalen Verhaltens illustriert, die durch eine Erfassungseinrichtung ausgeführt wird, die in **Fig. 1** illustriert ist, gemäß der Ausführungsform;

Fig. 4 ein Ablaufdiagramm, das schematisch ein Beispiel einer Aufgabe zur Erfassung einer schlechten Fahroperation illustriert, die durch die Erfassungseinrichtung ausgeführt wird, die in **Fig. 1** illustriert ist, gemäß der Ausführungsform;

Fig. 5A eine Ansicht, die schematisch eine Beziehung zwischen einem ersten beobachteten Wert und jedem der ersten und zweiten Fahrmodi illustriert, gemäß der Ausführungsform;

Fig. 5B eine Ansicht, die schematisch eine Beziehung zwischen jedem des ersten beobachteten Werts und eines zweiten beobachteten Werts und den ersten und zweiten Fahrmodi illustriert, gemäß der Ausführungsform;

Fig. 6A Graphen, von denen jeder schematisch eine Beziehung zwischen einer Sequenz eines beobachteten Werts und Fahrmodi, die dafür ausgewählt werden, illustriert, gemäß der Ausführungsform;

Fig. 6B eine Ansicht, die schematisch geschätzte Fahrmodi illustriert, während ein Kraftfahrzeug auf einer Rundstrecke (circuit track) derart fährt, dass jeder der geschätzten Fahrmodi mit einer entsprechenden Position der Rundstrecke korreliert; und

Fig. 7 einen Graph, der schematisch eine Beziehung zwischen zwei Sequenzen beobachteter

Werte, wenn ein erster Fahrmodus in einen zweiten Fahrmodus gewechselt wird; zwei Sequenzen vorhergesagter Werte entsprechend den beobachteten Werten, wenn der erste Fahrmodus in den zweiten Fahrmodus gewechselt wird; und einem normalen Bereich für den ersten Fahrmodus illustriert.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG DER AUSFÜHRUNGSFORM

[0017] Eine Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung wird nachfolgend mit Bezug auf die Zeichnungen erläutert.

[0018] Gemäß **Fig. 1** ist ein Fahrerunterstützungssystem SS illustriert, auf das die Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung angewandt wird. Das Fahrerunterstützungssystem SS ist in einem Kraftfahrzeug installiert, das einfach als ein Fahrzeug V bezeichnet wird. Das Fahrerunterstützungssystem SS beinhaltet Sensoren 2, die in dem Fahrzeug V eingebaut sind, ein System 1 zur Erfassung eines abnormalen Fahrverhaltens und eine Informationsbereitstellungseinrichtung 3.

[0019] Manche der Sensoren 2, die beispielsweise als eine Erlangungseinrichtung dienen, sind operativ, um die Fahrzustände des Fahrzeugs V zu erfassen, und manche der Sensoren 2, die beispielsweise als eine Erlangungseinrichtung dienen, sind operativ, um die Fahreroperationszustände des Fahrzeugs V zu erfassen. Die Fahrzustände des Fahrzeugs V, die durch manche der Sensoren 2 erfassbar sind, beinhalten die Geschwindigkeit des Fahrzeugs V, die Längs- und horizontalen Beschleunigungen des Fahrzeugs V, die relative Geschwindigkeit zwischen dem Fahrzeug V und einem vorausfahrenden Fahrzeug bzw. einem vorwärtigen Fahrzeug usw. Die Fahreroperationszustände des Fahrzeugs V beinhalten die Änderungsrate des Beschleunigungsoperationsbauteils wie beispielsweise des Gaspedals des Fahrzeugs V, den Druck des Bremshauptzylinders des Fahrzeugs V, den Lenkwinkel des Fahrzeugs V usw. Da die Sensoren 2 zum Erfassen der vorstehend erwähnten Fahrzustände und der Fahreroperationszustände des Fahrzeugs V bekannt sind, werden zusätzliche Beschreibungen derselben weggelassen.

[0020] Das System 1 zur Erfassung eines abnormalen Fahrverhaltens ist kommunizierbar mit den Sensoren 2 verbunden und operativ, um zu bestimmen, ob es mindestens ein abnormales Fahrerverhalten gibt, als eine Funktion der gemessenen Ergebnisse der Sensoren 2.

[0021] Die Informationsbereitstellungseinrichtung 3 ist beispielsweise mit einer Ausgabeeinrichtung für

sichtbare Informationen und eine Ausgabereinrichtung für hörbare Informationen ausgestattet. Insbesondere ist die Informationsbereitstellungseinrichtung 3 operativ, um die bestimmten Ergebnisse des Systems 1 zur Erfassung eines abnormalen Fahrverhaltens zu empfangen und die bestimmten Ergebnisse in sichtbare Informationen wie beispielsweise Textinformationen, Geometrieinformationen, Lichtinformationen oder dergleichen und/oder hörbare Informationen wie beispielsweise Klanginformationen, Alarminformationen oder dergleichen zu konvertieren. Dann ist die Informationsbereitstellungseinrichtung 3 operativ, um die sichtbaren Informationen und/oder die hörbaren Informationen einem Fahrzeuginsassen wie beispielsweise dem Fahrer mittels einer entsprechenden der Ausgabereinrichtung für sichtbare Informationen und/oder der Ausgabereinrichtung für hörbare Informationen bereitzustellen.

[0022] Das System 1 zur Erfassung eines abnormalen Fahrverhaltens ist konfiguriert, um unterschiedliche Operationen basierend auf einem autoregressiven Hidden-Markow-Modell (AR-HMM) als eines von Modellen für beobachtete Sequenzdatenauszuführen.

[0023] Als Erstes werden durch ein AR-HMM verwendete Parameter erläutert.

[0024] Fig. 2A ist eine schematische Ansicht eines AR-HMM, die ein Modell von Fahrerfahrverhalten ausdrückt. In Fig. 2A repräsentiert das Bezugszeichen t eine gegenwärtige Zeit, das Bezugszeichen x_t repräsentiert einen beobachteten Wert zur gegenwärtigen Zeit t , d. h. einen gemessenen Wert eines entsprechenden Sensors 2 zur Zeit t , und das Bezugszeichen z_t repräsentiert eine Zustandsvariable, die einen entsprechenden von Modi, d. h. Fahrmodi, angibt, der ein Fahrerfahrverhalten zur gegenwärtigen Zeit t angibt. Eine Zustandsvariable z_t ist in einem „versteckten“ Zustand, der nicht direkt beobachtet wird. Aus diesem Grund wird eine Sequenz Z_t versteckter Zustandsvariablen z_1, z_2, z_t , die durch $Z_t = \{z_1, z_2, z_t\}$ gegeben ist, basierend auf mehreren Sequenzen X_t beobachteter Werte $x_1, x_2, \dots, x_t$ vorhergesagt, von denen jeder durch $X_t = \{x_1, x_2, x_t\}$ gegeben ist, gemessen durch die entsprechenden Sensoren 2.

[0025] Nachfolgend wird jede der einzelnen Zustandsvariablen $z_1, z_2, \dots, z_t$ in eine gegebene Anzahl von Fahrmodi M1 bis Mm kategorisiert (m ist eine Ganzzahl nicht kleiner als 2). Das heißt, eine gegebene Zustandsvariable z in der Sequenz Z_t der Zustandsvariablen $z_1, z_2, \dots, z_t$ gehört zu einem der Fahrmodi M1 bis Mm. Da diese Fahrmodi M1 bis Mm nicht direkt beobachtet werden, werden sie als versteckte Zustandsvariablen manipuliert. Insbesondere werden normale Fahrverhalten und normale

Fahroperationen, die bei unterschiedlichen Situationen beobachtet werden, gruppiert, um als die Fahrmodi M1 bis Mm modelliert zu werden. In jedem der Fahrmodi M1 bis Mm zeigen darin beinhaltete beobachtete normale Fahrverhalten und beobachtete normale Fahroperationen eine ähnliche Fahrverhaltens- oder Fahroperationstendenz. In anderen Worten werden Zeitserienverhalten jedes die durch die Sensoren 2 beobachteten Datenstücks in mehrere Gruppen kategorisiert, und jeder der Fahrmodi M1 bis Mm zeigt einen Index einer entsprechenden der Gruppen. Beispielsweise kann Rechtsabbiegen oder Linksabbiegen als eine normale Fahroperation in mehrere Fahrschritte unterteilt werden, wie beispielsweise Durchdrücken des Bremspedals und leichtes Lenken des Lenkrads, und die Fahrmodi M1 bis Mm zeigen jeweils konzeptionell die Indizes der unterteilten Fahrschritte.

[0026] Ferner zeigen in dieser Ausführungsform Fahroperationen beispielsweise tatsächliche Operationen von Operationseinrichtungen des Fahrzeugs V wie beispielsweise des Gaspedals, des Bremspedals und des Lenkrads. Fahrverhalten zeigen beispielsweise zusätzlich zu beobachteten Fahrverhalten beobachtete Werte der Operationszustände des Fahrzeugs V wie beispielsweise die Fahrzeuggeschwindigkeit und die Beschleunigung des Fahrzeugs V

[0027] Das heißt, die Sequenz aus Zustandsvariablen $z_1, z_2, \dots, z_t$, von denen jede einem der Fahrmodi M1 bis Mm entspricht, zeigt ein entsprechendes Fahrverhalten und/oder eine Fahroperation. Somit bilden die Zustandsvariablen $z_1, z_2, \dots, z_t$, von denen jede einem der Fahrmodi M1 bis Mm entspricht, primitive Fahrerfahrfaktoren eines entsprechenden Fahrverhaltens und/oder einer Fahroperation.

[0028] Wie in Fig. 2A illustriert ist, können autoregressive Modelle für jede der Fahrmodusgruppen M1 bis Mm und eine Sequenz X_t beobachteter Werte durch die folgenden Gleichungen (1) bis (3) ausgedrückt werden.

$$x_{t+1} = A_z x_t + \varepsilon \quad (1)$$

$$\varepsilon \sim N(\varepsilon | \mu_z, \Sigma_z) \quad (2)$$

$$z_{t+1} \sim \pi_z \quad (3),$$

wobei: A_z ein Fahrverhaltensmodell, d. h. ein Modell eines normalen Fahrverhaltens, repräsentiert, das ein Modell ist, in dem durchschnittliche Fahrverhalten während normalem Fahren, d. h. ohne irgendein abnormales Fahren, in einem entsprechenden der Fahrmodi M1 bis Mm; ε Gauss-verteiltes Rauschen, d. h. eine Normalverteilung eines entsprechenden der Fahrmodusgruppen M1 bis Mm, repräsentiert;

μ_z einen Durchschnitt einer Gauss-Verteilung eines entsprechenden der Fahrmodi M1 bis Mm repräsentiert; Σ_z eine Varianz einer Gauss-Verteilung eines entsprechenden der Fahrmodi M1 bis Mm repräsentiert, wobei der Durchschnitt μ_z und die Varianz Σ_z als Modusverteilungsparameter bezeichnet werden, die eine Gauss-Verteilung definieren; $N(\varepsilon|\mu_z, \Sigma_z)$ eine Gauss-Verteilung von Rauschen ε repräsentiert, die basierend auf den Modusverteilungsparametern μ_z und Σ_z definiert ist; und π_z eine Modusübergangswahrscheinlichkeit repräsentiert, die eine Übergangswahrscheinlichkeit zwischen angrenzenden Fahrmodusgruppen ist.

[0029] Es ist zu beachten, dass die linke Seite jeder der Gleichungen (2) und (3) mit Bezug auf die Zeichen $\sim$ abgetastete Werte (sampled values) aus einer Verteilung repräsentiert, die durch die rechte Seite einer entsprechenden der Gleichungen (2) und (3) definiert ist.

[0030] Diese Gleichungen (1) bis (3) können unter folgenden Bedingungen aufgestellt werden:

die Verteilung beobachteter Werte in jedem der Fahrmodi M1 bis Mm folgt einer Gauss-Verteilung; und

der Durchschnitt und die Varianz, die Parameter sind, die eine Wahrscheinlichkeitsverteilung, d. h. eine Gauss-Verteilung, beobachteter Werte, beschreiben, die in einem Fahrmodus beobachtet werden, sind jeweils durch μ_z und Σ_z (vgl. Fig. 2B) ausgedrückt.

[0031] Das System 1 zur Erfassung eines abnormalen Fahrverhaltens ist konfiguriert, um als gelernte Daten Werte dieser Parameter A_z , π_z , μ_z und Σ_z unter Verwendung beobachteter Werte, die durch die Sensoren 2 während normaler Fahrt, d. h. ohne abnormales Fahren, gemessen werden, und eines bekannten Lernalgorithmus wie beispielsweise eines Vorwärts-Rückwärts-Algorithmus (forward-backward algorithm) zu lernen, d. h. trainieren, und zu bestimmen.

[0032] Schematisch ordnet das System 1 zur Erfassung eines abnormalen Fahrverhaltens einen der Fahrmodi jedem Stück der gelernten Daten zu und berechnet basierend auf den Stücken der gelernten Daten, an die dieselben Fahrmodi vergeben sind, die Modusverteilungsparameter μ_z und Σ_z der Verteilung jedes der Fahrmodi. Dies ermöglicht, dass das Rauschen ε für jeden der Fahrmodi gemäß der Gleichung (2) erlangt wird und demnach der Parameter, d. h. der Fahrverhaltensmodellparameter A_z , für jeden der Fahrmodi gemäß der Gleichung (1) erlangt werden kann.

[0033] Ferner sagt das System 1 zur Erfassung eines abnormalen Fahrverhaltens die Sequenz

jedes Fahrmodus voraus und zählt basierend auf der vorhergesagten Sequenz jedes Fahrmodus die Anzahl von Übergängen zwischen den einzelnen Fahrmodi. Dann berechnet das System 1 zur Erfassung eines abnormalen Fahrverhaltens basierend auf den Ergebnissen der Zähloperation die Modusübergangswahrscheinlichkeit π_z .

[0034] Insbesondere lernt und bestimmt das System 1 zur Erfassung eines abnormalen Fahrverhaltens Werte dieser Parameter A_z , π_z , μ_z und Σ_z unter Verwendung eines bekannten Lernalgorithmus basierend auf einem Beta Process Autoregressive Hidden Markow Model (BP-AR-HMM). Dies ermöglicht es, diese Parameter A_z , π_z , μ_z und Σ_z und die Anzahl der Fahrmodi in Ergänzung dazu automatisch zu bestimmen.

[0035] Wie diese Parameter A_z , π_z , μ_z und Σ_z und die Anzahl der Fahrmodi unter Verwendung von BP-AR-HMM im Detail zu bestimmen sind, ist beispielsweise in E.B. Fox., E.B. Sudderth, M.I. Jordan und A.S. Willsky, „Sharing features among dynamical systems with beta processes“, Advances in Neural Information Processing Systems, Bd. 22, S. 549-557 (2009) beschrieben. Zusätzlichen Beschreibungen in dieser Hinsicht sind weggelassen.

[0036] Als Nächstes wird ein Beispiel der Struktur des Erfassungssystems 1 mit Bezug auf Fig. 1 erläutert.

[0037] Gemäß Fig. 1 beinhaltet das Erfassungssystem 1 eine Erlangungseinheit für einen beobachteten Wert, die als eine Erlangungseinheit 30 bezeichnet wird, eine Speichereinheit 10 und eine Verarbeitungseinheit 20, die kommunizierbar mit der Erlangungseinheit 30 und der Speichereinheit 10 gekoppelt ist.

[0038] Die Erlangungseinheit 30 ist konfiguriert, um zyklisch einen gemessenen Wert von jedem der Sensoren 2 als einen beobachteten Wert x_t zu erlangen und zyklisch einen beobachteten Wert x_t von jedem der Sensoren 2 an die Verarbeitungseinheit 20 zu senden.

[0039] Die Speichereinheit 10 speichert diese Parameter, die die Fahrmodi M1 bis Mm definieren.

[0040] Die Verarbeitungseinheit 20 ist konfiguriert, um unterschiedliche Operationen einschließlich einer Operation auszuführen, die als eine Funktion der Parameter, die in der Speichereinheit 10 gespeichert sind, und der mehreren Sequenzen X_t beobachteter Werte $x_1, x_2, \dots, x_t$, die von den Sensoren 2 erlangt werden, bestimmt, ob es abnormale Fahrerfahrverhalten und/oder schlechte Fahrerfahroperationen gibt.

[0041] Beispielsweise ist eine schlechte Fahroperation eine Operation des Fahrzeugs V, die durch einen Fahrer schlecht ausgeführt wird, da der Fahrer für diese Operation wenig begabt ist, beispielsweise beim Parken auf sehr begrenztem Raum. Eine abnormale Fahroperation ist beispielsweise eine Operation, die kein Fahrer normalerweise versuchen oder ausführen würde.

[0042] Insbesondere besteht die Speichereinheit 10 aus einem Modusübergangswahrscheinlichkeitsspeicher 11, einem Modusverteilungsspeicher 12 und einem Verhaltensmodellspeicher 13.

[0043] Der Modusübergangswahrscheinlichkeitsspeicher 11 ist operativ, um die Modusübergangswahrscheinlichkeit π_z zu speichern.

[0044] Der Modusverteilungsspeicher 12 ist operativ, um die Modusverteilungsparameter μ_z und Σ_z für jeden der Fahrmodi M1 bis Mm zu speichern.

[0045] Der Verhaltensmodellspeicher 13 ist operativ, um das Verhaltensmodell A_z für jeden der Fahrmodi M1 bis Mm zu speichern.

[0046] Die Verarbeitungseinheit 20 besteht aus einer Moduswahrscheinlichkeitsberechnungseinrichtung 21, einer Abweichungsberechnungseinrichtung 22 und einer Erfassungseinrichtung 23, die operativ mit der Moduswahrscheinlichkeitsberechnungseinrichtung 21 und der Abweichungsberechnungseinrichtung 22 verbunden sind.

[0047] Die Moduswahrscheinlichkeitsberechnungseinrichtung 21 ist operativ, um eine Moduswahrscheinlichkeit $p(z_t|X_t)$ für jeden der Fahrmodi M1 bis Mm basierend auf einer Zielsequenz X_t beobachteter Werte $x_1, x_2, \dots, x_t$, die bis zur gegenwärtigen Zeit t erlangt wurden, die Modusübergangswahrscheinlichkeit π_z , die in dem Wahrscheinlichkeitsspeicher 11 gespeichert ist, und die Modusverteilungsparameter μ_z und Σ_z für einen entsprechenden der Fahrmodi M1 bis Mm, die in dem Modusverteilungsspeicher 12 gespeichert sind, zu berechnen.

[0048] Die Abweichungsberechnungseinrichtung 22 ist operativ, um eine normalisierte Abweichung $d_{z,t}$ für jeden der Fahrmodi M1 bis Mm als eine Funktion des Verhaltensmodells A_z für eine entsprechende der Fahrmodusgruppen M1 bis Mm, die in dem Verhaltensmodellspeicher 13 gespeichert sind, der Modusverteilungsparameter μ_z und Σ_z für einen entsprechenden der Fahrmodi M1 bis Mm und der Zielsequenz X_t beobachteter Werte $x_1, x_2, \dots, x_t$ zu berechnen.

[0049] Die normalisierte Abweichung $d_{z,t}$ für jeden der Fahrmodi M1 bis Mm zeigt eine Abweichung der Zielsequenz X_t beobachteter Werte $x_1, x_2, \dots, x_t$

von einem entsprechenden der Fahrmodi M1 bis Mm.

[0050] Die Erfassungseinrichtung 23, die beispielsweise als eine Abnormalitätsbestimmungseinrichtung dient, ist operativ, um zu bestimmen, ob es mindestens ein abnormales Fahrerverhalten als eine Funktion der Moduswahrscheinlichkeit $p(z_t|X_t)$ für jeden der Fahrmodi M1 bis Mm und der normalisierten Abweichung $d_{z,t}$ für einen entsprechenden der Fahrmodi M1 bis Mm gibt.

[0051] Die Moduswahrscheinlichkeitsberechnungseinrichtung 21, die Abweichungsberechnungseinrichtung 22 und die Erfassungseinrichtung 23 sind konfiguriert, um diese Operationen für jede der mehreren Sequenzen X_t beobachteter Werte $x_1, x_2, \dots, x_t$ auszuführen.

[0052] Die Verarbeitungseinheit 20 ist beispielsweise als eine Mikrocomputereinheit (programmierte Logikeinheit) entworfen, die aus einer CPU 20a und/oder einem Speicher 20b (der beispielsweise ein nichtflüchtiges computerlesbares Speichermedium ist) besteht, der einen ROM und/oder einen RAM beinhaltet. Die funktionalen Blöcke, die in **Fig. 1** illustriert sind, können durch Ausführen mindestens eines Programms P, das in dem Speicher 20b gespeichert ist, durch die CPU 20a implementiert werden. Als ein weiteres Beispiel kann die Verarbeitungseinheit 20 als eine Hardwareschaltung entworfen sein, die aus Hardwareeinheiten besteht, die jeweils den funktionalen Blöcken entsprechen, die in **Fig. 1** illustriert sind, oder als eine Hardware-/Software-Hybridschaltung, wobei manche dieser funktionalen Blöcke durch manche Hardwareeinheiten implementiert sind und die verbleibenden funktionalen Blöcke durch Software, die durch die CPU 20a auszuführen ist, implementiert sind.

[0053] Als Nächstes erfolgen weitere Erläuterungen der Moduswahrscheinlichkeitsberechnungseinrichtung 21, der Abweichungsberechnungseinrichtung 22 und der Erfassungseinrichtung 23.

[0054] Beim Empfangen eines ersten beobachteten Werts x_1 einer Zielsequenz X_t berechnet die Moduswahrscheinlichkeitsberechnungseinrichtung 21 basierend auf den Moduswahrscheinlichkeitsparametern μ_z und Σ_z für jeden der Fahrmodi M1 bis Mm eine Wahrscheinlichkeit $p(x_1|z)$ des ersten beobachteten Werts x_1 , in jedem Fahrmodi M1 bis Mm erzeugt wird. Dann legt die Moduswahrscheinlichkeitsberechnungseinrichtung 21 die Wahrscheinlichkeit $p(x_1|z)$ für jeden der Fahrmodi M1 bis Mm als einen Anfangswert $p(z_1|X_1)$ der Moduswahrscheinlichkeit $p(z_t|X_t)$ für einen entsprechenden der Fahrmodi M1 bis Mm fest.

[0055] Empfängt die Moduswahrscheinlichkeitsberechnungseinrichtung einen nächsten, d. h. einen zweiten beobachteten Wert x_2 der Zielsequenz X_t , berechnet die Moduswahrscheinlichkeitsberechnungseinrichtung 21 basierend auf den Modusverteilungsparametern μ_z und Σ_z für jeden der Fahrmodi M1 bis Mm eine Wahrscheinlichkeit $p(x_2|z)$ des zweiten beobachteten Werts x_2 , der in einem entsprechenden der Fahrmodi M1 bis Mm erzeugt wird.

[0056] Dann schätzt die Moduswahrscheinlichkeitsberechnungseinrichtung 21 für jeden der Fahrmodi M1 bis Mm eine Wahrscheinlichkeit $P(z)$ eines entsprechenden der Fahrmodi M1 bis Mm zur Erlangungszeitgebung des zweiten beobachteten Werts x_2 basierend auf der Modusübergangswahrscheinlichkeit π_z und dem Anfangswert $p(z_1|X_1)$ der Moduswahrscheinlichkeit $p(z_t|X_t)$ für einen entsprechenden der Fahrmodi M1 bis Mm. Danach erlangt die Moduswahrscheinlichkeitsberechnungseinrichtung 21 für jeden der Fahrmodi M1 bis Mm eine Moduswahrscheinlichkeit $p(z_2|X_2)$ für einen entsprechenden der Fahrmodi M1 bis Mm unter Verwendung von Bayes'scher Schätzung, der Wahrscheinlichkeit $p(x_2|z)$ als eine Likelihood und der Wahrscheinlichkeit $P(z)$ als eine A-priori-Wahrscheinlichkeit.

[0057] Insbesondere ist die Moduswahrscheinlichkeitsberechnungseinrichtung 21 jedes Mal, wenn die Moduswahrscheinlichkeitsberechnungseinrichtung 21 einen beobachteten Wert x_t einer Zielsequenz X_t zu einem gegenwärtigen Abtastzyklus t empfängt, konfiguriert, um:

basierend auf den Modusverteilungsparametern μ_z und Σ_z für jeden der Fahrmodi M1 bis Mm eine Wahrscheinlichkeit $p(x_t|z)$ des zweiten beobachteten Werts x_t zu berechnen, in einem entsprechenden der Fahrmodi M1 bis Mm erzeugt wird;

für jede der Fahrmodusgruppen M1 bis Mm eine Wahrscheinlichkeit $P(z)$, dass ein entsprechender der Fahrmodi M1 bis Mm bei dem gegenwärtigen Abtastzyklus t , d. h. zur Erlangungszeitgebung des beobachteten Werts x_t , vorliegt, basierend auf der Modusübergangswahrscheinlichkeit π_z und der vorhergehenden Moduswahrscheinlichkeit $p(z_{t-1}|X_{t-1})$ bei dem vorhergehenden Abtastzyklus $(t-1)$ für einen entsprechenden der Fahrmodi M1 bis Mm zu schätzen; und

für jeden der Fahrmodi M1 bis Mm eine Moduswahrscheinlichkeit $p(z_t|X_t)$ für einen entsprechenden der Fahrmodi M1 bis Mm zu erlangen, indem verwendet wird: Bayes'sche Schätzung; die Wahrscheinlichkeit $p(x_t|z)$ als eine Likelihood; und die Wahrscheinlichkeit $P(z)$ als eine A-priori-Wahrscheinlichkeit.

[0058] Die Moduswahrscheinlichkeit $p(z_t|X_t)$ für jeden der Fahrmodi M1 bis Mm hat:

eine erste Charakteristik, dass, wenn die Fahrerfahroperationen gegenwärtig in einem der Fahrmodi M1 bis Mm ausgeführt werden, die Moduswahrscheinlichkeit $p(z_t|X_t)$ für den einen der Fahrmodi M1 bis Mm, d. h. einen gegenwärtigen Fahrmodus, ein Wert wird, der signifikant höher als ein Wert der Moduswahrscheinlichkeit $p(z_t|X_t)$ für jeden der verbleibenden Fahrmodi ist; und

eine zweite Charakteristik, dass, wenn die Fahrerfahroperationen nicht in einem der Fahrmodi M1 bis Mm ausgeführt werden, keine signifikant hohen Werte der entsprechenden Moduswahrscheinlichkeiten $p(z_t|X_t)$ für die Fahrmodi M1 bis Mm vorliegen.

[0059] Insbesondere nehmen, wenn Fahrerfahroperation nicht in irgendeinem der Fahrmodi M1 bis Mm ausgeführt werden, die Moduswahrscheinlichkeiten $p(z_t|X_t)$ für alle der Fahrmodi M1 bis Mm Zwischenwerte zwischen dem signifikant hohen Wert der Moduswahrscheinlichkeit $p(z_t|X_t)$ für den gegenwärtigen Fahrmodus und einem der Werte der Moduswahrscheinlichkeiten $p(z_t|X_t)$ für die verbleibenden Fahrmodi an.

[0060] Die Abweichungsberechnungseinrichtung 22 besteht beispielsweise aus einem Speichermodul 221 für beobachtete Werte, einem Abweichungsberechnungsmodul 222 und einem Normalisierungsmodul 223. Das Speichermodul 221 für beobachtete Werte ist in **Fig. 1** einfach als **SPEICHER** illustriert.

[0061] Das Speichermodul 221 für beobachtete Werte ist operativ, um einen beobachteten Wert x_{t-1} einer Zielsequenz X_{t-1} bei einem vorhergehenden Abtastzyklus $t-1$ für jeden der Fahrmodi M1 bis Mm zu speichern.

[0062] Das Abweichungsberechnungsmodul 222 ist operativ, um:

einen beobachteten Wert x'_t für jeden der Fahrmodi M1 bis Mm basierend auf dem beobachteten Wert x_{t-1} für einen entsprechenden der Fahrmodi M1 bis Mm und dem Verhaltensmodell A_z für einen entsprechenden der Fahrmodi M1 bis Mm vorherzusagen; und

eine Abweichung $\varepsilon_{z,t}$ des vorhergesagten beobachteten Werts x'_t für jeden der Fahrmodi M1 bis Mm aus einem beobachteten Wert x_t zu berechnen, der bei dem gegenwärtigen Abtastzyklus t für einen entsprechenden der Fahrmodi M1 bis Mm gemessen wird.

[0063] Das Normalisierungsmodul 223 ist operativ, um die Abweichung $\varepsilon_{z,t}$ für jeden der Fahrmodi M1

bis Mm unter Verwendung einer Wahrscheinlichkeit eines beobachteten Werts x_t , der die Abweichung $\varepsilon_{z,t}$ aufweist, die erzeugt wird, zu normalisieren, wodurch eine normalisierte Abweichung $d_{z,t}$ für jeden der Fahrmodi M1 bis Mm erlangt wird.

[0064] Insbesondere berechnet das Abweichungsberechnungsmodul 222 die Abweichung $\varepsilon_{z,t}$ gemäß der folgenden Gleichung (4), und das Normalisierungsmodul 223 berechnet die normalisierte Abweichung $d_{z,t}$ gemäß der folgenden Gleichung (5):

$$\varepsilon_{z,t} = x_t - A_z x_{t-1} \quad (4)$$

$$d_{z,t} = \frac{1}{N(\varepsilon_{z,t} | \mu_z, \Sigma_z)} \quad (5),$$

wobei $N(\varepsilon_{z,t} | \mu_z, \Sigma_z)$ eine Wahrscheinlichkeit des beobachteten Werts x_t mit der Abweichung $\varepsilon_{z,t}$, in jedem der Fahrmodi M1 bis Mm erzeugt wird, repräsentiert.

[0065] Das heißt, je mehr die Abweichung $\varepsilon_{z,t}$ für jeden der Fahrmodi M1 bis Mm von dem Durchschnitt μ_z eines entsprechenden der Fahrmodi M1 bis Mm abweicht, umso mehr wird die Wahrscheinlichkeit $N(\varepsilon_{z,t} | \mu_z, \Sigma_z)$ für einen entsprechenden der Fahrmodi M1 bis Mm reduziert.

[0066] Somit berechnet unter Verwendung der Gleichung (5) das Normalisierungsmodul 223 die normalisierte Abweichung $d_{z,t}$ für jeden der Fahrmodi M1 bis Mm als die Inverse der Wahrscheinlichkeit $N(\varepsilon_{z,t} | \mu_z, \Sigma_z)$ für einen entsprechenden der Fahrmodi M1 bis Mm. Dies kommt daher, dass, je mehr die Abweichung $\varepsilon_{z,t}$ für jeden der Fahrmodi M1 bis Mm von dem Durchschnitt μ_z eines entsprechenden der Fahrmodi M1 bis Mm abweicht, die normalisierte Abweichung $d_{z,t}$ für einen entsprechenden der Fahrmodi M1 bis Mm umso mehr ansteigt.

[0067] Nachfolgend wird die normalisierte Abweichung $d_{z,t}$ einfach als eine Abweichung $d_{z,t}$ bezeichnet.

[0068] Es ist zu beachten, dass die Abweichung $d_{z,t}$ für jeden der Fahrmodi M1 bis Mm durch die Abweichungsberechnungseinrichtung 222 für jeden Abtastzyklus erlangt wird und die erlangten Abweichungen $d_{z,t}$ für die entsprechenden Abtastzyklen beispielsweise in dem Speicher 20b gespeichert werden.

[0069] Die Erfassungseinrichtung 23 ist konfiguriert, um eine Aufgabe 231 zur Erfassung eines abnormalen Verhaltens und eine Aufgabe 232 zur Erfassung einer schlechten Fahroperation auszuführen.

[0070] Als Erstes wird die Aufgabe 231 zur Erfassung eines abnormalen Verhaltens erläutert.

[0071] Die Erfassungseinrichtung 23 führt die Aufgabe 231 zur Erfassung eines abnormalen Verhaltens aus, wenn die Moduswahrscheinlichkeit $p(z_t | X_t)$ und die Abweichung $d_{z,t}$ für jeden der Fahrmodi M1 bis Mm basierend auf dem beobachteten Wert x_t einer Zielsequenz X_t , der bei einem gegenwärtigen Abtastzyklus t gemessen wird, berechnet werden.

[0072] Die Aufgabe 231 zur Erfassung eines abnormalen Verhaltens, die durch die Erfassungseinrichtung 23 ausgeführt wird, führt eine gewichtete Addition der Abweichung $d_{z,t}$ für jeden der Fahrmodi M1 bis Mm unter Verwendung der Moduswahrscheinlichkeit $p(z_t | X_t)$ als einen Wichtungskoeffizienten für einen entsprechenden der Fahrmodi M1 bis Mm gemäß der folgenden Gleichung (6) aus, wodurch ein Erwartungswert E_t der Abweichung $d_{z,t}$ für jeden der Fahrmodi M1 bis Mm in Schritt S110 von **Fig. 3** berechnet wird:

$$E_t = \sum_z d_{z,t} p(z_t | X_t) \quad (6)$$

[0073] Wenn die Fahrerfahroperationen einem der Fahrmodi M1 bis Mm als einem gegenwärtigen Fahrmodus folgen, wird die Moduswahrscheinlichkeit $p(z_t | X_t)$ für den gegenwärtigen Fahrmodus ein Wert, der signifikant höher als ein Wert der Moduswahrscheinlichkeit $p(z_t | X_t)$ für jeden der verbleibenden Fahrmodi ist. Im Gegensatz dazu ist die Abweichung $d_{z,t}$ für den gegenwärtigen Fahrmodus ein niedrigerer Wert und die Abweichung $d_{z,t}$ für jeden der verbleibenden Fahrmodi ist ein höherer Wert. Somit wird der Erwartungswert E_t der Abweichung $d_{z,t}$ für den gegenwärtigen Fahrmodus, der basierend auf der Multiplikation der entsprechenden Moduswahrscheinlichkeit $p(z_t | X_t)$ und Abweichung $d_{z,t}$ erlangt wird, auf einem niedrigeren Wert gehalten.

[0074] Andererseits gibt es, wenn die Fahrerfahroperationen nicht einem der Fahrmodi M1 bis Mm folgen, keine Fahrmodi M1 bis Mm, deren Moduswahrscheinlichkeiten $p(z_t | X_t)$ einen signifikant hohen Wert aufweisen. Das heißt, die Moduswahrscheinlichkeiten $p(z_t | X_t)$ für alle der Fahrmodi M1 bis Mm nehmen Zwischenwerte zwischen dem signifikant hohen Wert der Moduswahrscheinlichkeit $p(z_t | X_t)$ für den gegenwärtigen Fahrmodus und einem der Werte der Moduswahrscheinlichkeiten $p(z_t | X_t)$ für die verbleibenden Fahrmodi an. Dies führt dazu, dass der Erwartungswert E_t der Abweichung $d_{z,t}$ für jeden der Fahrmodi M1 bis Mm, der ein höherer Wert ist.

[0075] Nach der Operation bei Schritt S110 bestimmt die Aufgabe 231 zur Erfassung eines abnormalen Verhaltens bei Schritt S120, ob der Erwartungswert E_t der Abweichung $d_{z,t}$ für jeden der

Fahrmodi M1 bis Mm, der in Schritt S110 berechnet wird, gleich oder größer als ein erster Grenzwert ist. Der erste Grenzwert wird bei Schritt S120 vorhergehend festgelegt, um ausreichend niedriger als der höhere Wert des Erwartungswerts E_t der Abweichung $d_{z,t}$ für jeden der Fahrmodi M1 bis Mm zu sein.

[0076] Ausgehend von der Bestimmung, dass der Erwartungswert E_t der Abweichung $d_{z,t}$ für jeden der Fahrmodi M1 bis Mm, der bei Schritt S110 berechnet wird, niedriger als der erste Grenzwert ist (NEIN in Schritt S120), bestimmt die Aufgabe 231 zur Erfassung eines abnormalen Verhaltens, dass es keine abnormalen Fahrerverhalten gibt, und demnach wird die Aufgabe 231 zur Erfassung eines abnormalen Verhaltens abgeschlossen.

[0077] Andererseits bestimmt ausgehend von der Bestimmung, dass der Erwartungswert E_t der Abweichung $d_{z,t}$ für jeden der Fahrmodi M1 bis Mm, der bei Schritt S110 berechnet wird, gleich oder größer als der erste Grenzwert ist (JA bei Schritt S120), die Aufgabe 231 zur Erfassung eines abnormalen Verhaltens, dass es mindestens ein abnormales Fahrerverhalten gibt. Dann sendet die Aufgabe 231 zur Erfassung eines abnormalen Verhaltens bei Schritt S130 das bestimmte Ergebnis, das die Erfassung mindestens eines abnormalen Fahrerverhaltens angibt, an die Informationsbereitstellungseinrichtung 3, wodurch die Informationsbereitstellungseinrichtung 3 veranlasst wird, sichtbare und/oder hörbare Alarminformationen einem Fahrzeuginsassen wie beispielsweise dem Fahrer bereitzustellen. Nach der Operation bei Schritt S130 wird die Aufgabe 231 zur Erfassung eines abnormalen Verhaltens abgeschlossen.

[0078] Als Nächstes wird die Aufgabe 232 zur Erfassung einer schlechten Fahroperation erläutert.

[0079] Die Erfassungseinrichtung 23 führt die Aufgabe 232 zur Erfassung einer schlechten Fahroperation jedes Mal durch, wenn eine vorbestimmte Anzahl von Abweichungen $d_{z,t}$, die derselben Anzahl von Abtastzyklen entspricht, für jeden der Fahrmodi M1 bis Mm in dem Speicher 20b gespeichert wurde (vgl. JA bei Schritt S210). In anderen Worten führt die Erfassungseinrichtung 23 die Aufgabe 232 zur Erfassung einer schlechten Fahroperation nicht aus, wenn die vorbestimmte Anzahl von Abweichungen $d_{z,t}$ für jeden der Fahrmodi M1 bis Mm in dem Speicher 20b nicht gespeichert wurde (vgl. NEIN bei Schritt S210). Beispielsweise können, sobald die vorbestimmte Anzahl von Abweichungen $d_{z,t}$ für jeden der Fahrmodi M1 bis Mm, die in dem Speicher 20b gespeichert sind, für die Aufgabe zur Erfassung einer schlechten Fahroperation verwendet wird, diese aus dem Speicher 20b gelöscht oder darin behalten werden.

[0080] Die vorbestimmte Anzahl von Abweichungen $d_{z,t}$ für jeden der Fahrmodi M1 bis Mm wird derart bestimmt, dass ein Durchschnittswert der vorbestimmten Anzahl von Abweichungen $d_{z,t}$ für jeden der Fahrmodi M1 bis Mm, in der Aufgabe 232 zur Erfassung einer schlechten Fahroperation erlangt werden, ein statistisch verlässlicher und ausreichender Wert wird.

[0081] Nach positiver Bestimmung bei Schritt S210 berechnet die Aufgabe 232 zur Erfassung einer schlechten Fahroperation bei Schritt S220 für jeden der Fahrmodi M1 bis Mm einen Durchschnittswert der vorbestimmten Anzahl von Abweichungen $d_{z,t}$ für einen entsprechenden der Fahrmodi M1 bis Mm, in dem Speicher 20b gespeichert sind. Der Durchschnittswert wird als eine Modus-zu-Modus-gemittelte Verteilung bezeichnet.

[0082] Nach der Operation bei Schritt S220 bestimmt die Aufgabe 232 zur Erfassung einer schlechten Fahroperation bei Schritt S230, ob es mindestens einen Fahrmodus gibt, dessen bei Schritt S220 berechnete Modus-zu-Modus-gemittelte Verteilung gleich oder größer als ein zweiter Grenzwert ist.

[0083] Ausgehend von der Bestimmung, dass kein Fahrmodus vorliegt, dessen bei Schritt S220 berechnete Modus-zu-Modus-gemittelte Verteilungen niedriger als der zweite Grenzwert sind (NEIN bei Schritt S230), wird die Aufgabe 232 zur Erfassung einer schlechten Fahroperation abgeschlossen.

[0084] Andererseits extrahiert ausgehend von der Bestimmung, dass es mindestens einen Fahrmodus gibt, dessen bei Schritt S220 berechnete Modus-zu-Modus-gemittelte Verteilung gleich oder größer als der zweite Grenzwert ist (JA bei Schritt S230), die Aufgabe 232 zur Erfassung einer schlechten Fahroperation bei Schritt S240 die Fahrerfahroperationen, die in dem mindestens einen Fahrmodus beinhaltet sind, als schlechte Fahrerfahroperationen. Dann sendet die Aufgabe 232 zur Erfassung einer schlechten Fahroperation bei Schritt S240 das bestimmte Ergebnis, das die extrahierten schlechten Fahroperationen angibt, an die Informationsbereitstellungseinrichtung 3, wodurch die Informationsbereitstellungseinrichtung 3 veranlasst wird, sichtbare und/oder hörbare Informationen über die extrahierten schlechten Fahroperationen einem Fahrzeuginsassen wie beispielsweise dem Fahrer bereitzustellen. Nach der Operation bei Schritt S130 ist die Aufgabe 232 zur Erfassung einer schlechten Fahroperation abgeschlossen.

[0085] Als Nächstes werden Gesamtoperationen des Systems 1 zur Erfassung eines abnormalen Fahrverhaltens unter der Annahme erläutert, dass für ein besseres Verständnis die Fahrmodi M1 bis

Mm ein erster Fahrmodus M1 und ein zweiter Fahrmodus M2 sind, d. h. $m = 2$. Dies resultiert darin, dass die Verteilung von jedem des ersten Fahrmodus M1 und des zweiten Fahrmodus M2 basierend auf den Modusverteilungsparametern μ_z und Σ_z für einen entsprechenden des ersten Fahrmodus M1 und des zweiten Fahrmodus M1 M2 ausgedrückt wird.

[0086] Gemäß **Fig. 5A** wird ein erster beobachteter Wert x_1 einer Zielsequenz X_t durch die Verarbeitungseinheit 20 zu einer gegenwärtigen Zeit $t = 1$ erlangt. In **Fig. 5A** zeigt eine Ellipse $E(M1)$ eine Verteilung beobachteter Werte, die im ersten Fahrmodus M1 erlangt werden. Die Verteilung ist basierend auf den entsprechenden Modusverteilungsparametern $\mu_z(M1)$ und $\Sigma_z(M1)$ definiert. Zusätzlich zeigt eine Ellipse $E(M2)$ eine Verteilung beobachteter Werte, die im zweiten Fahrmodus M2 erlangt werden. Die Verteilung ist basierend auf den entsprechenden Modusverteilungsparametern $\mu_z(M2)$ und $\Sigma_z(M2)$ definiert.

[0087] Unter dieser Annahme betrachten wir, ob der erste beobachtete Wert x_1 in der Verteilung des ersten Fahrmodus M1 oder in der des zweiten Fahrmodus M2 erzeugt wird.

[0088] Wie vorstehend erläutert ist, zeigt die Wahrscheinlichkeit $p(x_1|M1)$ eine Wahrscheinlichkeit, dass der erste beobachtete Wert x_1 in dem ersten Fahrmodus M1 erzeugt wird, und die Wahrscheinlichkeit $p(x_1|M2)$ zeigt eine Wahrscheinlichkeit, dass der erste beobachtete Wert x_1 in dem zweiten Fahrmodus M2 erzeugt wird. In einem in **Fig. 5A** illustrierten Fall ist die Wahrscheinlichkeit $p(x_1|M1)$ höher als die Wahrscheinlichkeit $p(x_1|M2)$, so dass der versteckte Zustand, d. h. der Fahrmodus, entsprechend dem ersten beobachteten Wert x_1 wahrscheinlich der erste Fahrmodus M1 ist.

[0089] Als Nächstes wird gemäß **Fig. 5B** ein zweiter beobachteter Wert x_2 einer Zielsequenz X_t durch die Verarbeitungseinheit 20 zu einer gegenwärtigen Zeit $t = 2$ erlangt. Wie in dem Fall, in dem $t = 1$ ist, betrachten wir, ob der zweite beobachtete Wert x_2 in der Verteilung des ersten Fahrmodus M1 oder in der des zweiten Fahrmodus M2 erzeugt wird. In einem Fall, der in **Fig. 5B** illustriert ist, ist die Wahrscheinlichkeit $p(x_2|M1)$ niedriger als die Wahrscheinlichkeit $p(x_2|M2)$, so dass eine hohe Wahrscheinlichkeit besteht, dass der versteckte Zustand, d. h. der Fahrmodus, entsprechend dem zweiten beobachteten Wert x_2 der zweite Fahrmodus M2 ist.

[0090] Zu dieser Zeit ist das System 1 zur Erfassung eines abnormalen Fahrverhaltens konfiguriert, die Moduswahrscheinlichkeit $p(z_t|X_t)$ für jeden des ersten Fahrmodus M1 und des zweiten Fahrmodus M2 basierend auf der Modusübergangswahrscheinlichkeit π_z zu erlangen, die die Übergangswahrschein-

lichkeit zwischen dem ersten Fahrmodus M1 und dem zweiten Fahrmodus M2 ist. Insbesondere wird in einem Fall, in dem die Modusübergangswahrscheinlichkeit π_z einen niedrigeren Wert aufweist, der zeigt, dass der zweite beobachtete Wert x_2 wahrscheinlich innerhalb des ersten Fahrmodus M1 gehalten wird, sogar wenn die Wahrscheinlichkeit $p(x_2|M2)$ ein höherer Wert ist, die Moduswahrscheinlichkeit $p(z_t|X_t)$ für den zweiten Fahrmodus M2 niedrig gehalten. Somit besteht, wenn die Reihe beobachteter Werte x_1 und x_2 , die in **Fig. 5B** illustriert sind, beobachtet werden, eine hohe Wahrscheinlichkeit, dass das System 1 zur Erfassung eines abnormalen Fahrverhaltens bestimmt, dass eine Reihe versteckter Zustände, die durch die Reihe beobachteter Werte x_1 und x_2 geschätzt werden, nicht dem ersten Fahrmodus M1 und dem zweiten Fahrmodus M2 entsprechen, sondern jeweils dem ersten Fahrmodus M1 entsprechen.

[0091] **Fig. 6A** illustriert schematisch:

eine erste Sequenz $X_t(1)$ beobachteter Werte von beobachteten Werten x_t entsprechend der Änderungsrate des Beschleunigungsoperationsbauteils, das als „GASPEDAL“ illustriert ist;

eine zweite Sequenz $X_t(2)$ beobachteter Werte von beobachteten Werten x_t entsprechend dem Druck des Bremshauptzylinders, der als „BREMSE“ illustriert ist; und

eine dritte Sequenz $X_t(3)$ beobachteter Werte von beobachteten Werten x_t entsprechend dem Lenkwinkel.

[0092] Es ist zu beachten, dass bei jedem der beobachteten Werte x_t einer der Fahrmodi M1 bis Mm, der die höchste Moduswahrscheinlichkeit $p(z_t|X_t)$ aufweist, ausgewählt wird.

[0093] **Fig. 6A** demonstriert, dass beobachtete Werte, von denen jeder demselben Fahrmodus entspricht, eine ähnliche Tendenz, beispielsweise Variation, aufweisen.

[0094] **Fig. 6B** illustriert schematisch die geschätzten Fahrmodi basierend auf beobachteten Werten x_t einer Sequenz X_t beobachteter Werte, die gemessen werden, während das Kraftfahrzeug V auf einer Rundstrecke (circuit track) fährt, so dass jeder der geschätzten Fahrmodi mit einer entsprechenden Position der Rundstrecke korreliert, bei der das Kraftfahrzeug V fährt. Wie in **Fig. 6B** illustriert ist, basiert, wie die Fahrmodi variieren, auf der Form der Rundstrecke, und, wie die Fahrerfahroperationen variieren, ebenso auf der Form der Rundstrecke.

[0095] **Fig. 7** illustriert schematisch einen Graph, der darstellt:

eine erste Beziehung zwischen der zweiten Sequenz $X_t(2)$ beobachteter Werte von beobachteten Werten x_t entsprechend dem Druck des Bremshauptzylinders und der dritten Sequenz $X_t(3)$ beobachteter Werte von beobachteten Werten x_t entsprechend dem Lenkwinkel, wenn der erste Fahrmodus M1 zum zweiten Fahrmodus M2 gewechselt wird;

eine zweite Beziehung zwischen einer Sequenz vorhergesagter beobachteter Werte x_t' gleich den Werten $A_z x_{t-1}$, die aus dem Verhaltensmodell A_z berechnet werden, die der zweiten Sequenz $X_t(2)$ beobachteter Werte entspricht, und einer Sequenz vorhergesagter beobachteter Werte x_t' gleich den Werten $A_z x_{t-1}$, die aus dem Verhaltensmodell A_z berechnet werden, die der dritten Sequenz $X_t(3)$ beobachteter Werte entspricht, wenn der erste Fahrmodus M1 zum zweiten Fahrmodus M2 gewechselt wird; und

einen Normalbereich, d. h. einen akzeptierbaren Bereich, für den ersten Fahrmodus M1, innerhalb dessen die Abweichung $d_{z,t}$ von jedem der beobachteten Werte x_t der zweiten Sequenz $X_t(2)$ beobachteter Werte von einem entsprechenden der vorhergesagten beobachteten Werte $x_t'(A_z x_{t-1})$ und die Abweichung $d_{z,t}$ von jedem der beobachteten Werte x_t der dritten Sequenz $X_t(3)$ beobachteter Werte von einem entsprechenden der vorhergesagten beobachteten Werte $x_t'(A_z x_{t-1})$ niedriger als der erste Grenzwert sind, wenn der erste Fahrmodus M1 zum zweiten Fahrmodus M2 gewechselt wird.

[0096] Insbesondere wird, wie in **Fig. 7** illustriert ist, wenn die Abweichung $d_{z,t}$ von jedem der beobachteten Werte x_t der zweiten Sequenz $X_t(2)$ beobachteter Werte von einem entsprechenden der vorhergesagten beobachteten Werte $x_t'(A_z x_{t-1})$ und die Abweichung $d_{z,t}$ von jedem der beobachteten Werte x_t der dritten Sequenz $X_t(3)$ beobachteter Werte von einem entsprechenden der vorhergesagten beobachteten Werte $x_t'(A_z x_{t-1})$ niedriger als der erste Grenzwert sind, um innerhalb des normalen Bereichs für den ersten Fahrmodus M1 zu sein, bestimmt, dass es keine abnormalen Fahrverhalten des Fahrers in dem ersten Fahrmodus M1 gibt.

[0097] Im Gegensatz dazu wird, wenn entweder die Abweichung $d_{z,t}$ von mindestens einem der beobachteten Werte x_t der zweiten Sequenz $X_t(2)$ beobachteter Werte von einem entsprechenden mindestens einen der vorhergesagten beobachteten Werte $x_t'(A_z x_{t-1})$ ($A_z x_{t-1}$) oder die Abweichung $d_{z,t}$ von mindestens einem der beobachteten Werte x_t der dritten Sequenz $X_t(3)$ beobachteter Werte von

einem entsprechenden mindestens einen der vorhergesagten beobachteten Werte $x_t'(A_z x_{t-1})$ gleich oder größer als der erste Grenzwert ist, um außerhalb des normalen Bereichs für den ersten Fahrmodus M1 zu sein, bestimmt, dass es mindestens ein abnormales Fahrverhalten des Fahrers in dem ersten Fahrmodus M1 gibt.

[0098] Wie vorstehend beschrieben, ist das System 1 zur Erfassung eines abnormalen Fahrverhaltens konfiguriert, um:

die Moduswahrscheinlichkeit $p(z_t|X_t)$ für jeden der Fahrmodi M1 bis Mm als eine Funktion einer Zielsequenz X_t beobachteter Werte x_t , die Modusübergangswahrscheinlichkeit π_z und die Modusverteilungsparameter μ_z und Σ_z für einen entsprechenden der Fahrmodi M1 bis Mm zu erlangen;

die Abweichung $d_{z,t}$ für jeden der Fahrmodi M1 bis Mm und den Erwartungswert E_t der Abweichung $d_{z,t}$ für einen entsprechenden der Fahrmodi M1 bis Mm als eine Funktion des Modells A_z eines normalen Fahrverhaltens in einem entsprechenden der Fahrmodi M1 bis Mm und der Moduswahrscheinlichkeit $p(z_t|X_t)$ für einen entsprechenden der Fahrmodi M1 bis Mm zu erlangen; und

zu bestimmen, ob es abnormalen Fahrverhalten des Fahrers als eine Funktion des Erwartungswerts E_t der Abweichung $d_{z,t}$ für jeden der Fahrmodi M1 bis Mm gibt.

[0099] Somit kann diese Konfiguration abnormalen Verhalten des Fahrers erfassen, ohne Modelle eines abnormalen Verhaltens zu verwenden, von denen jedes durch Modellieren von Fahrerfahrverhalten erlangt wird, wenn sie abnormal sind. Somit ist es möglich, mit einer höheren Genauigkeit und einer einfacheren Prozedur zu bestimmen, ob es abnormalen Fahrverhalten des Fahrers gibt.

[0100] Insbesondere ist das System 1 zur Erfassung eines abnormalen Fahrverhaltens gemäß dieser Ausführungsform konfiguriert, die Moduswahrscheinlichkeit $p(z_t|X_t)$ für jeden der Fahrmodi M1 bis Mm hinsichtlich der Modusübergangswahrscheinlichkeit π_z zu erlangen. Diese Konfiguration ermöglicht es, mit höherer Genauigkeit zu bestimmen, ob es abnormalen Fahrverhalten des Fahrers gibt, die eine Abnormalität von Modusübergängen beinhalten, während die Robustheit des Systems 1 sichergestellt wird.

[0101] Ferner ist das System 1 zur Erfassung eines abnormalen Fahrverhaltens derart konfiguriert, dass die Fahrmodi M1 bis Mm und das Modell A_z eines normalen Fahrverhaltens in einem entsprechenden der Fahrmodi M1 bis Mm basierend auf der Lernver-

arbeitung unter Verwendung eines Beta Process Autoregressive Hidden Markow Models (BP-AR-HMM) definiert sind. Dies resultiert in einer automatischen Bestimmung der Anzahl der Fahrmodi während der Lernverarbeitung unter Verwendung des BP-AR-HMM. Die bestimmte Anzahl der Fahrmodi kann einfach durch Computer verarbeitet werden. Somit ist es möglich, die Unterscheidbarkeit der Fahrmodi verglichen mit einem Fall, in dem die Anzahl der Fahrmodi künstlich bestimmt wird, weiter zu verbessern.

[0102] Das System 1 zur Erfassung eines abnormalen Fahrverhaltens ist ferner konfiguriert, um:

einen Durchschnittswert einer ausreichenden Anzahl von Abweichungen $d_{z,t}$ für jeden der Fahrmodi M1 bis Mm zu berechnen;

zu bestimmen, ob es mindestens einen Fahrmodus gibt, dessen Durchschnittswert gleich oder größer dem zweiten Grenzwert ist; und

ausgehend von der Bestimmung, dass es mindestens einen Fahrmodus gibt, dessen Durchschnittswert gleich oder größer als der zweite Grenzwert ist, die Fahrerfahroperationen, die in dem mindestens einen Fahrmodus beinhaltet sind, als schlechte Fahroperationen zu extrahieren.

[0103] Insbesondere die Zustandsvariablen $z_1, z_2, \dots, z_t$ einer Sequenz, von denen jede einem der Fahrmodi M1 bis Mm entspricht, bilden primitive Fahrerfahrfaktoren eines entsprechenden Fahrverhaltens und/oder einer Fahroperation. Aus diesem Grund ist es ausgehend von der Bestimmung, dass es mindestens einen Fahrmodus gibt, dessen Durchschnittswert der ausreichenden Anzahl von Abweichungen $d_{z,t}$ für den mindestens einen Fahrmodus gleich oder größer als der zweite Grenzwert ist, möglich zu bestimmen, dass die Fahrerfahroperationen, die in dem mindestens einen Fahrmodus beinhaltet sind, schlechte Fahroperationen sind.

[0104] Die Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung wurde beschrieben, jedoch ist die vorliegende Offenbarung nicht darauf beschränkt. Insbesondere kann die Ausführungsform innerhalb des Umfangs der vorliegenden Offenbarung frei geändert oder modifiziert werden. Beispielsweise können eine oder mehrere Funktionen, die in einem Block des Systems 1 zur Erfassung eines abnormalen Fahrverhaltens, das in **Fig. 1** illustriert ist, beinhaltet sind, auf andere Blöcke des Systems 1 zur Erfassung eines abnormalen Fahrverhaltens, das **Fig. 1** illustriert ist, verteilt werden. Ferner können Funktionen, die in entsprechenden Blöcken des Systems 1 zur Erfassung eines abnormalen Fahrverhaltens, das in **Fig. 1** illustriert ist, beinhaltet sind, in einen Block desselben integriert werden. Ein Teil des Systems 1 zur Erfassung eines abnormalen Fahrverhaltens

gemäß der vorliegenden Ausführungsform kann durch eine bekannte Struktur, die dieselben Funktionen aufweist wie der Teil des Systems 1 zur Erfassung eines abnormalen Fahrverhaltens, ersetzt werden.

[0105] Beispielsweise stellt in der Ausführungsform die Informationsbereitstellungseinrichtung 3 die bestimmten Ergebnisse des Systems 1 zur Erfassung eines abnormalen Fahrverhaltens als eine sichtbare Information und/oder hörbare Information einem Fahrzeuginsassen wie beispielsweise dem Fahrer bereit, wobei jedoch die vorliegende Offenbarung nicht darauf beschränkt ist. Insbesondere kann das System 1 zur Erfassung eines abnormalen Fahrverhaltens oder eine andere Einrichtung konfiguriert sein, einen oder mehrere Aktuatoren wie beispielsweise einen Bremsakuator und/oder einen Lenkmotor zu steuern, um die Fahrerfahrverhalten und/oder -operationen gemäß den bestimmten Ergebnissen des Systems 1 zur Erfassung eines abnormalen Fahrverhaltens zu unterstützen.

[0106] Während eine illustrative Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung erläutert wurde, ist die vorliegende Offenbarung nicht auf die beschriebene Ausführungsform beschränkt, sondern beinhaltet jegliche Ausführungsformen mit Modifikationen, Weglassungen, Kombinationen (beispielsweise von Aspekten der unterschiedlichen Ausführungsformen), Adaptionen und/oder Alternationen, die für den Fachmann basierend auf der vorliegenden Offenbarung ersichtlich sind. Die Beschränkungen in den Ansprüchen sind basierend auf der in den Ansprüchen verwendeten Sprache breit zu interpretieren und nicht auf in der vorliegenden Spezifikation oder während der Ausführung der Anmeldung erläuterte Beispiele beschränkt, die als nicht exklusiv zu betrachten sind.

Patentansprüche

1. System (1) zur Erfassung eines abnormalen Fahrverhaltens für ein Fahrzeug (V), wobei das System (1) aufweist:
eine Erlangungseinrichtung (2), die wiederholt einen beobachteten Wert erlangt, der einen Fahrzustand des Fahrzeugs (V) und/oder eine Fahrerfahroperation des Fahrzeugs (V) angibt;
eine Moduswahrscheinlichkeitsberechnungseinrichtung (21), die jedes Mal, wenn ein beobachteter Wert zu einer gegebenen Erlangungszeitgebung als ein zum Ziel gesetzter erlangter Wert erlangt wird, eine Moduswahrscheinlichkeit für jeden von mehreren Fahrmodi (M1 bis Mm) als eine Funktion von einem oder mehreren vorhergehenden beobachteten Werten, die vorhergehend vor dem zum Ziel gesetzten erlangten Wert erlangt werden, berechnet, wobei jeder der mehreren Fahrmodi (M1 bis Mm) durch Modellieren einer Gruppe normaler

Fahrverhalten definiert ist, wobei die Moduswahrscheinlichkeit für jeden der mehreren Fahrmodi (M1 bis Mm) eine Wahrscheinlichkeit repräsentiert, dass ein zum Ziel gesetzter Fahrmodus zur gegebenen Erlangungszeitgebung einem entsprechenden der mehreren Fahrmodi (M1 bis Mm) entspricht; eine Abweichungsberechnungseinrichtung (22), die für einen Vergleich mit dem zum Ziel gesetzten erlangten Wert einen vorhergesagten beobachteten Wert für jeden der mehreren Fahrmodi (M1 bis Mm) unter Verwendung eines Modells für ein normales Fahrerverhalten, das für einen entsprechenden der mehreren Fahrmodi (M1 bis Mm) definiert ist, erlangt und eine Abweichung des zum Ziel gesetzten beobachteten Werts aus dem vorhergesagten beobachteten Wert für jeden der mehreren Fahrmodi (M1 bis Mm) berechnet; und eine Abnormalitätsbestimmungseinrichtung (23), die bestimmt, ob es mindestens ein abnormales Fahrverhalten gibt, basierend auf der Moduswahrscheinlichkeit für jeden der mehreren Fahrmodi (M1 bis Mm) und der Abweichung, die für jeden der mehreren Fahrmodi (M1 bis Mm) berechnet wird.

2. System (1) zur Erfassung eines abnormalen Fahrverhaltens gemäß Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Abnormalitätsbestimmungseinrichtung (23) basierend auf der Moduswahrscheinlichkeit für jeden der mehreren Fahrmodi (M1 bis Mm) und der Abweichung, die für jeden der mehreren Fahrmodi (M1 bis Mm) berechnet wird, einen Evaluierungswert der Abweichung berechnet, die für jeden der mehreren Fahrmodi (M1 bis Mm) berechnet wird; und basierend auf dem Evaluierungswert der Abweichung, die für jeden der mehreren Fahrmodi (M1 bis Mm) berechnet wird, bestimmt, ob es mindestens ein abnormales Fahrverhalten gibt.

3. System (1) zur Erfassung eines abnormalen Fahrverhaltens gemäß Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Abnormalitätsbestimmungseinrichtung (23) bestimmt, ob der Evaluierungswert der Abweichung, die für jeden der mehreren Fahrmodi (M1 bis Mm) berechnet wird, gleich oder größer als ein erster Grenzwert ist; und bestimmt, dass es mindestens ein abnormales Fahrverhalten gibt, ausgehend von der Bestimmung, dass der Evaluierungswert der Abweichung, die für mindestens einen der mehreren Fahrmodi (M1 bis Mm) berechnet wird, gleich oder größer als der erste Grenzwert ist.

4. System (1) zur Erfassung eines abnormalen Fahrverhaltens gemäß Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass jeder der mehreren Fahrmodi (M1 bis Mm) durch Modellieren der Gruppe normaler Fahrverhalten unter Verwendung eines

Beta Process Autoregressive Hidden Markov Models definiert ist.

5. System (1) zur Erfassung eines abnormalen Fahrverhaltens gemäß Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Abnormalitätsbestimmungseinrichtung (23) eine gewichtete Addition der Abweichung für jeden der mehreren Fahrmodi (M1 bis Mm) unter Verwendung der Moduswahrscheinlichkeit für einen entsprechenden der mehreren Fahrmodi (M1 bis Mm) als einen Wichtungskoeffizienten ausführt, wodurch der Evaluierungswert der Abweichung, die für jeden der mehreren Fahrmodi (M1 bis Mm) berechnet wird, berechnet wird.

6. System (1) zur Erfassung eines abnormalen Fahrverhaltens gemäß Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Abweichungsberechnungseinrichtung (22) eine vorbestimmte Anzahl der Abweichungen einer entsprechenden Anzahl der zum Ziel gesetzten beobachteten Werte aus einer entsprechenden Anzahl der vorhergesagten beobachteten Werte für jeden der mehreren Fahrmodi (M1 bis Mm) berechnet, das System (1) zur Erfassung eines abnormalen Fahrverhaltens ferner aufweist: eine Durchschnittswertberechnungseinrichtung, die einen Durchschnittswert der vorbestimmten Anzahl der Abweichungen für jeden der mehreren Fahrmodi (M1 bis Mm) berechnet; und eine Einrichtung zum Bestimmen einer schlechten Operation, die bestimmt, ob der Durchschnittswert für jeden der mehreren Fahrmodi (M1 bis Mm) gleich oder größer als ein zweiter Grenzwert ist; und ausgehend von der Bestimmung, dass der Durchschnittswert für mindestens einen der mehreren Fahrmodi (M1 bis Mm) gleich oder größer als der zweite Grenzwert ist, bestimmt, dass es mindestens eine schlechte Fahroperation des Fahrers in dem mindestens einen der mehreren Fahrmodi (M1 bis Mm) gibt.

7. Programmprodukt, das für ein System (1) zur Erfassung eines abnormalen Fahrverhaltens für ein Fahrzeug (V) verwendbar ist, wobei das Programmprodukt aufweist: ein nichtflüchtiges computerlesbares Medium; und einen Satz Computerprogrammanweisungen, die in dem computerlesbaren Medium eingebettet sind, wobei die Anweisungen einen Computer eines Sicherheitssystems veranlassen: einen beobachteten Wert, der einen Fahrzustand des Fahrzeugs (V) und/oder eine Fahrerfahroperation des Fahrzeugs (V) anzeigt, wiederholt zu erlangen; jedes Mal, wenn ein beobachteter Wert zu einer gegebenen Erlangungszeitgebung als ein zum Ziel gesetzter erlangter Wert erlangt wird, eine Modus-

wahrscheinlichkeit für jeden von mehreren Fahrmodi (M1 bis Mm) als eine Funktion von einem oder mehreren vorhergehenden beobachteten Werten, die vorhergehend vor dem zum Ziel gesetzten erlangten Wert erlangt werden, zu berechnen, wobei jeder der mehreren Fahrmodi (M1 bis Mm) durch Modellieren einer Gruppe normaler Fahrverhalten definiert ist, wobei die Moduswahrscheinlichkeit für jeden der mehreren Fahrmodi (M1 bis Mm) eine Wahrscheinlichkeit repräsentiert, dass ein zum Ziel gesetzter Fahrmodus zur gegebenen Erlangungszeitgebung einem entsprechenden der mehreren Fahrmodi (M1 bis Mm) entspricht;

für einen Vergleich mit dem zum Ziel gesetzten erlangten Wert einen vorhergesagten beobachteten Wert für jeden der mehreren Fahrmodi (M1 bis Mm) unter Verwendung eines Modells für ein normales Fahrverhalten, das für einen entsprechenden der mehreren Fahrmodi (M1 bis Mm) definiert ist, zu erlangen;

eine Abweichung des zum Ziel gesetzten beobachteten Werts aus dem vorhergesagten beobachteten Wert für jeden der mehreren Fahrmodi (M1 bis Mm) zu berechnen; und

zu bestimmen, ob es mindestens ein abnormales Fahrverhalten gibt, basierend auf der Moduswahrscheinlichkeit für jeden der mehreren Fahrmodi (M1 bis Mm) und der Abweichung, die für jeden der mehreren Fahrmodi (M1 bis Mm) berechnet wird.

Es folgen 6 Seiten Zeichnungen

FIG.2A

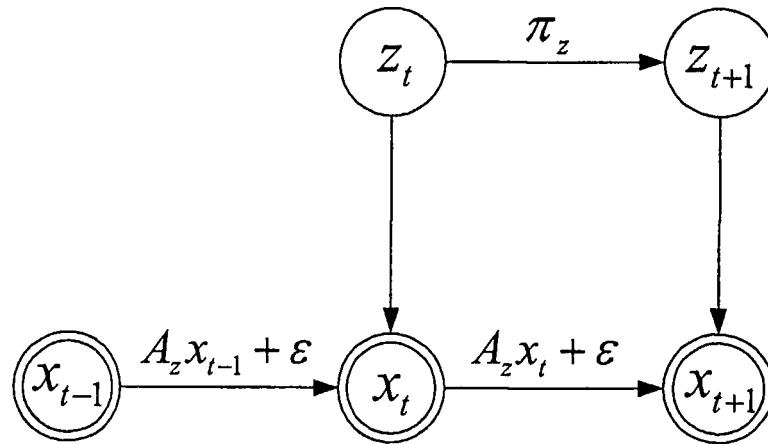


FIG.2B

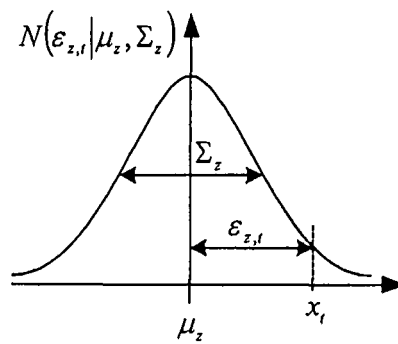


FIG.3

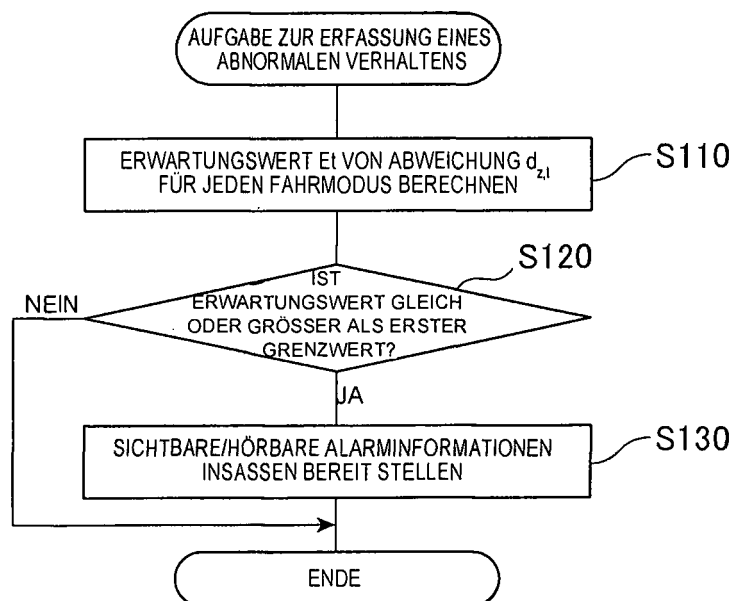


FIG.4

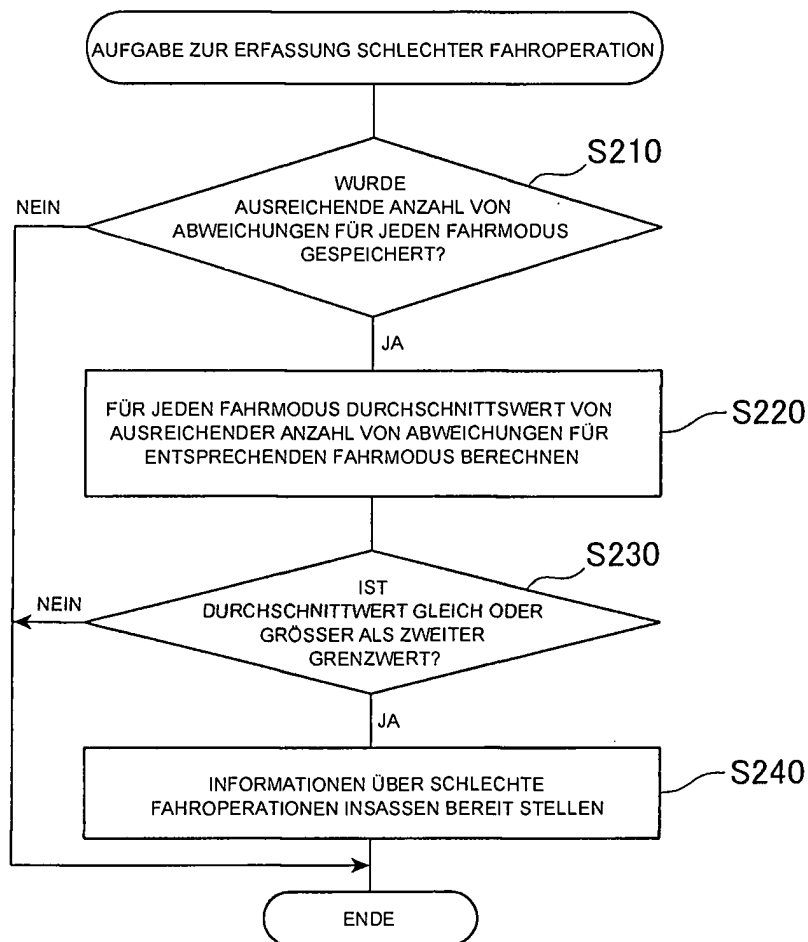


FIG.5A

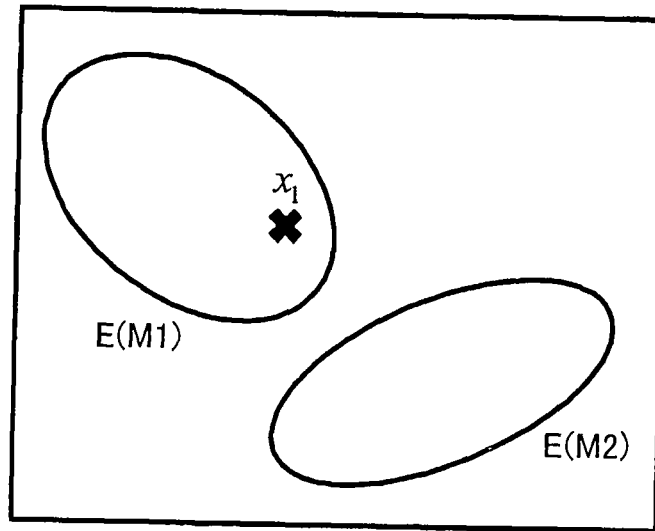


FIG.5B

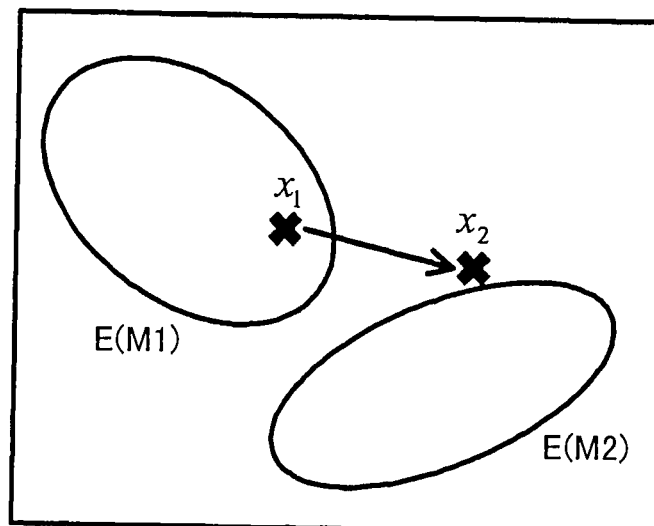


FIG.6A

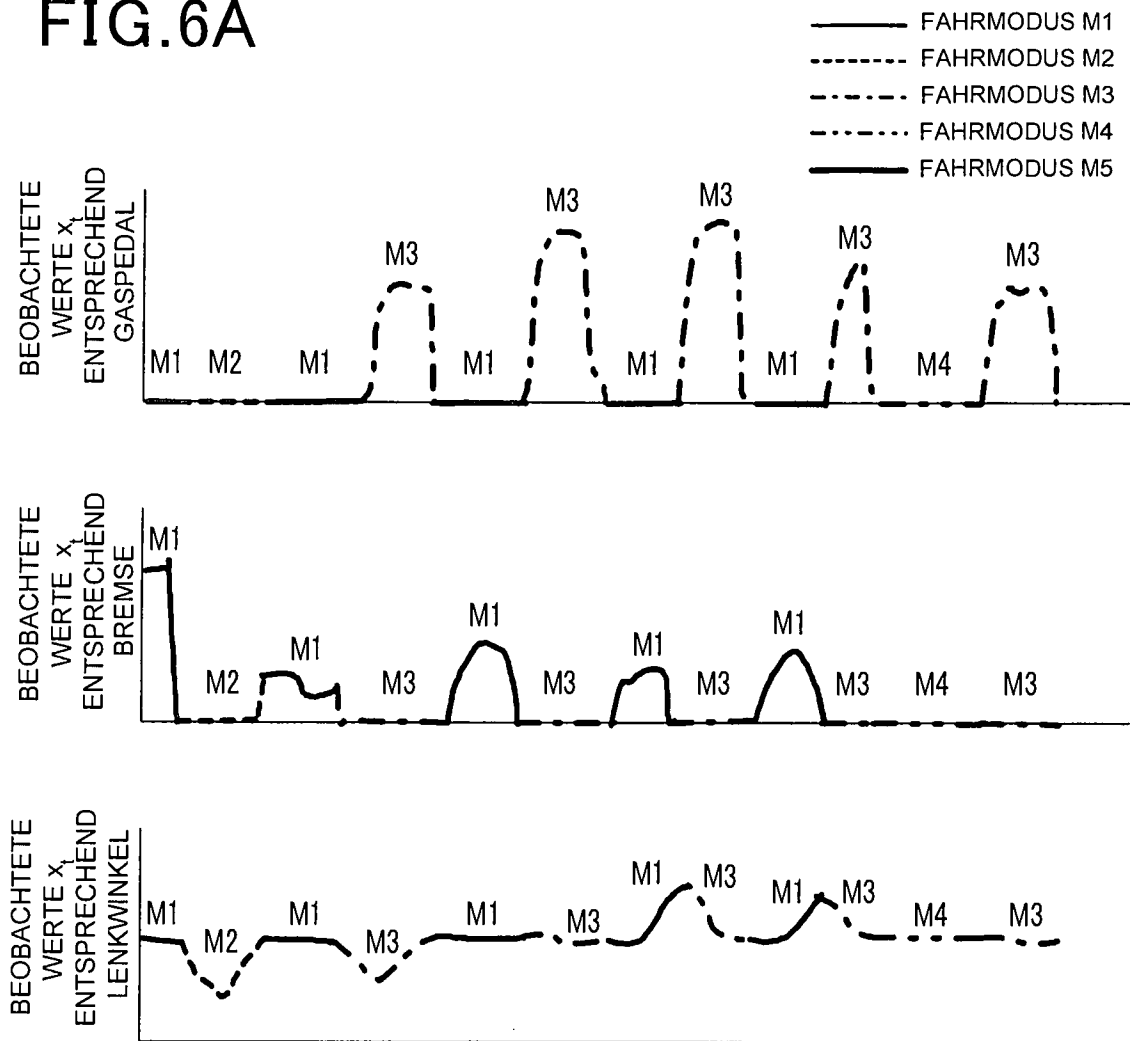


FIG.6B

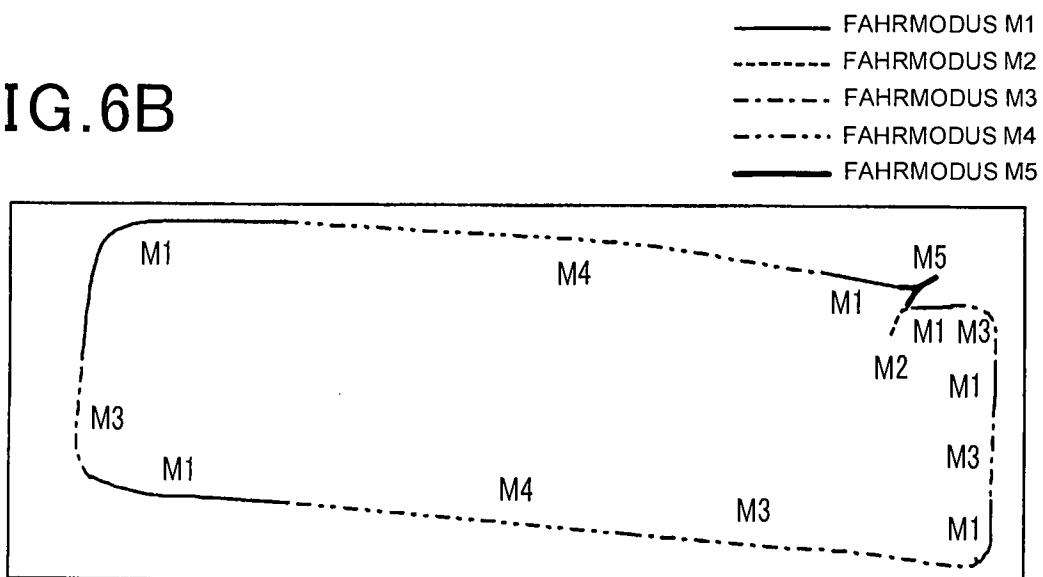


FIG.7

