



(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2019 216 517.6**
 (22) Anmeldetag: **25.10.2019**
 (43) Offenlegungstag: –
 (45) Veröffentlichungstag
 der Patenterteilung: **18.03.2021**

(51) Int Cl.: **G01D 21/02 (2006.01)**

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

(73) Patentinhaber:
**Daimler AG, Stuttgart, DE; Robert Bosch GmbH,
 70469 Stuttgart, DE**

(74) Vertreter:
**Maiwald Patentanwalts- und
 Rechtsanwaltsgesellschaft mbH, 80335 München,
 DE**

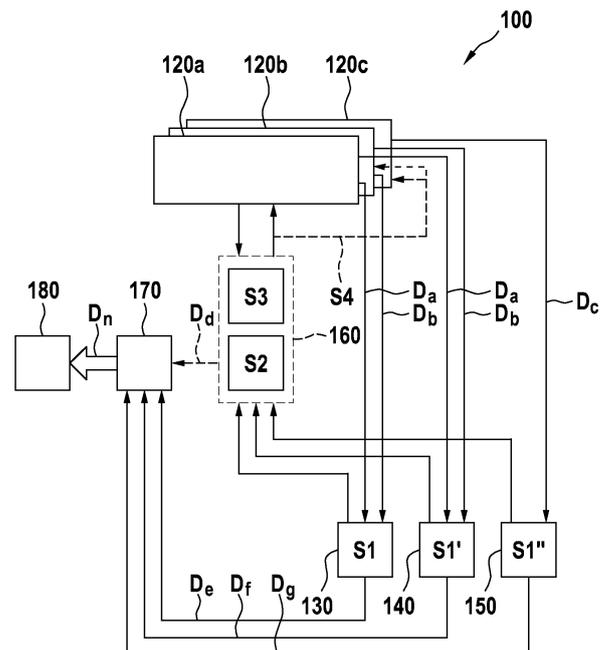
(72) Erfinder:
**Mühlmann, Karsten, Dr., 70499 Stuttgart, DE;
 Keller, Christoph, Dr., 70176 Stuttgart, DE; Maier,
 Christian, 73249 Wernau, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	10 2015 212 218	A1
DE	10 2018 203 117	A1

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Synchronisation zumindest zweier Sensor-Systeme**

(57) Zusammenfassung: Es wird ein Verfahren zur Synchronisation einer Mehrzahl von Sensor-Systemen in Bezug auf eine jeweilige Phase für eine Bereitstellung von Daten vorgeschlagen, wobei die Sensor-Systeme jeweils periodisch die Daten bereitstellen, mit den Schritten:
 Generieren einer Phasen-Anforderung von zumindest einer Auswerte-Komponente für jede der Mehrzahl von Sensor-Systemen, wobei die zumindest eine Auswerte-Komponente eingerichtet ist, die Daten der Mehrzahl der Sensor-Systeme zu empfangen;
 Prüfen aller Phasen-Anforderungen auf Ausführbarkeit;
 Generieren von Soll-Phasen-Anforderungen, sofern die Phasen-Anforderungen als ausführbar geprüft wurden;
 Übermitteln der jeweiligen Soll-Phasen-Anforderungen an die jeweiligen Sensor-Systeme, zur Synchronisation der Phasen der Mehrzahl der unterschiedlichen Sensor-Systeme.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Synchronisation einer Mehrzahl von Sensor-Systemen in Bezug auf eine jeweilige Phase für eine Bereitstellung von Daten, wobei die Sensor-Systeme jeweils periodisch Daten bereitstellen.

Stand der Technik

[0002] Für ein zumindest teilautomatisierte mobile Plattform werden Daten aus mehreren auch unterschiedlichen Sensormodalitäten wie beispielsweise digitale Kameradaten, RADAR-Daten, LIDAR-Daten oder Ultraschall-Daten für eine möglichst vollständige und sichere Erfassung der Umgebung benötigt. Damit kann auch eine gewisse Robustheit gegenüber Unzulänglichkeiten oder Fehlfunktionen einzelner Sensormodalitäten erreicht werden. Für eine Sensordaten-Fusion ist es besonders günstig die Daten der unterschiedlichen Sensormodalitäten zeitlich einander zuordnen zu können. Bauartbedingt haben unterschiedliche Sensormodalitäten unterschiedliche Abstraten und ein Daten-Aufnahmezeitpunkt kann bei vielen der Sensormodalitäten nicht frei gewählt werden.

[0003] Bei den typischerweise eingesetzten Sensor-Systemen für zumindest teilautomatisierte mobile Plattformen werden die unterschiedlichen Sensormodalitäten entweder gar nicht synchronisiert, wie beispielsweise bei einem Notbrems-System aus RADAR- und Video-System, oder es wird eine feste Synchronisation eingerichtet, wie beispielsweise zwischen vier Kameras eines Rundum-Kamera-Systems zum Einparken.

[0004] Die DE 10 2018 203 117 A1 beschreibt ein Radarsensorsystem, mit einer definierten Anzahl von HF-Bauelementen, wobei jedes der HF-Bauelemente jeweils wenigstens eine Antenne zum Senden und/oder Empfangen von Radarwellen und wenigstens eine Antennensteuerung zum Betreiben der wenigstens einen Antenne aufweist. Weiterhin hat das System ein Synchronisationsnetzwerk, das mit allen HF-Bauelementen verbunden ist und über das eine Betriebsfrequenz aller HF-Bauelemente synchronisierbar ist, wobei ein Synchronisations-Master nach wenigstens einem definierten Kriterium von allen HF-Bauelementen bereitstellbar ist. Auf diese Weise soll die Funktion des Synchronisations-Masters für die Betriebsfrequenz von allen HF-Bauelementen übernommen werden.

[0005] Die DE 10 2015 212 218 A1 beschreibt ein Multisensorsystem, mit wenigstens zwei Sensoreinheiten, bei welchem die Sensoren auf Basis von dezentral in den Sensoreinheiten angebrachten internen Uhren zu vorgegebenen Zielzeitpunkten angesteuert werden können, um Daten aufzuzeich-

nen. Die Triggerung der Sensormessungen und die Zuweisung der Messdaten zu den entsprechenden Messzeitpunkten erfolgt somit dezentral in den Sensoreinheiten. Damit alle Messzeitpunkte auf einer gemeinsamen Uhrzeit basieren, können die einzelnen Sensoreinheiten des Multisensorsystems mittels eines Synchronisationssignals synchronisiert werden.

Offenbarung der Erfindung

[0006] Eine feste Synchronisation zwischen den Zeitpunkten für die Bereitstellung von Daten unterschiedlicher Sensor-Systeme, beispielsweise für eine Sensor-Daten-Fusion oder eine Sensor-Onlinekalibrierung, würde schwer zu erfüllende Anforderungen an die Kommunikation zwischen den Systemen stellen und aufgrund dieser Kopplung könnte der Ausfall eines Systems systemweite Ausfall-Auswirkungen in Bezug auf die Bereitstellung von Daten nach sich ziehen.

[0007] Die vorliegende Erfindung offenbart ein Verfahren zur Synchronisation einer Mehrzahl von Sensor-Systemen, ein Verfahren zur Ansteuerung, eine Vorrichtung, ein Computerprogramm, sowie ein maschinenlesbares Speichermedium gemäß den Merkmalen der unabhängigen Ansprüche, das die oben beschriebenen Aufgaben zumindest zum Teil löst. Vorteilhafte Ausgestaltungen sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche sowie der nachfolgenden Beschreibung.

[0008] Die Erfindung beruht auf der Erkenntnis, dass bei einer Mehrzahl von Sensor-Systemen, die in modernen Fahrzeugen verbaut sind, durch iterative Verschiebung des Zeitpunkts einer periodischen Datenbereitstellung, eine Synchronisation der Mehrzahl von Sensor-System möglich ist.

[0009] In dieser gesamten Beschreibung der Erfindung ist die Abfolge von Verfahrensschritten so dargestellt, dass das Verfahren leicht nachvollziehbar ist. Der Fachmann wird aber erkennen, dass viele der Verfahrensschritte auch in einer anderen Reihenfolge durchlaufen werden können und zu dem gleichen oder einem entsprechenden Ergebnis führen. In diesem Sinne kann die Reihenfolge der Verfahrensschritte entsprechend geändert werden.

[0010] Gemäß einem Aspekt wird ein Verfahren zur Synchronisation einer Mehrzahl von Sensor-Systemen in Bezug auf eine jeweilige Phase für eine Bereitstellung von Daten vorgeschlagen, wobei die Sensor-Systeme jeweils periodisch die Daten bereitstellen.

[0011] In einem Schritt wird eine Phasen-Anforderung von zumindest einer Auswerte-Komponente für jede der Mehrzahl von Sensor-Systemen generiert, wobei die zumindest eine Auswerte-Komponente eingerichtet ist die Daten der Mehrzahl der Sensor-System

teme zu empfangen. In einem weiteren Schritt werden alle Phasen-Anforderungen auf Ausführbarkeit geprüft. In einem weiteren Schritt werden Soll-Phasen-Anforderungen generiert, sofern die Phasen-Anforderungen als ausführbar geprüft wurden. Die jeweiligen Soll-Phasen-Anforderungen werden in einem weiteren Schritt an die jeweiligen Sensor-Systeme, zur Synchronisation der Phasen der Mehrzahl der unterschiedlichen Sensor-Systeme übermittelt.

[0012] Dabei ist eine „Phase“ ein Phasenwinkel oder Zeitversatz zwischen periodisch bereitgestellten Daten eines Sensor-Systems und einem im Sensor-System oder außerhalb des Sensor-Systems bereitgestellten periodischen Taktsignal.

Eine „Phasen-Anforderung“ für ein Sensor-System ist eine Anforderung an das Sensor-System, seine Daten in einer bestimmten Phasenbeziehung und/oder Zeitbeziehung zur Datenbereitstellung der anderen Sensor-Systeme und/oder einem bereitgestellten Taktsignal bereitzustellen. Beispielsweise kann die Phasen-Anforderung für ein Sensor-System lauten, dass die Bereitstellung seiner Daten gleichzeitig, also phasengleich, oder aber nicht gleichzeitig, d.h. phasenversetzt, zur Datenbereitstellung eines anderen Sensor-Systems erfolgen soll.

[0013] Eine „Soll-Phasen-Anforderung“ eines Sensor-Systems ist der Sollwert einer Phase und/oder einem Zeitversatz, mit der dieses Sensor-System seine Daten bereitstellen soll.

[0014] Beispiele für unterschiedliche Sensor-Systeme bzw. Sensormodalitäten sind digitale Kamera-Systeme, RADAR-Systeme, LIDAR-Systeme oder Ultraschall-Systeme. Dabei können in der Mehrzahl von Sensor-System sowohl gleiche Typen von Sensorsystemen enthalten sein als auch unterschiedliche Sensor-Systeme.

[0015] Dabei kann die Synchronisation zumindest eines Teils der Mehrzahl von Sensor-System so eingerichtet werden, dass beispielsweise identische Sensor-Systeme ihre Daten abwechselnd bereitstellen, womit erreicht wird, dass die Sensor-Systeme sich im Betrieb nicht gegenseitig beeinflussen. Beispielsweise ist nämlich für RADAR-Systeme in einem überlappenden räumlichen Bereich die gleichzeitige Aktivität zweier RADAR-Systeme zumindest ungünstig.

[0016] Außerdem kann eine solche Synchronisation von identischen Sensor-Systemen im Sinne eines versetzten Intervalls für die Funktion nützlich, um eine höhere wirksame Abtastrate bzw. Datendichte der auf diese Art und Weise kombinierten Sensor-Systeme ermöglichen.

[0017] Sofern die jeweilige periodische Bereitstellung von Daten eines ersten Sensorsystems ein Viel-

faches des zweiten Sensor-Systems beträgt, kann die Synchronisation auch auf dieses Vielfache gerichtet werden.

[0018] Sensor-Systeme, die ein identisches Intervall für die Bereitstellung ihrer Daten aufweisen, können für eine einfache Sensordaten-Fusion entsprechend diesem Verfahren zur Synchronisation der Bereitstellung der Daten diese Daten zu gleichen Zeitpunkten bereitstellen. D.h. dabei wären die Sensor-Systeme gleichzeitig aktiv.

Dabei ist mit einem Zeitpunkt der Bereitstellung von Daten ein Zeitpunkt der Aufnahme der Daten zu verstehen.

[0019] Die Bereitstellung von Daten von Sensor-Systemen, die mit dem beschriebenen Verfahren synchronisiert werden, sind robust gegenüber einem Ausfall einzelner Sensor-Systeme, da bei dieser Form der Synchronisation keines der Sensor-Systeme auf eine Bereitstellung von Daten eines anderen Sensor-Systems wartet.

[0020] Eine Mehrzahl von Sensor-Systeme kann eine kleine Anzahl von Sensor-Systemen beispielsweise zwei oder drei Sensor-Systeme umfassen, die Mehrzahl kann auch 100 Sensor-Systeme umfassen oder eine noch viel höhere Anzahl von Sensor-Systeme kann mit diesem Verfahren synchronisiert werden.

[0021] Gemäß einem Aspekt des Verfahrens wird vorgeschlagen, dass zumindest eines der Mehrzahl der unterschiedlichen Sensor-Systeme eingerichtet ist, die Daten so lange entsprechend den jeweiligen Soll-Phasen-Anforderungen bereitzustellen, bis neue Soll-Phasen-Anforderungen an das Sensor-System übermittelt werden.

[0022] Damit wird erreicht, dass mit diesem Verfahren synchronisierte Sensor-Systeme robust gegen einen Ausfall eines zentralen Synchronisation-Systems ist, da die Sensor-Systeme ihre Daten entsprechend einem vorgegebenen Taktsignal weiter der entsprechenden Auswerte-Komponente bereitstellen können.

[0023] Gemäß einem Aspekt des Verfahrens wird vorgeschlagen, dass zumindest eines der Mehrzahl der unterschiedlichen Sensor-Systeme eingerichtet ist, bei Ausfall eines externen Taktsignales, auf das die Phase für eine Bereitstellung von Daten referenziert, die Daten entsprechend den Soll-Phasen-Anforderungen bereitzustellen.

[0024] Dies kann beispielsweise dadurch erreicht werden, dass die Sensor-Systeme ein internes Takt-System aufweisen, das zumindest für eine gewisse Zeit gewährleistet, dass eine gewisse Synchronität der bereitgestellten Daten der Mehrzahl der Sensor-

Systeme gewährleistet ist. Dies erhöht die Sicherheit einer zumindest teilweise automatisierten Plattform für den Fall eines Ausfalls von Sensor-Systemen, beispielsweise um die zumindest teilweise automatisierte Plattform in der gewissen Zeit in einen sicheren Fahrzustand zu versetzen.

[0025] Gemäß einem Aspekt werden Verfahrensschritte für das Prüfen aller Phasen-Anforderungen auf Ausführbarkeit vorgeschlagen. In einem Schritt wird jede der Mehrzahl von Phasen-Anforderungen für jedes Sensor-System mit einer Spezifikation des jeweiligen Sensor-Systems abgeglichen. In einem weiteren Schritt werden aller Phasen-Anforderungen mit gespeicherten Phasen-Anforderungs-Szenarien für unterschiedliche Fahrzustände abgeglichen. Die Mehrzahl der Phasen-Anforderungen werden in einem weiteren Schritt als ausführbar bestimmt, wenn die Phasen-Anforderungen zumindest einer der beiden Abgleiche erfüllt sind.

[0026] Für unterschiedliche Fahrzustände können Phasen-Anforderungs-Szenarien offline erstellt bzw. optimiert werden, sodass der Abgleich mit den Phasen-Anforderungen von zumindest einer Auswerte Komponente als einfacher Vergleich ausgestaltet werden kann.

[0027] Dieses Verfahren der Synchronisation einer Mehrzahl von Sensor-System macht es möglich, weitere Sensor-Systeme zu der Mehrzahl von Sensor-System hinzuzufügen, ohne dass eine Kompatibilität mit den anderen Sensor-System einzeln überprüft werden muss. Auch können neue Anforderungen einer Auswerte-Komponente oder einer zusätzlichen Auswerte Komponente leicht integriert werden. Außerdem ist durch das Überprüfen der Phasen-Anforderungen das Gesamtsystem aus der Mehrzahl von Sensor-Systemen und Auswerte-Komponenten sicherer in Bezug auf neue Konfigurationen.

[0028] Gemäß einem Aspekt wird vorgeschlagen, dass, wenn zumindest eine der Mehrzahl der Phasen-Anforderungen als nicht ausführbar geprüft wurde, entweder eine Mehrzahl von Soll-Phasen-Anforderungen auf der Grundlage der Mehrzahl der Phasen-Anforderungen durch Optimierung generiert und auf Ausführbarkeit geprüft werden, oder ein erstes Fehlersignal an einen Fehler-Manager übertragen wird, wenn die Prüfung auf Ausführbarkeit der durch Optimierung generierten Soll-Phasen-Anforderungen als nicht ausführbar geprüft wurden.

[0029] Eine solche Optimierung basiert auf einer Anzahl von Einzel-Optimierungszielen, die jeweils für jeden der verwendeten Sensortypen und jede Kombination der verwendeten Sensortypen für eine Optimierung hinterlegt werden können. Dabei können für eine Festlegung von Einzel-Optimierungszielen zum einen gegenseitiger förderlicher oder störender

Interaktionen unterschiedlicher Sensoren bzw. unterschiedlicher Sensortypen bestimmt werden und entsprechend als jeweiliges Einzel-Optimierungsziel entsprechend den Sensoren bzw. Sensortypen gespeichert werden.

Zum anderen können für eine Festlegung von Einzel-Optimierungszielen Sensor-Fusionsszenarien bzw. Sensortyp-Fusionsszenarien, beispielsweise zur Maximierung einer Informationsgewinnung, für die entsprechende Kombination von Sensortypen bzw. Sensoren bestimmt und entsprechend gespeichert werden, um entsprechende Einzel-Optimierungsziele zu definieren.

Ein Ziel einer solchen Optimierung besteht dann darin, möglichst viele Einzel-Optimierungsziele widerspruchsfrei zu gewährleisten.

[0030] Solche Einzel-Optimierungsziele können sich beispielsweise auf einer Messfrequenz oder ein Gesichtsfeld (engl.: „field of view“) einzelner Sensortypen beziehen. In Bezug auf eine Kombination unterschiedlicher Sensortypen bzw. einer Anzahl von gleichen Sensortypen kann sich ein solches Einzel-Optimierungsziel auf eine Synchronisation von Meßzeitpunkten unterschiedlicher Sensoren bzw. unterschiedlicher Sensortypen beziehen.

[0031] Mit anderen Worten soll optimiert werden, dass möglichst viele solcher Anforderungen bzw. Einzel-Optimierungsziele erfüllt werden, wobei beispielsweise ein Trigger-Plan-Manager zusätzlich überprüfen und sicherstellen muss, dass dieser Einzel-Optimierungsziele erfüllbar sind. Ein Optimum wäre erreicht, wenn alle Einzel-Optimierungsziele durch entsprechende Anpassung von Soll-Phasen-Anforderungen gleichzeitig erfüllt werden können.

[0032] Beispiele für solche Einzel-Anforderungen bzw. Einzel-Optimierungsziele sind im Folgenden genannt.

- Zwei Radar-Sensoren sollen nicht gleichzeitig in dasselbe Field-of-View senden, da dann beim gemessenen Rückstrahl-Signal die Grundannahme (pro Radar-Sensor) „Gemessenes_Signal = Funktion von: (Gesendetes_Signal, Szene)“ verletzt ist, weil zwei verschiedene Sensoren in die Szene senden und sich nicht mehr trennen lassen. Also sollen alle Radar-Sensoren in ihren Überlapp-Bereichen des jeweiligen Gesichtsfeldes einzeln messen.

- Jeweils ein Video- und ein Lidar-Sensor sollen in ihrem Überlappbereich (möglichst) gleichzeitig messen, da man dann die Bewegung der Objekte vernachlässigen kann und z.B. Klassifikationsergebnisse aus dem Videobild für die Punktwolke übernehmen, oder die 3D-Koordinaten aus der Punktwolke mit den im Bild detektierten Objekten in Beziehung setzen kann.

- Ein „Field-of-View“ soll nicht mit allen Sensoren gleichzeitig gemessen werden, wenn daraus eine zu lange Folge für die nächste Messung resultieren würde, sondern die Vielzahl der Sensoren soll die Messfrequenz in dem Bereich erhöhen. Kleinere zeitliche Abstände für eine Aufnahme von bewegten Objekten, die zu unterschiedlichen Zeiten gemessen wurden, erhöhen die Möglichkeit der Assoziation zur Identifizierung und damit eines stabilen Trackings. Haben sich z.B. Positionen von Objekten eines Gegenverkehrs zwischen zwei Messungen stark verändert, ist eine Verfolgung einzelner Objekte schwer und fehleranfällig.

[0033] Dadurch können auch neue Anforderungen der mindestens einen Auswerte-Komponente berücksichtigt werden und da ihre Ausführbarkeit geprüft wird auch sicher integriert werden. Sofern die Ausführbarkeit der spezifischen Phasen-Anforderungen nicht erfüllt ist, kann ein Fehlersignal ausgegeben werden.

[0034] Gemäß einem Aspekt wird vorgeschlagen, dass für die Generierung von Soll-Phasen-Anforderungen durch Optimierung auf der Grundlage der Mehrzahl der Phasen-Anforderungen offline berechnete Phasen-Anforderung-Szenarien verwendet werden.

[0035] Für die unterschiedlichen Fahrzustände einer solchen zumindest teilweise automatisierten mobilen Plattform, wie beispielsweise einer Autobahnfahrt oder ein Parkvorgang, können unterschiedliche Phasen-Anforderungs-Szenarien beispielsweise offline erstellt werden, so dass die Phasen-Anforderungen von der Auswerte-Komponenten leicht und schnell entsprechend geprüft werden können und als Soll-Phasen-Anforderungen an die jeweiligen Sensor-Systeme übergeben werden können.

[0036] Gemäß einem Aspekt wird vorgeschlagen, dass die mindestens eine Auswerte-Komponente eingerichtet ist zu prüfen, ob jede der Phasen-Anforderung der Auswerte-Komponente von dem entsprechenden Sensor-System erfüllt wird.

[0037] Dazu wird von der Mehrzahl der Sensor-Systeme mit der Bereitstellung der jeweiligen Daten auch ein Zeitstempel der Aufnahme der Daten des jeweiligen Sensor-Systems bereitgestellt, so dass die Auswerte Komponente die angeforderte Synchronisation der Mehrzahl der Sensor-Systeme überprüfen kann, bevor die Daten weiter analysiert bzw. fusioniert werden.

[0038] Gemäß einem Aspekt wird vorgeschlagen, dass die mindestens eine Auswerte-Komponente ein zweites Fehlersignal und/oder einen Erfüllungsstatus der Phasen-Anforderung zu einem Fehler-Manager

überträgt, wenn zumindest eine der Phasen-Anforderungen nicht erfüllt ist.

[0039] Mittels dieses Aspektes des Verfahrens wird sichergestellt, dass eine Qualität der notwendigen Daten, beispielsweise in Bezug auf ihr Vorhandensein und ihre Synchronität, die für einen sicheren Fahrzustand der zumindest teilautomatisierten Plattform notwendig sind, immer gewährleistet ist. Durch die Übertragung des Erfüllungsstatus erhält der Fehler-Manager detailliertere Informationen über mögliche Teil-Funktionalitäten.

[0040] Gemäß einem Aspekt wird vorgeschlagen, dass der Fehlermanager abhängig vom ersten und/oder zweiten Fehlersignal und/oder dem Erfüllungsgrad der Phasen-Anforderungen, der von der mindestens einen Auswerte-Komponente übertragenen wurde, mögliche Fahrmodi an eine Fahrzeugsteuerung übermittelt.

[0041] Dadurch wird die Verfügbarkeit des Systems maximiert, was vor allem im Fehlerfall wichtig ist, um noch automatisiert in den sicheren Zustand kommen zu können.

[0042] Gemäß einem Aspekt wird vorgeschlagen, dass die zumindest eine Auswerte-Komponente ein Sensor-Daten-Fusion-System und/oder ein Sensor-Daten-Kalibrierungs-System ist.

[0043] Gemäß einem Aspekt wird vorgeschlagen, dass zumindest eines der Mehrzahl der Sensor-Systeme eingerichtet ist durch schrittweise Veränderung der jeweiligen Phase die jeweilige Phase für eine Bereitstellung von Daten an die jeweilige Soll-Phasen-Anforderung anzupassen und die jeweilige Phase entsprechend der jeweiligen Soll-Phasen-Anforderung aktiv regelt.

[0044] Viele Sensor-Systeme sind nicht dafür eingerichtet zu einem beliebigen Zeitpunkt Daten zu generieren bzw. bereitstellen zu können, haben aber die Möglichkeit kleine Änderungen in Bezug auf den Zeitpunkt der Bereitstellung bzw. Generierung der Daten vorzunehmen. Dadurch ergibt sich die Möglichkeit iterativ, beispielsweise bevor die zumindest teilweise automatisierte mobile Plattform aktiv eingesetzt wird, zu verschieben und somit eine gewisse Phase zu einem zentralen Trägersignal einzustellen und mit einer aktiven Regelung diese Phase aufrechtzuerhalten.

[0045] Gemäß einem Aspekt wird vorgeschlagen, dass basierend auf dem ersten und/oder dem zweiten Fehlersignal ein Steuersignal zur Ansteuerung eines zumindest teilautomatisierten Fahrzeugs bereitgestellt wird; und/oder basierend auf dem ersten und/oder dem zweiten Fehlersignal ein Warnsignal zur Warnung eines Fahrzeuginsassen bereitgestellt wird.

[0046] Der Begriff „basierend auf“ ist in Bezug auf das Merkmal, dass ein Steuersignal basierend auf dem ersten und/oder zweiten Fehlersignal bereitgestellt wird, breit zu verstehen. Es ist so zu verstehen, dass ein erstes und/oder ein zweites Fehlersignal für jedwede Bestimmung oder Berechnung eines Steuersignals herangezogen wird, wobei das nicht ausschließt, dass auch noch andere Eingangsgrößen für diese Bestimmung des Steuersignals herangezogen werden.

[0047] Eine solches Steuersignal kann beispielsweise dafür bereitgestellt werden, mittels der Ansteuerung eines zumindest teilautomatisierten Fahrzeugs:

- die Geschwindigkeit des zumindest teilautomatisierte Fahrzeugs zu begrenzen;
- gewisse automatisierte Fahrmodi des Fahrzeugs, wie beispielsweise einen Fahrspurwechsel oder eine Stadtfahrt nicht mehr zur Verfügung stellen; oder
- einen sicheren Betriebszustand, wie beispielsweise ein Anhalten an einem Fahrbahnrand oder einen Notstop, einzunehmen.

[0048] Damit kann die Sicherheit eines Gesamtsystems aus einer Anzahl von Sensor-System und Auswerte-Komponenten weiter erhöht werden.

[0049] Gemäß einem Aspekt wird eine Vorrichtung angegeben, die eingerichtet ist, eines der oben beschriebenen Verfahren, durchzuführen. Mit einer solchen Vorrichtung kann das entsprechende Verfahren leicht in unterschiedliche Systeme integriert werden.

[0050] Gemäß einem weiteren Aspekt wird ein Computerprogramm angegeben, das Befehle umfasst, die bei der Ausführung des Programms durch einen Computer diesen veranlassen, eines der oben beschriebenen Verfahren auszuführen. Ein solches Computerprogramm ermöglicht den Einsatz des beschriebenen Verfahrens in unterschiedlichen Systemen.

[0051] Es wird ein maschinenlesbares Speichermedium angegeben, auf dem das oben beschriebene Computerprogramm gespeichert ist.

Figurenliste

[0052] Ausführungsbeispiele der Erfindung werden mit Bezug auf die gezeigte Figur dargestellt und im Folgenden näher erläutert. Dabei zeigt die

Figur ein Gesamtsystem aus Sensor-Systemen und Auswerte-Komponenten entsprechend dem Verfahren zur Synchronisation einer Mehrzahl von Sensor-System.

[0053] In der Figur ist das Verfahren **100** zur Synchronisation einer Mehrzahl von Sensor-Systemen **120a, 120b, 120c** in Bezug auf eine jeweilige Phase für eine Bereitstellung von Daten skizzenhaft dargestellt, wobei die Sensor-Systeme **120a, 120b, 120c** jeweils periodisch die Daten der zumindest eine Auswerte-Komponente **130, 140, 150** über die Signalkopplungen Da, Db, Dc bereitstellen. In der Figur mit der Signalkopplung Dc zwischen einem Sensor-System **120c** und einer Auswerte-Komponente **150** ist dargestellt, dass eine Auswerte-Komponente **150** eingerichtet sein kann, dass nur eine Teilmenge der Mehrzahl von Sensor-Systemen **120a, 120b, 120c** die Daten bereitstellt.

[0054] In einem Schritt S1, S1', S1" werden Phasen-Anforderungen von zumindest einer oder einer Mehrzahl von Auswerte-Komponente **130, 140, 150** für jede der Mehrzahl von Sensor-Systemen **120a, 120b, 120c** generiert, wobei die zumindest eine Auswerte-Komponente **130, 140, 150** eingerichtet ist, die Daten über Signalkopplungen Da, Db, Dc zwischen der Mehrzahl von Sensor-Systemen **120a, 120b, 120c** und zumindest einer Auswerte-Komponente **130, 140, 150** der Mehrzahl der Sensor-Systeme **120a, 120b, 120c** zu empfangen.

[0055] In einem weiteren Schritt S2 werden alle Phasen-Anforderungen auf Ausführbarkeit geprüft.

[0056] In einem weiteren Schritt S3 werden Soll-Phasen-Anforderungen generiert, sofern die Phasen-Anforderungen als ausführbar geprüft wurden. Dabei kann ein Trigger-Plan-Manager **160** eingerichtet sein, die Verfahrensschritte S2 und S3 auszuführen.

[0057] Die jeweiligen Soll-Phasen-Anforderungen werden in einem weiteren Schritt **S4** an die jeweiligen Sensor-Systeme, zur Synchronisation der Phasen der Mehrzahl der unterschiedlichen Sensor-Systeme **120a, 120b, 120c** übermittelt.

[0058] Wenn in Schritt S2 zumindest eine der Mehrzahl der Phasen-Anforderungen als nicht ausführbar geprüft wird, kann ein erstes Fehlersignal, von dem Trigger-Plan-Manager **160** über eine Signalkopplung Dd, an einen Fehler-Manager **170** übertragen werden.

[0059] Von der zumindest einen Auswerte-Komponente **130, 140, 150** kann ein zweites Fehlersignal über die Signalkopplungen De, Df, Dg zu dem Fehler-Manager **170** übertragen werden, wenn zumindest eine der Mehrzahl der Phasen-Anforderungen nicht erfüllt ist.

[0060] Der Fehler-Manager **170** kann eingerichtet sein das erste und/oder zweite Fehlersignal über eine Signalkopplung Dn an eine Fahrzeugsteuerung **180**

des zumindest teilautomatisierten Fahrzeugs zu senden.

Patentansprüche

1. Verfahren (100) zur Synchronisation einer Mehrzahl von Sensor-Systemen (120a, 120b, 120c) in Bezug auf eine jeweilige Phase für eine Bereitstellung von Daten, wobei die Sensor-Systeme (120a, 120b, 120c) jeweils periodisch die Daten bereitstellen, mit den Schritten:

Generieren einer Phasen-Anforderung (S1, S1', S1'') von zumindest einer Auswerte-Komponente (130, 140, 150) für jede der Mehrzahl von Sensor-Systemen (120a, 120b, 120c), wobei die zumindest eine Auswerte-Komponente (130, 140, 150) eingerichtet ist, die Daten der Mehrzahl der Sensor-Systeme (120a, 120b, 120c) zu empfangen;

Prüfen aller Phasen-Anforderungen auf Ausführbarkeit (S2);

Generieren von Soll-Phasen-Anforderungen (S3), sofern die Phasen-Anforderungen als ausführbar geprüft wurden;

Übermitteln der jeweiligen Soll-Phasen-Anforderungen (S4) an die jeweiligen Sensor-Systeme (120a, 120b, 120c), zur Synchronisation der Phasen der Mehrzahl der unterschiedlichen Sensor-Systeme (120a, 120b, 120c).

2. Verfahren gemäß Anspruch 1, wobei zumindest eines der Mehrzahl der unterschiedlichen Sensor-Systeme (120a, 120b, 120c) eingerichtet ist, die Daten so lange entsprechend den jeweiligen Soll-Phasen-Anforderungen bereitzustellen, bis neue Soll-Phasen-Anforderungen an das Sensor-System (120a, 120b, 120c) übermittelt werden.

3. Verfahren gemäß einem der vorangehenden Ansprüche, wobei zumindest eines der Mehrzahl der unterschiedlichen Sensor-Systeme (120a, 120b, 120c) eingerichtet ist, bei Ausfall eines externen Taktsignals, auf das die Phase für eine Bereitstellung von Daten referenziert, die Daten entsprechend den Soll-Phasen-Anforderungen bereitzustellen.

4. Verfahren gemäß einem der vorangehenden Ansprüche, wobei das Prüfen aller Phasen-Anforderungen auf Ausführbarkeit (S2) die Schritte umfasst:

Abgleichen jeder der Mehrzahl von Phasen-Anforderungen für jedes Sensor-System mit einer Spezifikation des jeweiligen Sensor-Systems;

Abgleichen aller Phasen-Anforderungen mit gespeicherten Phasen-Anforderungs-Szenarien für unterschiedliche Fahrzustände;

Bestimmen der Mehrzahl von Phasen-Anforderungen als ausführbar, wenn die Phasen-Anforderungen zumindest einer der beiden Abgleiche erfüllt ist.

5. Verfahren gemäß einem der vorangehenden Ansprüche, wobei, wenn zumindest eine der Mehrzahl

der Phasen-Anforderungen als nicht ausführbar geprüft wurde, entweder eine Mehrzahl von Soll-Phasen-Anforderungen auf der Grundlage der Mehrzahl der Phasen-Anforderungen durch Optimierung generiert und auf Ausführbarkeit geprüft werden oder ein erstes Fehlersignal an einen Fehler-Manager (170) übertragen wird, wenn die Prüfung auf Ausführbarkeit der durch Optimierung generierten Soll-Phasen-Anforderungen als nicht ausführbar geprüft wurden.

6. Verfahren gemäß Anspruch 5, wobei für die Generierung von Soll-Phasen-Anforderungen durch Optimierung auf der Grundlage der Mehrzahl der Phasen-Anforderungen offline berechnete Phasen-Anforderungs-Szenarien verwendet werden.

7. Verfahren gemäß einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die mindestens eine Auswerte-Komponente (130, 140, 150) prüft, ob jede der Phasen-Anforderung der Auswerte-Komponente (130, 140, 150) von dem entsprechenden Sensor-System (120a, 120b, 120c) erfüllt wird.

8. Verfahren gemäß einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die mindestens eine Auswerte-Komponente (130, 140, 150) ein zweites Fehlersignal und/oder einen Erfüllungsstatus der Phasen-Anforderungen zu einem FehlerManager (170) überträgt, wenn zumindest eine der Phasen-Anforderungen nicht erfüllt ist.

9. Verfahren gemäß Anspruch 5 oder 8, wobei der Fehlermanager (170) abhängig vom ersten und/oder zweiten Fehlersignal und/oder dem Erfüllungsgrad der Phasen-Anforderungen, der von der mindestens einen Auswerte-Komponente (130, 140, 150) übertragenen wurde, mögliche Fahrmodi an eine Fahrzeugsteuerung (180) übermittelt.

10. Verfahren gemäß einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die zumindest eine Auswerte-Komponente (130, 140, 150) ein Sensor-Daten-Fusion-System und/oder ein Sensor-Daten-Kalibrierungs-System ist.

11. Verfahren gemäß einem der vorangehenden Ansprüche, wobei zumindest eines der Mehrzahl der Sensor-Systeme (120a, 120b, 120c) eingerichtet ist durch schrittweise Veränderung der jeweiligen Phase die jeweilige Phase für eine Bereitstellung von Daten an die jeweilige Soll-Phasen-Anforderung anzupassen und die jeweilige Phase entsprechend der jeweiligen Soll-Phasen-Anforderung aktiv regelt.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 oder 8, wobei basierend auf dem ersten und/oder dem zweiten Fehlersignal ein Steuersignal zur Ansteuerung eines zumindest teilautomatisierten Fahrzeugs bereitgestellt wird; und/oder basierend auf dem ersten und/

oder dem zweiten Fehlersignal ein Warnsignal zur Warnung eines Fahrzeuginsassen bereitgestellt wird.

13. Vorrichtung, die eingerichtet ist ein Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12 durchzuführen.

14. Computerprogramm, umfassend Befehle, die bei der Ausführung des Computerprogramms durch einen Computer diesen veranlassen, das Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12 auszuführen.

15. Maschinenlesbares Speichermedium, auf dem das Computerprogramm nach Anspruch 14 gespeichert ist.

Es folgt eine Seite Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

Fig.

