



(19)
 Bundesrepublik Deutschland
 Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2005 043 838 A1** 2007.03.15

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2005 043 838.5**

(22) Anmeldetag: **13.09.2005**

(43) Offenlegungstag: **15.03.2007**

(51) Int Cl.⁸: **B60W 50/00** (2006.01)

B60W 10/00 (2006.01)

B60W 40/10 (2006.01)

(71) Anmelder:

**Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.,
 51147 Köln, DE**

(74) Vertreter:

**GRAMM, LINS & PARTNER GbR, 38122
 Braunschweig**

(72) Erfinder:

Gerdas, Arati, 38300 Wolfenbüttel, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
 gezogene Druckschriften:

US2002/01 28 751

**FORBES, Jeff, HUANG Tim, KANAZAWA, Keiji,
 RUSELL, Stuart, The BAT mobile: Towards a
 Bayesian**

**automated Taxi, In Proceedings of the 14th International Joint Conference on Artificial Intelligence, Montreal, Canada, S.1878-1885, 1995;
 OLIVER, Nuria, PENTLAND, Alex P., Graphical Models for Driver Behavior Recognition in a SmartCar, In Proceedings of the IEEE Intelligent Vehicles Symposium, Dearborn, USA, S. 7-12, 2000;
 DAGLI, Ismail, Brost, Michael, BREUEL, Gabi, Action Recognition And Prediction For Driver Assistance Systems Using Dynamic Belief Networks, In Proceedings of 3rd MALCEB Conference on Multi-Agent Systems in Erfurt, Germany, 2002;**

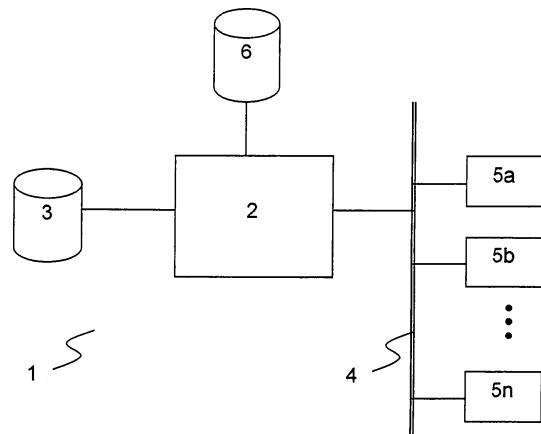
Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Verfahren und Einrichtung zur automatischen Ermittlung von Fahrmanövern**

(57) Zusammenfassung: Ein Verfahren zur automatischen Erkennung von Fahrmanövern von Fahrzeugen mit Hilfe von detektierten Zustandsgrößen hat die Schritte:

- Definieren eines aus Knoten und Kanten gebildeten Bayesschen Netzwerks zur Beschreibung der Wahrscheinlichkeit des Vorliegens bestimmter Fahrmanöver in vorgegebener Abhängigkeit von Zustandsgrößen, bei dem mit einer lokalen Wahrscheinlichkeitsverteilung initialisierte Knoten eine Zustandsgröße und die Kanten kausale Abhängigkeiten zwischen den Knoten repräsentieren, und
- Berechnen der Wahrscheinlichkeit des Vorliegens von Fahrmanövern mit dem Bayesschen Netzwerk durch Eingabe detektierter oder davon abgeleiteter Zustandsgrößen in das Bayessche Netzwerk.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Einrichtung zur automatischen Erkennung von Fahrmanövern von Fahrzeugen mit Hilfe von detektierten Zustandsgrößen.

Stand der Technik

[0002] In den heutigen Kraftfahrzeugen stehen eine Vielzahl von Sensoren zur Verfügung, mit denen Zustandsgrößen detektiert werden können, die manchmal unsichere oder invalide Werte sind. Die Sensoren werden beispielsweise zur Spurerkennung, Erfassung von Blickrichtungen des Fahrers, Betätigung eines Fahrtrichtungsanzeigers, Bremspedalbetätigung, Gaspedalbetätigung etc. genutzt.

[0003] Auf der Basis dieser und ggf. weiterer interner oder externer Zustandsgrößen werden mit bekannten Verfahren Fahrmanöver erkannt, um einen Fahrsimulator zu steuern oder in die Fahrzeugsteuerung durch den Fahrzeugführer einzugreifen. Ein klassisches Beispiel hierfür ist das Antiblockiersystem.

[0004] In der US 2002/0128751 ist die Nutzung von neuronalen Netzwerken zur Klassifikation der Fahrsituation beschrieben. Hiermit soll die aktuelle Fahrsituation (Large-Scale Situation), d. h. das Fahren auf der Autobahn, einer Bundesstraße, einer Umgehungsstraße oder im Stadtverkehr erkannt werden, nicht hingegen aktuelle Fahrmanöver. Es kann auch der Fahrerzustand, wie z. B. müde abgelenkt etc. erkannt werden. Das Klassifikationsschema wird durch empirische Daten gelernt. Vorheriges Wissen über die Erkennung von Fahrmanövern kann nicht einprogrammiert werden. Die klassifizierten Fahrsituationen können anschließend genutzt werden, um in einem übergreifenden Bayesschen Netzwerk für globale Zwecke weiterverarbeitet zu werden.

[0005] Aus Nuria Oliver und Alex P. Pentland: „Graphical Models for Driver Behavior Recognition in a Smart Car“. In: Proceedings of SPIE Aerosense 2000 ‚Enhanced and Synthetic Vision‘, Orlando, Florida, April 2000 ist die Nutzung eines Hidden-Markov-Modells zur Erkennung von Fahrmanövern beschrieben. Die Daten in Hidden-Markov-Modellen werden sequenziell bearbeitet. Kontextuelle Informationen, wie Blickrichtung, relative Spurposition, Geschwindigkeiten und Richtungen von Verkehr müssen manuell für jeden Frame einer Videodatei notiert werden, um einige Fahrmanöver wie Abbiegen und Spurwechsel erkennen zu können. Damit ist eine Echtzeitanwendung kaum möglich.

[0006] In Kari Torkkola, Srihari Venkatesan und Huan Liu „Sensor Sequence Modelling for Driving“, In: Proceedings of the 18th International Florida Artificial Intelligence Research Society Conference FLAIRS, Clearwater Beach, Florida, USA, 2005. Seiten 721–727 ist die Nutzung von Hidden-Markov-Modellen zur Erkennung von Fahrmanövern beschrieben. Das System wird für einen Fahrsimulator genutzt, wobei die in das System eingegebenen Zustandsgrößen von einem Satz von aktuellen und zukünftigen simulierten Sensoren stammen. Simulierte Sensoren haben meistens perfekte Werte. Ein System, das perfekte Werte erwartet, ist für echte Fahrzeugdaten nicht geeignet.

Aufgabenstellung

[0007] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein verbessertes Verfahren und eine verbesserte Einrichtung zur automatischen Erkennung von Fahrmanövern zu schaffen, um auch bei fehlenden und/oder unsicheren Informationen in Echtzeit eine Analyse der verfügbaren Zustandsgrößen unter Berücksichtigung unterschiedlicher Fahrstile verschiedener Fahrzeugführer durchzuführen.

[0008] Die Aufgabe wird mit dem Verfahren der eingangs genannten Art, gelöst durch

- Definieren eines aus Knoten und Kanten gebildeten Bayesschen Netzwerks zur Beschreibung der Wahrscheinlichkeit des Vorliegens bestimmter Fahrmanöver in vorgegebener Abhängigkeit von Zustandsgrößen, bei dem mit einer lokalen Wahrscheinlichkeitsverteilung initialisierte Knoten eine Zustandsgröße und die Kanten kausale Abhängigkeiten zwischen den Knoten repräsentieren, und
- Berechnen der Wahrscheinlichkeit des Vorliegens von Fahrmanövern mit dem Bayesschen Netzwerk durch Eingabe detektierter oder davon abgeleiteter Zustandsgrößen in das Bayessche Netzwerk.

[0009] Mit Hilfe des zur Erkennung einzelner Fahrmanöver in Abhängigkeit von detektierbaren Zustandsgrößen vordefinierten Bayesschen Netzwerkes können aktuelle Fahrmanöver automatisch in Echtzeit erkannt werden, auch wenn die Zustandsgrößen aufgrund unsicherer und/oder fehlender Werte von Sensoren unsicher sind. Die Nutzung eines auf die Erkennung einzelner Fahrmanöver spezialisierter Bayesscher Netzwerke hat zudem den Vorteil, dass vorheriges Wissen von Abhängigkeiten in das Netzwerk einprogrammiert werden

kann. Auf dieser Basis wird anhand von mit den Sensoren ermittelten oder davon abgeleiteten Zustandsgrößen und ggf. ihrer Qualität zusammen mit dem erkannten Fahrmanöver die Wahrscheinlichkeit einer richtigen Erkennung des Fahrmanövers geliefert.

[0010] Besonders vorteilhaft ist es, wenn ein selbstlernendes Adaptieren der lokalen Wahrscheinlichkeitsverteilungen erfolgt. Durch die Möglichkeit eines Bayesschen Netzwerkes zur kontinuierlichen Adaption kann dieses von existierenden Fahrsituationen lernen. Wenn das Bayessche Netzwerk mit unterschiedlichen Fahrern trainiert wird, können unterschiedliche Parameter für unterschiedliche Fahrer gelernt werden. Dabei ist es dann vorteilhaft, wenn die Wahrscheinlichkeitsverteilungen, die in Abhängigkeit von dem jeweiligen Fahrer des Fahrzeugs kontinuierlich adaptiert werden, als fahrerbezogene Parameter abgespeichert werden.

[0011] Das Bayessche Netzwerk hat vorzugsweise Hauptknoten, auch Eltern-Knoten genannt, für die Auswahl von Zustandsgrößen für Faktoren, die den Fahrer bei der Auswahl eines Fahrmanövers beeinflussen. Weiterhin können Nebenknoten, auch Kinder-Knoten genannt, für zusätzliche Zustandsgrößen vorgesehen werden, die als Folge der Fahrmanöver entstehen. Weitere Eltern- und Kinder-Knoten können der ursprünglichen Definition des Bayesschen Netzwerkes hinzugefügt werden, beispielsweise wenn weitere Sensoren zukünftig verfügbar gemacht werden.

[0012] Als Fahrmanöver können beispielsweise Spurwechsel, Überholen, Abbiegen, Autobahnausfahrt und/oder Autobahnauffahrt erkannt werden.

[0013] Zustandsgrößen können beispielsweise der Betriebszustand von Fahrtrichtungsanzeigern, Bremsfähigkeit, Fahrzeuggeschwindigkeit, Beschleunigung, Straßentyp, Anzahl der verfügbaren Fahrspuren etc. sein. Weitere Zustandsgrößen können z.B. von der aktuellen Fahrzeugposition abgeleitet werden, wie beispielsweise der Straßentyp, Anzahl der Fahrspuren, etc.

[0014] Die Aufgabe wird weiter durch die Einrichtung der eingangs genannten Art gelöst durch

- Sensoren zur Erfassung von Zustandsgrößen,
- Datenspeicher zur Speicherung eines aus Knoten und Kanten bestehenden Bayesschen Netzwerkes zur Beschreibung der Wahrscheinlichkeit des Vorliegens bestimmter Fahrmanöver in vorgegebener Abhängigkeit von Zustandsgrößen, bei dem mit einer lokalen Wahrscheinlichkeitsverteilung initialisierte Knoten eine Zustandsgröße und die Kanten kausaler Abhängigkeiten zwischen den Knoten repräsentieren, und
- eine Auswerteeinheit zur Berechnung der Wahrscheinlichkeit des Vorliegens von Fahrmanövern mit dem Bayesschen Netzwerk durch Eingabe detektierter oder davon abgeleiteter Zustandsgrößen in das Bayessche Netzwerk.

[0015] Die Auswerteeinheit ist vorzugsweise zur selbstlernenden Adaption der Wahrscheinlichkeitsverteilungen eingerichtet, die in Bezug auf die Knoten in dem Bayesschen Netzwerk im Datenspeicher abgelegt sind.

[0016] Die Einrichtung kann in Fahrerassistenzsystemen genutzt oder in diese integriert werden. Durch die Erkennung aktueller oder anstehender Fahrmanöver kann dem Fahrer damit angemessene Unterstützung z. B. durch Eingriff in die Fahrzeugsteuerung gegeben werden. Wenn der Fahrer ein kompliziertes oder kritisches Manöver durchführt, können unwichtige Hinweise von On-board-Geräten im Fahrzeug unterdrückt oder verschoben werden.

[0017] Die Erkennung von aktuellen und anstehenden Fahrmanövern ermöglicht manöverspezifische Assistenz, z. B. Überholassistentz, die entweder als partielle Automation oder in Form einer Warnung an den Fahrer angeboten werden kann, z. B. wenn die Durchführung eines Fahrmanövers zu einer kritischen Situation führen kann.

[0018] Zur Ableitung weiterer Zustandsgrößen, wie z. B. Straßentyp, Anzahl der Fahrspuren, Geschwindigkeitsbeschränkungen etc., kann Datenspeicher mit einer Datenbank vorgesehen sein, in der die Zustandsgrößen befahrbarer Straßen mit zugeordneten Ortspositionen verzeichnet sind. Die Auswerteeinheit kann dann mit Hilfe der aktuellen Fahrzeugposition, die z. B. mit Satellitennavigation ermittelt wurde, und der Datenbank aus der Fahrzeugposition auf die weiteren Zustandsgrößen schließen.

Ausführungsbeispiel

[0019] Die Erfindung wird nachfolgend anhand der beigefügten Zeichnungen mit einem Ausführungsbeispiel näher erläutert. Es zeigen:

[0020] [Fig. 1](#) – Blockdiagramm einer Einrichtung zur automatischen Erkennung von Fahrmanövern von Fahrzeugen;

[0021] [Fig. 2](#) – Diagramm eines beispielhaften Bayesschen Netzwerks;

[0022] [Fig. 3](#) – Wahrscheinlichkeitstabelle des Bayesschen Netzwerkes für die Beziehung zwischen Fahrmanöver und Zustand eines Fahrtrichtungsanzeigers;

[0023] [Fig. 4](#) – Ausschnitt einer Wahrscheinlichkeitstabelle des Bayesschen Netzwerkes für die Beziehung zwischen letztem erkannten Fahrmanöver, Fahrzeugposition und Fahrmanöver.

[0024] Die [Fig. 1](#) lässt ein Blockdiagramm einer Einrichtung **1** zur Erkennung von Fahrmanövern von Fahrzeugen mit Hilfe eines Bayesschen Netzwerkes erkennen. Die Einrichtung hat eine Auswerteeinheit **2**, die mit einem Datenspeicher **3** in Verbindung steht. In dem Datenspeicher ist das Bayessche Netzwerk zur Ermittlung einer Wahrscheinlichkeit des Vorliegens bestimmter Fahrmanöver in Abhängigkeit von Zustandsgrößen abgelegt. Die Zustandsgrößen werden über einen Fahrzeugbus **4** von Sensoren **5a**, **5b**, ... **5n** an die Auswerteeinheit **2** übertragen. Als Zustandsgrößen können auch nicht von Sensoren detektierte oder aus anderen Zustandsgrößen abgeleitete Zustandsgrößen genutzt werden. Die Zustandsgrößen können im Fahrzeug selbst intern oder auch extern detektiert werden. Unter detektierte Zustandsgrößen werden somit alle intern oder extern mit Sensoren direkt oder indirekt ermittelte oder abgeleitete Daten verstanden, die einen irgendwie gear teten Zustand des Fahrzeugs oder des Fahrers (z. B. Blickrichtung, Müdigkeit etc.) beschreiben.

[0025] Zur Ableitung weiterer Zustandsgrößen, wie zum Beispiel Straßentyp, Anzahl der Fahrspuren, Geschwindigkeitsbeschränkungen etc., kann der Datenspeicher **6** mit einer Datenbank vorgesehen sein, in der die Zustandsgrößen befahrbarer Straßen mit zugeordneten Ortspositionen verzeichnet sind. Mit Hilfe der aktuellen Fahrzeugposition und der Datenbank in dem Datenspeicher **6** kann dann aus der aktuellen Fahrzeugposition mit Hilfe der Auswerteeinheit **2** auf die weiteren Zustandsgrößen geschlossen werden. Diese werden somit indirekt ermittelt. Der Datenspeicher **6** kann separat zu dem Datenspeicher **3** ausgeführt oder einfach ein Datenspeicherbereich im Datenspeicher **3** sein.

[0026] Die Auswerteeinheit **2** ist beispielsweise durch geeignete Programmierung eines Prozessorsystems so eingerichtet, dass in Abhängigkeit von den Zustandsgrößen und dem Bayesschen Netzwerk die Wahrscheinlichkeit des Vorliegens definierter Fahrmanöver erkannt wird. Dies wird nachfolgend näher erläutert.

[0027] Die Daten, die von den Sensoren eingelesen werden, bieten einen Satz von unvollständiger und unsicherer Evidenz an. Dieser Datensatz muss evaluiert werden um die aktuellen Fahrmanöver zu erkennen.

[0028] Bayessche Methoden bieten ein formales Framework für die Schlussfolgerung mit partieller Evidenz. Die Validität einer Hypothese kann mit Bayesschen Methoden bei der Evaluierung von unsicherer Evidenz getestet werden.

[0029] Angenommen wird eine Hypothese „A“: „Das aktuelle Fahrmanöver ist ein Spurwechsel“ und ein Satz von Evidenzen „e“ die benutzt werden können, um die Validität der Hypothese „A“ zu prüfen. Die Evidenz „e“ repräsentiert zum Beispiel die Tatsache „Der Blinker ist an“.

[0030] Die bedingte Wahrscheinlichkeit $P(A|e)$ der Hypothese A angesichts einer Evidenz „e“ kann anhand der Formel von Thomas Bayes berechnet werden:

$$P(A|e) = \frac{P(A, e)}{P(e)} \quad (1).$$

[0031] Umgekehrt ist bekannt:

$$P(e|A) = \frac{P(A, e)}{P(A)} \quad (2).$$

[0032] Die Gleichung (1) kann daher als

$$P(A|e) = \frac{P(e|A) * P(A)}{P(e)} \quad (3)$$

umgeschrieben werden.

[0033] Ein Beispiel ist die Erkennung des Fahrmanövers "Spurwechsel" anhand der Wahrscheinlichkeit des Vorliegens eines Spurwechsels bei Betätigung des Blinkers (Zustandsgröße, linker Blinker an/aus). Dies wird ausgedrückt durch:

$$P(\text{Spurwechsel} | \text{Linker Blinker}) = \frac{P(\text{Linker Blinker} | \text{Spurwechsel})}{P(\text{Linker Blinker})}$$

[0034] Die zwei Begriffe an der rechten Seite der Gleichung sind jetzt beide statistisch bestimmte Werte.

[0035] Angenommen wird ein Satz von unabhängiger Evidenz $e_1, e_2 \dots e_n$. Dann kann für jedes Fahrmanöver folgendes Gleichungssystem definiert werden:

$$P(A | e_1, e_2, \dots, e_n) = \frac{P(e_1, e_2, \dots, e_n | A) * p(A)}{P(e_1, e_2, \dots, e_n)}$$

$$= \frac{\prod_{k=1}^n P(e_k | A) * p(A)}{\prod_{k=1}^n P(e_k)} \quad (4)$$

[0036] Dieses repräsentiert die theoretische Basis eines Bayesschen Netzwerkes. Es wird ein Modell von der Domäne Fahrmanöver als ein gerichteter, azyklischer Graph erstellt. Jeder Knoten in dem Netzwerk repräsentiert eine Variable von Interesse in der Domäne. Die Kanten von dem Graph repräsentieren kausale Abhängigkeiten zwischen den Knoten.

[0037] Jeder Knoten wird mit einer lokalen Wahrscheinlichkeitsverteilung initialisiert. Wenn Evidenz über ein oder mehrere Knoten erhalten wird, wird die globale Wahrscheinlichkeitsverteilung des Modells wieder berechnet.

[0038] Das Netzwerk ist lernfähig. Jede Ausbreitung von Informationen durch das Netzwerk kann zu einer Aktualisierung der Wahrscheinlichkeitsverteilung führen. Selbst wenn die ursprüngliche Wahrscheinlichkeitsverteilung nur einer groben Einschätzung von der echten Verteilung bietet, kann die echte Wahrscheinlichkeitsverteilung schnell von dem Modell gelernt werden.

[0039] Das Netzwerk kann für unterschiedliche Fahrer trainiert werden. Die unterschiedlichen Verteilungen werden gelernt.

[0040] Das System für die automatische Erkennung von Fahrmanövern hat als Kern ein Bayessches Netzwerk. Das erkannte Fahrmanöver wird anhand eines/mehrerer Knoten repräsentiert. Unterstützende Evidenz von den Sensoren wird durch Kinder-Knoten repräsentiert. Relevante Faktoren für die Auswahl der Fahrmanöver beeinflussen zum Beispiel das letzte erkannte Fahrmanöver und GPS-Informationen über den Straßentyp, Anzahl der Spuren, etc. werden als Eltern-Knoten in das Netzwerk eingebracht. Wenn neue Sensoren verfügbar sind, können relevante Informationen von diesen Sensoren als neue Kinder-Knoten hinzugefügt werden. Wenn neue Faktoren für die Auswahl der Fahrmanöver verfügbar sind (zum Beispiel Fahrerezustand), können die neuen Informationen als Knoten in das Netzwerk hinzugefügt werden.

[0041] Die [Fig. 2](#) lässt ein Diagramm eines beispielhaften Bayesschen Netzwerkes zur Ermittlung eines Fahrmanövers (Driving Manöver) in Abhängigkeit folgender Zustandsgrößen erkennen, die teilweise aus der aktuellen Fahrzeugposition (Location, z.B. mit Satellitenortung GPS, GALILEO etc. bestimmt) abgeleitet sind: Zustand des Fahrtrichtungsanzeigers („Blinker aus", „Blinker links", „Blinker rechts"), Lenkwinkel (Steering), Fahrzeuggeschwindigkeit (Speed), Fahrspur (Lane), Abstand zum Vordermann, vorhergehend erkanntes Fahrmanöver (Previous Manöver).

[0042] Die [Fig. 3](#) zeigt eine Wahrscheinlichkeitstabelle für ein Bayessche Netzwerk, durch das die Wahrscheinlichkeit des Vorliegens eines bestimmten Fahrmanövers durch einen festgelegten Abhängigkeitsbaum mit Knoten und Kanten und den Knoten zugeordneten Wahrscheinlichkeiten definiert wird. Die Wahrscheinlichkeiten werden in dem Beispiel für die Beziehungen der Wahrscheinlichkeit von Fahrmanövern und dem Zustand eines Fahrtrichtungsanzeigers („Blinker aus“ (None), „Blinker links“ (Left), „Blinker rechts“ (Right)) definiert. Die Fahrmanöver sind:

Fahrzeug gestoppt (Stopped), Fahrzeug folgt der Strasse (Follow Road), Fahrzeug folgt einem vorherfahrenden Fahrzeug (Follow Car), Links Abbiegen (Turn Left), Rechts Abbiegen (Turn Right), Einfädeln Links (Merge Left), Einfädeln Rechts (Merge Right), Überholen (Overtake), Auffahren auf Autobahn (Merge onto Freeway), Ausfahren von Autobahn (Exit Freeway), Überqueren einer Kreuzung (Cross Intersection).

[0043] Die [Fig. 4](#) zeigt einen Ausschnitt einer Wahrscheinlichkeitstabelle für das Bayessche Netzwerk mit Beziehungen der Wahrscheinlichkeit von vorhergehend erkannten Fahrmanövern, ausgewählten Fahrzeugpositionen und den oben aufgezählten Fahrmanövern. Die Fahrzeugpositionen sind Fahren auf der Strasse (Road), Kreuzung (Intersection) oder Auffahrt einer Autobahn- oder Schnellstrasse (Ramp).

[0044] Mit einer Zusammenstellung derartiger Wahrscheinlichkeitstabellen und das Gleichungssystem (4) wird das Bayessche Netzwerk definiert, so dass sich aus unsicheren oder fehlenden Zustandsgrößen Wahrscheinlichkeiten des Vorliegens der vorgegebenen Fahrmanöver aus dem Gleichungssystem (4), den Zustandsgrößen und den Wahrscheinlichkeiten ermitteln lassen.

Patentansprüche

1. Verfahren zur automatischen Erkennung von Fahrmanövern von Fahrzeugen mit Hilfe von detektierten Zustandsgrößen, gekennzeichnet durch

- Definieren eines aus Knoten und Kanten gebildeten Bayesschen Netzwerks zur Beschreibung der Wahrscheinlichkeit des Vorliegens bestimmter Fahrmanöver in vorgegebener Abhängigkeit von Zustandsgrößen, bei dem mit einer lokalen Wahrscheinlichkeitsverteilung initialisierte Knoten eine Zustandsgröße und die Kanten kausale Abhängigkeiten zwischen den Knoten repräsentieren, und
- Berechnen der Wahrscheinlichkeit des Vorliegens von Fahrmanövern mit dem Bayesschen Netzwerk durch Eingabe detektierter oder davon abgeleiteter Zustandsgrößen in das Bayessche Netzwerk.

2. Verfahren nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch selbstlernendes Adaptieren der lokalen Wahrscheinlichkeitsverteilungen.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass das selbstlernende Adaptieren in Abhängigkeit von dem jeweiligen Fahrer des Fahrzeugs erfolgt und die Wahrscheinlichkeitsverteilungen als fahrerbezogene Parameter abgespeichert werden.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Bayessche Netzwerk Hauptknoten (Eltern-Knoten) für die Auswahl von Zustandsgrößen für Faktoren, die den Fahrer bei der Auswahl eines Fahrmanövers beeinflussen und Nebenknoten (Kinder-Knoten) für Zustandsgrößen hat, die als Folge der Fahrmanöver entstehen.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch Erkennung von Spurwechseln, Überholen, Abbiegen, Autobahnauffahrten und/oder Autobahnabfahrten als Fahrmanöver.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass Zustandsgrößen der Betriebszustand einer Fahrtrichtungsanzeige, Bremstätigkeit, Fahrzeuggeschwindigkeit, Beschleunigung, Fahrzeugposition, Straßentyp, Blickrichtung und/oder Anzahl der verfügbaren Fahrts Spuren und/oder von der Fahrzeugposition abgeleitete Zustandsgrößen sind.

7. Einrichtung (1) zur automatischen Erkennung von Fahrmanövern von Fahrzeugen gekennzeichnet durch

- Sensoren (5) zur Erfassung von Zustandsgrößen,
- Datenspeicher (3) zur Speicherung eines aus Knoten und Kanten gebildeten Bayesschen Netzwerkes zur Beschreibung der Wahrscheinlichkeit des Vorliegens bestimmter Fahrmanöver in vorgegebener Abhängigkeit von Zustandsgrößen, bei dem mit einer lokalen Wahrscheinlichkeitsverteilung initialisierte Knoten eine Zustandsgröße und die Kanten kausale Abhängigkeiten zwischen den Knoten repräsentieren, und
- eine mit den Sensoren (5) und dem Datenspeicher (3) in Verbindung stehende Auswerteeinheit (2) zur Be-

rechnung der Wahrscheinlichkeit des Vorliegens von Fahrmanövern mit dem Bayesschen Netzwerk in Abhängigkeit von den mit den Sensoren (5) detektierten Zustandsgrößen als Eingangsgrößen des Bayesschen Netzwerks.

8. Einrichtung (1) nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Auswerteeinheit (2) zur selbstlernenden Adaption der Wahrscheinlichkeitsverteilungen eingerichtet ist.

9. Einrichtung (1) nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, dass Datenspeicher (6) zur Speicherung einer Datenbank mit Daten zur Beschreibung von Straßentypen, Anzahl von Fahrspuren und/oder Geschwindigkeitsbegrenzungen von Straßen mit zugeordneten Ortspositionen vorgesehen ist und die Auswerteeinheit (2) zur Berechnung des Straßentyps, der Anzahl von Fahrspuren und/oder von Geschwindigkeitsbegrenzungen als Zustandsgrößen mit Hilfe der Datenbank und der aktuellen Fahrzeugposition eingerichtet ist.

10. Einrichtung (1) nach einem der Ansprüche 7 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Auswerteeinheit (2) eingerichtet ist, um auch bei teilweise fehlender oder unsicherer Information eine Berechnung durchzuführen.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

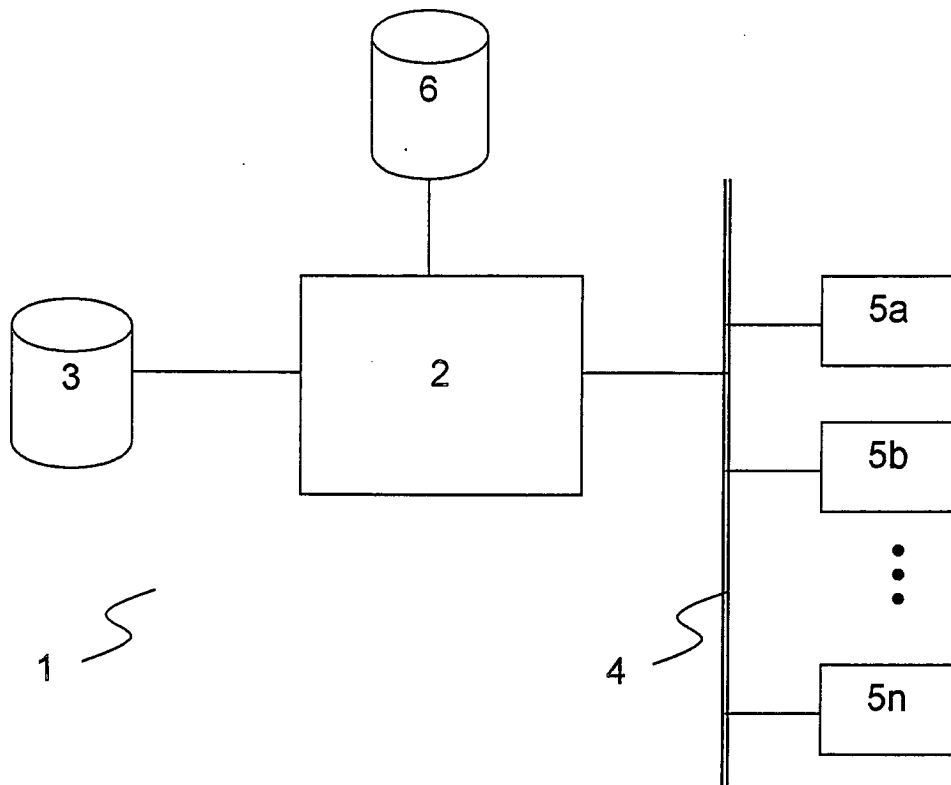


Fig. 1

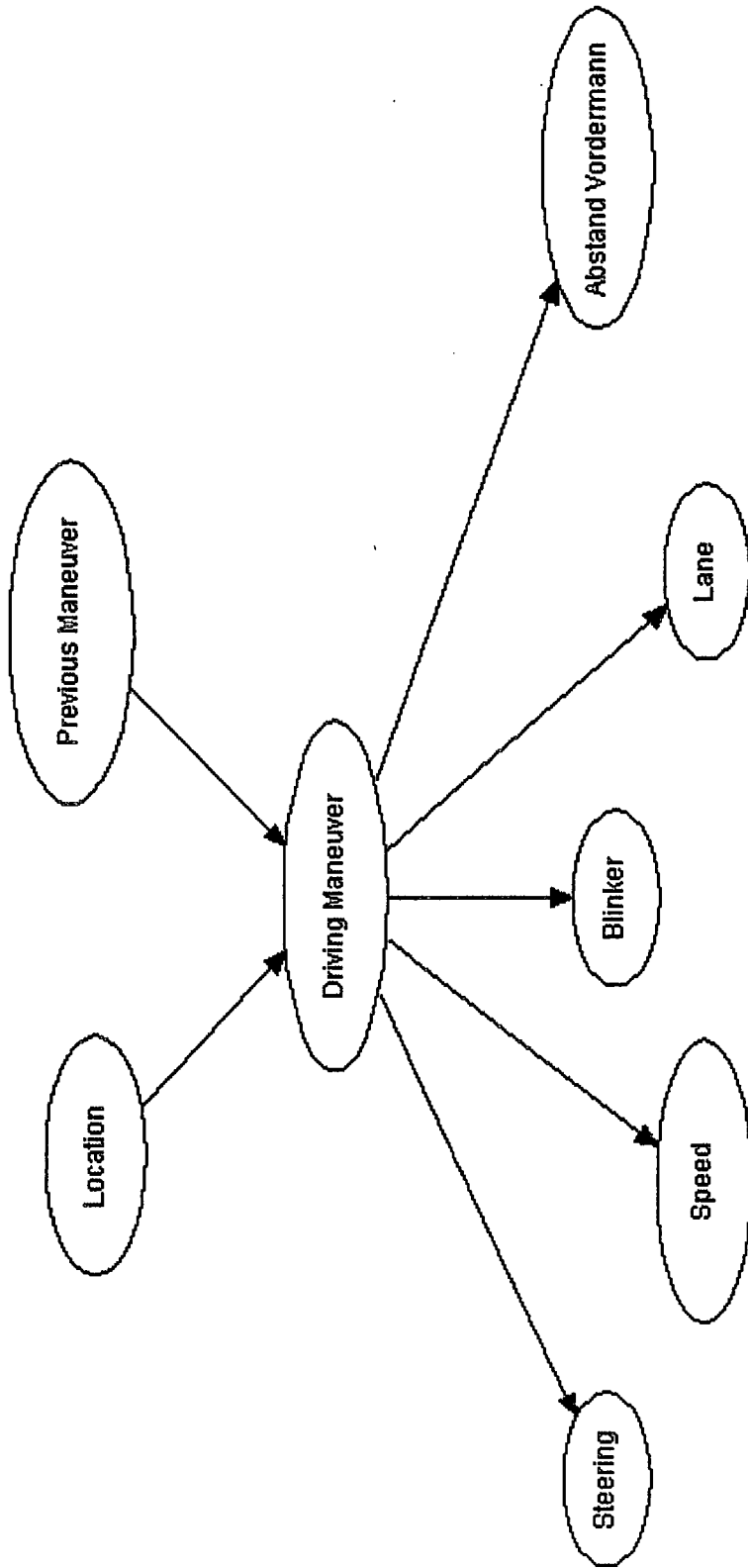


Fig: 2

Driving Maneuver		Steering	Blinker	Road		Intersection		Ramp		Cross Intersection	
Driving Man...	Stopped	Follow Road	Follows Car	Turn Left	Turn Right	Merge Left	Merge Right	Overtake	Merge Onto Freeway	Exit Freeway	Cross Intersect...
Left	0.1	0	0	0.95	0	0.95	0	0.9	0.6	0.1	0
Right	0.1	0	0	0.95	0	0	0.95	0	0.2	0.7	0
None	0.8	1	1	0.05	0.05	0.05	0.05	0.2	0.2	0.2	1

Fig. 3

Driving Maneuver		Steering	Blinker	Road		Intersection		Ramp		Cross Intersection	
Location	Previous Ma...	Exit Fre...	Cross I...	Untrawn	Stopped	Follow...	Follow...	Turn Left	Turn Right	Merge ...	Overtake
Stopped	0.05	0.05	0.1	0.3	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.01	0.01
Follow Road	0.48	0.48	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Follow Car	0.3	0.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Turn Left	0.01	0.01	0.25	0.2	0.25	0.85	0.01	0.3	0.1	0.25	0
Turn Right	0.01	0.01	0.25	0.2	0.25	0.01	0.85	0.1	0.3	0.25	0
Merge Left	0.05	0.05	0.05	0.04	0.05	0.01	0.15	0.1	0.1	0	0
Merge Right	0.05	0.05	0.05	0.04	0.05	0.01	0.15	0.1	0.1	0	0
Overtake	0.05	0.05	0.05	0.02	0.05	0.01	0.05	0.1	0.1	0	0
Merge Onto ...	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.45	0.5
Exit Freeway	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.44	0.49
Cross Inters...	0	0	0.25	0.2	0.25	0.01	0.2	0.2	0.3	0.2	0.85

Fig. 4