



(12) **Veröffentlichung**

der internationalen Anmeldung mit der
(87) Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2022/214375**
in der deutschen Übersetzung (Art. III § 8 Abs. 2
IntPatÜbkG)
(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2022 002 063.6**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/EP2022/058404**
(86) PCT-Anmeldetag: **30.03.2022**
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **13.10.2022**
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung
in deutscher Übersetzung: **27.06.2024**

(51) Int Cl.: **G06T 7/20 (2017.01)**
G01S 3/782 (2006.01)
G01S 13/86 (2006.01)
G06T 7/277 (2017.01)
G06V 20/58 (2022.01)

(30) Unionspriorität:
202141016701 **09.04.2021** **IN**
2109395.0 **30.06.2021** **GB**

(71) Anmelder:
**Continental Autonomous Mobility Germany
GmbH, 85057 Ingolstadt, DE**

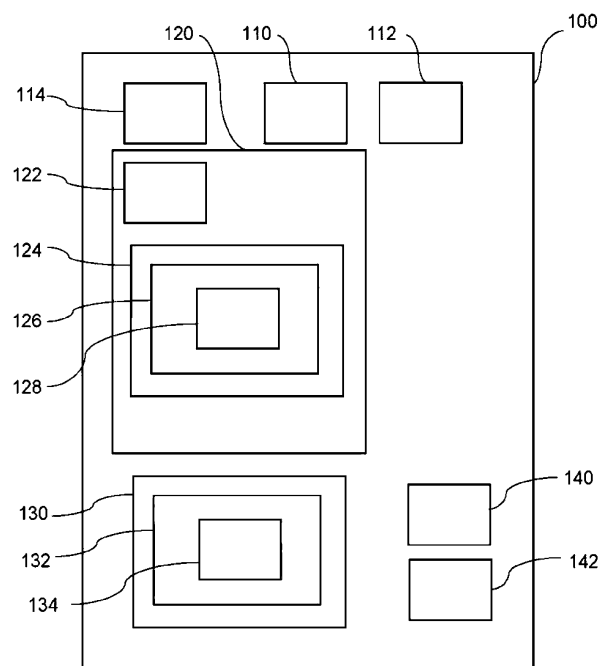
(72) Erfinder:
**Yalagam, Srinivas, Singapore, SG; Sridhar,
Muralikrishna, Singapore, SG; Bergen, Tobias,
Singapore, SG; Padiri, Bhanu Prakash, Singapore,
SG**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **MODUL UND VERFAHREN ZUR ASSOZIATION VON OBJEKTVERFOLGUNGSDATEN**

(57) Zusammenfassung: Ein Objektverfolgungsdatenassoziationsmodul (100), das Folgendes aufweist: eine Pfaddatenabrufeinrichtung (110), die dazu ausgebildet ist, mindestens einen Pfaddatensatz mindestens eines Pfads bereitzustellen, der mit mindestens einem erkannten Objekt assoziiert ist; eine Sensormessdatenabrufeinrichtung (112), die dazu ausgebildet ist, mindestens einen Sensormessdatensatz für den mindestens einen Pfad bereitzustellen, der mit dem mindestens einen erkannten Objekt assoziiert ist; und eine Differenzparameterbestimmungseinrichtung (120), die dazu ausgebildet ist, mindestens einen Differenzparameter bereitzustellen, der eine Beziehung zwischen dem mindestens einen Sensormessdatensatz und dem mindestens einen Pfaddatensatz des mindestens einen Pfads definiert, der mit dem mindestens einen erkannten Objekt assoziiert ist; wobei die Differenzparameterbestimmungseinrichtung (120) ein Exponentialfunktionsmodul (122) aufweist, das dazu ausgebildet ist, Berechnungen unter Verwendung einer Exponentialfunktion durchzuführen, und die Differenzparameterbestimmungseinrichtung (120) dazu ausgebildet ist, das Exponentialfunktionsmodul (122) zum Berechnen des mindestens einen Differenzparameters unter Verwendung der Exponentialfunktion zu verwenden.



Beschreibung

GEBIET DER ERFINDUNG

[0001] Die Erfindung betrifft ein Objektverfolgungsdatenassoziationsmodul und ein entsprechendes Verfahren zur Assoziation von Objektverfolgungsdaten.

HINTERGRUND

[0002] Objekterkennung und Objektverfolgung können auf verschiedenen Gebieten vielfältige Anwendung finden, beispielsweise beim Autofahren, genauer gesagt bei Kraftfahrzeugen auf der Straße. Objekterkennung und Objektverfolgung ergänzen sich. Wenngleich Objekterkennung die Erkennung eines Objekts in einem Bild umfassen kann, würde sie keine Informationen über den Bewegungsverlauf des Objekts bereitstellen. Daher kann Objektverfolgung die Objekterkennung durch Berücksichtigen eines Bewegungsverlaufs eines Objekts ergänzen. Infolgedessen kann Objektverfolgung nützlich sein, um ein Objekt für einen Zeitraum zu verfolgen, beispielsweise in einem Video. Objektverfolgung kann jedoch kompliziert sein, wenn mehrere Objekte verfolgt werden sollen, da ein aktuell erkanntes Objekt möglicherweise mit einem vorher erkannten Objekt assoziiert werden muss, beispielsweise da sich das vorher erkannte Objekt in eine neue Position bewegt haben kann, ein vorher erkannte Objekt von einem Sensor möglicherweise nicht mehr erkannt wird, da es beispielsweise ein Sichtfeld der Kamera verlassen hat, oder ein neu erkanntes Objekt möglicherweise von einem Sensor aktuell erkannt wird, da es in das Sichtfeld der Kamera eingetreten ist.

KURZDARSTELLUNG

[0003] Eine Aufgabe besteht darin, ein Objektverfolgungsdatenassoziationsmodul, das beim Durchführen von Datenassoziation für Objektverfolgung effektiv ist, oder ein effektives Verfahren zur Assoziation von Objektverfolgungsdaten bereitzustellen.

[0004] Gemäß einem ersten Aspekt der Erfindung wird ein Objektverfolgungsdatenassoziationsmodul bereitgestellt, das Folgendes aufweist: eine Pfaddatenabrufeinrichtung, die dazu ausgebildet ist, mindestens einen Pfaddatensatz mindestens eines Pfads bereitzustellen, der mit mindestens einem erkannten Objekt assoziiert ist; eine Sensormessdatenabrufeinrichtung, die dazu ausgebildet ist, mindestens einen Sensormessdatensatz für den mindestens einen Pfad bereitzustellen, der mit dem mindestens einen erkannten Objekt assoziiert ist; und eine Differenzparameterbestimmungseinrichtung, die dazu ausgebildet ist, mindestens einen Differenzparameter zu bestimmen, der eine Beziehung zwischen dem mindestens einen Sensormessdaten-

satz und dem mindestens einen Pfaddatensatz des mindestens einen Pfads definiert, der mit dem mindestens einen erkannten Objekt assoziiert ist; wobei die Differenzparameterbestimmungseinrichtung ein Exponentialfunktionsmodul aufweist, das zum Durchführen von Berechnungen unter Verwendung einer Exponentialfunktion ausgebildet ist, und die Differenzparameterbestimmungseinrichtung dazu ausgebildet ist, das Exponentialfunktionsmodul zum Berechnen des mindestens einen Differenzparameters unter Verwendung der Exponentialfunktion zu verwenden.

[0005] Das Objektverfolgungsdatenassoziationsmodul weist die Differenzparameterbestimmungseinrichtung auf, die dazu ausgebildet ist, den mindestens einen Differenzparameter unter Verwendung der Exponentialfunktion zu bestimmen, was vorteilhafterweise eine effektive Durchführung von Datenassoziation ermöglichen würde.

[0006] Optional weist die Differenzparameterbestimmungseinrichtung eine Korrelationsparameterbestimmungseinrichtung auf, die dazu ausgebildet ist, mindestens einen Korrelationsparameter zu bestimmen, der eine Korrelation zwischen dem mindestens einen Sensormessdatensatz und dem mindestens einen Pfaddatensatz definiert.

[0007] Die Korrelationsparameterbestimmungseinrichtung ist dazu ausgebildet, den mindestens einen Korrelationsparameter zu bestimmen, der eine Korrelation zwischen dem mindestens einen Sensormessdatensatz und dem mindestens einen Pfaddatensatz definiert, was vorteilhafterweise eine Berücksichtigung einer Korrelation zwischen dem mindestens einen Sensormessdatensatz und dem mindestens einen Pfaddatensatz ermöglichen würde.

[0008] Optional weist die Differenzparameterbestimmungseinrichtung einen statistischen Abstandsrechner auf, der dazu ausgebildet ist, den mindestens einen Korrelationsparameter statistisch zu berechnen.

[0009] Der statistische Abstandsrechner ist dazu ausgebildet, den mindestens einen Korrelationsparameter statistisch zu berechnen, was vorteilhafterweise eine zuverlässige und angemessene Analyse einer Korrelation zwischen dem mindestens einen Sensormessdatensatz und dem mindestens einen Pfaddatensatz ermöglichen würde.

[0010] Optional weist die Exponentialfunktion einen Exponenten auf, der den mindestens einen Korrelationsparameter aufweist.

[0011] Die Differenzparameterbestimmungseinrichtung ist dazu ausgebildet, den mindestens einen Dif-

ferenzparameter unter Verwendung der Exponentialfunktion zu bestimmen, die den Exponenten aufweist, der den mindestens einen Korrelationsparameter aufweist, was vorteilhafterweise eine effektive Durchführung von Datenassoziation ermöglichen würde.

[0012] Optional weist der Exponent ein negatives Vielfaches des mindestens einen Korrelationsparameters auf.

[0013] Die Differenzparameterbestimmungseinrichtung ist dazu ausgebildet, den mindestens einen Differenzparameter unter Verwendung der Exponentialfunktion zu bestimmen, die den Exponenten aufweist, der das negative Vielfache des mindestens einen Korrelationsparameters aufweist, was vorteilhafterweise eine effektive Durchführung von Datenassoziation ermöglichen würde.

[0014] Optional weist die Differenzparameterbestimmungseinrichtung einen Mahalanobis-Abstandsrechner auf, der dazu ausgebildet ist, den mindestens einen Korrelationsparameter unter Verwendung einer Mahalanobis-Abstandsformel zu berechnen, wobei der mindestens eine Korrelationsparameter einen Mahalanobis-Abstand zwischen dem mindestens einen Sensormessdatensatz und dem mindestens einen Pfaddatensatz aufweist.

[0015] Die Korrelationsparameterbestimmungseinrichtung weist den Mahalanobis-Abstandsrechner auf, der dazu ausgebildet ist, den mindestens einen Korrelationsparameter unter Verwendung der Mahalanobis-Abstandsformel zu berechnen, was vorteilhafterweise eine zuverlässige und angemessene Analyse einer Korrelation zwischen dem mindestens einen Sensormessdatensatz und dem mindestens einen Pfaddatensatz ermöglichen würde.

[0016] Optional weist die Exponentialfunktion einen Exponenten auf, der den Mahalanobis-Abstand zwischen dem mindestens einen Sensormessdatensatz und dem mindestens einen Pfaddatensatz aufweist.

[0017] Die Differenzparameterbestimmungseinrichtung ist dazu ausgebildet, den mindestens einen Differenzparameter unter Verwendung der Exponentialfunktion zu bestimmen, die den Exponenten aufweist, der den Mahalanobis-Abstand zwischen dem mindestens einen Sensormessdatensatz und dem mindestens einen Pfaddatensatz aufweist, was vorteilhafterweise eine zuverlässige und angemessene Analyse einer Korrelation zwischen dem mindestens einen Sensormessdatensatz und dem mindestens einen Pfaddatensatz ermöglichen würde.

[0018] Optional weist der Exponent ein negatives Vielfaches des Mahalanobis-Abstands zwischen

dem mindestens einen Sensormessdatensatz und dem mindestens einen Pfaddatensatz auf.

[0019] Die Differenzparameterbestimmungseinrichtung ist dazu ausgebildet, den mindestens einen Differenzparameter unter Verwendung der Exponentialfunktion zu bestimmen, die den Exponenten aufweist, der das negative Vielfache des Mahalanobis-Abstands zwischen dem mindestens einen Sensormessdatensatz und dem mindestens einen Pfaddatensatz aufweist, was vorteilhafterweise eine zuverlässige und angemessene Analyse einer Korrelation zwischen dem mindestens einen Sensormessdatensatz und dem mindestens einen Pfaddatensatz ermöglichen würde.

[0020] Optional ist die Differenzparameterbestimmungseinrichtung dazu ausgebildet, den mindestens einen Differenzparameter durch Subtrahieren eines Wertes der Exponentialfunktion von eins zu berechnen.

[0021] Die Differenzparameterbestimmungseinrichtung ist dazu ausgebildet, den mindestens einen Differenzparameter durch Subtrahieren eines Wertes der Exponentialfunktion von eins zu bestimmen, was vorteilhafterweise eine effektive Durchführung von Datenassoziation ermöglichen würde.

[0022] Das Objektverfolgungsdatenassoziationsmodul kann ferner eine Existenzwahrscheinlichkeitsbestimmungseinrichtung aufweisen, die dazu ausgebildet ist, den mindestens einen Differenzparameter als Eingabe anzunehmen und mindestens einen Existenzwahrscheinlichkeitsparameter für den mindestens einen Pfad auszugeben, der mit dem mindestens einen erkannten Objekt assoziiert ist.

[0023] Die Existenzwahrscheinlichkeitsbestimmungseinrichtung ist dazu ausgebildet, den mindestens einen Existenzwahrscheinlichkeitsparameter auszugeben, was vorteilhafterweise eine effektive Durchführung von Datenassoziation ermöglichen würde.

[0024] Optional weist die Existenzwahrscheinlichkeitsbestimmungseinrichtung ein System für maschinelles Lernen auf, das dazu ausgebildet ist, den mindestens einen Differenzparameter als Eingabe anzunehmen und den mindestens einen Existenzwahrscheinlichkeitsparameter für den mindestens einen Pfad auszugeben, der mit dem mindestens einen erkannten Objekt assoziiert ist.

[0025] Das System für maschinelles Lernen ist dazu ausgebildet, den mindestens einen Existenzwahrscheinlichkeitsparameter auszugeben, was vorteilhafterweise eine effektive Durchführung von Datenassoziation ermöglichen würde.

[0026] Optional weist die Existenzwahrscheinlichkeitsbestimmungseinrichtung ein LSTM-Netzwerkmodul auf, das dazu ausgebildet ist, den mindestens einen Differenzparameter als Eingabe anzunehmen und den mindestens einen Existenzwahrscheinlichkeitsparameter für den mindestens einen Pfad auszugeben, der mit dem mindestens einen erkannten Objekt assoziiert ist.

[0027] Das LSTM-Netzwerkmodul ist dazu ausgebildet, den mindestens einen Existenzwahrscheinlichkeitsparameter auszugeben, was vorteilhafterweise eine effektive Durchführung von Datenassoziation ermöglichen würde. Darüber hinaus kann das LSTM-Netzwerkmodul vorteilhafterweise trainiert werden, um zu ermöglichen, dass das Objektverfolgungsdatenassoziationsmodul zusammen mit einer Schätzeinrichtung, beispielsweise einem Kalman-Filter, Ende-zu-Ende-Objektverfolgung mit Rückwärtspropagierung durchführt.

[0028] Optional ist die Pfaddatenabrufeinrichtung dazu ausgebildet, den mindestens einen Pfaddatensatz bereitzustellen, der einen aktiven Pfaddatensatz eines aktiven Pfads aufweist, der mit einem vorher erkannten Objekt assoziiert ist.

[0029] Die Pfaddatenabrufeinrichtung ist dazu ausgebildet, den mindestens einen Pfaddatensatz bereitzustellen, der den aktiven Pfaddatensatz des aktiven Pfads aufweist, was vorteilhafterweise eine Berücksichtigung von Daten in Bezug auf das vorher erkannte Objekt ermöglichen würde, die im aktiven Pfaddatensatz enthalten sind.

[0030] Optional ist die Pfaddatenabrufeinrichtung dazu ausgebildet, den mindestens einen Pfaddatensatz bereitzustellen, der einen inaktiven Pfaddatensatz eines inaktiven Pfads aufweist, der mit einem neu erkannten Objekt assoziiert ist.

[0031] Die Pfaddatenabrufeinrichtung ist dazu ausgebildet, den mindestens einen Pfaddatensatz bereitzustellen, der den inaktiven Pfaddatensatz aufweist, was vorteilhafterweise eine Berücksichtigung von Daten in Bezug auf das neu erkannte Objekt ermöglichen würde.

[0032] Das Objektverfolgungsdatenassoziationsmodul kann ferner einen Schwellenwertkomparator aufweisen, der dazu ausgebildet ist, den mindestens einen Existenzwahrscheinlichkeitsparameter des mindestens einen Pfads mit einem Existenzschwellenwert zu vergleichen.

[0033] Das Objektverfolgungsdatenassoziationsmodul kann ferner eine Entscheidungseinrichtung aufweisen, die dazu ausgebildet ist, eine Assoziation für den aktiven Pfad durchzuführen, wenn der mindestens einen Existenzwahrscheinlichkeitsparameter

des aktiven Pfads über dem Existenzschwellenwert ist.

[0034] Die Entscheidungseinrichtung ist dazu ausgebildet, eine Assoziation für den aktiven Pfad durchzuführen, wenn der mindestens einen Existenzwahrscheinlichkeitsparameter des aktiven Pfads über dem Existenzschwellenwert ist, was vorteilhafterweise ein effektives Assoziieren eines aktuell erkannten Objekts mit dem aktiven Pfad ermöglichen würde.

[0035] Das Objektverfolgungsdatenassoziationsmodul kann ferner eine Entscheidungseinrichtung aufweisen, die dazu ausgebildet ist, den aktiven Pfad zu beenden, wenn der mindestens einen Existenzwahrscheinlichkeitsparameter des aktiven Pfads unter dem Existenzschwellenwert ist.

[0036] Die Entscheidungseinrichtung ist dazu ausgebildet, den aktiven Pfad zu beenden, wenn der mindestens einen Existenzwahrscheinlichkeitsparameter des aktiven Pfads unter dem Existenzschwellenwert ist, was vorteilhafterweise das Objektverfolgungsdatenassoziationsmodul effektiv davon abhalten würde, das vorher erkannte Objekt zu verfolgen, das von einem Sensor nicht mehr erkannt wird, da es beispielsweise das Sichtfeld der Kamera verlassen hat.

[0037] Das Objektverfolgungsdatenassoziationsmodul kann ferner eine Entscheidungseinrichtung aufweisen, die dazu ausgebildet ist, den inaktiven Pfad auf einen anderen aktiven Pfad zu initialisieren, wenn der mindestens einen Existenzwahrscheinlichkeitsparameter des inaktiven Pfads über dem Existenzschwellenwert ist.

[0038] Die Entscheidungseinrichtung ist dazu ausgebildet, den inaktiven Pfad auf den anderen aktiven Pfad zu initialisieren, wenn der mindestens einen Existenzwahrscheinlichkeitsparameter des inaktiven Pfads über dem Existenzschwellenwert ist, was vorteilhafterweise eine effektive Verfolgung des neu erkannten Objekts ermöglichen würde.

[0039] Das Objektverfolgungsdatenassoziationsmodul kann ferner eine Sensorzuverlässigkeitswert-Abrufeinrichtung aufweisen, die dazu ausgebildet ist, mindestens einen Sensorzuverlässigkeitsparameter zu erhalten, der mit mindestens einem Sensor assoziiert ist, der verwendet wird, um den mindestens einen Sensormessdatensatz für den mindestens einen Pfad bereitzustellen, der mit dem mindestens einen erkannten Objekt assoziiert ist.

[0040] Die Sensorzuverlässigkeitswert-Abrufeinrichtung ist dazu ausgebildet, mindestens einen Sensorzuverlässigkeitsparameter zu erhalten, was vorteilhafterweise eine Berücksichtigung des

mindestens einen Sensorzuverlässigkeitsparameters ermöglichen würde.

[0041] Das Objektverfolgungsdatenassoziationsmodul kann ferner einen Schwellenwertkomparator aufweisen, der dazu ausgebildet ist, den mindestens einen Sensorzuverlässigkeitsparameter mit einem Sensorzuverlässigkeitsschwellenwert zu vergleichen.

[0042] Das Objektverfolgungsdatenassoziationsmodul kann ferner eine Entscheidungseinrichtung aufweisen, die dazu ausgebildet ist, den mindestens einen Sensormessdatensatz zu ignorieren, wenn der mindestens eine Sensorzuverlässigkeitsparameter, der mit dem mindestens einen Sensormessdatensatz assoziiert ist, unter dem Sensorzuverlässigkeitsschwellenwert ist.

[0043] Die Entscheidungseinrichtung ist dazu ausgebildet, den mindestens einen Sensormessdatensatz zu ignorieren, wenn der mindestens eine Sensorzuverlässigkeitsparameter, der mit dem mindestens einen Sensormessdatensatz assoziiert ist, unter dem Sensorzuverlässigkeitsschwellenwert ist, was vorteilhafterweise ein Identifizieren und Ignorieren unzuverlässiger Sensordaten ermöglichen würde.

[0044] Ein Objektverfolgungsmodul kann das Objektverfolgungsdatenassoziationsmodul aufweisen.

[0045] Ein Kraftfahrzeug kann das Objektverfolgungsdatenassoziationsmodul aufweisen.

[0046] Alle Merkmale oder Schritte, die im Kontext des ersten Aspekts der Erfindung offenbart werden, können auch in Kombination mit und/oder im Kontext von anderen Aspekten der Erfindung und allgemein in den Erfindungen verwendet werden, soweit möglich. Außerdem können alle Merkmale oder Schritte, die im Kontext eines anderen Aspekts der Erfindung offenbart werden, auch in Kombination mit und/oder im Kontext von dem ersten Aspekt der Erfindung und allgemein in den Erfindungen verwendet werden, soweit möglich.

[0047] Gemäß einem zweiten Aspekt der Erfindung wird ein Objektverfolgungsdatenassoziationsmodul bereitgestellt, das Folgendes aufweist: eine Pfaddatenabrufeinrichtung, die dazu ausgebildet ist, mindestens einen Pfaddatensatz mindestens eines Pfads bereitzustellen, der mit mindestens einem erkannten Objekt assoziiert ist; wobei die Pfaddatenabrufeinrichtung dazu ausgebildet ist, den mindestens einen Pfaddatensatz bereitzustellen, der einen aktiven Pfaddatensatz eines aktiven Pfads aufweist, der mit einem vorher erkannten Objekt assoziiert ist; wobei die Pfaddatenabrufeinrichtung dazu ausgebildet ist, den mindestens einen Pfaddatensatz bereit-

zustellen, der einen inaktiven Pfaddatensatz eines inaktiven Pfads aufweist, der mit einem neu erkannten Objekt assoziiert ist; eine Sensormessdatenabrufeinrichtung, die dazu ausgebildet ist, mindestens einen Sensormessdatensatz für den mindestens einen Pfad bereitzustellen, der mit dem mindestens einen erkannten Objekt assoziiert ist; eine Differenzparameterbestimmungseinrichtung, die dazu ausgebildet ist, mindestens einen Differenzparameter zu bestimmen, der eine Beziehung zwischen dem mindestens einen Sensormessdatensatz und dem mindestens einen Pfaddatensatz des mindestens einen Pfads definiert, der mit dem mindestens einen erkannten Objekt assoziiert ist; wobei die Differenzparameterbestimmungseinrichtung ein Exponentialfunktionsmodul aufweist, das zum Durchführen von Berechnungen unter Verwendung einer Exponentialfunktion ausgebildet ist, und die Differenzparameterbestimmungseinrichtung dazu ausgebildet ist, das Exponentialfunktionsmodul zum Berechnen des mindestens einen Differenzparameters unter Verwendung der Exponentialfunktion zu verwenden; wobei die Differenzparameterbestimmungseinrichtung eine Korrelationsparameterbestimmungseinrichtung aufweist, die dazu ausgebildet ist, mindestens einen Korrelationsparameter zu bestimmen, der eine Korrelation zwischen dem mindestens einen Sensormessdatensatz und dem mindestens einen Pfaddatensatz definiert; wobei die Differenzparameterbestimmungseinrichtung einen statistischen Abstandsrechner aufweist, der dazu ausgebildet ist, den mindestens einen Korrelationsparameter statistisch zu berechnen; wobei die Differenzparameterbestimmungseinrichtung einen Mahalanobis-Abstandsrechner aufweist, der dazu ausgebildet ist, den mindestens einen Korrelationsparameter unter Verwendung einer Mahalanobis-Abstandsformel zu berechnen, wobei der mindestens eine Korrelationsparameter einen Mahalanobis-Abstand zwischen dem mindestens einen Sensormessdatensatz und dem mindestens einen Pfaddatensatz aufweist; wobei die Differenzparameterbestimmungseinrichtung dazu ausgebildet ist, den mindestens einen Differenzparameter durch Subtrahieren eines Wertes der Exponentialfunktion von eins zu berechnen; wobei die Exponentialfunktion einen Exponenten aufweist, der den Mahalanobis-Abstand zwischen dem mindestens einen Sensormessdatensatz und dem mindestens einen Pfaddatensatz aufweist; wobei der Exponent ein negatives Vielfaches des Mahalanobis-Abstands zwischen dem mindestens einen Sensormessdatensatz und dem mindestens einen Pfaddatensatz aufweist; eine Existenzwahrscheinlichkeitsbestimmungseinrichtung, die dazu ausgebildet ist, den mindestens einen Differenzparameter als Eingabe anzunehmen und mindestens einen Existenzwahrscheinlichkeitsparameter für den mindestens einen Pfad auszugeben, der mit dem mindestens einen erkannten Objekt assoziiert ist; wobei die Existenzwahrscheinlichkeits-

bestimmungseinrichtung ein System für maschinelles Lernen aufweist, das dazu ausgebildet ist, den mindestens einen Differenzparameter als Eingabe anzunehmen und den mindestens einen Existenzwahrscheinlichkeitsparameter für den mindestens einen Pfad auszugeben, der mit dem mindestens einen erkannten Objekt assoziiert ist; wobei die Existenzwahrscheinlichkeitsbestimmungseinrichtung ein LSTM-Netzwerkmodul aufweist, das dazu ausgebildet ist, den mindestens einen Differenzparameter als Eingabe anzunehmen und den mindestens einen Existenzwahrscheinlichkeitsparameter für den mindestens einen Pfad auszugeben, der mit dem mindestens einen erkannten Objekt assoziiert ist; einen Schwellenwertkomparator, der dazu ausgebildet ist, den mindestens einen Existenzwahrscheinlichkeitsparameter des mindestens einen Pfads mit einem Existenzschwellenwert zu vergleichen; eine Entscheidungseinrichtung, die dazu ausgebildet ist, eine Assoziation für den aktiven Pfad durchzuführen, wenn der mindestens eine Existenzwahrscheinlichkeitsparameter des aktiven Pfads über dem Existenzschwellenwert ist; wobei die Entscheidungseinrichtung dazu ausgebildet ist, einen aktiven Pfad zu beenden, wenn der mindestens eine Existenzwahrscheinlichkeitsparameter des aktiven Pfads unter dem Existenzschwellenwert ist; wobei die Entscheidungseinrichtung dazu ausgebildet ist, den inaktiven Pfad auf einen aktiven Pfad zu initialisieren, wenn der mindestens eine Existenzwahrscheinlichkeitsparameter des inaktiven Pfads über dem Existenzschwellenwert ist; und eine Sensorzuverlässigkeitswert-Abrufeinrichtung, die dazu ausgebildet ist, mindestens einen Sensorzuverlässigkeitsparameter zu erhalten, der mit mindestens einem Sensor assoziiert ist, der verwendet wird, um den mindestens einen Sensormessdatensatz für den mindestens einen Pfad bereitzustellen, der mit dem mindestens einen erkannten Objekt assoziiert ist; wobei der Schwellenwertkomparator dazu ausgebildet ist, den mindestens einen Sensorzuverlässigkeitsparameter mit einem Sensorzuverlässigkeitsschwellenwert zu vergleichen; wobei die Entscheidungseinrichtung dazu ausgebildet ist, den mindestens einen Sensormessdatensatz zu ignorieren, wenn der mindestens eine Sensorzuverlässigkeitsparameter, der mit dem mindestens einen Sensormessdatensatz assoziiert ist, unter dem Sensorzuverlässigkeitsschwellenwert ist.

[0048] Das Objektverfolgungsdatenassoziationsmodul würde vorteilhafterweise eine effektive Durchführung von Datenassoziation ermöglichen. Die Korrelationsparameterbestimmungseinrichtung ist dazu ausgebildet, den mindestens einen Korrelationsparameter zu bestimmen, der eine Korrelation zwischen dem mindestens einen Sensormessdatensatz und dem mindestens einen Pfaddatensatz definiert, was vorteilhafterweise eine Berücksichtigung einer Korrelation zwischen dem mindestens einen Sensormessdatensatz und dem mindestens einen Pfaddatensatz

ermöglichen würde. Der statistische Abstandsrechner ist dazu ausgebildet, den mindestens einen Korrelationsparameter statistisch zu berechnen, was vorteilhafterweise eine zuverlässige und angemessene Analyse einer Korrelation zwischen dem mindestens einen Sensormessdatensatz und dem mindestens einen Pfaddatensatz ermöglichen würde. Die Korrelationsparameterbestimmungseinrichtung weist den Mahalanobis-Abstandsrechner auf, der dazu ausgebildet ist, den mindestens einen Korrelationsparameter unter Verwendung der Mahalanobis-Abstandsformel zu berechnen, was vorteilhafterweise eine zuverlässige und angemessene Analyse einer Korrelation zwischen dem mindestens einen Sensormessdatensatz und dem mindestens einen Pfaddatensatz ermöglichen würde. Das LSTM-Netzwerkmodul kann vorteilhafterweise trainiert werden, um zu ermöglichen, dass das Objektverfolgungsdatenassoziationsmodul zusammen mit einer Schätzungseinrichtung, beispielsweise einem Kalman-Filter, Ende-zu-Ende-Objektverfolgung mit Rückwärtspropagierung durchführt. Die Pfaddatenabrufeinrichtung ist dazu ausgebildet, den mindestens einen Pfaddatensatz bereitzustellen, der den aktiven Pfaddatensatz des aktiven Pfads aufweist, was vorteilhafterweise eine Berücksichtigung von Daten in Bezug auf das vorher erkannte Objekt ermöglichen würde, die im aktiven Pfaddatensatz enthalten sind. Die Pfaddatenabrufeinrichtung ist dazu ausgebildet, den mindestens einen Pfaddatensatz bereitzustellen, der den inaktiven Pfaddatensatz aufweist, was vorteilhafterweise eine Berücksichtigung von Daten in Bezug auf ein neu erkanntes Objekt ermöglichen würde. Die Entscheidungseinrichtung ist dazu ausgebildet, eine Assoziation für den aktiven Pfad durchzuführen, wenn der mindestens eine Existenzwahrscheinlichkeitsparameter des aktiven Pfads über dem Existenzschwellenwert ist, was vorteilhafterweise ein effektives Assoziieren eines gerade erkannten Objekts mit dem aktiven Pfad ermöglichen würde. Die Entscheidungseinrichtung ist dazu ausgebildet, den aktiven Pfad zu beenden, wenn der mindestens eine Existenzwahrscheinlichkeitsparameter des aktiven Pfads unter dem Existenzschwellenwert ist, was vorteilhafterweise das Objektverfolgungsdatenassoziationsmodul effektiv davon abhalten würde, das vorher erkannte Objekt zu verfolgen, das von keinem Sensor mehr erkannt wird, da es beispielsweise das Sichtfeld der Kamera verlassen hat. Die Entscheidungseinrichtung ist dazu ausgebildet, den inaktiven Pfad auf den anderen aktiven Pfad zu initialisieren, wenn der mindestens eine Existenzwahrscheinlichkeitsparameter des inaktiven Pfads über dem Existenzschwellenwert ist, was vorteilhafterweise eine effektive Verfolgung des neu erkannten Objekts ermöglichen würde. Die Sensorzuverlässigkeitswert-Abrufeinrichtung ist dazu ausgebildet, mindestens einen Sensorzuverlässigkeitsparameter zu erhalten, was vorteilhafterweise eine Berücksichtigung des mindestens einen Sensorzuverlässigkeits-

parameters ermöglichen würde. Die Entscheidung ist dazu ausgebildet, den mindestens einen Sensormessdatensatz zu ignorieren, wenn der mindestens eine Sensorzuverlässigkeitsparameter, der mit dem mindestens einen Sensormessdatensatz assoziiert ist, unter dem Sensorzuverlässigkeitschwellenwert ist, was vorteilhafterweise ein Identifizieren und Ignorieren unzuverlässiger Sensordaten ermöglichen würde.

[0049] Alle Merkmale oder Schritte, die im Kontext des zweiten Aspekts der Erfindung offenbart werden, können auch in Kombination mit und/oder im Kontext von anderen Aspekten der Erfindung und allgemein in den Erfindungen verwendet werden, soweit möglich. Außerdem können alle Merkmale oder Schritte, die im Kontext eines anderen Aspekts der Erfindung offenbart werden, auch in Kombination mit und/oder im Kontext von dem zweiten Aspekt der Erfindung und allgemein in den Erfindungen verwendet werden, soweit möglich.

[0050] Gemäß einem dritten Aspekt der Erfindung wird ein Verfahren zur Assoziation von Objektverfolgungsdaten bereitgestellt, das die folgenden Handlungen aufweist: Bereitstellen mindestens eines Pfaddatensatzes mindestens eines Pfads, der mit mindestens einem erkannten Objekt assoziiert ist, durch einen Prozessor; Bereitstellen mindestens eines Sensormessdatensatzes für den mindestens einen Pfad, der mit dem mindestens einen erkannten Objekt assoziiert ist, durch den Prozessor; und Bestimmen mindestens eines Differenzparameters, der eine Beziehung zwischen dem mindestens einen Sensormessdatensatz und dem mindestens einen Pfaddatensatz des mindestens einen Pfads definiert, der mit dem mindestens einen erkannten Objekt assoziiert ist, durch den Prozessor unter Verwendung einer Exponentialfunktion.

[0051] Das Verfahren zur Assoziation von Objektverfolgungsdaten bestimmt den mindestens einen Differenzparameter unter Verwendung der Exponentialfunktion, was vorteilhafterweise eine effektive Durchführung von Datenassoziation ermöglichen würde.

[0052] Das Verfahren zur Assoziation von Objektverfolgungsdaten kann ferner die Handlung des Bestimmens mindestens eines Korrelationsparameters, der eine Korrelation zwischen dem mindestens einen Sensormessdatensatz und dem mindestens einen Pfaddatensatz definiert, durch den Prozessor aufweisen.

[0053] Vorteilhafterweise würde dies eine Berücksichtigung einer Korrelation zwischen dem mindestens einen Sensormessdatensatz und dem mindestens einen Pfaddatensatz ermöglichen.

[0054] Optional weist die Handlung des Bestimmens des mindestens einen Korrelationsparameters die Handlung des statistischen Berechnens des mindestens einen Korrelationsparameters durch den Prozessor auf.

[0055] Vorteilhafterweise würde dies eine zuverlässige und angemessene Analyse einer Korrelation zwischen dem mindestens einen Sensormessdatensatz und dem mindestens einen Pfaddatensatz ermöglichen.

[0056] Optional weist die Handlung des Bestimmens des mindestens einen Differenzparameters die Handlung des Bestimmens des mindestens einen Differenzparameters durch den Prozessor unter Verwendung der Exponentialfunktion auf, die einen Exponenten aufweist, der den mindestens einen Korrelationsparameter aufweist.

[0057] Vorteilhafterweise würde dies eine effektive Durchführung von Datenassoziation ermöglichen.

[0058] Optional weist die Handlung des Bestimmens des mindestens einen Differenzparameters die Handlung des Bestimmens des mindestens einen Differenzparameters durch den Prozessor unter Verwendung der Exponentialfunktion auf, die den Exponenten aufweist, der ein negatives Vielfaches des mindestens einen Korrelationsparameters aufweist.

[0059] Vorteilhafterweise würde dies eine effektive Durchführung von Datenassoziation ermöglichen.

[0060] Optional weist die Handlung des Bestimmens des mindestens einen Differenzparameters die Handlung des Berechnens des mindestens einen Korrelationsparameters durch den Prozessor unter Verwendung einer Mahalanobis-Abstandsformel auf, wobei der mindestens eine Korrelationsparameter einen Mahalanobis-Abstand zwischen dem mindestens einen Sensormessdatensatz und dem mindestens einen Pfaddatensatz aufweist.

[0061] Vorteilhafterweise würde dies eine zuverlässige und angemessene Analyse einer Korrelation zwischen dem mindestens einen Sensormessdatensatz und dem mindestens einen Pfaddatensatz ermöglichen.

[0062] Optional weist die Handlung des Bestimmens des mindestens einen Differenzparameters die Handlung des Bestimmens des mindestens einen Differenzparameters durch den Prozessor unter Verwendung der Exponentialfunktion auf, die einen Exponenten aufweist, der den Mahalanobis-Abstand zwischen dem mindestens einen Sensormessdatensatz und dem mindestens einen Pfaddatensatz aufweist.

[0063] Vorteilhafterweise würde dies eine zuverlässige und angemessene Analyse einer Korrelation zwischen dem mindestens einen Sensormessdatensatz und dem mindestens einen Pfaddatensatz ermöglichen.

[0064] Optional weist die Handlung des Bestimmens des mindestens einen Differenzparameters die Handlung des Bestimmens des mindestens einen Differenzparameters durch den Prozessor unter Verwendung der Exponentialfunktion auf, die den Exponenten aufweist, der ein negatives Vielfaches des Mahalanobis-Abstands zwischen dem mindestens einen Sensormessdatensatz und dem mindestens einen Pfaddatensatz aufweist.

[0065] Vorteilhafterweise würde dies eine zuverlässige und angemessene Analyse einer Korrelation zwischen dem mindestens einen Sensormessdatensatz und dem mindestens einen Pfaddatensatz ermöglichen.

[0066] Optional weist die Handlung des Bestimmens des mindestens einen Differenzparameters die Handlung des Subtrahierens eines Wertes der Exponentialfunktion von eins durch den Prozessor auf.

[0067] Vorteilhafterweise würde dies eine effektive Durchführung von Datenassoziation ermöglichen.

[0068] Das Verfahren zur Assoziation von Objektverfolgungsdaten kann ferner die Handlung des Bereitstellens des mindestens einen Differenzparameters durch den Prozessor als Eingabe in eine Existenzwahrscheinlichkeitsbestimmungseinrichtung aufweisen.

[0069] Optional kann die Handlung des Bereitstellens des mindestens einen Differenzparameters als Eingabe in die Existenzwahrscheinlichkeitsbestimmungseinrichtung die Handlung des Bereitstellens des mindestens einen Differenzparameters durch den Prozessor als Eingabe in ein System für maschinelles Lernen aufweisen.

[0070] Optional kann die Handlung des Bereitstellens des mindestens einen Differenzparameters als Eingabe in die Existenzwahrscheinlichkeitsbestimmungseinrichtung die Handlung des Bereitstellens des mindestens einen Differenzparameters durch den Prozessor als Eingabe in ein LSTM-Netzwerkmodul aufweisen.

[0071] Das Verfahren zur Assoziation von Objektverfolgungsdaten kann ferner die Handlung des Bestimmens mindestens eines Existenzwahrscheinlichkeitsparameters für den mindestens einen Pfad, der mit dem mindestens einen erkannten Objekt assoziiert ist, durch den Prozessor unter Verwen-

dung der Existenzwahrscheinlichkeitsbestimmungseinrichtung aufweisen.

[0072] Vorteilhafterweise würde dies eine effektive Durchführung von Datenassoziation ermöglichen.

[0073] Optional weist die Handlung des Bestimmens des mindestens einen Existenzwahrscheinlichkeitsparameters unter Verwendung der Existenzwahrscheinlichkeitsbestimmungseinrichtung die Handlung des Bestimmens des mindestens einen Existenzwahrscheinlichkeitsparameters für den mindestens einen Pfad, der mit dem mindestens einen erkannten Objekt assoziiert ist, durch den Prozessor unter Verwendung des Systems für maschinelles Lernen auf.

[0074] Vorteilhafterweise würde dies eine effektive Durchführung von Datenassoziation ermöglichen.

[0075] Optional weist die Handlung des Bestimmens des mindestens einen Existenzwahrscheinlichkeitsparameters unter Verwendung der Existenzwahrscheinlichkeitsbestimmungseinrichtung die Handlung des Bestimmens des mindestens einen Existenzwahrscheinlichkeitsparameters für den mindestens einen Pfad, der mit dem mindestens einen erkannten Objekt assoziiert ist, durch den Prozessor unter Verwendung des LSTM-Netzwerkmoduls auf.

[0076] Vorteilhafterweise würde dies eine effektive Durchführung von Datenassoziation ermöglichen. Darüber hinaus kann das LSTM-Netzwerkmodul vorteilhafterweise trainiert werden, um zu ermöglichen, dass das Objektverfolgungsdatenassoziationsmodul zusammen mit einer Schätzeinrichtung, beispielsweise einem Kalman-Filter, Ende-zu-Ende-Objektverfolgung mit Rückwärtspropagierung durchführt.

[0077] Optional weist die Handlung des Bereitstellens des mindestens einen Pfaddatensatzes die Handlung des Bereitstellens eines aktiven Pfaddatensatzes eines aktiven Pfads, die mit einem vorher erkannten Objekt assoziiert ist, durch den Prozessor auf.

[0078] Vorteilhafterweise würde dies eine Berücksichtigung von Daten in Bezug auf das vorher erkannte Objekt ermöglichen, die in dem aktiven Pfaddatensatz enthalten sind.

[0079] Optional weist die Handlung des Bereitstellens des mindestens einen Pfaddatensatzes die Handlung des Bereitstellens des mindestens einen Pfaddatensatzes, der einen inaktiven Pfaddatensatz eines inaktiven Pfads aufweist, der mit einem neu erkannten Objekt assoziiert ist, durch den Prozessor auf.

[0080] Vorteilhafterweise würde dies eine Berücksichtigung von Daten in Bezug auf das neu erkannte Objekt ermöglichen.

[0081] Das Verfahren zur Assoziation von Objektverfolgungsdaten kann ferner die Handlung des Vergleichens des mindestens einen Existenzwahrscheinlichkeitsparameters des mindestens einen Pfads mit einem Existenzschwellenwert durch den Prozessor aufweisen.

[0082] Das Verfahren zur Assoziation von Objektverfolgungsdaten kann ferner die Handlung des Durchführens einer Assoziation für den aktiven Pfad durch den Prozessor aufweisen, wenn der mindestens eine Existenzwahrscheinlichkeitsparameter des aktiven Pfads über dem Existenzschwellenwert ist.

[0083] Vorteilhafterweise würde dies ein effektives Assoziieren eines aktuell erkannten Objekts mit dem aktiven Pfad ermöglichen.

[0084] Das Verfahren zur Assoziation von Objektverfolgungsdaten kann ferner die Handlung des Beendens eines aktiven Pfads durch den Prozessor aufweisen, wenn der mindestens eine Existenzwahrscheinlichkeitsparameter des aktiven Pfads unter dem Existenzschwellenwert ist.

[0085] Vorteilhafterweise würde dies die Verfolgung des vorher erkannten Objekts effektiv stoppen, das von einem Sensor nicht mehr erkannt wird, da es beispielsweise das Sichtfeld der Kamera verlassen hat.

[0086] Das Verfahren zur Assoziation von Objektverfolgungsdaten kann ferner die Handlung des Initialisierens des inaktiven Pfads auf einen aktiven Pfad durch den Prozessor aufweisen, wenn der mindestens eine Existenzwahrscheinlichkeitsparameter des inaktiven Pfads über dem Existenzschwellenwert ist.

[0087] Vorteilhafterweise würde dies eine effektive Verfolgung des neu erkannten Objekts ermöglichen.

[0088] Das Verfahren zur Assoziation von Objektverfolgungsdaten kann ferner eine Handlung des Erhaltens mindestens eines Sensorzuverlässigkeitsparameters durch den Prozessor aufweisen, der mit mindestens einem Sensor assoziiert ist, der verwendet wird, um den mindestens einen Sensormessdatensatz für den mindestens einen Pfad bereitzustellen, der mit dem mindestens einen erkannten Objekt assoziiert ist.

[0089] Vorteilhafterweise würde dies eine Berücksichtigung des mindestens einen Sensorzuverlässigkeitsparameters ermöglichen.

[0090] Das Verfahren zur Assoziation von Objektverfolgungsdaten kann ferner eine Handlung des Vergleichens des mindestens einen Sensorzuverlässigkeitsparameters mit einem Sensorzuverlässigkeitsschwellenwert durch den Prozessor aufweisen.

[0091] Das Verfahren zur Assoziation von Objektverfolgungsdaten kann ferner eine Handlung des Ignorierens des mindestens einen Sensormessdatensatzes durch den Prozessor aufweisen, wenn der mindestens eine Sensorzuverlässigkeitsparameter, der mit dem mindestens einen Sensormessdatensatz assoziiert ist, unter dem Sensorzuverlässigkeitsschwellenwert ist.

[0092] Vorteilhafterweise würde dies ein Identifizieren und Ignorieren unzuverlässiger Sensordaten ermöglichen.

[0093] Alle Merkmale oder Schritte, die im Kontext des dritten Aspekts der Erfindung offenbart werden, können auch in Kombination mit und/oder im Kontext von anderen Aspekten der Erfindung und allgemein in den Erfindungen verwendet werden, soweit möglich. Außerdem können alle Merkmale oder Schritte, die im Kontext eines anderen Aspekts der Erfindung offenbart werden, auch in Kombination mit und/oder im Kontext von dem dritten Aspekt der Erfindung und allgemein in den Erfindungen verwendet werden, soweit möglich.

[0094] Gemäß einem vierten Aspekt der Erfindung wird ein computerimplementiertes Verfahren zur Assoziation von Objektverfolgungsdaten bereitgestellt, das ein Ausführen der folgenden Handlungen auf einem Prozessor aufweist: Bereitstellen mindestens eines Pfaddatensatzes mindestens eines Pfads, der mit mindestens einem erkannten Objekt assoziiert ist; Bereitstellen mindestens eines Sensormessdatensatzes für den mindestens einen Pfad, der mit dem mindestens einen erkannten Objekt assoziiert ist; und Bestimmen mindestens eines Differenzparameters, der eine Beziehung zwischen dem mindestens einen Sensormessdatensatz und dem mindestens einen Pfaddatensatz des mindestens einen Pfads definiert, der mit dem mindestens einen erkannten Objekt assoziiert ist, unter Verwendung einer Exponentialfunktion.

[0095] Das Verfahren zur Assoziation von Objektverfolgungsdaten bestimmt den mindestens einen Differenzparameter unter Verwendung der Exponentialfunktion, was vorteilhafterweise eine effektive Durchführung von Datenassoziation ermöglichen würde.

[0096] Alle Merkmale oder Schritte, die im Kontext des vierten Aspekts der Erfindung offenbart werden, können auch in Kombination mit und/oder im Kontext von anderen Aspekten der Erfindung und allgemein

in den Erfindungen verwendet werden, soweit möglich. Außerdem können alle Merkmale oder Schritte, die im Kontext eines anderen Aspekts der Erfindung offenbart werden, auch in Kombination mit und/oder im Kontext von dem vierten Aspekt der Erfindung und allgemein in den Erfindungen verwendet werden, soweit möglich.

[0097] Gemäß einem fünften Aspekt der Erfindung wird ein nicht-transitorisches computerlesbares Medium mit darauf gespeicherten Anweisungen bereitgestellt, die bei Ausführung auf einem Prozessor ein Verfahren zur Assoziation von Objektverfolgungsdaten durchführen, das die folgenden Handlungen aufweist: Bereitstellen mindestens eines Pfaddatensatzes mindestens eines Pfads, der mit mindestens einem erkannten Objekt assoziiert ist; Bereitstellen mindestens eines Sensormessdatensatzes für den mindestens einen Pfad, der mit dem mindestens einen erkannten Objekt assoziiert ist; und Bestimmen mindestens eines Differenzparameters, der eine Beziehung zwischen dem mindestens einen Sensormessdatensatz und dem mindestens einen Pfaddatensatz des mindestens einen Pfads definiert, der mit dem mindestens einen erkannten Objekt assoziiert ist, unter Verwendung einer Exponentialfunktion.

[0098] Das Verfahren zur Assoziation von Objektverfolgungsdaten bestimmt den mindestens einen Differenzparameter unter Verwendung der Exponentialfunktion, was vorteilhafterweise eine effektive Durchführung von Datenassoziation ermöglichen würde.

[0099] Alle Merkmale oder Schritte, die im Kontext des fünften Aspekts der Erfindung offenbart werden, können auch in Kombination mit und/oder im Kontext von anderen Aspekten der Erfindung und allgemein in den Erfindungen verwendet werden, soweit möglich. Außerdem können alle Merkmale oder Schritte, die im Kontext eines anderen Aspekts der Erfindung offenbart werden, auch in Kombination mit und/oder im Kontext von dem fünften Aspekt der Erfindung und allgemein in den Erfindungen verwendet werden, soweit möglich.

[0100] Gemäß einem sechsten Aspekt der Erfindung wird ein Verfahren zur Assoziation von Objektverfolgungsdaten bereitgestellt, das die folgenden Handlungen aufweist: Bereitstellen mindestens eines Pfaddatensatzes mindestens eines Pfads, der mit mindestens einem erkannten Objekt assoziiert ist; Bereitstellen mindestens eines Sensormessdatensatzes für den mindestens einen Pfad, der mit dem mindestens einen erkannten Objekt assoziiert ist; und Bestimmen mindestens eines Differenzparameters, der eine Beziehung zwischen dem mindestens einen Sensormessdatensatz und dem mindestens einen Pfaddatensatz des mindestens einen

Pfads definiert, der mit dem mindestens einen erkannten Objekt assoziiert ist, unter Verwendung einer Exponentialfunktion.

[0101] Das Verfahren zur Assoziation von Objektverfolgungsdaten bestimmt den mindestens einen Differenzparameter unter Verwendung der Exponentialfunktion, was vorteilhafterweise eine effektive Durchführung von Datenassoziation ermöglichen würde.

[0102] Alle Merkmale oder Schritte, die im Kontext des sechsten Aspekts der Erfindung offenbart werden, können auch in Kombination mit und/oder im Kontext von anderen Aspekten der Erfindung und allgemein in den Erfindungen verwendet werden, soweit möglich. Außerdem können alle Merkmale oder Schritte, die im Kontext eines anderen Aspekts der Erfindung offenbart werden, auch in Kombination mit und/oder im Kontext von dem sechsten Aspekt der Erfindung und allgemein in den Erfindungen verwendet werden, soweit möglich.

[0103] In dieser Zusammenfassung, in der nachstehenden Beschreibung, in den nachfolgenden Ansprüchen und in den beiliegenden Zeichnungen wird auf spezifische Merkmale (einschließlich Verfahrensschritte) der Erfindung Bezug genommen. Es versteht sich, dass die Offenbarung der Erfindung in dieser Spezifikation alle möglichen Kombinationen solcher spezifischen Merkmale umfasst. Wenn zum Beispiel ein spezifisches Merkmal im Kontext eines spezifischen Aspekts oder einer spezifischen Ausführungsform der Erfindung oder eines spezifischen Anspruchs offenbart wird, kann dieses Merkmal auch in Kombination mit und/oder im Kontext von anderen spezifischen Aspekten und Ausführungsformen der Erfindung und allgemein in den Erfindungen verwendet werden, soweit möglich.

[0104] In dieser Zusammenfassung, in der nachstehenden Beschreibung, in den nachfolgenden Ansprüchen und in den beiliegenden Zeichnungen wird hierin auf ein Verfahren mit zwei oder mehr definierten Schritten Bezug genommen, wobei die definierten Schritte in beliebiger Reihenfolge oder simultan ausgeführt werden können (außer wenn der Kontext diese Möglichkeit ausschließt), und das Verfahren kann einen oder mehrere weitere Schritte umfassen, die vor beliebigen der definierten Schritte, zwischen zweien der definierten Schritte oder nach allen der definierten Schritte ausgeführt werden (außer wenn der Kontext diese Möglichkeit ausschließt).

[0105] Wie in dieser Zusammenfassung, in der nachstehenden Beschreibung, in den nachfolgenden Ansprüchen und in den beiliegenden Zeichnungen verwendet, werden der Begriff „aufweisen“ und grammatische Äquivalente davon in der Bedeutung

verwendet, dass optional andere Komponenten, Bestandteile, Schritte usw. vorhanden sind. Zum Beispiel kann ein Gegenstand, „aufweisend“ (oder „der“) Komponenten A, B und C („aufweist“), aus den Komponenten A, B und C bestehen (das heißt nur diese enthalten) oder er kann nicht nur die Komponenten A, B und C, sondern auch eine oder mehrere andere Komponenten enthalten.

[0106] Wie in dieser Zusammenfassung, in der nachstehenden Beschreibung, in den nachfolgenden Ansprüchen und in den beiliegenden Zeichnungen verwendet, wird der Begriff „mindestens“ gefolgt von einer Zahl verwendet, um den Anfang eines Bereichs zu bezeichnen, der mit dieser Zahl beginnt (und der in Abhängigkeit von der Variablen, die definiert wird, ein Bereich mit einer Obergrenze oder ohne Obergrenze sein kann). Zum Beispiel bedeutet „mindestens 1“ 1 oder mehr als 1. Der Begriff „höchstens“ gefolgt von einer Zahl wird verwendet, um das Ende eines Bereichs zu bezeichnen, der mit dieser Zahl endet (und der in Abhängigkeit von der Variablen, die definiert wird, ein Bereich mit 1 oder 0 als seine Untergrenze oder ein Bereich ohne Untergrenze sein kann). Zum Beispiel bedeutet „höchstens 4“ 4 oder weniger als 4, und „höchstens 40 %“ bedeutet 40 % oder weniger als 40 %. Wenn in dieser Spezifikation ein Bereich als „(erste Zahl) bis (zweite Zahl)“ oder „(erste Zahl) - (zweite Zahl)“ angegeben ist, bezieht sich dies auf einen Bereich, dessen Untergrenze die erste Zahl ist und dessen Obergrenze die zweite Zahl ist. Zum Beispiel bezieht sich 25 bis 100 mm auf einen Bereich, dessen Untergrenze 25 mm ist und dessen Obergrenze 100 mm ist.

[0107] Wie in dieser Zusammenfassung, in der nachstehenden Beschreibung, in den nachfolgenden Ansprüchen und in den beiliegenden Zeichnungen verwendet, bezieht sich der Begriff „flüchtiger Speicher“ auf jede Art von Computerspeicher, bei der die Inhalte des Speichers verloren gehen, wenn der Computer nicht mit Energie versorgt wird. Direktzugriffsspeicher (RAM) ist ein Beispiel einer solchen Art eines flüchtigen Speichers. Wie in der vorstehenden Zusammenfassung, in dieser Beschreibung, in den nachfolgenden Ansprüchen und in den beiliegenden Zeichnungen verwendet, bezieht sich der Begriff „nichtflüchtiger Speicher“ oder der Begriff „nicht-transitorisches computerlesbares Medium“ auf jede Art von Computerspeicher, bei der die Inhalte des Speichers bewahrt werden, auch wenn der Computer nicht mit Energie versorgt wird. Festplatten- und Festkörperlaufwerke (SSD) sind Beispiele für Arten eines nichtflüchtigen Speichers oder eines nicht-transitorischen Mediums.

[0108] Wie in dieser Zusammenfassung, in der nachstehenden Beschreibung, in den nachfolgenden Ansprüchen und in den beiliegenden Zeichnungen

verwendet, bezieht sich der Begriff „System für maschinelles Lernen“ auf ein Computersystem, das ohne direkte Programmieranweisungen zum Lernen in der Lage ist. Ein System für maschinelles Lernen wendet statistische Modellierung basierend auf Dateneingabe und ohne direkte Programmieranweisungen an, um Muster zu erkennen und die Leistung zu verbessern. Ein System für maschinelles Lernen baut durch einen Trainings- oder Lernprozess, der das Eingeben von Daten in das System für maschinelles Lernen umfasst, ein statistisches Modell auf. Die vier Grundkategorien von Lernprozessen sind überwachtes Lernen unter Verwendung gekennzeichnete Datensätze, unüberwachtes Lernen unter Verwendung nicht gekennzeichnete Datensätze, halbüberwachtes Lernen unter Verwendung einer Mischung aus gekennzeichneten Datensätzen und nicht gekennzeichnete Datensätzen und Verstärkungslernen, das Lernen durch Versuch und Irrtum umfasst. Entscheidungsbaum, Stützvektormaschine und neuronales Netzwerk sind Beispiele für Arten von Systemen für maschinelles Lernen.

[0109] Wie in dieser Zusammenfassung, in der nachstehenden Beschreibung, in den nachfolgenden Ansprüchen und in den beiliegenden Zeichnungen verwendet, bezieht sich der Begriff „neuronales Netzwerk“ oder der Begriff künstliches neuronales Netzwerk auf eine Art von Algorithmus für maschinelles Lernen, die ein Netz von Knoten, Kanten und Schichten verwendet. Die erste Schicht eines neuronalen Netzwerks umfasst Eingabeknoten, die Dateneingaben aus einem Datensatz annehmen. Die Eingabeknoten senden dann Informationen über die Kanten an die Knoten in der nächsten Schicht. Jede Kante weist eine Aktivierungsfunktion auf die, während eines Trainingsprozesses veränderbar ist. Die letzte Schicht des neuronalen Netzwerks weist die Ausgabeknoten auf, die Datenausgaben des neuronalen Netzwerks bereitstellen. Während des Trainingsprozesses werden die Datenausgaben des neuronalen Netzwerks mit den tatsächlichen Ausgaben des Datensatzes verglichen. Die Differenzen zwischen den Datenausgaben des neuronalen Netzwerks und den tatsächlichen Ausgaben des Datensatzes werden gemessen und als Fehlerwert bezeichnet. Der Fehlerwert wird dann in das neuronale Netzwerk zurückgeführt, was seine Aktivierungsfunktionen ändert, um den Fehlerwert zu minimieren. Der Trainingsprozess ist ein iterativer Prozess. Nach dem Trainieren des neuronalen Netzwerks kann das trainierte neuronale Netzwerk dann zum Vorhersagen einer Datenausgabe aus einer spezifischen Dateneingabe verwendet werden. Ein LSTM-Netzwerk ist ein Beispiel für eine Art eines künstlichen neuronalen Netzwerks.

[0110] Wie in dieser Zusammenfassung, in der nachstehenden Beschreibung, in den nachfolgenden Ansprüchen und in den beiliegenden Zeichnungen

verwendet, bezieht sich der Begriff „Objekt, das erkannt wird“ oder „erkanntes Objekt“ auf ein Objekt, das zum Beispiel von einem Sensor, etwa einem Ultraschallsensor, Objekt- und Entfernungssensoren oder einer Kamera, zu einem spezifischen Zeitpunkt, zum Beispiel in einem spezifischen Bild eines Videos, erkannt wurde. Infolgedessen würde sich ein aktuell erkanntes Objekt auf ein Objekt beziehen, das zu dem spezifischen Zeitpunkt, zum Beispiel in dem spezifischen Bild des Videos, erkannt wurde. Demnach würde sich ein vorher erkanntes Objekt auf ein Objekt beziehen, das vor dem spezifischen Zeitpunkt, zum Beispiel in dem vorherigen Bild des Videos, erkannt wurde. Daher würde sich ein neu erkanntes Objekt auf ein Objekt beziehen, das gerade zu dem spezifischen Zeitpunkt und nicht vor dem spezifischen Zeitpunkt erkannt wurde, da das neu erkannte Objekt zum Beispiel gerade eben in das Sichtfeld einer Kamera eingetreten ist.

[0111] Wie in dieser Zusammenfassung, in der nachstehenden Beschreibung, in den nachfolgenden Ansprüchen und in den beiliegenden Zeichnungen verwendet, bezieht sich der Begriff „Pfad“ auf einen Platzhalter, der in einem Objektverfolgungsdatenassoziationsmodul umfasst ist und der zur Verknüpfung mit einem erkannten Objekt verwendet werden kann. Infolgedessen können Daten, die mit einem erkannten Objekt assoziiert sind, mit einem Pfad verknüpft werden. Demnach können nicht nur Daten, die mit einem erkannten Objekt verknüpft sind und die aktuell erhalten werden, zu einem spezifischen Zeitpunkt mit einem Pfad verknüpft werden, sondern es können auch vorher erhaltene Daten, die mit dem erkannten Objekt verknüpft sind, oder vorhergesagte Daten, die mit dem erkannten Objekt verknüpft sind, mit dem Pfad verknüpft werden. Ein aktiver Pfad würde mit einem vorher erkannten Objekt assoziiert werden und ein inaktiver Pfad würde entweder mit einem nicht erkannten Objekt oder einem neu erkannten Objekt assoziiert werden.

[0112] Wie in dieser Zusammenfassung, in der nachstehenden Beschreibung, in den nachfolgenden Ansprüchen und in den beiliegenden Zeichnungen verwendet, bezieht sich der Begriff „Prozessor“ auf eine Computerkomponente, die dazu ausgebildet ist, Berechnungen durchzuführen, Entscheidungen zu treffen, Anweisungen auszuführen, Daten zu verarbeiten oder andere Computerkomponenten zu steuern. Eine zentrale Verarbeitungseinheit (CPU) und eine Grafikverarbeitungseinheit (GPU) sind Beispiele von Arten von Prozessoren.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0113] Diese und andere Merkmale, Aspekte und Vorteile werden unter Bezugnahme auf die folgende Beschreibung, die angehängten Ansprüche und die

beigefügten Zeichnungen besser verständlich. Es zeigen:

Fig. 1 ein Objektverfolgungsmodul, das funktionell mit einem Sensormodul verbunden ist;

Fig. 2 ein Objektverfolgungsdatenassoziationsmodul;

Fig. 3 eine Differenzparametertabelle, die Werte von Differenzparametern aufweist;

Fig. 4 eine Existenzwahrscheinlichkeitstabelle, die Werte von Existenzwahrscheinlichkeitsparametern aufweist;

Fig. 5 ein Kraftfahrzeug, das das Objektverfolgungsdatenassoziationsmodul von **Fig. 2** aufweist; und

Fig. 6 ein Diagramm für ein Verfahren zur Assoziation von Objektverfolgungsdaten.

[0114] In den Zeichnungen sind gleiche Teile durch gleiche Bezugszeichen gekennzeichnet.

BESCHREIBUNG

[0115] In der vorstehenden Zusammenfassung, in dieser Beschreibung, in den nachfolgenden Ansprüchen und in den beiliegenden Zeichnungen wird auf spezifische Merkmale (einschließlich Verfahrensschritte) der Erfindung Bezug genommen. Es versteht sich, dass die Offenbarung der Erfindung in dieser Spezifikation alle möglichen Kombinationen solcher spezifischer Merkmale umfasst. Wenn zum Beispiel ein spezifisches Merkmal im Kontext eines spezifischen Aspekts oder einer spezifischen Ausführungsform der Erfindung oder eines spezifischen Anspruchs offenbart wird, kann dieses Merkmal auch in Kombination mit und/oder im Kontext von anderen spezifischen Aspekten und Ausführungsformen der Erfindung und in den Erfindungen im Allgemeinen verwendet werden, soweit möglich.

[0116] **Fig. 1** zeigt ein Objektverfolgungsmodul 102, das funktionell mit einem Sensormodul 104 verbunden ist. Das Objektverfolgungsmodul 102 kann ein Objektverfolgungsdatenassoziationsmodul 100 und eine Schätzeinrichtung, beispielsweise ein Kalman-Filter 106, aufweisen, das optional in einer Rückkopplungsschleife angeschlossen ist. Das Sensormodul 104 kann mindestens einen Sensor, beispielsweise einen Ultraschallsensor, Objekt- und Entfernungssensoren oder eine Kamera, aufweisen. Das Sensormodul 104 ist dazu ausgebildet, Sensormessdaten zu erhalten und die Sensormessdaten für das Objektverfolgungsmodul 102 bereitzustellen.

[0117] **Fig. 2** zeigt das Objektverfolgungsdatenassoziationsmodul 100, das eine Pfaddatenabrufeinrichtung 110, eine Sensormessdatenabrufeinrichtung 112, eine Sensorzuverlässigkeitswert-

Abrufeinrichtung 114, eine Differenzparameterbestimmungseinrichtung 120, eine Existenzwahrscheinlichkeitsbestimmungseinrichtung 130, einen Schwellenwertkomparator 140 und eine Entscheidungseinrichtung 142 aufweist.

[0118] Die Sensormessdatenabrufeinrichtung 112 ist dazu ausgebildet, Sensormessdaten zu erhalten, die mit mindestens einem Objekt assoziiert sind, das vom Sensormodul 104 erkannt wird. Sensormessdaten, die mit jedem Objekt assoziiert sind, das zu einem spezifischen Zeitpunkt, zum Beispiel in dem spezifischen Bild des Videos, erkannt wird, kann in einem jeweiligen Sensormessdatensatz enthalten sein. Ein Sensormessdatensatz kann mindestens eines von Positionsdaten, Geschwindigkeitsdaten oder Beschleunigungsdaten aufweisen. Ein Sensormessdatensatz würde außerdem mit einem Pfad assoziiert sein. Infolgedessen kann jeder Pfad, der mit einem jeweiligen erkannten Objekt assoziiert ist, mehr als einen Messdatensatz aufweisen, da mehr als ein Sensor das gleiche Objekt erkannt haben können. Daher ist die Sensormessdatenabrufeinrichtung 112 dazu ausgebildet, mindestens einen Sensormessdatensatz für mindestens einen Pfad bereitzustellen, der mit mindestens einem erkannten Objekt assoziiert ist.

[0119] Die Pfaddatenabrufeinrichtung 110 ist dazu ausgebildet, mindestens einen Pfaddatensatz mindestens eines Pfads bereitzustellen, der mit mindestens einem erkannten Objekt assoziiert ist. Jeder Pfaddatensatz kann mindestens eines von Positionsdaten, Geschwindigkeitsdaten oder Beschleunigungsdaten aufweisen, die mit dem jeweiligen erkannten Objekt assoziiert sind. Ein Pfaddatensatz kann entweder einen aktiven Pfaddatensatz, der mit einem aktiven Pfad assoziiert ist, oder einen inaktiven Pfaddatensatz aufweisen, der mit einem inaktiven Pfad assoziiert ist. Die Pfaddatenabrufeinrichtung 110 ist dazu ausgebildet, mindestens einen Pfaddatensatz bereitzustellen, der einen aktiven Pfaddatensatz eines aktiven Pfads aufweist, der mit einem vorher erkannten Objekt assoziiert ist. Die Pfaddatenabrufeinrichtung 110 ist außerdem dazu ausgebildet, mindestens einen Pfaddatensatz bereitzustellen, der einen inaktiven Pfaddatensatz eines inaktiven Pfads aufweist, der mit einem neu erkannten Objekt assoziiert ist.

[0120] Die Sensorzuverlässigkeitswert-Abrufeinrichtung 114 ist dazu ausgebildet, einen jeweiligen Sensorzuverlässigkeitsparameter zu erhalten, der mit jedem Sensor assoziiert ist, der zum Bereitstellen von Sensormessdaten verwendet wird. Ein Sensor kann zum Beispiel einen Sensorzuverlässigkeitsparameter aufweisen, der von seinem Hersteller bereitgestellt oder aus Tests erhalten wird, die an dem Sensor zur Bestimmung seiner Erkennungszuverlässigkeit durchgeführt werden. Infolgedessen ist die

Sensorzuverlässigkeitswert-Abrufeinrichtung 114 dazu ausgebildet, mindestens einen Sensorzuverlässigkeitsparameter zu erhalten, der mit mindestens einem Sensor assoziiert ist, der verwendet wird, um mindestens einen Sensormessdatensatz für mindestens einen Pfad bereitzustellen, der mit mindestens einem erkannten Objekt assoziiert ist.

[0121] Die Differenzparameterbestimmungseinrichtung 120 weist ein Exponentialfunktionsmodul 122 und eine Korrelationsparameterbestimmungseinrichtung 124 auf, die einen statistischen Abstandsrechner 126 aufweist, die einen Mahalanobis-Abstandsrechner 128 aufweist.

[0122] Die Differenzparameterbestimmungseinrichtung 120 ist dazu ausgebildet, mindestens einen Differenzparameter zu bestimmen, der eine Beziehung zwischen mindestens einem Sensormessdatensatz und mindestens einem Pfaddatensatz mindestens eines Pfads definiert, der mit mindestens einem erkannten Objekt assoziiert ist.

[0123] Ein Differenzparameter definiert eine Beziehung zwischen jedem Sensormessdatensatz und einem jeweiligen Pfaddatensatz eines entsprechenden Pfads, der mit einem erkannten Objekt assoziiert ist. Ein Differenzparameter kann unter Verwendung einer Differenzparametergleichung berechnet werden. Eine Differenzparametergleichung kann eine Exponentialfunktion aufweisen, die einen Exponenten aufweist, der einen Korrelationsparameter aufweisen kann, der eine Korrelation zwischen jedem Sensormessdatensatz und einem jeweiligen Pfaddatensatz definiert. Eine Differenzparametergleichung kann auch eine Exponentialfunktion aufweisen, die einen Exponenten aufweist, der ein negatives Vielfaches eines Korrelationsparameters aufweisen kann. Ein Korrelationsparameter kann statistisch berechnet werden. Ein Korrelationsparameter kann unter Verwendung einer Mahalanobis-Abstandsformel berechnet werden, derart dass der Korrelationsparameter einen Mahalanobis-Abstand zwischen jedem Sensormessdatensatz und einem jeweiligen Pfaddatensatz aufweist. Eine Differenzparametergleichung kann eine Exponentialfunktion aufweisen, die einen Exponenten aufweist, der einen Mahalanobis-Abstand zwischen jedem Sensormessdatensatz und einem jeweiligen Pfaddatensatz aufweisen kann. Eine Differenzparametergleichung kann auch eine Exponentialfunktion aufweisen, die einen Exponenten aufweist, der ein negatives Vielfaches eines Mahalanobis-Abstands zwischen jedem Sensormessdatensatz und einem jeweiligen Pfaddatensatz aufweisen kann. Ein Differenzparameter kann durch Subtrahieren eines Wertes der Exponentialfunktion von eins berechnet werden.

[0124] Das Exponentialfunktionsmodul 122 ist zum Durchführen von Berechnungen unter Verwendung

von Exponentialfunktionen ausgebildet. Die Differenzparameterbestimmungseinrichtung 120 ist dazu ausgebildet, das Exponentialfunktionsmodul 122 zu verwenden, um einen Differenzparameter unter Verwendung einer Exponentialfunktion zu berechnen. Die Korrelationsparametergleichung 124 ist dazu ausgebildet, einen Korrelationsparameter zu bestimmen, der eine Korrelation zwischen jedem Sensormessdatensatz und einem jeweiligen Pfaddatensatz definiert. Der statistische Abstandsrechner 126 ist zum statistischen Berechnen eines Korrelationsparameters ausgebildet. Der Mahalanobis-Abstandsrechner 128 ist dazu ausgebildet, einen Korrelationsparameter unter Verwendung einer Mahalanobis-Abstandsformel zu berechnen, wobei jeder Korrelationsparameter einen Mahalanobis-Abstand zwischen einem jeweiligen Sensormessdatensatz und einem entsprechenden Pfaddatensatz aufweist.

[0125] Ein Korrelationsparameter, CP, kann unter Verwendung einer Mahalanobis-Abstandsformel folgendermaßen berechnet werden:

$$CP = \sqrt{(\bar{m} - \bar{t})^T S^{-1} (\bar{m} - \bar{t})}$$

wobei m ein Messdatenvektor ist, der Daten aus einem Sensormessdatensatz aufweist; t ein Pfaddatenvektor ist, der Daten aus einem Pfaddatensatz aufweist; und S eine Kovarianzmatrix von m und t ist. Ein unter Verwendung einer Mahalanobis-Abstandsformel berechneter CP wäre ein positive Zahl.

[0126] Eine Differenzparametergleichung kann wie folgt sein:

$$DP = 1 - a^{-CP}$$

wobei a eine positive Zahl, beispielsweise die Eulersche Zahl, ist; und CP ein Korrelationsparameter ist.

[0127] $-CP$ ist ein Beispiel für einen Exponenten, der sich zum Berechnen eines Differenzparameters eignet, und demnach ist a^{-CP} ein Beispiel für eine Exponentialfunktion, die sich zum Berechnen eines Differenzparameters eignet. Außerdem kann CP unter Verwendung einer Mahalanobis-Abstandsformel statistisch berechnet werden. Da CP eine positive Zahl ist, wäre $-CP$ eine negative Zahl.

[0128] Gäbe es nur einen Sensor und nur ein erkanntes Objekt, dann würde es nur einen Korrelationsparameter und dementsprechend nur einen Differenzparameter geben. Gäbe es mehr als einen Sensor und/oder mehr als ein erkanntes Objekt, dann würde es mehr als einen Korrelationsparameter und dementsprechend mehr als einen Differenzparameter geben. In diesem Fall können Werte der Differenzparameter in einer Differenzparametermat-

rix oder einer Differenzparameter-tabelle 150, wie in Fig. 3 dargestellt, bereitgestellt werden.

[0129] Eine Differenzparameter-tabelle 150 weist Werte von Differenzparametern auf. Eine Differenzparameter-tabelle 150 kann so viele Zeilen und so viele Spalten aufweisen, wie gewünscht und praktisch. Die erste Zeile von oben einer Differenzparameter-tabelle 150 weist Pfadexistenzwerte von Pfaden auf. Jeder Pfad weist einen jeweiligen Pfadexistenzwert auf. Wenn ein Pfadexistenzwert eines Pfades über einem Pfadexistenzschwellenwert ist, wäre der Pfad ein aktiver Pfad. Wenn ein Pfadexistenzwert eines Pfades unter einem Pfadexistenzschwellenwert ist, wäre der Pfad ein inaktiver Pfad. Die erste Spalte von links einer Differenzparameter-tabelle 150 weist Werte von Sensorzuverlässigkeitsparametern auf, die mit Sensoren assoziiert sind, die zum Bereitstellen von Sensormessdaten von Pfaden verwendet werden, die mit erkannten Objekten assoziiert sind. Jede Zeile außer der ersten Zeile von oben einer Differenzparameter-tabelle 150 stellt einen Messversuch durch einen Sensor zu einem spezifischen Zeitpunkt dar. Ferner kann ein Sensor mehr als einen Messversuch zu einem spezifischen Zeitpunkt unternehmen. Außerdem kann mehr als ein Objekt in einem Messversuch erkannt werden. Infolgedessen würde die erste Zeile von links jeder Zeile einen Wert eines Sensorzuverlässigkeitsparameters eines Sensors aufweisen, der einen Messversuch unternimmt, der durch diese Zeile dargestellt ist. Daher wäre die oberste linke Zelle einer Differenzparameter-tabelle 150 leer, während alle anderen Zellen außer Zellen in der ersten Zeile von oben und der ersten Spalte von links Werte von Differenzparametern aufweisen würden.

[0130] Die Existenzwahrscheinlichkeitsbestimmungseinrichtung 130 kann ein System für maschinelles Lernen 132 aufweisen, das ein LSTM-Netzwerkmodul 134 aufweisen kann.

[0131] Die Existenzwahrscheinlichkeitsbestimmungseinrichtung 130 ist dazu ausgebildet, mindestens einen Differenzparameter als Eingabe anzunehmen und mindestens einen Existenzwahrscheinlichkeitsparameter für mindestens einen Pfad auszugeben, der mit mindestens einem erkannten Objekt assoziiert ist. Die Existenzwahrscheinlichkeitsbestimmungseinrichtung 130 ist dazu ausgebildet, die gleiche Anzahl von Existenzwahrscheinlichkeitsparametern wie die als Eingabe in die Existenzwahrscheinlichkeitsbestimmungseinrichtung 130 bereitgestellte Anzahl von Differenzparametern auszugeben. Wenn es also mehr als einen Differenzparameter für jeden Pfad gäbe, der mit einem jeweiligen erkannten Objekt assoziiert ist, würde die Existenzwahrscheinlichkeitsbestimmungseinrichtung 130 die mehr als einen Differenzparameter als Eingabe annehmen und eine entspre-

chende Anzahl von Existenzwahrscheinlichkeitsparametern ausgeben.

[0132] Das System für maschinelles Lernen 132 ist dazu ausgebildet, mindestens einen Differenzparameter als Eingabe anzunehmen und mindestens einen Existenzwahrscheinlichkeitsparameter für mindestens einen Pfad auszugeben, der mit mindestens einem erkannten Objekt assoziiert ist. Das System für maschinelles Lernen 132 ist dazu ausgebildet, die gleiche Anzahl von Existenzwahrscheinlichkeitsparametern wie die als Eingabe in das System für maschinelles Lernen 132 bereitgestellte Anzahl von Differenzparametern auszugeben. Wenn es also mehr als einen Differenzparameter für jeden Pfad gäbe, der mit einem jeweiligen erkannten Objekt assoziiert ist, würde das System für maschinelles Lernen 132 die mehr als einen Differenzparameter als Eingabe annehmen und eine entsprechende Anzahl von Existenzwahrscheinlichkeitsparametern ausgeben.

[0133] Das LSTM-Netzwerkmodul 134 ist dazu ausgebildet, mindestens einen Differenzparameter als Eingabe anzunehmen und mindestens einen Existenzwahrscheinlichkeitsparameter für mindestens einen Pfad auszugeben, der mit mindestens einem erkannten Objekt assoziiert ist. Das LSTM-Netzwerkmodul 134 ist dazu ausgebildet, die gleiche Anzahl von Existenzwahrscheinlichkeitsparametern wie die als Eingabe in das LSTM-Netzwerkmodul 134 bereitgestellte Anzahl von Differenzparametern auszugeben. Wenn es also mehr als einen Differenzparameter für jeden Pfad gäbe, der mit einem jeweiligen erkannten Objekt assoziiert ist, würde das LSTM-Netzwerkmodul 134 die mehr als einen Differenzparameter als Eingabe annehmen und eine entsprechende Anzahl von Existenzwahrscheinlichkeitsparametern ausgeben. Das LSTM-Netzwerkmodul kann vorteilhafterweise trainiert werden, um zu ermöglichen, dass das Objektverfolgungsdatenassoziationsmodul zusammen mit der Schätzeinrichtung, beispielsweise dem Kalman-Filter 106, Ende-zu-Ende-Objektverfolgung mit Rückwärtspropagierung durchführt.

[0134] Werte in einer Differenzparametertabelle 150 können für das LSTM-Netzwerkmodul 134 bereitgestellt werden, und Werte von Existenzwahrscheinlichkeitsparametern, die erhalten werden, können dann in eine Existenzwahrscheinlichkeitsmatrix oder eine Existenzwahrscheinlichkeitstabelle 152, wie in **Fig. 4** dargestellt, eingegeben werden.

[0135] Eine Existenzwahrscheinlichkeitstabelle 152 weist Werte von Existenzwahrscheinlichkeitsparametern auf. Eine Existenzwahrscheinlichkeitstabelle 152 kann so viele Zeilen und so viele Spalten aufweisen wie eine entsprechende Differenzparametertabelle 150. Die erste Zeile von oben einer Existenz-

wahrscheinlichkeitstabelle 152 weist Pfadexistenzwerte von Pfaden auf. Jeder Pfad weist einen jeweiligen Pfadexistenzwert auf. Wenn ein Pfadexistenzwert eines Pfades über einem Pfadexistenzschwellenwert ist, wäre der Pfad ein aktiver Pfad. Wenn ein Pfadexistenzwert eines Pfades unter einem Pfadexistenzschwellenwert ist, wäre der Pfad ein inaktiver Pfad. Die erste Spalte von links einer Existenzwahrscheinlichkeitstabelle 152 weist Werte von Sensorzuverlässigkeitsparametern auf, die mit Sensoren assoziiert sind, die zum Bereitstellen von Sensormessdaten von Pfaden verwendet werden, die mit erkannten Objekten assoziiert sind. Jede Zeile außer der ersten Zeile von oben einer Existenzwahrscheinlichkeitstabelle 152 stellt einen Messversuch durch einen Sensor zu einem spezifischen Zeitpunkt dar. Ferner wäre die oberste linke Zelle einer Existenzwahrscheinlichkeitstabelle 152 leer, während alle anderen Zellen außer Zellen in der ersten Zeile von oben und der ersten Spalte von links Werte von Existenzwahrscheinlichkeitsparametern aufweisen würden.

[0136] Der Schwellenwertkomparator 140 ist dazu ausgebildet, mindestens einen Existenzwahrscheinlichkeitsparameter eines Pfades mit einem Existenzschwellenwert zu vergleichen. Der Existenzschwellenwert kann jeder geeignete Wert sein, wie beispielsweise 0,5. Der Schwellenwertkomparator 140 ist außerdem dazu ausgebildet, einen Sensorzuverlässigkeitsparameter mit einem Sensorzuverlässigkeitsschwellenwert zu vergleichen. Der Sensorzuverlässigkeitsschwellenwert kann jeder geeignete Wert sein, wie beispielsweise 0,5. Der Schwellenwertkomparator 140 kann auch dazu ausgebildet sein, einen Differenzparameter mit einem Differenzschwellenwert zu vergleichen. Der Differenzschwellenwert kann jeder geeignete Wert sein, wie beispielsweise 0,5.

[0137] Die Entscheidungseinrichtung 142 ist dazu ausgebildet, eine Assoziation für einen aktiven Pfad durchzuführen, wenn ein Existenzwahrscheinlichkeitsparameter des aktiven Pfades über dem Existenzschwellenwert ist (zum Beispiel eines Pfades, der mit Spalte 3 assoziiert ist, und eines Pfades, der mit Spalte 6 der Existenzwahrscheinlichkeitstabelle 152 von **Fig. 4** assoziiert ist). Die Entscheidungseinrichtung 142 ist außerdem dazu ausgebildet, einen aktiven Pfad zu beenden, wenn ein Existenzwahrscheinlichkeitsparameter des aktiven Pfades unter einem Existenzschwellenwert ist. Die Entscheidungseinrichtung 142 kann auch dazu ausgebildet sein, einen aktiven Pfad zu beenden, wenn alle Existenzwahrscheinlichkeitsparameter des aktiven Pfades unter einem Existenzschwellenwert sind (zum Beispiel eines Pfades, der mit Spalte 7 der Existenzwahrscheinlichkeitstabelle 152 von **Fig. 4** assoziiert ist). Ferner ist die Entscheidungseinrichtung 142 dazu ausgebildet, einen inaktiven Pfad auf einen aktiven Pfad

zu initialisieren, wenn mindestens ein Existenzwahrscheinlichkeitsparameter des inaktiven Pfads über einem Existenzschwellenwert ist (zum Beispiel eines Pfads, der mit Spalte 2 der Existenzwahrscheinlichkeitstabelle 152 von **Fig. 4** assoziiert ist).

[0138] **Fig. 5** zeigt ein Kraftfahrzeug 108, das das Objektverfolgungsdatenassoziationsmodul 100 aufweist.

[0139] **Fig. 6** zeigt ein Diagramm für ein Verfahren 200 zur Assoziation von Objektverfolgungsdaten, das das Objektverfolgungsdatenassoziationsmodul 100 verwendet. Die Handlungen oder Schritte des Verfahrens 200 zur Assoziation von Objektverfolgungsdaten können von einem Prozessor, beispielsweise einer zentralen Verarbeitungseinheit eines Computers, ausgeführt werden.

[0140] Bei Schritt 202 initialisiert das Verfahren 200 zur Assoziation von Objektverfolgungsdaten. Bei Schritt 204 erkennt das Sensormodul 104 mindestens ein Objekt und erhält mindestens einen Sensormessdatensatz für jedes erkannte Objekt. Bei Schritt 206 wird der mindestens eine Sensormessdatensatz für jeden Pfad bereitgestellt, der mit einem jeweiligen erkannten Objekt assoziiert ist. Bei Schritt 208 wird mindestens ein Pfaddatensatz bereitgestellt, wobei jeder Pfaddatensatz eines jeweiligen Pfads mit einem entsprechenden erkannten Objekt assoziiert ist. Der mindestens eine Pfaddatensatz kann mindestens einen aktiven Pfaddatensatz aufweisen, wobei jeder aktive Pfaddatensatz eines jeweiligen aktiven Pfads mit einem entsprechenden vorher erkannten Objekt assoziiert ist. Der mindestens eine Pfaddatensatz kann mindestens einen inaktiven Pfaddatensatz aufweisen, wobei jeder inaktive Pfaddatensatz eines jeweiligen inaktiven Pfads mit einem entsprechenden neu erkannten Objekt assoziiert ist.

[0141] Bei Schritt 210 wird mindestens ein Differenzparameter bestimmt, wobei jeder Differenzparameter eine Beziehung zwischen einem jeweiligen Sensormessdatensatz und einem entsprechenden Pfaddatensatz definiert. Der Prozess von Schritt 210 beginnt bei Schritt 212. Bei Schritt 214 wird mindestens ein Korrelationsparameter bestimmt, wobei jeder Korrelationsparameter eine Korrelation zwischen einem jeweiligen Sensormessdatensatz und einem entsprechenden Pfaddatensatz definiert. Bei Schritt 216 beginnt der Prozess von Schritt 214. Bei Schritt 218 wird jeder Korrelationsparameter unter Verwendung einer Mahalanobis-Abstandsformel berechnet, derart dass jeder Korrelationsparameter einen Mahalanobis-Abstand zwischen einem jeweiligen Sensormessdatensatz und einem entsprechenden Pfaddatensatz aufweist. Der Prozess von Schritt 214 endet bei Schritt 220.

[0142] Dann wird bei Schritt 222 ein jeweiliger Wert einer Exponentialfunktion berechnet, die einen Exponenten aufweist, der ein negatives Vielfaches jedes Korrelationsparameters aufweist. Bei Schritt 224 wird jeder Differenzparameter durch Subtrahieren eines Wertes der Exponentialfunktion von eins berechnet. Der Prozess von Schritt 210 endet bei Schritt 226.

[0143] Bei Schritt 228 wird mindestens ein Existenzwahrscheinlichkeitsparameter bestimmt. Bei Schritt 230 beginnt der Prozess von Schritt 228. Bei Schritt 232 wird der mindestens eine Differenzparameter für das System für maschinelles Lernen 132, beispielsweise das LSTM-Netzwerkmodul 134, bereitgestellt. Das System für maschinelles Lernen 132 oder das LSTM-Netzwerkmodul 134 wären trainiert worden, um den mindestens einen Differenzparameter als Eingabe anzunehmen und einen jeweiligen Existenzwahrscheinlichkeitsparameter für jeden bereitgestellten Differenzparameter auszugeben. Infolgedessen gibt das System für maschinelles Lernen 132 oder das LSTM-Netzwerkmodul 134 bei Schritt 234 den mindestens einen Existenzwahrscheinlichkeitsparameter aus. Der Prozess von Schritt 228 endet bei Schritt 236.

[0144] Bei Schritt 238 wird mindestens ein Sensorzuverlässigkeitsparameter erhalten, der mit mindestens einem Sensor assoziiert ist, der zum Bereitstellen des mindestens einen Sensormessdatensatzes verwendet wird. Bei Schritt 240 wird der mindestens eine Sensorzuverlässigkeitsparameter mit einem Sensorzuverlässigkeitsschwellenwert verglichen. Bei Schritt 242 wird der mindestens eine Existenzwahrscheinlichkeitsparameter mit einem Existenzschwellenwert verglichen.

[0145] Bei Schritt 244 wird eine Assoziation für einen aktiven Pfad durchgeführt, wenn ein Existenzwahrscheinlichkeitsparameter des aktiven Pfads unter dem Existenzschwellenwert ist. Infolgedessen würde in der Annahme, dass der Existenzschwellenwert 0,5 beträgt, ein Existenzwahrscheinlichkeitsparameter in Zeile 3, Spalte 3 der Existenzwahrscheinlichkeitstabelle von **Fig. 4** mit einem Pfad (zum Beispiel Pfad 2) verknüpft, der mit Spalte 2 der Existenzwahrscheinlichkeitstabelle von **Fig. 4** assoziiert ist, da ein Wert des Existenzwahrscheinlichkeitsparameters in Zeile 3, Spalte 3 über 0,5 ist.

[0146] Bei Schritt 246 wird ein aktiver Pfad beendet, wenn ein Existenzwahrscheinlichkeitsparameter des aktiven Pfads unter dem Existenzschwellenwert ist. Infolgedessen würde in der Annahme, dass der Existenzschwellenwert 0,5 beträgt, ein Pfad (zum Beispiel Pfad 6), der mit Spalte 7 der Existenzwahrscheinlichkeitstabelle von **Fig. 4** assoziiert ist, beendet, da keiner der Existenzwahrscheinlichkeits-

parameter des Pfads (zum Beispiel Pfad 6) einen Wert über 0,5 aufweist.

[0147] Bei Schritt 248 wird ein inaktiver Pfad auf einen aktiven Pfad initialisiert, wenn ein Existenzwahrscheinlichkeitsparameter des inaktiven Pfads über dem Existenzschwellenwert ist. Infolgedessen würde in der Annahme, dass der Existenzschwellenwert 0,5 beträgt, ein Pfad (zum Beispiel Pfad 1), der mit Spalte 2 der Existenzwahrscheinlichkeitstabelle von **Fig. 4** assoziiert ist, initialisiert, da ein Wert des Existenzwahrscheinlichkeitsparameters in Zeile 2, Spalte 2 über 0,5 ist.

[0148] Bei Schritt 250 wird ein Sensormessdatensatz ignoriert, wenn ein Sensorzuverlässigkeitsparameter, der mit dem Sensormessdatensatz assoziiert ist, unter dem Sensorzuverlässigkeitsschwellenwert ist. Infolgedessen würden in der Annahme, dass der Sensorzuverlässigkeitsschwellenwert 0,5 beträgt, alle Existenzwahrscheinlichkeitsparameter zusammen mit ihren entsprechenden Sensormessdatensätzen, die mit Zeile 3, 5, 7 und 8 der Existenzwahrscheinlichkeitstabelle von **Fig. 4** assoziiert sind, ignoriert, da Werte der Sensorzuverlässigkeitsparameter in den ersten linken Zellen (in Spalte 1) der Zeilen 3, 5, 7 und 8 unter 0,5 sind.

[0149] Bei Schritt 252 werden Existenzwahrscheinlichkeitsparameter von aktiven Pfads, die nicht beendet wurden, und initialisierte Pfads für die Schätzeinrichtung, beispielsweise das Kalman-Filter 106, bereitgestellt. Bei Schritt 254 würde die Schätzeinrichtung, beispielsweise das Kalman-Filter 106, dann einen jeweiligen Pfadexistenzwert für jeden aktiven Pfad, der nicht beendet wurde, und jeden initialisierten Pfad aktualisieren.

[0150] Bei Schritt 256 endet das Verfahren 200 zur Assoziation von Objektverfolgungsdaten. Es versteht sich jedoch, dass das Verfahren 200 zur Assoziation von Objektverfolgungsdaten, das in einer Mehrzahl von aufeinanderfolgenden Schritten in **Fig. 6** veranschaulicht ist, lediglich das Verfahren 200 zur Assoziation von Objektverfolgungsdaten veranschaulicht, wie auf eine Erkennung zu einem spezifischen Zeitpunkt, zum Beispiel in einem spezifischen Bild eines Videos, angewendet. Infolgedessen kann Schritt 256 zu Schritt 202 zurückkehren, um das Verfahren 200 zur Assoziation von Objektverfolgungsdaten bei einer anderen Erkennung zu einem anderen Zeitpunkt nach dem spezifischen Zeitpunkt, zum Beispiel in einem nächsten Bild des Videos, erneut durchzuführen.

[0151] Somit ist gemäß dem Verfahren 200 zur Assoziation von Objektverfolgungsdaten, das das Objektverfolgungsdatenassoziationsmodul 100 verwendet, nun eine effektive Durchführung von Datenassoziation zur Objektverfolgung möglich.

[0152] Das LSTM-Netzwerkmodul 134 kann vor seiner Verwendung im Verfahren 200 zur Assoziation von Objektverfolgungsdaten trainiert werden. Um gekennzeichnete Datensätze zum Trainieren des LSTM-Netzwerkmoduls 134 zu erzeugen, können zuerst Werte der Differenzparameter eines Trainingssatzes erhalten werden, wie vorstehend beschrieben. Dann können Differenzparameter mit Werten, die in einen ersten Bereich, zum Beispiel 0 - 0,01, fallen, berücksichtigt werden, um mit Pfads verknüpft zu verwenden, die möglicherweise initialisiert werden können.

[0153] Zusätzlich können Differenzparameter mit Werten, die in einen zweiten Bereich, zum Beispiel 0,01 - 0,2, fallen, berücksichtigt werden, um mit Pfads verknüpft zu verwenden, für die Assoziation durchgeführt werden kann. Ferner können Differenzparameter mit Werten, die in einen dritten Bereich, zum Beispiel 0,2 - 1, fallen, berücksichtigt werden, um mit Pfads verknüpft zu verwenden, die möglicherweise beendet werden können. Infolgedessen kann ein Trainingssatz von gekennzeichneten Datensätzen zum Trainieren des LSTM-Netzwerkmoduls 134 erzeugt werden.

[0154] Obwohl die Erfindung in Bezug auf bestimmte Ausführungsformen oder Aspekte einigermaßen ausführlich beschrieben wurde, sind andere Ausführungsformen oder Aspekte möglich.

[0155] Daher sollten das Wesen und der Schutzbereich der angehängten Ansprüche nicht auf die Beschreibung der hierin enthaltenen Ausführungsformen beschränkt werden.

[0156] Zum Beispiel kann der mindestens eine Sensorzuverlässigkeitsparameter in früheren Schritten in dem Verfahren 200 zur Assoziation von Objektverfolgungsdaten erhalten (Schritt 238) und verglichen (Schritt 240) werden.

[0157] Alle Merkmale, die in dieser Spezifikation (einschließlich der angehängten Ansprüche, der Zusammenfassung und der beiliegenden Zeichnungen) offenbart sind, können durch alternative Merkmale ersetzt werden, die dem gleichen oder einem gleichwertigen oder ähnlichen Zweck dienen, sofern nicht ausdrücklich anders angegeben. Sofern nicht ausdrücklich anders angegeben, ist demnach jedes offenbarte Merkmal lediglich ein Beispiel einer generischen Reihe von gleichwertigen oder ähnlichen Merkmalen.

Patentansprüche

1. Objektverfolgungsdatenassoziationsmodul (100), aufweisend:
eine Pfaddatenabrufeinrichtung (110), die dazu ausgebildet ist, mindestens einen Pfaddatensatz min-

destens eines Pfads bereitzustellen, der mit mindestens einem erkannten Objekt assoziiert ist; eine Sensormessdatenabrufeinrichtung (112), die dazu ausgebildet ist, mindestens einen Sensormessdatensatz für den mindestens einen Pfad bereitzustellen, der mit dem mindestens einen erkannten Objekt assoziiert ist; und eine Differenzparameterbestimmungseinrichtung (120), die dazu ausgebildet ist, mindestens einen Differenzparameter zu bestimmen, der eine Beziehung zwischen dem mindestens einen Sensormessdatensatz und dem mindestens einen Pfaddatensatz des mindestens einen Pfads definiert, der mit dem mindestens einen erkannten Objekt assoziiert ist; wobei die Differenzparameterbestimmungseinrichtung (120) ein Exponentialfunktionsmodul (122) aufweist, das zum Durchführen von Berechnungen unter Verwendung einer Exponentialfunktion ausgebildet ist, und die Differenzparameterbestimmungseinrichtung (120) dazu ausgebildet ist, das Exponentialfunktionsmodul (122) zum Berechnen des mindestens einen Differenzparameters unter Verwendung der Exponentialfunktion zu verwenden.

2. Objektverfolgungsdatenassoziationsmodul (100) nach Anspruch 1, wobei die Differenzparameterbestimmungseinrichtung (120) eine Korrelationsparameterbestimmungseinrichtung (124) aufweist, die dazu ausgebildet ist, mindestens einen Korrelationsparameter zu bestimmen, der eine Korrelation zwischen dem mindestens einen Sensormessdatensatz und dem mindestens einen Pfaddatensatz definiert.

3. Objektverfolgungsdatenassoziationsmodul (100) nach Anspruch 2, wobei die Differenzparameterbestimmungseinrichtung (120) einen statistischen Abstandsrechner (126) aufweist, der dazu ausgebildet ist, den mindestens einen Korrelationsparameter statistisch zu berechnen.

4. Objektverfolgungsdatenassoziationsmodul (100) nach einem der Ansprüche 2 bis 3, wobei die Exponentialfunktion einen Exponenten aufweist, der den mindestens einen Korrelationsparameter aufweist.

5. Objektverfolgungsdatenassoziationsmodul (100) nach Anspruch 4, wobei der Exponent ein negatives Vielfaches des mindestens einen Korrelationsparameters aufweist.

6. Objektverfolgungsdatenassoziationsmodul (100) nach einem der Ansprüche 2 bis 3, wobei die Differenzparameterbestimmungseinrichtung (120) einen Mahalanobis-Abstandsrechner (128) aufweist, der dazu ausgebildet ist, den mindestens einen Korrelationsparameter unter Verwendung einer Mahalanobis-Abstandsformel zu berechnen, wobei der min-

destens eine Korrelationsparameter einen Mahalanobis-Abstand zwischen dem mindestens einen Sensormessdatensatz und dem mindestens einen Pfaddatensatz aufweist.

7. Objektverfolgungsdatenassoziationsmodul (100) nach Anspruch 6, wobei die Exponentialfunktion einen Exponenten aufweist, der den Mahalanobis-Abstand zwischen dem mindestens einen Sensormessdatensatz und dem mindestens einen Pfaddatensatz aufweist.

8. Objektverfolgungsdatenassoziationsmodul (100) nach Anspruch 7, wobei der Exponent ein negatives Vielfaches des Mahalanobis-Abstands zwischen dem mindestens einen Sensormessdatensatz und dem mindestens einen Pfaddatensatz aufweist.

9. Objektverfolgungsdatenassoziationsmodul (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Differenzparameterbestimmungseinrichtung (120) dazu ausgebildet ist, den mindestens einen Differenzparameter durch Subtrahieren eines Wertes der Exponentialfunktion von eins zu berechnen.

10. Objektverfolgungsdatenassoziationsmodul (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, ferner aufweisend eine Existenzwahrscheinlichkeitsbestimmungseinrichtung (130), die dazu ausgebildet ist, den mindestens einen Differenzparameter als Eingabe anzunehmen und mindestens einen Existenzwahrscheinlichkeitsparameter für den mindestens einen Pfad auszugeben, der mit dem mindestens einen erkannten Objekt assoziiert ist.

11. Objektverfolgungsdatenassoziationsmodul (100) nach Anspruch 10, wobei die Existenzwahrscheinlichkeitsbestimmungseinrichtung (130) ein System für maschinelles Lernen (132) aufweist, das dazu ausgebildet ist, den mindestens einen Differenzparameter als Eingabe anzunehmen und den mindestens einen Existenzwahrscheinlichkeitsparameter für den mindestens einen Pfad auszugeben, der mit dem mindestens einen erkannten Objekt assoziiert ist.

12. Objektverfolgungsdatenassoziationsmodul (100) nach einem der Ansprüche 10 bis 11, wobei die Existenzwahrscheinlichkeitsbestimmungseinrichtung (130) ein LSTM-Netzwerkmodul (134) aufweist, das dazu ausgebildet ist, den mindestens einen Differenzparameter als Eingabe anzunehmen und den mindestens einen Existenzwahrscheinlichkeitsparameter für den mindestens einen Pfad auszugeben, der mit dem mindestens einen erkannten Objekt assoziiert ist.

13. Objektverfolgungsdatenassoziationsmodul (100) nach einem der Ansprüche 10 bis 12, wobei die Pfaddatenabrufeinrichtung (110) dazu ausgebildet ist, mindestens einen Pfaddatensatz bereitzustellen, der einen aktiven Pfaddatensatz eines aktiven Pfads aufweist, der mit einem vorher erkannten Objekt assoziiert ist.

14. Objektverfolgungsdatenassoziationsmodul (100) nach einem der Ansprüche 10 bis 13, wobei die Pfaddatenabrufeinrichtung (110) dazu ausgebildet ist, den mindestens einen Pfaddatensatz bereitzustellen, der einen inaktiven Pfaddatensatz eines inaktiven Pfads aufweist, der mit einem neu erkannten Objekt assoziiert ist.

15. Objektverfolgungsdatenassoziationsmodul (100) nach einem der Ansprüche 13 bis 14, ferner aufweisend einen Schwellenwertkomparator (140), der dazu ausgebildet ist, den mindestens einen Existenzwahrscheinlichkeitsparameter des mindestens einen Pfads mit einem Existenzschwellenwert zu vergleichen.

16. Objektverfolgungsdatenassoziationsmodul (100) nach Anspruch 15, ferner aufweisend eine Entscheidungseinrichtung (142), die dazu ausgebildet ist, eine Assoziation für den aktiven Pfad durchzuführen, wenn der mindestens eine Existenzwahrscheinlichkeitsparameter des aktiven Pfads über dem Existenzschwellenwert ist.

17. Objektverfolgungsdatenassoziationsmodul (100) nach Anspruch 15, ferner aufweisend eine Entscheidungseinrichtung (142), die dazu ausgebildet ist, den aktiven Pfad zu beenden, wenn der mindestens eine Existenzwahrscheinlichkeitsparameter des aktiven Pfads unter dem Existenzschwellenwert ist.

18. Objektverfolgungsdatenassoziationsmodul (100) nach Anspruch 15, ferner aufweisend eine Entscheidungseinrichtung (142), die dazu ausgebildet ist, den inaktiven Pfad auf einen anderen aktiven Pfad zu initialisieren, wenn der mindestens eine Existenzwahrscheinlichkeitsparameter des inaktiven Pfads über dem Existenzschwellenwert ist.

19. Objektverfolgungsdatenassoziationsmodul (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 14, ferner aufweisend eine Sensorzuverlässigkeitswert-Abbrufeinrichtung (114), die dazu ausgebildet ist, mindestens einen Sensorzuverlässigkeitsparameter zu erhalten, der mit mindestens einem Sensor assoziiert ist, der verwendet wird, um den mindestens einen Sensormessdatensatz für den mindestens einen Pfad bereitzustellen, der mit dem mindestens einen erkannten Objekt assoziiert ist.

20. Objektverfolgungsdatenassoziationsmodul (100) nach Anspruch 19, ferner aufweisend einen

Schwellenwertkomparator (140), der dazu ausgebildet ist, den mindestens einen Sensorzuverlässigkeitsparameter mit einem Sensorzuverlässigkeits-schwellenwert zu vergleichen.

21. Objektverfolgungsdatenassoziationsmodul (100) nach Anspruch 20, ferner aufweisend eine Entscheidungseinrichtung (142), die dazu ausgebildet ist, den mindestens einen Sensormessdatensatz zu ignorieren, wenn der mindestens eine Sensorzuverlässigkeitsparameter, der mit dem mindestens einen Sensormessdatensatz assoziiert ist, unter dem Sensorzuverlässigkeitsschwellenwert ist.

22. Objektverfolgungsmodul (102), aufweisend das Objektverfolgungsdatenassoziationsmodul (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche.

23. Kraftfahrzeug (108), aufweisend das Objektverfolgungsdatenassoziationsmodul (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche.

24. Objektverfolgungsdatenassoziationsmodul (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, aufweisend:

eine Pfaddatenabrufeinrichtung (110), die dazu ausgebildet ist, mindestens einen Pfaddatensatz mindestens eines Pfads bereitzustellen, der mit mindestens einem erkannten Objekt assoziiert ist; wobei die Pfaddatenabrufeinrichtung (110) dazu ausgebildet ist, den mindestens einen Pfaddatensatz bereitzustellen, der einen aktiven Pfaddatensatz eines aktiven Pfads aufweist, der mit einem vorher erkannten Objekt assoziiert ist; wobei die Pfaddatenabrufeinrichtung (110) dazu ausgebildet ist, den mindestens einen Pfaddatensatz bereitzustellen, der einen inaktiven Pfaddatensatz eines inaktiven Pfads aufweist, der mit einem neu erkannten Objekt assoziiert ist; eine Sensormessdatenabrufeinrichtung (112), die dazu ausgebildet ist, mindestens einen Sensormessdatensatz für den mindestens einen Pfad bereitzustellen, der mit dem mindestens einen erkannten Objekt assoziiert ist; eine Differenzparameterbestimmungseinrichtung (120), die dazu ausgebildet ist, mindestens einen Differenzparameter zu bestimmen, der eine Beziehung zwischen dem mindestens einen Sensormessdatensatz und dem mindestens einen Pfaddatensatz des mindestens einen Pfads definiert, der mit dem mindestens einen erkannten Objekt assoziiert ist; wobei die Differenzparameterbestimmungseinrichtung (120) ein Exponentialfunktionsmodul (122) aufweist, das zum Durchführen von Berechnungen unter Verwendung einer Exponentialfunktion ausgebildet ist, und die Differenzparameterbestimmungseinrichtung (120) dazu ausgebildet ist, das Exponentialfunktionsmodul (122) zum Berechnen des mindestens einen Differenzparameters unter Ver-

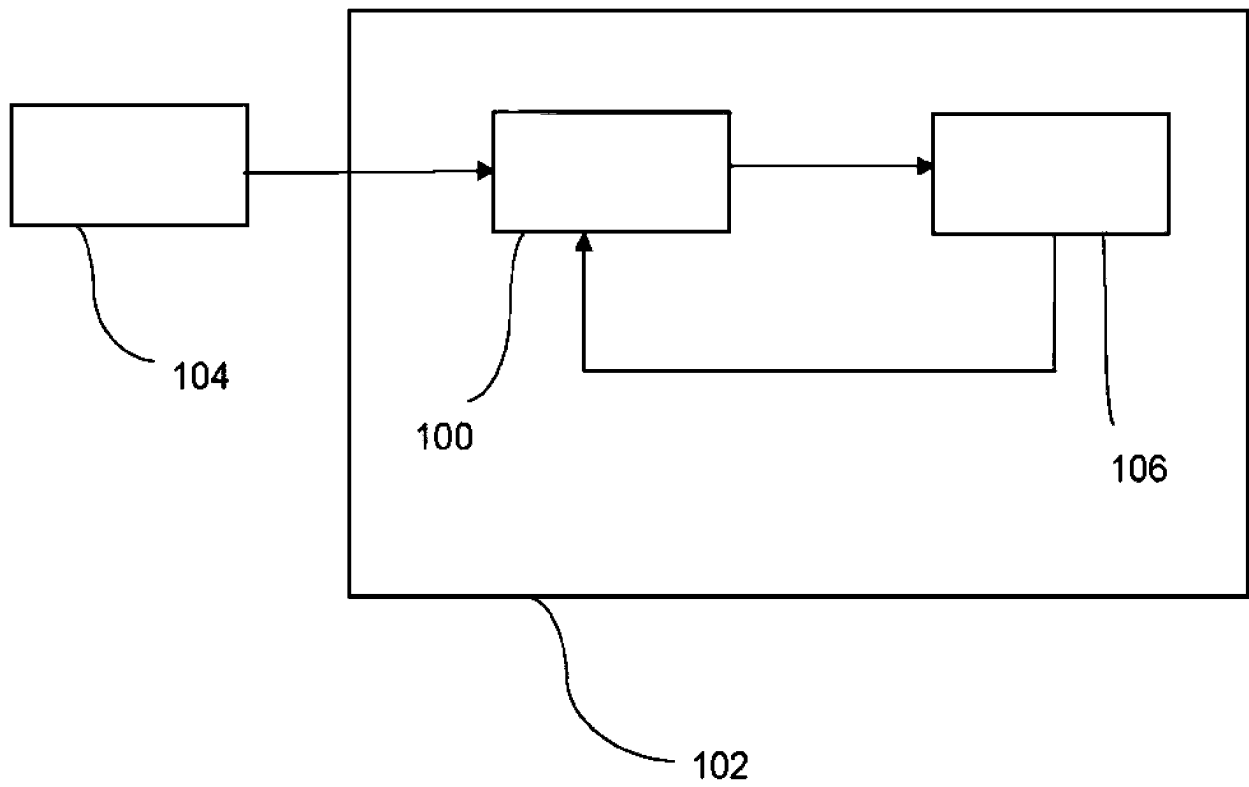
wendung der Exponentialfunktion zu verwenden;
wobei die Differenzparameterbestimmungseinrichtung (120) eine Korrelationsparameterbestimmungseinrichtung (124) aufweist, die dazu ausgebildet ist, mindestens einen Korrelationsparameter zu bestimmen, der eine Korrelation zwischen dem mindestens einen Sensormessdatensatz und dem mindestens einen Pfaddatensatz definiert;
wobei die Differenzparameterbestimmungseinrichtung (120) einen statistischen Abstandsrechner (126) aufweist, der dazu ausgebildet ist, den mindestens einen Korrelationsparameter statistisch zu berechnen;
wobei die Differenzparameterbestimmungseinrichtung (120) einen Mahalanobis-Abstandsrechner (128) aufweist, der dazu ausgebildet ist, den mindestens einen Korrelationsparameter unter Verwendung einer Mahalanobis-Abstandsformel zu berechnen, wobei der mindestens eine Korrelationsparameter einen Mahalanobis-Abstand zwischen dem mindestens einen Sensormessdatensatz und dem mindestens einen Pfaddatensatz aufweist;
wobei die Differenzparameterbestimmungseinrichtung (120) dazu ausgebildet ist, den mindestens einen Differenzparameter durch Subtrahieren eines Wertes der Exponentialfunktion von eins zu berechnen;
wobei die Exponentialfunktion einen Exponenten aufweist, der den Mahalanobis-Abstand zwischen dem mindestens einen Sensormessdatensatz und dem mindestens einen Pfaddatensatz aufweist;
wobei der Exponent ein negatives Vielfaches des Mahalanobis-Abstands zwischen dem mindestens einen Sensormessdatensatz und dem mindestens einen Pfaddatensatz aufweist;
eine Existenzwahrscheinlichkeitsbestimmungseinrichtung (130), die dazu ausgebildet ist, den mindestens einen Differenzparameter als Eingabe anzunehmen und mindestens einen Existenzwahrscheinlichkeitsparameter für den mindestens einen Pfad auszugeben, der mit dem mindestens einen erkannten Objekt assoziiert ist;
wobei die Existenzwahrscheinlichkeitsbestimmungseinrichtung (130) ein System für maschinelles Lernen (132) aufweist, das dazu ausgebildet ist, den mindestens einen Differenzparameter als Eingabe anzunehmen und den mindestens einen Existenzwahrscheinlichkeitsparameter für den mindestens einen Pfad auszugeben, der mit dem mindestens einen erkannten Objekt assoziiert ist;
wobei die Existenzwahrscheinlichkeitsbestimmungseinrichtung (130) ein LSTM-Netzwerkmodul (134) aufweist, das dazu ausgebildet ist, den mindestens einen Differenzparameter als Eingabe anzunehmen und den mindestens einen Existenzwahrscheinlichkeitsparameter für den mindestens einen Pfad auszugeben, der mit dem mindestens einen erkannten Objekt assoziiert ist;
einen Schwellenwertkomparator (140), der dazu

ausgebildet ist, den mindestens einen Existenzwahrscheinlichkeitsparameter des mindestens einen Pfads mit einem Existenzschwellenwert zu vergleichen;
eine Entscheidungseinrichtung (142), die dazu ausgebildet ist, eine Assoziation für den aktiven Pfad durchzuführen, wenn der mindestens eine Existenzwahrscheinlichkeitsparameter des aktiven Pfads über dem Existenzschwellenwert ist;
wobei die Entscheidungseinrichtung (142) dazu ausgebildet ist, einen aktiven Pfad zu beenden, wenn der mindestens eine Existenzwahrscheinlichkeitsparameter des aktiven Pfads unter dem Existenzschwellenwert ist;
wobei die Entscheidungseinrichtung (142) dazu ausgebildet ist, den inaktiven Pfad auf einen aktiven Pfad zu initialisieren, wenn der mindestens eine Existenzwahrscheinlichkeitsparameter des inaktiven Pfads über dem Existenzschwellenwert ist; und
eine Sensorzuverlässigkeitswert-Abrufeinrichtung (114), die dazu ausgebildet ist, mindestens einen Sensorzuverlässigkeitsparameter zu erhalten, der mit mindestens einem Sensor assoziiert ist, der verwendet wird, um den mindestens einen Sensormessdatensatz für den mindestens einen Pfad bereitzustellen, der mit dem mindestens einen erkannten Objekt assoziiert ist;
wobei der Schwellenwertkomparator (140) dazu ausgebildet ist, den mindestens einen Sensorzuverlässigkeitsparameter mit einem Sensorzuverlässigkeitsschwellenwert zu vergleichen;
wobei die Entscheidungseinrichtung (142) dazu ausgebildet ist, den mindestens einen Sensormessdatensatz zu ignorieren, wenn der mindestens eine Sensorzuverlässigkeitsparameter, der mit dem mindestens einen Sensormessdatensatz assoziiert ist, unter dem Sensorzuverlässigkeitsschwellenwert ist.

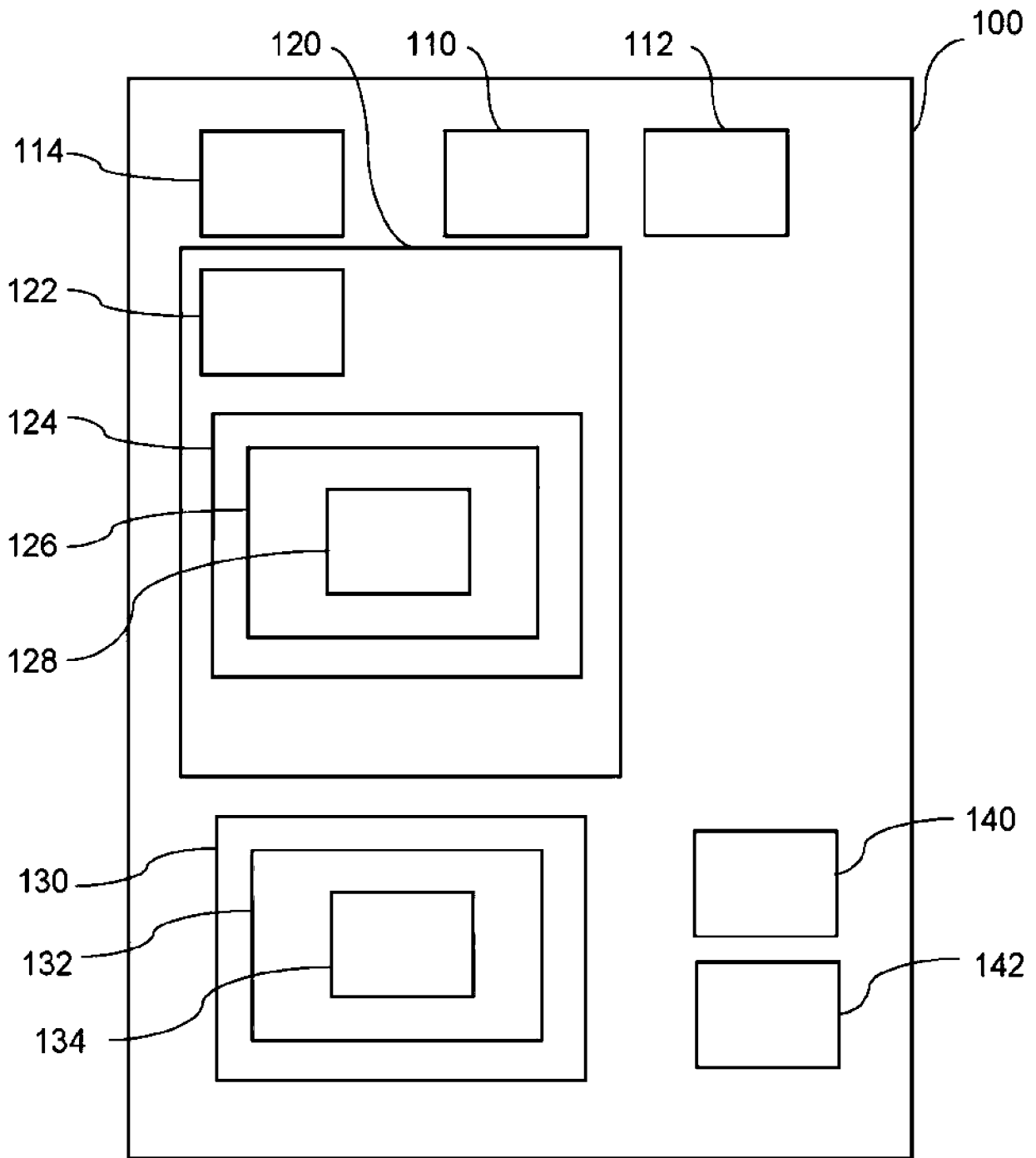
25. Verfahren zur Assoziation von Objektverfolgungsdaten, aufweisend die folgenden Handlungen: Bereitstellen mindestens eines Pfaddatensatzes mindestens eines Pfads, der mit mindestens einem erkannten Objekt assoziiert ist, durch einen Prozessor;
Bereitstellen mindestens eines Sensormessdatensatzes für den mindestens einen Pfad, der mit dem mindestens einen erkannten Objekt assoziiert ist, durch einen Prozessor; und
Bestimmen mindestens eines Differenzparameters, der eine Beziehung zwischen dem mindestens einen Sensormessdatensatz und dem mindestens einen Pfaddatensatz des mindestens einen Pfads definiert, der mit dem mindestens einen erkannten Objekt assoziiert ist, durch einen Prozessor unter Verwendung einer Exponentialfunktion.

Es folgen 4 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen



Figur 1



Figur 2

-	0,05	0,9	0,05	0,05	0,9	0,9	0,05
0,9	0,1	1	0,01	0,01	1	1	0,01
0,5	0,01	0,1	0,01	0,01	1	1	0,01
0,1	0,01	1	0,01	0,01	1	1	0,01
0,9	0,01	1	0,01	0,01	1	1	0,01
0,05	0,01	1	0,01	0,01	1	1	0,01
0,9	0,01	1	0,01	0,01	0,1	1	0,01
0,4	0,01	1	0,01	0,01	1	1	0,01
0,05	0,01	1	0,01	0,01	1	1	0,01

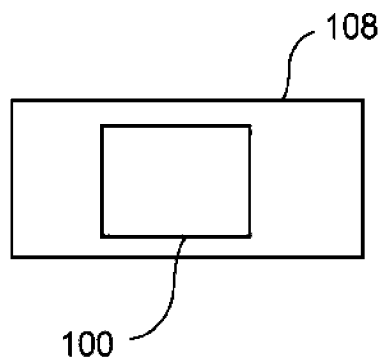
150

Figur 3

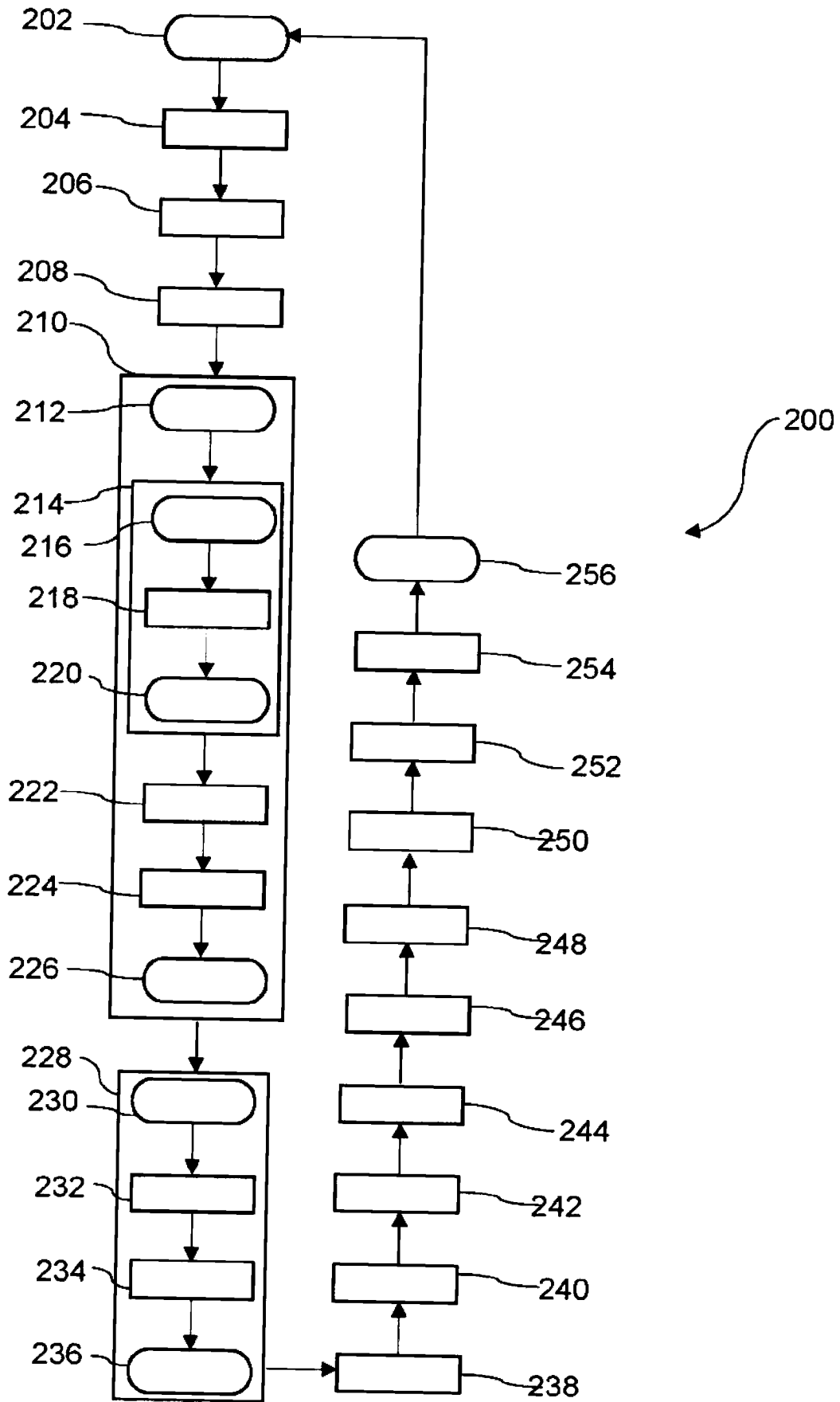
-	0,05	0,9	0,05	0,05	0,9	0,9	0,05
0,9	1	0	0	0	0	0	0
0,5	0	1	0	0	0	0	0
0,1	0	0	0	0	0	0	0
0,9	0	0	0	0	0	0	0
0,05	0	0	0	0	0	0	0
0,9	0	0	0	0	1	0	0
0,4	0	0	0	0	0	0	0
0,05	0	0	0	0	0	0	0

152

Figur 4



Figur 5



Figur 6