

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
13. August 2020 (13.08.2020)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2020/160797 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

G01S 15/931 (2020.01) G01S 13/66 (2006.01)
G01S 7/539 (2006.01) G01S 13/86 (2006.01)
G01S 7/295 (2006.01) G01S 13/931 (2020.01)
G01S 7/53 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2019/079224

(22) Internationales Anmeldedatum:
25. Oktober 2019 (25.10.2019)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2019 102 920.1
06. Februar 2019 (06.02.2019) DE

(71) Anmelder: **BAYERISCHE MOTOREN WERKE AK-
TIENGESELLSCHAFT** [DE/DE]; Petuelring 130, 80809
München (DE).

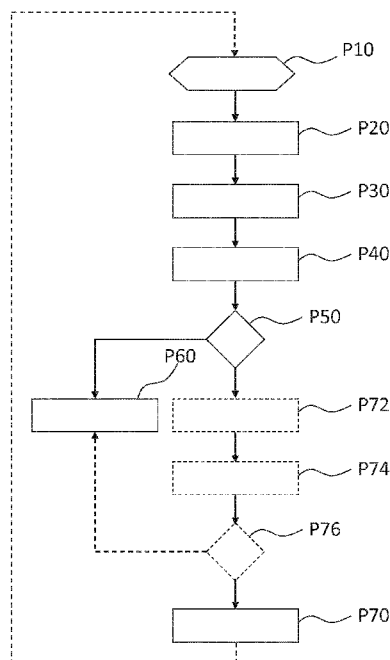
(72) Erfinder: **HIMMELSBACH, Michael**; Bergstraße 9,
81539 München (DE). **BAUCH, Dominik**; Dornbergstr.
10, 84453 Mühldorf am Inn (DE). **BAUMGARTL, Marco**;
Römerstr. 98 a, 82205 Gilching (DE). **MEISSNER, Dani-
el**; Margit-Blaha-Str. 8, 86316 Friedberg (DE). **TRENTI-
NAGLIA, Luca**; Schwalbenstr. 7, 82223 Eichenau (DE).
MEHRINGER, Josef; Gasse 23, 83703 Gmund (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY,
BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM,
DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN,
KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD,
ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO,
NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW,
SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM,
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(54) Title: METHOD AND APPARATUS FOR SENSOR DATA FUSION FOR A VEHICLE

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND EINE VORRICHTUNG ZUR SENSORDATENFUSION FÜR EIN FAHRZEUG

Fig. 2



(57) Abstract: A method and an apparatus for sensor data fusion for a vehicle and a computer program and a computer-readable storage medium are specified. The vehicle (F) has at least one associated sensor apparatus (SI), and the method involves: current sensor object data being provided that are representative of a sensor object s_t^i ascertained at the time t ; fusion object data being provided that are representative of fusion objects f_t^j intended for sensor data fusion at the time t ; a sensor object data record H being provided comprising historical sensor object data that are representative of a sensor object s_{t-k}^i ascertained at a preceding time $t-k$; the sensor object data record H being taken as a basis for ascertaining a reduced sensor object data record $H' = \{S_{t-k}^a \mid k = 1 \dots n\}$, wherein s_t^a denotes a sensor object associated with a fusion object f_t^j at the time t , and the reduced sensor object data record H' being taken as a basis for associating the sensor object s_t^i with a fusion object f_t^j and ascertaining an innovated fusion object.

(57) Zusammenfassung: Es werden ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Sensordatenfusion für ein Fahrzeug sowie ein Computerprogramm sowie ein Computerlesbares Speichermedium angegeben. Dem Fahrzeug (F) ist wenigstens eine Sensorvorrichtung (SI) zugeordnet, und bei dem Verfahren werden: aktuelle Sensorobjektdaten bereitgestellt, die repräsentativ sind für ein zum Zeitpunkt t ermitteltes Sensorobjekt s_t^i ; Fusionsobjektdaten bereitgestellt, die repräsentativ sind für Fusionsobjekte f_t^j die zur Sensordatenfusion zu dem Zeitpunkt t vorgesehen sind; ein Sensorobjektdatensatz H umfassend historische Sensorobjektdaten bereitgestellt, die repräsentativ sind für ein zu einem vorangegangenen Zeitpunkt $t-k$ ermitteltes Sensorobjekt s_{t-k}^i ; abhängig von dem Sensorobjektdatensatz H ein reduzierter Sensorobjektdatensatz $H' = \{S_{t-k}^a \mid k = 1 \dots n\}$ ermittelt wird, wobei s_t^a ein zum Zeitpunkt t zu einem Fusionsobjekt f_t^j assoziiertes Sensorobjekt bezeichnet; und abhängig von dem reduzierten Sensorobjektdatensatz H' das Sensorobjekt s_t^i zu einem Fusionsobjekt f_t^j assoziiert und ein innoviertes Fusionsobjekt ermittelt wird.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2020/160797 A1

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

Beschreibung

Verfahren und eine Vorrichtung zur Sensordatenfusion für ein Fahrzeug

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Sensordatenfusion für ein Fahrzeug. Darüber hinaus betrifft die Erfindung ein Computerprogramm sowie ein computerlesbares Speichermedium.

Zur Erkennung von Objekten in Umgebung eines Fahrzeugs, insbesondere zur Erkennung anderer Verkehrsteilnehmer und relevanter Eigenschaften derer werden oftmals heterogene Sensorvorrichtungen eingesetzt. Erkannte Objekte im Fahrzeugumfeld können zur sicheren Umsetzung von Assistenzfunktionen herangezogen werden, insbesondere für längs regelnde Funktionen wie Active Cruise Control oder einen Kreuzungsassistent und für querregelnde Funktionen wie Lateral Collision Avoidance, Lenk- und Spurführungsassistent.

Bedingt durch unterschiedliche Messprinzipien der eingesetzten Sensorvorrichtungen können die durch die Sensorvorrichtungen erfassten Informationen über die Objekte unterschiedlich sein. Aufgrund beschränkter Rechenleistung in Fahrzeugen werden die durch die Sensorvorrichtungen bereitgestellten Informationen üblicherweise auf High-Level-Ebene fusioniert. Das bedeutet, dass die Sensorvorrichtungen jeweils anhand der erfassten Informationen separat Objekte erkennen und diese in einer abstrakten, sensorunabhängigen Objektrepräsentation als Informationen bereitstellen (sogenannte „Sensorobjekte“); die bereitgestellten Informationen werden dann durch eine separate Sensordatenfusionseinheit zu jeweils einer

Objektrepräsentation je tatsächlichem Objekt zusammengeführt bzw. fusioniert (sogenannte „Fusionsobjekte“).

Typischerweise werden hierzu „smarte“ Sensorvorrichtungen verbaut, deren Erkennungsleistung neben der physikalischen Vermessung der Umgebung auch auf einer nachgelagerten, internen Informationsverarbeitung beruht. Ein wesentlicher Bestandteil dieser Informationsverarbeitung sind rekursive Schätzprozesse, die auch Objekteigenschaften über die Zeit beobachten können, die sich nicht direkt aus einer einzigen Messung bestimmen lassen. Neben einer Schätzung der Objekteigenschaften anderer Verkehrsteilnehmer kann der rekursive Schätzprozess zudem auch ein Maß für deren Unsicherheit liefern.

Aufgrund der rekursiven Formulierung des Schätzprozesses sind die von den Sensorvorrichtungen gelieferten Sensorobjektdaten eventuell statistisch nicht unabhängig von den Sensorobjektdaten zu einem früheren Zeitpunkt. Da verschiedene Sensorvorrichtungen zudem oft auf ähnlichen Schätzprozessen beruhen und teilweise sogar gleiche Eingangsdaten, etwa zur Bewegung des eigenen Fahrzeugs, erhalten, kann es sein, dass auch die Sensorobjektdaten verschiedener Sensorvorrichtungen statistisch nicht unabhängig voneinander sind. Zur Fusion derart korrelierter Sensorobjektdaten kann ein sogenannter Information Matrix Fusion-Algorithmus (IMF) eingesetzt werden, bei dem der rekursive Schätzprozess um eine Dekorrelation der Sensorobjektdaten erweitert ist. In diesem Zusammenhang wird auf die Ausführungen von Aeberhard, M., Rauch, A., Rabiega, M., Kaempchen, N., & Bertram, T. (2012, June) in „Track-to-track fusion with asynchronous sensors and out-of-sequence tracks using information matrix fusion for advanced driver

assistance systems", Intelligent Vehicles Symposium (IV), 2012 IEEE (pp. 1-6) verwiesen.

Zur Dekorrelation der Sensorobjektdaten erfordert der IMF-Algorithmus im theoretischen „worst case“ allerdings eine unendlich lange Historie aller Sensorobjektdaten, die insbesondere aufgrund begrenzter Speicherressourcen auf in Fahrzeugen eingesetzten, eingebetteten Systemen nicht zur Verfügung steht. Ein weiterer Nachteil des IMF-Algorithmus sind den Sensorobjektdaten zugrunde liegende Annahmen, insbesondere hinsichtlich der berichteten Unsicherheiten, die in der Praxis oft verletzt werden. Der IMF-Algorithmus liefert dann teils inkonsistente Schätzungen mit grob fehlerhaften Objekteigenschaften, wobei sich der Fehler nicht entsprechend in der bestimmten Unsicherheit widerspiegelt und hingegen zu kleine Unsicherheiten ausgegeben werden. Dies kann zu einem groben Fehlverhalten in den der Fusion nachgelagerten Assistenzfunktionen führen.

Die Aufgabe, die der Erfindung zugrunde liegt, ist es, ein Verfahren zur Sensordatenfusion für ein Fahrzeug sowie eine entsprechende Vorrichtung, ein Computerprogramm sowie computerlesbares Speichermedium zu schaffen, das zu einer sicheren Zuordnung von Sensor- und Fusionsobjekten beiträgt und eine zuverlässige Sensordatenfusion ermöglicht.

Die Aufgabe wird gelöst durch die unabhängigen Patentansprüche. Vorteilhafte Ausgestaltungen sind in den Unteransprüchen gekennzeichnet.

Gemäß einem ersten Aspekt betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Sensordatenfusion für ein Fahrzeug. Dem Fahrzeug ist eine Sensorvorrichtung zugeordnet.

Bei dem Verfahren werden aktuelle Sensorobjektdaten bereitgestellt. Die aktuellen Sensorobjektdaten sind repräsentativ für ein durch die Sensorvorrichtung in einer Umgebung des Fahrzeugs zu einem Zeitpunkt t ermitteltes Sensorobjekt s_t .

Darüber hinaus wird ein Fusionsobjektdatensatz bereitgestellt. Der Fusionsobjektdatensatz umfasst Fusionsobjektdaten, die jeweils repräsentativ sind für eines aus $j=1\dots p$ in der Umgebung des Fahrzeugs ermittelte Fusionsobjekte f_t^j . Die Fusionsobjekte f_t^j sind jeweils zur Sensordatenfusion zu dem Zeitpunkt t vorgesehen.

Weiterhin wird ein Sensorobjektdatensatz $H = \{s_{t-k}^i | i=1\dots q, k=1\dots n\}$ bereitgestellt. Der Sensorobjektdatensatz H umfasst historische Sensorobjektdaten, die jeweils repräsentativ sind für eines aus $i=1\dots q$ durch die Sensorvorrichtung in der Umgebung des Fahrzeugs zu einem vorangegangenen Zeitpunkt $t-k$ ermittelte Sensorobjekte s_{t-k}^i , wobei $n, q \geq 1$.

Bei dem Verfahren wird abhängig von dem Sensorobjektdatensatz H ein reduzierter Sensorobjektdatensatz $H' = \{s_{t-k}^{a_t} | k=1\dots n\}$ ermittelt. $s_t^{a_t}$ bezeichnet dabei ein zum Zeitpunkt t zu einem Fusionsobjekt f_t^j assoziiertes Sensorobjekt.

Ferner wird abhängig von dem reduzierten Sensorobjektdatensatz H' das Sensorobjekt s_t zu einem Fusionsobjekt f_t^j assoziiert und ein innoviertes Fusionsobjekt ermittelt.

In vorteilhafter Weise ermöglicht das vorgeschlagene Verfahren eine sichere und effiziente Zuordnung von Sensor- und Fusionsobjekten. Insbesondere trägt das Verfahren zu einer zuverlässigen Fusion korrelierter Sensorobjektdaten bei.

Die Sensorvorrichtung ist dazu ausgebildet, die Umgebung des Fahrzeugs zu erfassen und ein Sensorobjekt in der Umgebung des Fahrzeugs zu ermitteln. Insbesondere kann die Sensorvorrichtung ausgebildet sein, eine laterale Erstreckung und/oder Orientierung eines Objekts zu erfassen. Bei der Sensorvorrichtung handelt es sich beispielhaft um einen Kamera-, LiDAR-, Light Detection And Ranging, LaDAR-, Laser Detection And Ranging, RaDAR, Radio Detection And Ranging, Ultraschall-, Punktlaser-, oder einen Infrarotsensor.

Der Sensorobjektdatensatz H umfasst historische Sensorobjektdaten derselben Sensorvorrichtung. Im Falle, dass dem Fahrzeug $m > 1$ verschiedene Sensorvorrichtungen zugeordnet sind, wird je Sensorvorrichtung ein Sensorobjektdatensatz $H_1 \dots H_m$ bereitgestellt und die entsprechenden Schritte des Verfahrens je Sensorvorrichtung einmal durchgeführt.

Der reduzierte Sensorobjektdatensatz $H' = \{s_{t-k}^{a_{t-k}} \mid k = 1 \dots n\}$ umfasst insbesondere nur mehr solche Sensorobjekte s_{t-k}^i des Sensorobjektdatensatzes H , die zuvor, zum entsprechenden Zeitpunkt $t-k$ zu einem beliebigen Fusionsobjekt f_{t-k}^j assoziiert wurden. In vorteilhafter Weise werden so, statt alle q von der Sensorvorrichtung zum Zeitpunkt t ermittelten Sensorobjekte s_t^i , $i = 1 \dots q$ aufzuzeichnen, nur die $p \leq q$ tatsächlich zu einem Fusions-Objekt assoziierten Objekte s_t^i ,

$i = 1 \dots p$ in die Assoziationshistorie $\{s_{t-k}^i \mid i = 1 \dots p, k = 1 \dots n\}$ aufgenommen. Dabei kann für jede Sensorvorrichtung eine eigene Assoziationshistorie unabhängig von den Assoziationshistorien anderer Sensorvorrichtungen aufgezeichnet werden.

Üblicherweise wird zu jedem Zeitpunkt t ferner maximal ein Sensorobjekt s_t^i , $i = 1 \dots p$ jeder Sensorvorrichtung zu demselben Fusionsobjekt f_t^j assoziiert. Dann genügt es, dem jeweiligen Fusionsobjekt f_t^j für jeden Zeitpunkt t je Sensorvorrichtung lediglich ein Sensorobjekt $s_{t-k}^{a_{t-k}}$, $k = 1 \dots n$ als reduzierten Sensorobjektdatensatz H' zuzuordnen. Im Falle, dass dem Fahrzeug $m > 1$ Sensorvorrichtungen zugeordnet sind, können folglich die wenigen jeweils zuletzt zu dem jeweiligen Fusionsobjekt f_{t-k}^j assoziierten Sensorobjekte $s_{t-k}^{a_{t-k}}$, $k = 1 \dots n$ je Fusionsobjekt f_t^j vermerkt werden.

Der Schritt, in dem abhängig von dem reduzierten Sensorobjektdatensatz H' das Sensorobjekt s_t zu einem Fusionsobjekt f_t^j assoziiert und ein innoviertes Fusionsobjekt ermittelt wird, kann beispielhaft dem IMF-Algorithmus entsprechen, wobei statt auf eine unendlich lange bzw. vollständige Historie auf den reduzierten Sensorobjektdatensatz H' zurückgegriffen wird.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung gemäß dem ersten Aspekt gilt: $1 \leq n \leq 5$, bevorzugt $n = 2$.

In vorteilhafter Weise können so einmalige Mehrdeutigkeiten gehandhabt werden. Zugleich wird ein effizienter Einsatz auf Ressourcenbeschränkter Hardware ermöglicht.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung gemäß dem ersten Aspekt wird das Sensorobjekt s_t mittels des IMF, Information Matrix Fusion, -Algorithmus zu einem Fusionsobjekt f_t^j assoziiert und das innovierte Fusionsobjekt ermittelt.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung gemäß dem ersten Aspekt wird der reduzierte Sensorobjektdatensatz H' jeweils den Fusionsobjekten f_t^j zugeordnet und in den Fusionsobjektdaten hinterlegt.

Daraufhin wird abhängig von dem Fusionsobjektdatensatz das Sensorobjekt s_t zu einem Fusionsobjekt f_t^j assoziiert und das innovierte Fusionsobjekt ermittelt.

Das Sensorobjekt s_t kann in dieser Ausgestaltung also insbesondere abhängig von den den Fusionsobjekten f_t^j jeweils zugeordneten reduzierten Sensorobjektdatensätzen H' zu einem Fusionsobjekt f_t^j assoziiert und das innovierte Fusionsobjekt entsprechend ermittelt werden.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung gemäß dem ersten Aspekt wird im Falle, dass der einem jeweiligen Fusionsobjekt f_t^j zugeordnete, reduzierte Sensorobjektdatensatz H' zu keinem vorangegangenen Zeitpunkt $t-k$, $k=1\dots n$, ein assoziiertes Sensorobjekt $s_{t-k}^{a_{t-k}}$ umfasst, das Sensorobjekt s_t mittels des use of cross covariance - Algorithmus zu einem Fusionsobjekt f_t^j assoziiert und das innovierte Fusionsobjekt ermittelt. Bezüglich des use of cross covariance - Algorithmus wird auf die Ausführungen von

S. Matzka und R. Altendorfer in "A comparison of track-to-track fusion algorithms for automotive sensor fusion", 2008 IEEE International Conference on Multisensor Fusion and Integration for Intelligent Systems, Seoul, 2008, pp. 189-194 verwiesen. In anderen Worten kann im Falle einer unzulänglichen Historie auf ein alternatives Fusionsverfahren statt des IMF-Algorithmus zurückgegriffen werden. Insbesondere wird die Fusion dabei nur mit approximativer Berücksichtigung etwaiger Korrelationen durchgeführt.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung gemäß dem ersten Aspekt sind dem Sensorobjekt s_{t-1} , s_t Merkmalsdaten x_{t-1}^s , x_t^s zugeordnet. Die Merkmalsdaten x_{t-1}^s , x_t^s sind repräsentativ für eine laterale Erstreckung, Position und Orientierung des Sensorobjekts s_{t-1} , s_t . Ferner sind dem Sensorobjekt s_{t-1} , s_t Indikatordaten $P_{x_{t-1}}^s$, $P_{x_t}^s$ zugeordnet. Die Indikatordaten $P_{x_{t-1}}^s$, $P_{x_t}^s$ sind repräsentativ für eine Unsicherheit bei der Ermittlung der lateralen Erstreckung, Position bzw. Orientierung.

Des Weiteren sind dem Fusionsobjekt f_{t-1}^j , f_t^j Merkmalsdaten x_{t-1}^f , x_t^f zugeordnet. Die Merkmalsdaten x_{t-1}^f , x_t^f sind repräsentativ für eine laterale Erstreckung, Position und Orientierung des Fusionsobjekts f_{t-1}^j , f_t^j . Ferner sind dem Fusionsobjekt f_{t-1}^j , f_t^j Indikatordaten $P_{x_{t-1}}^f$, $P_{x_t}^f$ zugeordnet. Die Indikatordaten $P_{x_{t-1}}^f$, $P_{x_t}^f$ sind repräsentativ für eine Unsicherheit bei der Ermittlung der lateralen Erstreckung, Position bzw. Orientierung.

Bei dem Verfahren wird abhängig von den Merkmalsdaten x_{t-1}^s , x_{t-1}^f ein Merkmalsfusionszustand $x_{t-1,t}^f$ ermittelt. Der

Merkmalsfusionszustand $x_{t-1,t}^f$ ist repräsentativ für die laterale Erstreckung, Position und Orientierung des Fusionsobjekts f_{t-1}^j zu dem Zeitpunkt t nach Sensordatenfusion mit x_{t-1}^s .

Darüber hinaus wird abhängig von den Merkmalsdaten x_t^s , $x_{t-1,t}^f$ und von den Indikatorwerten $p_{x_t}^s$, $p_{x_{t-1,t}^f}^f$ ein innovierter Merkmalsfusionszustand $x_{t,t}^f$ ermittelt. Der innovierte Merkmalsfusionszustand $x_{t,t}^f$ ist repräsentativ für die laterale Erstreckung, Position und Orientierung des Fusionsobjekts f_t^j zu dem Zeitpunkt t nach Sensordatenfusion mit x_t^s .

Hierauf wird abhängig von dem Merkmalsfusionszustand $x_{t-1,t}^f$, dem innovierten Merkmalsfusionszustand $x_{t,t}^f$ und den Merkmalsdaten x_t^s geprüft, ob der innovierte Merkmalsfusionszustand $x_{t,t}^f$ die Gleichung $\min(x_{t-1,t}^f, x_t^s) \leq x_{t,t}^f \leq \max(x_{t-1,t}^f, x_t^s)$ erfüllt. Im Falle, dass die Gleichung erfüllt ist, wird das innovierte Fusionsobjekt abhängig von dem innovierten Merkmalszustand $x_{t,t}^f$ ermittelt. Anderenfalls wird das Sensorobjekt s_t mittels des use of cross covariance - Algorithmus zu einem Fusionsobjekt f_t^j assoziiert und das innovierte Fusionsobjekt ermittelt.

In vorteilhafter Weise können so insbesondere für den IMF-Algorithmus typische Fehlerfälle vermieden werden, bei denen die Merkmalsdaten x_t^f des Fusionsobjekts f_t^j grob von den Merkmalsdaten x_t^s des Sensorobjekts s_t abweichen. In diesem Fall kann wiederum auf ein alternatives Fusionsverfahren statt des IMF-Algorithmus zurückgegriffen werden.

Der Merkmalsfusionszustand $x_{t-1,t}^f$ sowie der innovierte Merkmalsfusionszustand $x_{t,t}^f$ ist insbesondere repräsentativ für ein zur Überprüfung temporär zwischengespeichertes Ergebnis einer Fusion von Fusionsobjekt und Sensorobjekt gemäß dem IMF-Algorithmus.

Die Gleichung ist insbesondere repräsentativ dafür, dass die aktualisierten Eigenschaften nach der Fusion zwischen den ursprünglichen Eigenschaften und den Eigenschaften des fusionierten Sensorobjekts liegen, verletzt ist. Wird die Gleichung verletzt, so wird das temporär zwischengespeicherte Ergebnis verworfen.

Die entsprechenden Merkmalsdaten können neben der lateralen Erstreckung, Position und Orientierung des jeweiligen Objekts auch weitere Eigenschaften des Objekts umfassen, wie dessen Geschwindigkeits- und Beschleunigungskomponenten sowie Gierrate. Unter der lateralen Erstreckung wird dabei eine Ausdehnung des Objekts parallel sowie quer zur Mess- oder Fahrtrichtung bzw. Längsachse des Fahrzeugs verstanden. Die Orientierung bezeichnet insbesondere einen Winkel, den eine Längsachse des Objekts zu der Mess- oder Fahrtrichtung bzw. Längsachse des Fahrzeugs einschließt. Die Position des Objekts kann beispielhaft einen Referenzpunkt des Objekts bezeichnen, bezüglich dem die weiteren Eigenschaften des Objekts angegeben werden.

Gemäß einem zweiten Aspekt betrifft die Erfindung eine Vorrichtung zur Sensordatenfusion für ein Fahrzeug. Die Vorrichtung ist ausgebildet, ein Verfahren gemäß dem ersten Aspekt auszuführen. Die Vorrichtung kann auch als Sensordatenfusionseinheit bezeichnet werden.

Gemäß einem dritten Aspekt betrifft die Erfindung ein Computerprogramm zur Sensordatenfusion für ein Fahrzeug. Das Computerprogramm umfasst Befehle, die bei der Ausführung des Programms durch einen Computer diesen veranlassen, das Verfahren gemäß dem ersten Aspekt auszuführen.

Gemäß einem vierten Aspekt betrifft die Erfindung ein computerlesbares Speichermedium, auf dem das Computerprogramm gemäß dem vierten Aspekt gespeichert ist.

Ausführungsbeispiele der Erfindung sind im Folgenden anhand der schematischen Zeichnungen näher erläutert.

Es zeigen:

Figur 1 ein beispielhaftes Fahrzeug mit einer Vorrichtung zur Sensordatenfusion;

Figur 2 ein beispielhaftes Ablaufdiagramm eines Verfahrens zur Sensordatenfusion; und

Figur 3 eine beispielhafte Zuordnung eines jeweiligen reduzierten Sensorobjektdatensatzes zu Fusionsobjekten.

Elemente gleicher Konstruktion oder Funktion sind figurenübergreifend mit den gleichen Bezugszeichen versehen.

Im Folgenden wird ein Verfahren zur High-Level-Objektfusion auf Basis des Information Matrix Fusion-Algorithmus (IMF) vorgeschlagen, das einen zuverlässigen Einsatz auf eingebetteten Systemen erlaubt. Anhand des Ausführungsbeispiels der Figur 1 ist ein erfindungsgemäßes

Fahrzeug F mit einer Vorrichtung V zur Sensordatenfusion sowie einer Sensorvorrichtung S1 dargestellt, die zur Erfassung von Objekten, insbesondere anderer Verkehrsteilnehmer und relevanter Eigenschaften derer, und zur Ermittlung eines entsprechenden Sensorobjekts s_t eingerichtet ist. Dabei kann es sich z.B. um einen Kamera-, LiDAR-, Light Detection And Ranging, LaDAR-, Laser Detection And Ranging, RaDAR, Radio Detection And Ranging, Ultraschall-Punktlaser-, oder einen Infrarotsensor handeln. Unabhängig von der verwendeten Methode zur High-Level-Objektfusion wird im Automobilbereich als Ergebnis der Objektfusion üblicherweise eine Liste von Rechtecken bzw. Quadern als Objektrepräsentation ausgegeben, welche erkannte, insbesondere bewegliche, Objekte in der Umgebung des Fahrzeugs F repräsentieren. Figur 1 zeigt ein solches Fusionsobjekt f_t^j , dem als relevante Eigenschaften beispielhaft ein Referenzpunkt A, eine Länge und Breite bezüglich des Referenzpunkts A, eine Orientierung α_f des Fusionsobjekts f_t^j bezüglich eines Referenzkoordinatensystems R des Fahrzeugs F zugeordnet sind. Zudem können dem Fusionsobjekt f_t^j Indikatordaten zugeordnet sein, die repräsentativ sind für eine Unsicherheit bei der Ermittlung der Länge, Breite und Orientierung α_s . Die Unsicherheit kann beispielsweise durch eine Varianz ausgedrückt sein. Figur 1 zeigt ferner ein durch die Sensorvorrichtung S1 ermitteltes Sensorobjekt s_t .

Das Fahrzeug F weist ferner beispielhaft eine weitere Sensorvorrichtung S2 auf, die ebenfalls zur Erfassung der Umgebung des Fahrzeugs F eingerichtet ist. Die Sensorvorrichtungen S1, S2 sind mit der Vorrichtung V zur Sensordatenfusion signaltechnisch gekoppelt. Durch die

Sensorvorrichtungen S1, S2 bereitgestellte Sensorobjektdaten können durch die Vorrichtung V nach einem beliebigen Verfahren zur High-Level-Objektfusion fusioniert und in einem Fusionsobjektdatensatz gespeichert werden.

Bei dem Verfahren zur High-Level-Objektfusion kann es sich um einen rekursiven Schätzprozess auf Basis des Information Matrix Fusion-Algorithmus (IMF) handeln.

Aus der formalen Beschreibung des IMF-Algorithmus ergibt sich, dass zu jedem Sensorobjekt $s_t = \{x_t^s, P_{x_t}^s\}$ mit Eigenschaften x_t^s und deren Unsicherheiten $P_{x_t}^s$, das zum Zeitpunkt t zu einem aus $j = 1 \dots p$ Fusionsobjekten f_t^j fusioniert werden soll, der Zustand des Sensorobjekts s_{t-k} zum letzten Fusionszeitpunkt bekannt sein muss. Da theoretisch sehr große $k \gg 1$ möglich sind, ist es auf einem eingebetteten System mit geringen Speicherressourcen nicht ohne weiteres möglich, alle benötigten Informationen für den IMF-Algorithmus zur Verfügung zu stellen.

Der Vorrichtung V ist in diesem Zusammenhang insbesondere ein Daten- und Programmspeicher zugeordnet, in dem ein Computerprogramm gespeichert ist, das anhand des Ablaufdiagramms der Figur 2 im Folgenden näher erläutert wird.

In einem ersten Schritt P10 werden ein aktuelle Sensorobjektdaten bereitgestellt, die repräsentativ sind für ein durch die Sensorvorrichtung S1 in einer Umgebung des Fahrzeugs F zu einem Zeitpunkt t ermitteltes Sensorobjekt s_t . Insbesondere können in diesem Schritt mehrere Sensorobjektdaten durch die Sensorvorrichtung S1 ermittelt

werden, sodass insgesamt $q > 1$ verschiedene, durch die Sensorvorrichtung S1 ermittelte Sensorobjekte s_t^i , $i = 1 \dots q$ bereitgestellt werden. Beispielsweise werden in dem ersten Schritt P10 darüber hinaus auch aktuelle Sensorobjektdaten der weiteren Sensorvorrichtung S2 bereitgestellt.

Das Programm wird in einem Schritt P20 fortgesetzt, in dem ein Fusionsobjektdatensatz bereitgestellt wird. Der Fusionsobjektdatensatz umfasst Fusionsobjektdaten, die jeweils repräsentativ sind für eines aus $j = 1 \dots p$ in der Umgebung des Fahrzeugs F ermittelte Fusionsobjekte f_t^j , die jeweils zur Sensordatenfusion zu dem Zeitpunkt t vorgesehen sind. Beispielsweise ist der Fusionsobjektdatensatz in einem Datenspeicher der Vorrichtung V hinterlegt und wurde in einem vorangegangenen Fusionsverfahren aus den Sensorobjektdaten der Sensorvorrichtungen S1, S2 ermittelt.

In einem darauffolgenden Schritt P30 wird ein Sensorobjektdatensatz $H = \{s_{t-k}^i | i = 1 \dots m, k = 1 \dots n\}$ bereitgestellt. Der Sensorobjektdatensatz H umfasst historische Sensorobjektdaten, die jeweils repräsentativ sind für eines aus $i = 1 \dots m$ durch die Sensorvorrichtung S1 in der Umgebung des Fahrzeugs F zu einem vorangegangenen Zeitpunkt $t - k$ ermittelte Sensorobjekte s_{t-k}^i , wobei $n, m \geq 1$. Beispielsweise wird in dem ersten Schritt P30 darüber hinaus auch ein Sensorobjektdatensatz der weiteren Sensorvorrichtung S2 bereitgestellt.

Der Sensorobjektdatensatz H kann auch als Assoziationshistorie bezeichnet werden. Eine Fusion ergibt sich erst aus zuvor erfolgter Assoziation von Sensor- und Fusionsobjekt. Statt also alle q von der Sensorvorrichtung S1

zu dem Zeitpunkt t erkannten Sensorobjekte s_t^i , $i = 1 \dots q$ aufzuzeichnen, genügt es, nur die $p \leq q$ tatsächlich zu einem Fusionsobjekt assoziierten Sensorobjekte s_t^i , $i = 1 \dots p$ in die Assoziationshistorie aufzunehmen. In anderen Worten kann in einem dem Schritt P30 vorausgehenden und einem dem Schritt P10, in dem die aktuellen Sensordaten ermittelt werden, nachfolgenden Schritt jeweils eine Auswahl getroffen werden, welche der ermittelten aktuellen Sensordaten in die Assoziationshistorie aufgenommen werden. Dabei kann für jede Sensorvorrichtung S1, S2 eine eigene Assoziationshistorie unabhängig von den Assoziationshistorien anderer Sensorvorrichtungen im Fusionssystem aufgezeichnet werden. Im Folgenden wird daher nur die Assoziationshistorie der Sensorvorrichtung S1 betrachtet.

Das Verfahren wird im Anschluss an den Schritt P30 in einem Schritt P40 fortgesetzt, in dem abhängig von dem Sensorobjektdatensatz H ein reduzierter Sensorobjektdatensatz $H' = \{s_{t-k}^{a_t} \mid k = 1 \dots n\}$ ermittelt wird, wobei $s_t^{a_t}$ ein zum Zeitpunkt t zu einem Fusionsobjekt f_t assoziiertes Sensorobjekt bezeichnet. Der reduzierte Sensorobjektdatensatz H' wird dann jeweils den Fusionsobjekten f_t^j zugeordnet und in den Fusionsobjektdaten hinterlegt.

Für den Sensorobjektdatensatz H ergibt sich die Notwendigkeit von $n > 1$ erst aus einer möglichen Assoziation unterschiedlicher Sensorobjekte zu unterschiedlichen Zeitpunkten zum selben Fusionsobjekt. In der Regel kann aber davon ausgegangen werden, dass die Sensorvorrichtung S1 die Objekte in der Umgebung des Fahrzeugs F durchgehend verfolgt und es allenfalls in dichten Verkehrssituationen zu mehrdeutigen Objektbildungen kommen kann, wobei ein

tatsächliches Objekt in der Umgebung zur Bildung mehrerer (räumlich oder zeitlich getrennter) Sensorobjekte führt. Außerdem wird zu jedem Zeitpunkt maximal ein Objekt der Sensorvorrichtung S1 zu demselben Fusionsobjekt assoziiert.

Daher genügt es, die wenigen jeweils zuletzt zu einem Fusionsobjekt assoziierten Sensorobjekte $s_{t-k}^{a_{t-k}}$, $k = 1..n$ am Fusionsobjekt zu vermerken. Die Historie enthält so nun unterschiedliche Sensorobjekte zu unterschiedlichen Zeitpunkten, $H' = \{s_{t-k}^{a_{t-k}} | k = 1..n\}$. In der Praxis hat sich ein Wert von $n=2$ bewährt, sodass einmalige Mehrdeutigkeiten gehandhabt werden können. Das resultierende Modell bei $n=2$ für die Realisierung der Assoziationshistorie ist in Figur 3 gezeigt. Dabei ist jedem Fusionsobjekt f_t^1 , f_t^2 jeweils ein reduzierter Sensorobjektdatensatz H'_{s_1} der Sensorvorrichtung S1 und ein reduzierter Sensorobjektdatensatz H'_{s_2} der weiteren Sensorvorrichtung S2 zugeordnet. Der reduzierte Sensorobjektdatensatz H'_{s_1} umfasst dabei die zu den Zeitpunkten $t-1$ und $t-2$ assoziierten Sensorobjekte $s_{t-1}^{a_{t-1}}$ und $s_{t-2}^{a_{t-2}}$ der Sensorvorrichtung S1, während der reduzierte Sensorobjektdatensatz H'_{s_2} die zu den Zeitpunkten $t-1$ und $t-2$ assoziierten Sensorobjekte $s_{t-1}^{a_{t-1}}$ und $s_{t-2}^{a_{t-2}}$ der weiteren Sensorvorrichtung S2 umfasst.

In einem darauffolgenden Schritt P50 wird abhängig von dem reduzierten Sensorobjektdatensatz H' das Sensorobjekt s_t zu einem Fusionsobjekt f_t^j assoziiert und ein innoviertes Fusionsobjekt ermittelt.

Hierzu wird zunächst geprüft, ob der dem jeweiligen Fusionsobjekt f_t^j zugeordnete, reduzierte

Sensorobjektdatensatz H' ein zu einem früheren Zeitpunkt $t - k$, $k = 1 \dots n$, assoziiertes Sensorobjekt $s_{t-k}^{a_{t-k}}$ umfasst.

Im Falle, dass der reduzierte Sensorobjektdatensatz H' zu keinem vorangegangenen Zeitpunkt $t - k$, $k = 1 \dots n$, ein assoziiertes Sensorobjekt $s_{t-k}^{a_{t-k}}$ umfasst, wird das Sensorobjekt s_t in einem Schritt P60 mittels des use of cross covariance - Algorithmus zu einem Fusionsobjekt f_t^j assoziiert und das innovierte Fusionsobjekt ermittelt. Anderenfalls wird das Sensorobjekt s_t in einem Schritt P70 mittels des IMF, Information Matrix Fusion, -Algorithmus basierend auf dem reduzierten Sensorobjektdatensatz H' zu einem Fusionsobjekt f_t^j assoziiert und ein innoviertes Fusionsobjekt ermittelt.

Kann aus der wie oben erläutert begrenzten Assoziationshistorie kein zu einem früheren Zeitpunkt fusioniertes Sensorobjekt gefunden werden, beispielsweise bei erstmaliger Fusion des Sensorobjekts oder weil die Wahl von q die Mehrdeutigkeit der Sensorvorrichtung nicht auflösen kann, so findet die Fusion nur mit approximativer Berücksichtigung etwaiger Korrelationen unter Verwendung der „use of cross covariance“-Methode Anwendung.

Das Programm wird anschließend beendet oder gegebenenfalls nach einer vorgegebenen Unterbrechung in dem Schritt P10 mit aktualisiertem Objektdatensatz fortgesetzt.

In einer alternativen Ausführungsvariante ist der Schritt P70 um eine Plausibilisierung des innovierten Fusionsobjekts ergänzt.

In der praktischen Anwendung des IMF Algorithmus zur Fusion der Sensorobjektdaten mehrerer Sensorvorrichtungen auf einem eingebetteten System kann es zu einem Fehlerfall kommen, der zur Bestimmung fusionierter Eigenschaften führt, die grob von den von der entsprechenden Sensorvorrichtung berichteten Eigenschaften abweichen.

Dem jeweiligen Sensorobjekt s_{t-1} , s_t sind in dieser Ausführungsvariante Merkmalsdaten x_{t-1}^s , x_t^s zugeordnet, die repräsentativ sind für die durch die Sensorvorrichtung berichteten Eigenschaften wie einer lateralen Erstreckung, Position und Orientierung des Sensorobjekts s_{t-1} , s_t . Darüber hinaus sind dem jeweiligen Sensorobjekt s_{t-1} , s_t Indikatordaten $p_{x_{t-1}}^s$, $p_{x_t}^s$ zugeordnet, die repräsentativ sind für eine Unsicherheit bei der Ermittlung der Eigenschaften.

Ebenso sind dem jeweiligen Fusionsobjekt f_{t-1}^j , f_t^j Merkmalsdaten x_{t-1}^f , x_t^f , die repräsentativ sind für Eigenschaften des entsprechenden Fusionsobjekts f_{t-1}^j , f_t^j und Indikatordaten $p_{x_{t-1}}^f$, $p_{x_t}^f$, die repräsentativ sind für eine Unsicherheit bei der Ermittlung der Eigenschaften, zugeordnet.

In einem dem Schritt P50 nachfolgenden Schritt P72 wird abhängig von den Merkmalsdaten x_{t-1}^s , x_{t-1}^f ein Merkmalsfusionszustand $x_{t-1;t}^f$ ermittelt, der repräsentativ ist für die Eigenschaften des Fusionsobjekts f_{t-1}^j zu dem Zeitpunkt t nach Sensordatenfusion mit x_{t-1}^s .

Daraufhin wird in einem Schritt P74 abhängig von den Merkmalsdaten x_t^s , $x_{t-1;t}^f$ und von den Indikatordaten $p_{x_t}^s$, $p_{x_{t-1;t}}^f$

ein innovierter Merkmalsfusionszustand $x_{t,t}^f$ ermittelt, der repräsentativ ist für die Eigenschaften des Fusionsobjekts f_t^j zu dem Zeitpunkt t nach der Sensordatenfusion mit x_t^s .

Schließlich wird in einem Schritt P76 abhängig von dem Merkmalsfusionszustand $x_{t-1,t}^f$, dem innovierten Merkmalsfusionszustand $x_{t,t}^f$ und den Merkmalsdaten x_t^s geprüft, ob der innovierte Merkmalsfusionszustand $x_{t,t}^f$ die Gleichung $\min(x_{t-1,t}^f, x_t^s) \leq x_{t,t}^f \leq \max(x_{t-1,t}^f, x_t^s)$ erfüllt. In anderen Worten wird in dem Schritt P76 geprüft, ob die intuitive Annahme, dass die aktualisierten Eigenschaften nach der Fusion zwischen den ursprünglichen Eigenschaften und den Eigenschaften des fusionierten Sensor-Objekts liegen, verletzt ist.

Im Falle, dass die Gleichung erfüllt ist, wird das innovierte Fusionsobjekt in dem Schritt P70 abhängig von dem innovierten Merkmalszustand $x_{t,t}^f$ ermittelt. Anderenfalls wird das Sensorobjekt s_t in dem Schritt P60 mittels des use of cross covariance -Algorithmus zu einem Fusionsobjekt f_t^j assoziiert und das innovierte Fusionsobjekt ermittelt.

Zur Behandlung dieses Fehlerfalls wird die IMF-Fusion von Fusions- und Sensor-Objekt insbesondere wie gehabt ausgeführt und das Ergebnis zur Überprüfung temporär zwischengespeichert. Verletzt das Ergebnis die oben beschriebene intuitive Annahme, so wird das temporäre Ergebnis verworfen. Es findet stattdessen eine Fusion nur mit approximativer Berücksichtigung etwaiger Korrelationen unter Verwendung der „use of cross covariance“-Methode statt.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Sensordatenfusion für ein Fahrzeug (F), wobei dem Fahrzeug (F) eine Sensorvorrichtung (S1) zugeordnet ist, und bei dem Verfahren
 - aktuelle Sensorobjektdaten bereitgestellt werden, die repräsentativ sind für ein durch die Sensorvorrichtung (S1) in einer Umgebung des Fahrzeugs (F) zu einem Zeitpunkt t ermitteltes Sensorobjekt s_t ;
 - ein Fusionsobjektdatensatz bereitgestellt wird, umfassend Fusionsobjektdaten, die jeweils repräsentativ sind für eines aus $j=1 \dots p$ in der Umgebung des Fahrzeugs (F) ermittelte Fusionsobjekte f_t^j , die jeweils zur Sensordatenfusion zu dem Zeitpunkt t vorgesehen sind;
 - ein Sensorobjektdatensatz $H = \{s_{t-k}^i | i=1 \dots m, k=1 \dots n\}$ bereitgestellt wird, umfassend historische Sensorobjektdaten, die jeweils repräsentativ sind für eines aus $i=1 \dots m$ durch die Sensorvorrichtung (S1) in der Umgebung des Fahrzeugs (F) zu einem vorangegangenen Zeitpunkt $t-k$ ermittelte Sensorobjekte s_{t-k}^i , wobei $n, m \geq 1$;
 - abhängig von dem Sensorobjektdatensatz H ein reduzierter Sensorobjektdatensatz $H' = \{s_{t-k}^{a_{t-k}} | k=1 \dots n\}$ ermittelt wird, wobei $s_t^{a_t}$ ein zum Zeitpunkt t zu einem Fusionsobjekt f_t assoziiertes Sensorobjekt bezeichnet;
 - abhängig von dem reduzierten Sensorobjektdatensatz H' das Sensorobjekt s_t zu einem Fusionsobjekt f_t^j assoziiert und ein innoviertes Fusionsobjekt ermittelt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem gilt: $1 \leq n \leq 5$, bevorzugt $n = 2$.

3. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem
 - das Sensorobjekt s_t mittels des IMF, Information Matrix Fusion, -Algorithmus zu einem Fusionsobjekt f_t^j assoziiert und das innovierte Fusionsobjekt ermittelt wird.
4. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem
 - der reduzierte Sensorobjektdatensatz H' jeweils den Fusionsobjekten f_t^j zugeordnet und in den Fusionsobjektdaten hinterlegt wird, und
 - abhängig von dem Fusionsobjektdatensatz das Sensorobjekt s_t zu einem Fusionsobjekt f_t^j assoziiert und das innovierte Fusionsobjekt ermittelt wird.
5. Verfahren nach Anspruch 4, bei dem
 - im Falle, dass der einem jeweiligen Fusionsobjekt f_t^j zugeordnete, reduzierte Sensorobjektdatensatz H' zu keinem vorangegangenen Zeitpunkt $t-k$, $k=1\dots n$, ein assoziiertes Sensorobjekt $s_{t-k}^{a_{t-k}}$ umfasst, das Sensorobjekt s_t mittels des use of cross covariance -Algorithmus zu einem Fusionsobjekt f_t^j assoziiert und das innovierte Fusionsobjekt ermittelt wird.
6. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem
 - dem Sensorobjekt s_{t-1} , s_t Merkmalsdaten x_{t-1}^s , x_t^s , die repräsentativ sind für eine laterale Erstreckung, Position und Orientierung des Sensorobjekts s_{t-1} , s_t und Indikator Daten $P_{x_{t-1}}^s$, $P_{x_t}^s$, die repräsentativ sind für eine Unsicherheit bei der Ermittlung der lateralen Erstreckung, Position bzw. Orientierung, zugeordnet sind;

- dem Fusionsobjekt f_{t-1}^j , f_t^j Merkmalsdaten x_{t-1}^f , x_t^f , die repräsentativ sind für eine laterale Erstreckung, Position und Orientierung des Fusionsobjekts f_{t-1}^j , f_t^j und Indikatorordaten $P_{x_{t-1}}^f$, $P_{x_t}^f$, die repräsentativ sind für eine Unsicherheit bei der Ermittlung der lateralen Erstreckung, Position bzw. Orientierung, zugeordnet sind;
- abhängig von den Merkmalsdaten x_{t-1}^s , x_{t-1}^f ein Merkmalsfusionszustand $x_{t-1,t}^f$ ermittelt wird, der repräsentativ ist für die laterale Erstreckung, Position und Orientierung des Fusionsobjekts f_{t-1}^j zu dem Zeitpunkt t nach Sensordatenfusion mit x_{t-1}^s ;
- abhängig von den Merkmalsdaten x_t^s , $x_{t-1,t}^f$ und von den Indikatorordaten $P_{x_t}^s$, $P_{x_{t-1,t}}^f$ ein innovierter Merkmalsfusionszustand $x_{t,t}^f$ ermittelt wird, der repräsentativ ist für die laterale Erstreckung, Position und Orientierung des Fusionsobjekts f_t^j zu dem Zeitpunkt t nach Sensordatenfusion mit x_t^s ;
- abhängig von dem Merkmalsfusionszustand $x_{t-1,t}^f$, dem innovierten Merkmalsfusionszustand $x_{t,t}^f$ und den Merkmalsdaten x_t^s geprüft wird, ob der innovierte Merkmalsfusionszustand $x_{t,t}^f$ die Gleichung $\min(x_{t-1,t}^f, x_t^s) \leq x_{t,t}^f \leq \max(x_{t-1,t}^f, x_t^s)$ erfüllt, wobei im Falle, dass die Gleichung erfüllt ist, das innovierte Fusionsobjekt abhängig von dem innovierten Merkmalszustand $x_{t,t}^f$ ermittelt wird, und anderenfalls, das Sensorobjekt s_t mittels des use of cross covariance -Algorithmus zu einem Fusionsobjekt f_t^j assoziiert und das innovierte Fusionsobjekt ermittelt wird.

7. Vorrichtung (V) zur Sensordatenfusion für ein Fahrzeug (F), wobei die Vorrichtung (V) ausgebildet ist, ein Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche 1 bis 6 auszuführen.
8. Computerprogramm zur Sensordatenfusion für ein Fahrzeug (F), umfassend Befehle, die bei der Ausführung des Computerprogramms durch einen Computer diesen veranlassen, das Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6 auszuführen.
9. Computerlesbares Speichermedium, auf dem das Computerprogramm nach Anspruch 8 gespeichert ist.

Fig. 1

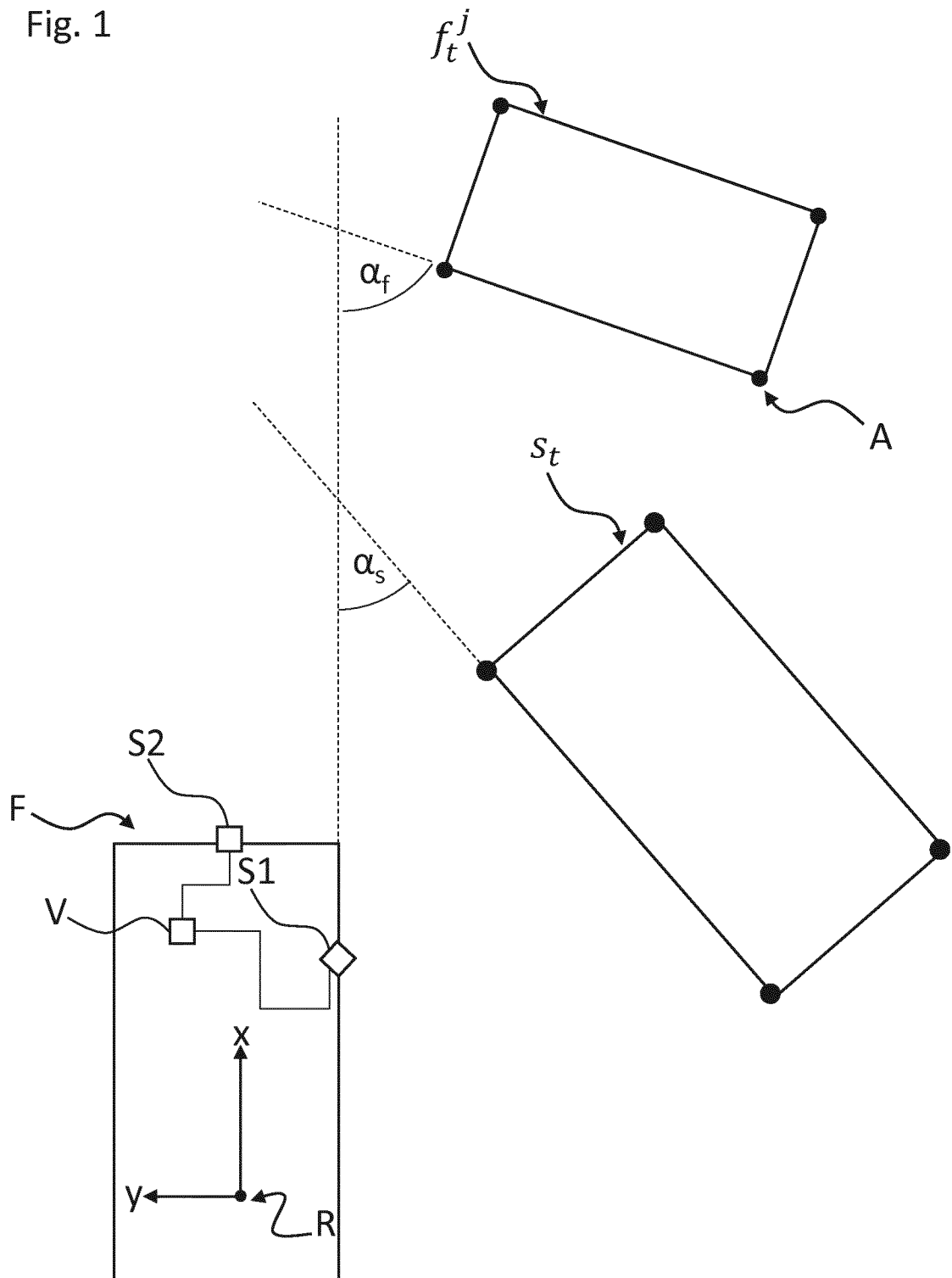


Fig. 2

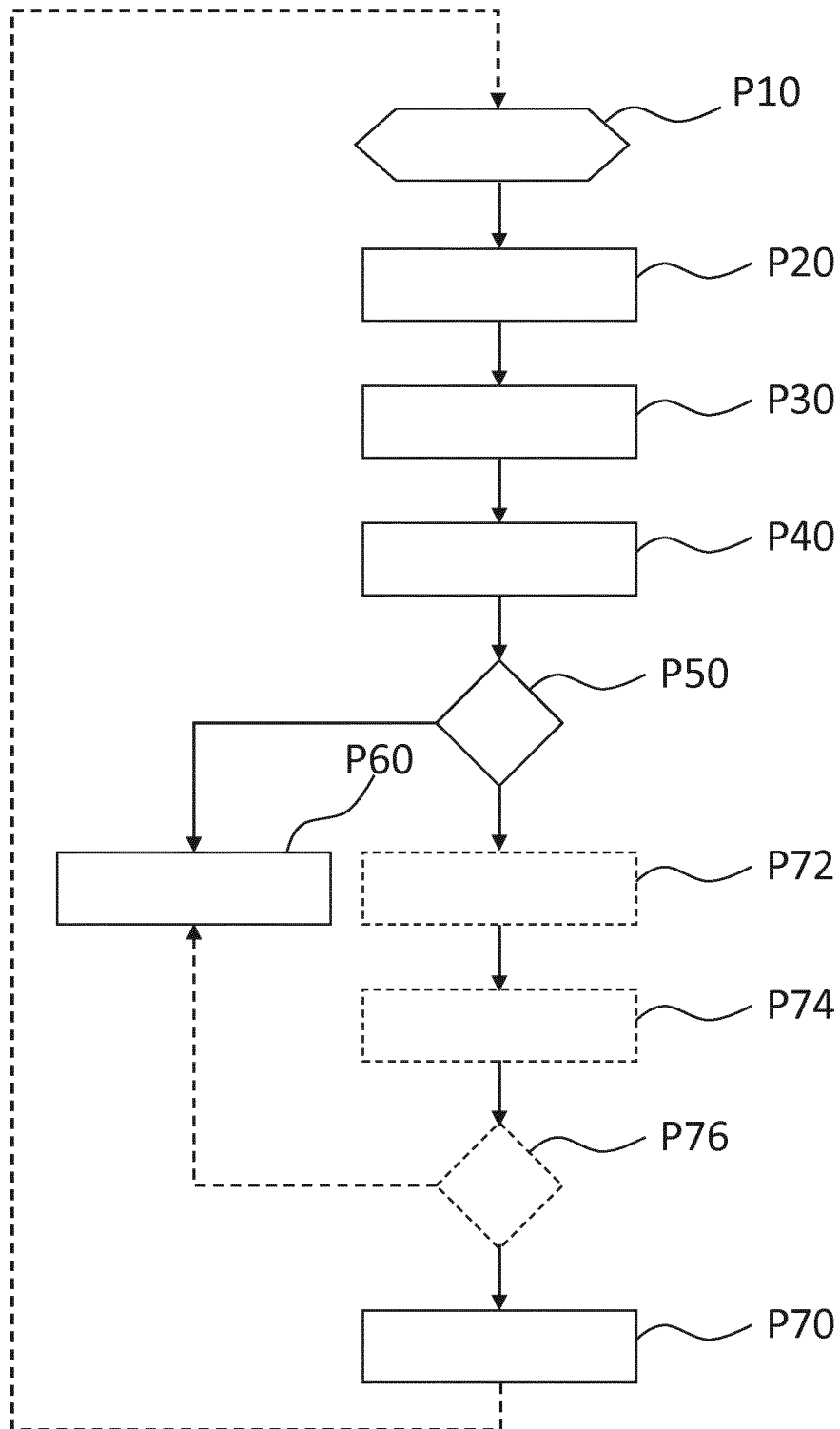
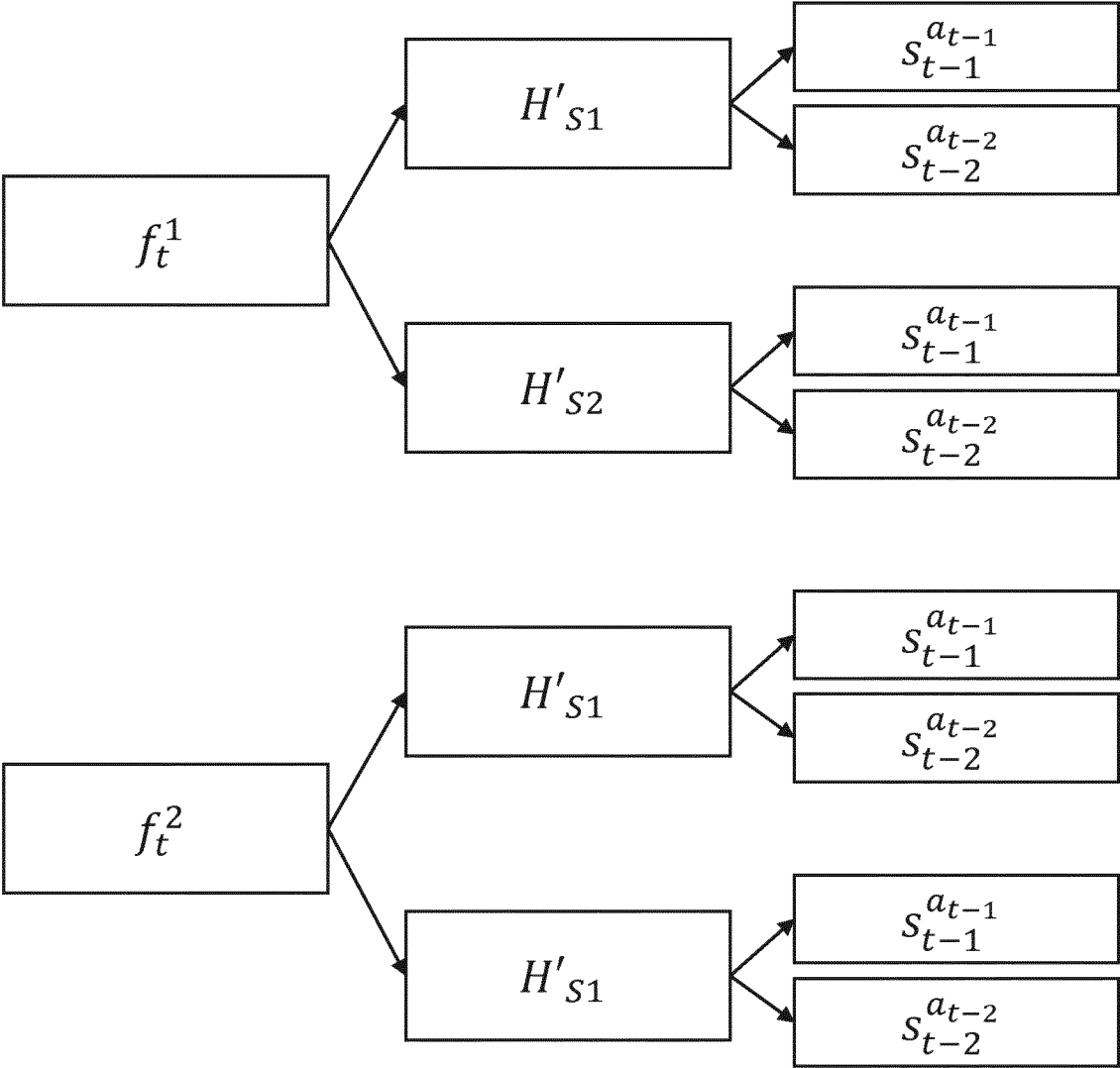


Fig. 3



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2019/079224**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**

G01S 15/931(2020.01)i; **G01S 7/539**(2006.01)i; **G01S 7/295**(2006.01)i; **G01S 7/53**(2006.01)i; **G01S 13/66**(2006.01)i;
G01S 13/86(2006.01)i; **G01S 13/931**(2020.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01S

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, INSPEC, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2008300787 A1 (ZENG SHUQING [US]) 04 December 2008 (2008-12-04) abstract; figures 1-10 paragraph [0003] - paragraph [0012] paragraph [0017] - paragraph [0051] paragraph [0077]; claim 32	1-9
X	WO 03008995 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]; KLOTZ ALBRECHT [DE] ET AL.) 30 January 2003 (2003-01-30) abstract; figures 1-8 page 1, line 1 - page 29, line 16	1,3-9
X	DE 102008001672 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 12 November 2009 (2009-11-12) abstract; figures 1-7 paragraph [0001] - paragraph [0044]	1,7-9

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
 “E” earlier application or patent but published on or after the international filing date
 “L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
 “O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
 “P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
 “X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
 “Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
 “&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

13 January 2020

Date of mailing of the international search report

23 January 2020

Name and mailing address of the ISA/EP

**European Patent Office
 p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk
 Netherlands**

Telephone No. (+31-70)340-2040

Facsimile No. (+31-70)340-3016

Authorized officer

Zaneboni, Thomas

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2019/079224

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
US	2008300787	A1	04 December 2008	NONE	
WO	03008995	A1	30 January 2003	DE 10133945 A1	06 February 2003
				EP 1412773 A1	28 April 2004
				US 2005021201 A1	27 January 2005
				WO 03008995 A1	30 January 2003
DE	102008001672	A1	12 November 2009	NONE	

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES		
INV.	G01S15/931 G01S13/86	G01S7/539 G01S13/931
	G01S7/295	G01S7/53 G01S13/66
ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE		
Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) G01S		
Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe) EPO-Internal, INSPEC, WPI Data		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 2008/300787 A1 (ZENG SHUQING [US]) 4. Dezember 2008 (2008-12-04) Zusammenfassung; Abbildungen 1-10 Absatz [0003] - Absatz [0012] Absatz [0017] - Absatz [0051] Absatz [0077]; Anspruch 32 -----	1-9
X	WO 03/008995 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]; KLOTZ ALBRECHT [DE] ET AL.) 30. Januar 2003 (2003-01-30) Zusammenfassung; Abbildungen 1-8 Seite 1, Zeile 1 - Seite 29, Zeile 16 -----	1,3-9
X	DE 10 2008 001672 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 12. November 2009 (2009-11-12) Zusammenfassung; Abbildungen 1-7 Absatz [0001] - Absatz [0044] -----	1,7-9
☐ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen ☒ Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche 13. Januar 2020		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts 23/01/2020
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter Zaneboni, Thomas

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2019/079224

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2008300787 A1	04-12-2008	KEINE	
WO 03008995 A1	30-01-2003	DE 10133945 A1	06-02-2003
		EP 1412773 A1	28-04-2004
		US 2005021201 A1	27-01-2005
		WO 03008995 A1	30-01-2003
DE 102008001672 A1	12-11-2009	KEINE	