



(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2018 122 054.5**

(51) Int Cl.: **B60W 30/06 (2006.01)**

(22) Anmeldetag: **10.09.2018**

(43) Offenlegungstag: **12.03.2020**

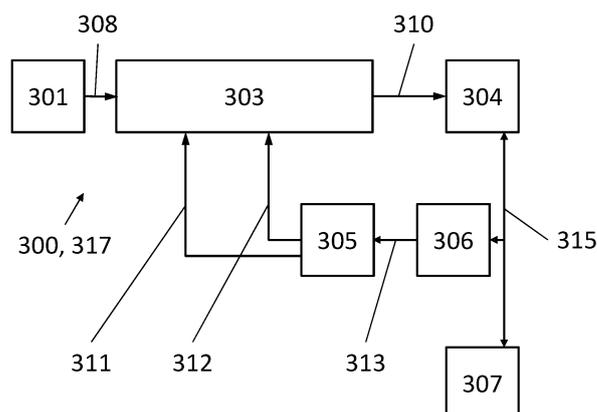
(71) Anmelder:
WABCO GmbH, 30453 Hannover, DE

(72) Erfinder:
Wulf, Oliver, 31535 Neustadt, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Querlenkverfahren und Querlenkvorrichtung für das Bewegen eines Fahrzeugs in eine Zielposition, und Fahrzeug dafür**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Querlenkverfahren (300) und eine Querlenkvorrichtung (317) für das Bewegen eines Fahrzeugs (304) in eine Zielposition (307), Erfindungsgemäß werden durch Messungen mit Sensoren und Markierungen Orts- und Orientierungsdaten (313) hergeleitet und zu Aktuellwerten (311, 312) gefiltert. Ein Regler (303) leitet aus den Aktuellwerten (311, 312) einen Solllenkwinkel (310) her, der mittels einer aktiven Lenkung (107) des Fahrzeugs (304) realisiert wird. In einer Weiterbildung ist die Filterung als Kalmanfilterung (505, 605) ausgebildet, bei der die Orts- und Orientierungsdaten (513, 613) unter Berücksichtigung von am Fahrzeug gemessenen Fahrteigenschaften (514, 614), Gütewerten (519, 619) und einem Bewegungsmodell (518, 618) des Fahrzeugs (504, 604) zu den Aktuellwerten (511, 512, 611, 612) aufbereitet werden.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Querlenkverfahren und eine Querlenkvorrichtung für das Bewegen eines angetriebenen Fahrzeugs an eine einen Zielort und eine Zielorientierung umfassende Zielposition, sowie ein dafür eingerichtetes Fahrzeug.

[0002] Aus der DE 10 2016 011 324 A1 ist ein Verfahren zur Steuerung eines Zugfahrzeugs bei dessen Heranfahren und Ankuppeln an ein Anhängerfahrzeug bekannt. Der rückwärtige Umfeldbereich hinter dem Zugfahrzeug wird, zum Beispiel mit einer Kamera, erfasst; aus den erfassten Daten werden eine Versatzstrecke und ein Versatzwinkel zwischen dem Zugfahrzeug und dem Anhängerfahrzeug ausgewertet; mindestens eine Fahrtrajektorie mittels derer das Zugfahrzeug autonom zu einem Ankuppelort fahrbar ist wird berechnet, und das Zugfahrzeug wird gemäß der Fahrtrajektorie autonom herangefahren und angekuppelt.

Bei dem Verfahren des Standes der Technik kann als nachteilig angesehen werden, dass eine zu Beginn des Bewegungsvorgangs berechnete Fahrtrajektorie deutlich fehlerhaft sein kann, weil typischerweise die Startposition dann nur ungenau bekannt ist. Insbesondere Fehler einer gemessenen Startorientierung führen insbesondere bei großem zu durchzufahrenden Abstand zu einem großen seitlichen Versatz.

[0003] Ebenfalls als nachteilig kann angesehen werden, dass Messwerte der Positionsmessung typischerweise verrauscht sind, mit anderen Worten Fehleranteile enthalten.

[0004] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, Querlenkverfahren und Querlenkvorrichtungen zum Bewegen eines Fahrzeugs in eine Zielposition bereitzustellen, bei denen diese Nachteile vermieden werden. Ebenso sollen Fahrzeuge bereitgestellt werden, die eingerichtet sind, diese Querlenkverfahren durchzuführen.

[0005] Diese Aufgabe wird von einem Verfahren gemäß Anspruch 1, von einer Vorrichtung gemäß Anspruch 7 und von einem Fahrzeug gemäß Anspruch 13 gelöst.

[0006] Querlenkverfahren für das Bewegen eines Fahrzeugs in eine Zielposition umfassen gemäß der Erfindung:

- dass zwischen dem Fahrzeug und der Zielposition Abstands- und/oder Winkelmessungen durchgeführt werden, die eine Herleitung von Orts- und Orientierungsdaten ermöglichen,

- dass die hergeleiteten Orts- und Orientierungsdaten zu Aktualwerten gefiltert werden, welche aktuelle Ortswerte und aktuelle Orientierungswerte umfassen,

- dass eine Regelung durchgeführt wird, die aus den Aktualwerten Solllenkwinkel herleitet,

- und dass die Solllenkwinkel durch Einwirkung auf eine aktive Lenkung des Fahrzeugs realisiert werden.

[0007] In einer vorteilhaften Weiterbildung umfassen die Querlenkverfahren gemäß der Erfindung, dass das Filtern der Orts- und Orientierungsdaten als Kalmanfilterung ausgebildet ist, bei der die Orts- und Orientierungsdaten unter Berücksichtigung von am Fahrzeug gemessenen Fahrteigenschaften, Gütewerten und einem Bewegungsmodell des Fahrzeugs zu den Aktualwerten aufbereitet werden.

[0008] In einer weiteren vorteilhaften Weiterbildung umfassen die Querlenkverfahren gemäß der Erfindung, dass die Regelung als Kaskadenregelung ausgebildet ist, bei der in einem äußeren Regelkreis aus den aktuellen Ortswerten eine Sollorientierung hergeleitet wird, und in einem inneren Regelkreis aus der Sollorientierung und dem aktuellen Orientierungswert der Solllenkwinkel hergeleitet wird.

[0009] In einer weiteren vorteilhaften Weiterbildung umfassen die Querlenkverfahren gemäß der Erfindung, dass die Kalmanfilterung einen Messschritt und einen Updateschritt umfasst, derart dass im Messschritt aus jeweils neuesten Orts- und Orientierungsdaten und vorherigen berechneten Positionsdaten durch gewichtete Mittelung mit einem Gewicht das von der Güte der Sensormessungen und einer Varianz der Sensormessungen abhängt, neue berechnete Positionsdaten hergeleitet werden, und dass im Updateschritt die berechneten Positionsdaten gemäß einem mit einem gemessenen Lenkwinkel und einer gemessenen Geschwindigkeit als Fahrteigenschaften parametrisierten Bewegungsmodell in aktuelle Positionsdaten extrapoliert werden.

[0010] In einer weiteren vorteilhaften Weiterbildung umfassen die Querlenkverfahren gemäß der Erfindung, dass der Messschritt beim Vorliegen der jeweils neuen Orts- und Orientierungsdaten aktiviert wird, und der Updateschritt beim Vorliegen der jeweils neuen Fahrteigenschaften aktiviert wird.

[0011] In einer weiteren vorteilhaften Weiterbildung umfassen die Querlenkverfahren gemäß der Erfindung, dass nach dem Messschritt aus jedem alten Gütewert q_{alt} , einem zugeordneten Mindestgütewert q_{min} und einem zugeordneten Messgütewert q_{mess} ein neuer Gütewert q_{neu} bestimmt wird gemäß

$$q_{\text{neu}} = \max(q_{\text{min}}, q_{\text{alt}} / (q_{\text{alt}} + q_{\text{mess}})),$$

wobei q_{min} und q_{mess} separat für Ortsdaten und Orientierungsdaten fest angenommen werden,

und dass nach dem Updateschritt aus jedem alten Gütewert q_{alt} , einer zugeordneten Proportionalitätskonstante C_p , der Geschwindigkeit v und der Zeit t_{MS} seit dem letzten Messschritt ein neuer Gütewert q_{neu} bestimmt wird gemäß

$$q_{\text{neu}} = q_{\text{alt}} + C_p \cdot v \cdot t_{\text{MS}},$$

wobei C_p separat für Ortsdaten und Orientierungsdaten fest angenommen wird.

[0012] Querlenkvorrichtungen für das Bewegen eines aktiven Lenkung umfassenden Fahrzeugs in eine Zielposition umfassen gemäß der Erfindung:

- Sensoren und Markierungen, die so beschaffen und auf das Fahrzeug und die Zielposition verteilt sind, dass aus Abstands- und/oder Winkelmessungen zwischen dem Fahrzeug und der Zielposition Orts- und Orientierungsdaten hergeleitet werden können,
- eine Messvorrichtung, die so eingerichtet ist, dass sie mittels der Sensoren und Markierungen die Abstands- und/oder Winkelmessungen zwischen dem Fahrzeug und der Zielposition durchführt, und daraus die Orts- und Orientierungsdaten des Fahrzeugs herleitet,
- ein Messwertefilter, das so eingerichtet ist, dass es aus den Orts- und Orientierungsdaten Aktuellwerte herleitet, welche aktuelle Ortswerte und aktuelle Orientierungswerte umfassen,
- einen Regler, der so eingerichtet ist, dass aus den Aktuellwerten Solllenkwinkel hergeleitet und durch Einwirkung auf die aktive Lenkung realisiert werden.

[0013] In einer vorteilhaften Weiterbildung umfassen die Querlenkvorrichtungen gemäß der Erfindung, dass das Messwertefilter als Kalmanfilter ausgebildet ist, so eingerichtet, dass die Orts- und Orientierungsdaten unter Berücksichtigung von im Fahrzeug gemessenen Fahrteigenschaften, Gütewerten und einem Bewegungsmodell des Fahrzeugs zu den Aktuellwerten aufbereitet werden.

[0014] In einer weiteren vorteilhaften Weiterbildung umfassen die Querlenkvorrichtungen gemäß der Erfindung, dass der Regler als Kaskadenregler ausgebildet ist, mit einem Querversatzregler eingerichtet um aus den aktuellen Ortswerten eine Sollorientierung herzuleiten, und einem Orientierungsregler eingerichtet um aus der Sollorientierung und dem aktuellen Orientierungswert den Solllenkwinkel herzuleiten.

[0015] In einer weiteren vorteilhaften Weiterbildung umfassen die Querlenkvorrichtungen gemäß der Erfindung, dass das Kalmanfilter eingerichtet ist, einen

Messschritt und einen Updateschritt durchzuführen, derart dass im Messschritt aus jeweils neuesten Orts- und Orientierungsdaten und vorherigen berechneten Positionsdaten durch gewichtete Mittelung mit einem Gewicht das von der Güte der Sensormessungen und einer Varianz der Sensormessungen abhängt, neue berechnete Positionsdaten hergeleitet werden, und im Updateschritt die berechneten Positionsdaten gemäß einem mit einem gemessenen Lenkwinkel und einer gemessenen Geschwindigkeit als Fahrteigenschaften parametrisierten Bewegungsmodell in aktuelle Positionsdaten extrapoliert werden.

[0016] In einer weiteren vorteilhaften Weiterbildung umfassen die Querlenkvorrichtungen gemäß der Erfindung, dass das Kalmanfilter eingerichtet ist, den Messschritt beim Vorliegen der jeweils neuen Orts- und Orientierungsdaten zu aktivieren, und den Updateschritt beim Vorliegen der jeweils neuen Fahrteigenschaften zu aktivieren.

[0017] In einer weiteren vorteilhaften Weiterbildung umfassen die Querlenkvorrichtungen gemäß der Erfindung, dass das Kalmanfilter eingerichtet ist, nach dem Messschritt aus jedem alten Gütewert q_{alt} , einem zugeordneten Mindestgütewert q_{min} und einem zugeordneten Messgütewert q_{mess} einen neuen Gütewert q_{neu} zu bestimmen gemäß

$$q_{\text{neu}} = \max\left(q_{\text{min}}, q_{\text{alt}} / (q_{\text{alt}} + q_{\text{mess}})\right),$$

wobei q_{min} und q_{mess} separat für Ortsdaten und Orientierungsdaten fest angenommen sind, und nach dem Updateschritt aus jedem alten Gütewert q_{alt} , einer zugeordneten Proportionalitätskonstante C_p , der Geschwindigkeit v und der Zeit t_{MS} seit dem letzten Messschritt einen neuen Gütewert q_{neu} zu bestimmen gemäß

$$q_{\text{neu}} = q_{\text{alt}} + C_p \cdot v \cdot t_{\text{MS}},$$

wobei C_p separat für Ortsdaten und Orientierungsdaten fest angenommen wird.

[0018] Ein Fahrzeug gemäß der Erfindung, insbesondere ein angetriebenes Zugfahrzeug ist eingerichtet, ein Querlenkverfahren gemäß der Erfindung durchzuführen, und/oder weist eine Querlenkvorrichtung gemäß der Erfindung auf.

[0019] Vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung ergeben sich aus den Ansprüchen sowie aus den anhand der Zeichnungen näher erläuterten Ausführungsbeispielen. In den Zeichnungen zeigen:

Fig. 1 schematisch in Seitenansicht einen Anwendungsfall, wo die Zielposition eine Ankuppelposition ist,

Fig. 2 schematisch in Draufsicht die hier verwendeten geometrischen Beziehungen, Definitionen und Größen am Beispiel eines Sattelschleppers vor einem Auflieger,

Fig. 3 ein Blockdiagramm zur Erläuterung eines ersten Querlenkverfahrens gemäß der Erfindung,

Fig. 4 ein Blockdiagramm zur Erläuterung eines zweiten Querlenkverfahrens gemäß der Erfindung,

Fig. 5 ein Blockdiagramm zur Erläuterung eines dritten Querlenkverfahrens gemäß der Erfindung,

Fig. 6 ein Blockdiagramm zur Erläuterung eines vierten Querlenkverfahrens gemäß der Erfindung.

[0020] Position, wie bei Zielposition, wird hier verstanden als jeweils eine Ortsangabe und eine Orientierungsangabe umfassend. Die Ortsangabe kann zum Beispiel durch Koordinaten in einem zwei- oder dreidimensionalen Koordinatensystem, absolut oder relativ, erfolgen. Die Orientierungsangabe kann durch eine zwei- oder dreidimensionale Winkelangabe zusammen mit einer Vereinbarung über den Bezugspunkt und den Bezugswinkel erfolgen.

[0021] Querlenkung bezeichnet hier eine Einwirkung auf die Winkel der Räder der Lenkachse des Fahrzeugs. Bei Fahrzeugen mit mehreren gelenkten Achsen kann dies auch eine angemessene Einwirkung auf andere Achsen als die Hauptlenkachse umfassen.

[0022] Die Zielposition kann eine Ankuppelposition sein, d.h. eine Position im Sinne von Ort und Orientierung, an der das Fahrzeug an ein Anhänger- oder Aufliegerfahrzeug angekuppelt werden kann.

[0023] Die Zielposition kann auch eine Beladungsposition sein, d.h. eine Position an einer Laderampe die es ermöglicht, das Fahrzeug zu be- oder entladen. Die x-Achse des bezüglich der Zielposition ortsfesten Koordinatensystems legt man hier bevorzugt in die Richtung, in der man an die Beladungsposition heranfahren muss, zum Beispiel rechtwinklig zu einer Kante einer Laderampe.

[0024] Die Zielposition kann auch eine Aufladeposition sein, d.h. eine Position an der dem Fahrzeug durch Anschluss an eine Versorgungseinrichtung Betriebsmittel wie zum Beispiel Treibstoff, Batterieladung oder Hydraulikflüssigkeit zugeführt werden können. Die x-Achse des bezüglich der Zielposition ortsfesten Koordinatensystems legt man hier bevorzugt

in die Richtung, in der man an die Aufladeposition heranfahren muss, zum Beispiel in geeignetem Abstand längs neben die Versorgungseinrichtung.

[0025] Die Zielposition kann auch eine Parkposition in einem für Teilautomatisierung vorbereiteten Fahrzeugabstellplatz sein. Die x-Achse des bezüglich der Zielposition ortsfesten Koordinatensystems legt man hier bevorzugt in die Richtung, in der man in die Parkposition einfahren muss.

[0026] Der Sensor des Fahrzeugs kann zum Beispiel ein Laserscanner oder ein LIDAR, eine Standbildkamera, oder eine Videokamera sein.

[0027] **Fig. 1** zeigt schematisch in Seitenansicht einen Anwendungsfall, wo die Zielposition eine Ankuppelposition ist. Das Fahrzeug ist hier ein Sattelschlepper **101** und umfasst eine aktive Lenkung **107**, zwei waagrecht quer zur Längsachse beabstandete Sensoren **103** und eine Sattelplatte **102**. Der Sattelschlepper **101** steht mit Abstand vor einem Auflieger **106**, der einen Sattelzapfen **104** sowie einklappbare Stützen **109** umfasst. Ein Erreichen der Zielposition ist hier dann gegeben, wenn die Sattelplatte **102** in Draufsicht mittig unter dem Sattelzapfen **104** positioniert wurde. Die Stützen **109** umfassen Reflektoren **105**, die so beschaffen und angebracht sind, dass sie durch Messung **108** von den Sensoren **103** hinsichtlich ihrer Richtung und/oder ihres Abstandes sensiert werden können.

[0028] **Fig. 2** zeigt schematisch in Draufsicht die hier verwendeten geometrischen Beziehungen, Definitionen und Größen am Beispiel eines Sattelschleppers **207** als Fahrzeug vor einem teilweise angedeuteten unbewegten Auflieger **208** mit einem Sattelzapfen **205**. Im als Zielort angenommenen Sattelzapfen **205** liegt der Ursprung eines ortsfesten rechtwinkligen Koordinatensystems aus x-Richtung **201** und y-Richtung **211**. Die x-Richtung entspricht dabei der Längsachse des Aufliegers **208**. Der Sattelschlepper **207** umfasst eine un gelenkte Hinterachse **206** und eine gelenkte Vorderachse **210** und hat einen Bezugspunkt **209**, eine Position, eine Orientierung, einen Lenkwinkel β **204** und eine Längsachse **212**. Als Bezugspunkt **209** für die Beschreibung des Sattelschleppers **207** wird hier die Mitte seiner Sattelplatte **102** verwendet. Die Position des Sattelschleppers **207** ist definiert durch die x-Koordinate und die y-Koordinate dieses Bezugspunkts **209**. Speziell die y-Koordinate des Bezugspunkts **209** wird auch als Querversatz **202** bezeichnet. Die Orientierung des Sattelschleppers **207** ist definiert als der Winkel α **203**, den die Längsachse **212** des Sattelschleppers **207** mit der x-Richtung **201** einschließt. Der Lenkwinkel β **204** des Sattelschleppers **207** ist definiert als der Winkel, den die Räder der Vorderachse **210** mit einer Parallele zu der Längsachse **212** des Sattelschleppers **207** einschließen.

[0029] Fig. 3 zeigt ein Blockdiagramm zur Erläuterung eines ersten Querlenkverfahrens **300** und einer ersten Querlenkvorrichtung **317** gemäß der Erfindung. Am Querlenkverfahren **300** beteiligt sind eine Sollversatzvorgabe **301**, ein auf ein Fahrzeug **304** einwirkender Regler **303**, eine Messvorrichtung **306**, und ein Messwertefilter **305**.

Der Regler **303** erhält von der Sollversatzvorgabe **301** einen Soll-Querversatz oder Sollversatz **308**, sowie vom Messwertefilter **305** Werte für einen aktuellen Querversatz **311** und eine aktuelle Orientierung **312** des Fahrzeugs **304**. Aus diesen Eingangsdaten leitet der Regler **303** einen Solllenkwinkel **310** her, der dann im Fahrzeug **304** durch Einwirkung auf die aktive Lenkung **107** realisiert wird. Der Sollversatz **308**, d.h. der am Ende der Bewegung anzustrebende Querversatz **202** ist in den meisten praktischen Fällen gleich Null, in Sonderfällen können davon abweichende Werte zweckmäßig sein. Die Messvorrichtung **306** führt Abstands- und/oder Winkelmessungen zwischen dem Fahrzeug **304** und einer Zielposition **307** durch, die so gestaltet sind, dass daraus Orts- und Orientierungsdaten **313** des Fahrzeugs **304** hergeleitet werden können, und leitet diese her. Das Messwertefilter **305** verarbeitet die Orts- und Orientierungsdaten **313** und leitet daraus Werte für den aktuellen Querversatz **311** und die aktuelle Orientierung **312** des Fahrzeugs **304** her.

[0030] Für die von der Messvorrichtung **306** zwischen dem Fahrzeug **304** und der Zielposition **307** durchzuführenden Messungen **315** wirken Sensoren und detektierbare Markierungen zusammen, die auf unterschiedliche Weise angeordnet sein können. Beispielsweise können wie in dem in Fig. 1 gezeigten Anwendungsfall die Sensoren **103** fest am Fahrzeug **101**, **304** und die Markierungen **105** fest in bekanntem Abstand zur Zielposition **104** angeordnet sein. Vorteilhaft hierbei ist, dass die Sensorsignale bereits im Fahrzeug **101**, **304** vorliegen und nicht erst noch dorthin übertragen werden müssen.

[0031] Die umgekehrte Anordnung, d.h. Sensoren fest in bekanntem Abstand zur Zielposition und Markierungen fest am Fahrzeug **304** ist alternativ verwendbar. Vorteilhaft hierbei wäre, dass die Messungen der Sensoren direkt in einem Koordinatensystem relativ zur Zielposition erstellt würden und folglich nicht noch umgerechnet werden müssten.

[0032] Die Anzahl der Sensoren und der Markierungen sowie die Art der durchzuführenden Messungen, zum Beispiel Winkelmessung oder Abstandsmessung, richten sich nach den bekannten Prinzipien der Triangulation. Eine mögliche Konfiguration umfasst zwei beabstandete Sensoren am Fahrzeug und zwei beabstandete Markierungen fest in bekanntem Abstand zur Zielposition. Für jede einzelne Markierung reichen dann je eine Abstands- oder Winkelmessung von jedem der Sensoren aus, um den Ort

der Markierung relativ zum Ort der Sensoren zu bestimmen. Aus den Orten der beiden Markierungen lässt sich dann zusätzlich die relative Orientierung zwischen Fahrzeug und Zielposition herleiten.

[0033] Die relativ zu einem ersten Koordinatensystem bestimmten Orts- und Orientierungswerte lassen sich mit bekannten Gleichungen in jedes andere verschobene und/oder gedrehte Koordinatensystem umrechnen.

[0034] Zur Verringerung von Messungenauigkeiten oder zur Erhöhung der Systemverfügbarkeit kann es zweckmäßig sein, darüber hinaus weitere zusätzliche Sensoren und/oder weitere zusätzliche Markierungen zu verwenden.

[0035] Fig. 4 zeigt ein Blockdiagramm zur Erläuterung eines zweiten Querlenkverfahrens **400** und einer zweiten Querlenkvorrichtung **417** gemäß der Erfindung. Am Querlenkverfahren **400** beteiligt sind eine Sollversatzvorgabe **401**, ein Querversatzregler **402**, ein auf ein Fahrzeug **404** einwirkender Orientierungsregler **403**, eine Messvorrichtung **406**, und ein Messwertefilter **405**. Der Querversatzregler **402** und der Orientierungsregler **403** bilden zusammen einen Kaskadenregler **416**.

[0036] Der Querversatzregler **402** erhält als Eingangsgröße den von der Sollversatzvorgabe **401** gelieferten Soll-Querversatz oder Sollversatz **408** abzüglich des vom Messwertefilter **405** gelieferten aktuellen Querversatzes **411**, woraus der Querversatzregler **402** eine Sollorientierung **409** herleitet. Der Orientierungsregler **403** erhält als Eingangsgröße die Sollorientierung **409** abzüglich der vom Messwertefilter **405** gelieferten aktuellen Orientierung **412**, woraus der Orientierungsregler **403** einen Solllenkwinkel **410** herleitet, der dann im Fahrzeug **404** durch Einwirkung auf die aktive Lenkung **107** realisiert wird.

[0037] Für den Sollversatz **408**, die Messvorrichtung **406**, die Orts- und Orientierungsdaten **413** und das Messwertefilter **405**, sowie für die Sensoren und Markierungen gilt sinngemäß das oben zum ersten Querlenkverfahren **300** Gesagte.

[0038] Fig. 5 zeigt ein Blockdiagramm zur Erläuterung eines dritten Querlenkverfahrens **500** und einer dritten Querlenkvorrichtung **517** gemäß der Erfindung. Am Querlenkverfahren **500** beteiligt sind eine Sollversatzvorgabe **501**, ein auf ein Fahrzeug **504** einwirkender Regler **503**, eine Messvorrichtung **506**, und ein Messwertefilter **505**. Für die Sollversatzvorgabe **501**, den Regler **503**, den Solllenkwinkel **510** und die Messvorrichtung **506** gilt sinngemäß das oben zum ersten Querlenkverfahren **300** Gesagte. Das Messwertefilter **505** ist hier ein Kalmanfilter, das nicht nur die Orts- und Orientierungsdaten **513** von der Messvorrichtung **506**, sondern zusätzlich ei-

ne gemessene Geschwindigkeit und einen gemessenen Lenkwinkel als Fahrteigenschaften **514** vom Fahrzeug **504** erhält. Das Kalmanfilter umfasst ein Bewegungsmodell **518** des Fahrzeugs **504**, und berechnet mithilfe des Bewegungsmodells **518** aus den Orts- und Orientierungsdaten **513** sowie den Fahrteigenschaften **514** den aktuellen Querversatz **511** und die aktuelle Orientierung **512**.

[0039] Fig. 6 zeigt ein Blockdiagramm zur Erläuterung eines vierten Querlenkverfahrens **600** und einer vierten Querlenkvorrichtung **617** gemäß der Erfindung. Am Querlenkverfahren **600** beteiligt sind eine Sollversatzvorgabe **601**, ein Querversatzregler **602**, ein auf ein Fahrzeug **604** einwirkender Orientierungsregler **603**, eine Messvorrichtung **606**, und ein Messwertefilter **605**. Für den Querversatzregler **602** und den Orientierungsregler **603** gilt sinngemäß das oben zum zweiten Querlenkverfahren **400** Gesagte, sie bilden zusammen einen Kaskadenregler **616**. Für das Messwertefilter **605** in Form eines Kalmanfilters gilt sinngemäß das oben zum dritten Querlenkverfahren **500** Gesagte.

[0040] Die hier verwendete Kalmanfilterung besteht aus zwei Verarbeitungsschritten, einem sogenannten „Messschritt“ und einem sogenannten „Updateschritt“.

[0041] Die in dieser Anwendung des Kalmanfilters zu verarbeitenden Größen sind berechnete Positionsdaten bestehend aus berechneten Ortsdaten \mathbf{x}_k und \mathbf{y}_k sowie einem berechneten Orientierungsdatum α_k . Der Suffix deutet hierbei an, dass es sich bei diesen Daten um zeitlich diskrete Folgen handelt. „k“ steht dabei für einen jeweils aktuellsten Wert, entsprechend steht „k-1“ für einen zeitlich vorhergehenden Wert. Die berechneten Positionsdaten werden im Kalmanfilter rekursiv verarbeitet. Das Kalmanfilter empfängt durch die Messungen mit den Sensoren und den Markierungen hergeleitete Orts- und Orientierungsdaten, die Ortsdaten \mathbf{x}_s , \mathbf{y}_s und ein Orientierungsdatum α_s umfassen.

[0042] Zusätzlich verarbeitet das bekannte Kalmanfilter intern noch sogenannte Gütewerte zu jeder der zu verarbeitenden Größen.

[0043] Da die Kalmanfilterung konzeptuell ein rekursives Verfahren ist, müssen alle beteiligten Größen geeignet initialisiert werden. Zur Initialisierung der Orts- und Orientierungsdaten können zum Beispiel die ersten Messwerte, oder geeignete typische Werte verwendet werden. Zur Initialisierung der Gütewerte können zum Beispiel geeignete typische Werte verwendet werden.

[0044] Im Messschritt der hier vorliegenden Anwendungen werden aus den jeweils neuesten Orts- und Orientierungsdaten \mathbf{x}_s , \mathbf{y}_s , α_s , und den vorherigen

berechneten Positionsdaten \mathbf{x}_{k-1} , \mathbf{y}_{k-1} , α_{k-1} durch gewichtete Mittelung neue berechnete Positionsdaten \mathbf{x}_k , \mathbf{y}_k , α_k hergeleitet gemäß

$$x_k = (1 - w) \cdot x_{k-1} + w \cdot x_s = x_{k-1} + w \cdot (x_s - x_{k-1})$$

$$y_k = (1 - w) \cdot y_{k-1} + w \cdot y_s = y_{k-1} + w \cdot (y_s - y_{k-1})$$

$$\alpha_k = (1-w) \cdot \alpha_{k-1} + w \cdot \alpha_s = \alpha_{k-1} + w \cdot (\alpha_s - \alpha_{k-1}).$$

[0045] Hierbei leitet sich das Gewicht w , das immer aus dem Bereich **0** bis **1** ist, aus der Güte der Sensormessungen q und einer Varianz der Sensormessungen v_m her gemäß

$$w = 1 / (q \cdot v_m + 1).$$

Bei hohen Gütewerten q geht w also gegen **0** und die aus den Sensormessungen hergeleiteten Orts- und Orientierungsdaten gehen kaum noch ein. Bei niedrigen Gütewerten q geht w gegen **1**, d.h. das gewichtete Mittel entspricht weitgehend den Orts- und Orientierungsdaten.

[0046] Die Varianz v_m der Sensormessungen kann zum Beispiel vorteilhaft für Ortsdaten als $0,5m$ und für Orientierungsdaten als 5° angenommen werden.

[0047] Der Messschritt wird bevorzugt immer dann durchgeführt, wenn neue Orts- und Orientierungsdaten vorliegen bzw. eintreffen.

[0048] Nach jedem Messschritt wird der Gütewert q verringert. Dies geschieht vorteilhaft gemäß

$$q_{\text{neu}} = \max(q_{\text{min}}, q_{\text{alt}} / (q_{\text{alt}} + q_{\text{mess}})).$$

q_{min} und q_{mess} können dabei - separat für die Gütewerte von Ortsdaten bzw. von Orientierungsdaten - fest vorgegeben werden. Für Ortsdaten ist $q_{\text{min}} = 0,1m$ und $q_{\text{mess}} = 0,5m$ vorteilhaft, für Orientierungsdaten ist $q_{\text{min}} = 2^\circ$ und $q_{\text{mess}} = 5^\circ$ vorteilhaft.

[0049] Im Updateschritt findet die Fusionierung der berechneten Positionsdaten mit den am Fahrzeug gemessenen inkrementellen Fahrteigenschaften statt. Die Fahrteigenschaften umfassen eine gemessene Geschwindigkeit \mathbf{v}_{ist} und einen gemessenen Lenkwinkel β_{ist} .

[0050] Im Updateschritt der hier vorliegenden Anwendungen werden die berechneten Positionsdaten \mathbf{x}_{alt} , \mathbf{y}_{alt} , α_{alt} gemäß dem Bewegungsmodell **518** des Fahrzeugs in aktuelle Positionsdaten extrapoliert gemäß

$$x_{\text{neu}} = x_{\text{alt}} + v_{\text{ist}} \cdot dt \cdot \cos(\alpha_{\text{lat}}),$$

$$y_{\text{neu}} = y_{\text{alt}} + v_{\text{ist}} \cdot dt \cdot \sin(\alpha_{\text{lat}})$$

und

$$\alpha_{\text{neu}} = \alpha_{\text{alt}} + v_{\text{ist}} \cdot dt \cdot \tan(\beta_{\text{ist}}) / z.$$

Hierbei stellen die Fahrteigenschaften gemessener Lenkwinkel β_{ist} und gemessene Geschwindigkeit v_{ist} die Parameter des Bewegungsmodells **518** dar, und z ist der Radstand, entspricht also dem Abstand der Vorderräder von den Hinterrädern. Der Term „/z“ beschreibt also anschaulich, dass über dasselbe Zeitintervall dt bei derselben Geschwindigkeit v_{ist} derselbe Lenkwinkel β_{ist} bei kurzen Fahrzeugen eine stärkere Drehung $\alpha_{\text{neu}} - \alpha_{\text{alt}}$ bewirkt als bei längeren Fahrzeugen.

[0051] Der Updateschritt wird bevorzugt immer dann durchgeführt, wenn neue Fahrteigenschaften β_{ist} , v_{ist} vorliegen bzw. von der Messung am Fahrzeug eintreffen. Diese Zeitpunkte sind im Allgemeinen nicht synchron mit den aus der Sensormessung eintreffenden neuen Orts- und Orientierungsdaten. Typischerweise liegen neue Fahrteigenschaften deutlich öfter vor als neue Orts- und Orientierungsdaten.

[0052] Nach jedem Updateschritt wird der Gütewert q erhöht. Dies geschieht vorteilhaft gemäß

$$q_{\text{neu}} = q_{\text{alt}} + C_p \cdot v \cdot t_{\text{MS}},$$

[0053] Hierbei ist C_p eine jeweils zugeordnete Proportionalitätskonstante, v die Geschwindigkeit und t_{MS} die Zeit seit dem letzten Messschritt wobei C_p separat für die Gütewerte von Ortsdaten bzw. Orientierungsdaten fest angenommen wird. Für Ortsdaten ist $C_p = 0,1$ vorteilhaft, für Orientierungsdaten ist $C_p = 2$ °/m vorteilhaft.

[0054] Eine zusätzliche Einflussgröße bei allen Querlenkverfahren **300, 400, 500, 600** ist die Längssteuerung, d.h. die Einwirkung auf Antriebsstrang und Bremssystem des Fahrzeugs. Diese bewirkt den Verlauf der Fahrzeuggeschwindigkeit über der Zeit und kann vollkommen unabhängig vorgegeben werden, zum Beispiel automatisch, teilautomatisch, manuell per Fernsteuerung von einem abgesehenen Fahrzeugführer oder manuell von einem im Fahrzeug befindlichen Fahrzeugführer. Die Wirkung der Längssteuerung schlägt sich zum einen in den über der Zeit sich ändernden Ortsdaten nieder, zum anderen aber auch in den eine gemessene Geschwindigkeit umfassenden Fahrteigenschaften **514, 614**, und geht auf diese Weise in die Querlenkverfahren ein.

[0055] Die für die Messung **306, 406, 506, 606** verwendeten Sensoren **103** des Fahrzeugs **101; 207, 304, 404, 504, 604** können zum Beispiel ein Laser-

scanner, ein LIDAR oder eine Standbildkamera, oder eine Videokamera sein.

Bezugszeichenliste

101	Sattelschlepper
102	Sattelplatte
103	Sensoren
104	Sattelzapfen
105	Reflektoren
106	Auflieger
107	aktive Lenkung
108	Messung
109	Stützen
201	x-Richtung
202	Querversatz
203	Orientierungswinkel alpha
204	Lenkwinkel beta
205	Sattelzapfen = Koordinatenursprung
206	Hinterachse
207	Sattelschlepper
208	Auflieger
209	Referenzpunkt
210	Vorderachse
211	y-Richtung
212	Längsachse des Sattelschleppers
300	Querlenkverfahren
301	Sollversatzvorgabe
303	Regelung
304	Fahrzeug
305	Messwertefilter
306	Messvorrichtung
307	Zielposition
308	Sollversatz
310	Solllenkwinkel
311	aktueller Querversatz
312	aktuelle Orientierung
313	Orts- und Orientierungsdaten
315	Messung
317	Querlenkvorrichtung
400	Querlenkverfahren
401	Sollversatzvorgabe

402	Querversatzregler	608	Sollversatz
403	Orientierungsregler	609	Sollorientierung
404	Fahrzeug	610	Solllenkwinkel
405	Messwertefilter	611	aktueller Querversatz
406	Messvorrichtung	612	aktuelle Orientierung
407	Zielposition	613	Orts- und Orientierungsdaten
408	Sollversatz	614	Fahrteigenschaften
409	Sollorientierung	615	Messung
410	Solllenkwinkel	616	Kaskadenregler
411	aktueller Querversatz	617	Querlenkvorrichtung
412	aktuelle Orientierung	618	Bewegungsmodell
413	Orts- und Orientierungsdaten	619	Gütewerte
415	Messung		
416	Kaskadenregler		
417	Querlenkvorrichtung		
500	Querlenkverfahren		
501	Sollversatzvorgabe		
503	Regelung		
504	Fahrzeug		
505	Kalmanfilter als Messwertefilter		
506	Messvorrichtung		
507	Zielposition		
508	Sollversatz		
510	Solllenkwinkel		
511	aktueller Querversatz		
512	aktuelle Orientierung		
513	Orts- und Orientierungsdaten		
514	Fahrteigenschaften		
515	Messung		
517	Querlenkvorrichtung		
518	Bewegungsmodell		
519	Gütewerte		
600	Querlenkverfahren		
601	Sollversatzvorgabe		
602	Querversatzregler		
603	Orientierungsregler		
604	Fahrzeug		
605	Kalmanfilter als Messwertefilter		
606	Messvorrichtung		
607	Zielposition		

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- DE 102016011324 A1 [0002]

Patentansprüche

1. Ein Querlenkverfahren (300, 400, 500, 600) für das Bewegen eines eine aktive Lenkung (107) umfassenden Fahrzeugs (101, 207, 304, 404, 504, 604) in eine Zielposition (104, 205, 307, 407, 507, 607), umfassend:

- Durchführen von eine Herleitung von Orts- und Orientierungsdaten ermöglichenden Abstands- und/oder Winkelmessungen (108, 315, 415, 515, 615) zwischen dem Fahrzeug (101, 207, 304, 404, 504, 604) und der Zielposition (104, 205, 307, 407, 507, 607),
- Herleiten der Orts- und Orientierungsdaten (313, 413, 513, 613),
- Filtern (306, 406, 506, 606) der Orts- und Orientierungsdaten (313, 413, 513, 613) zu Aktuellwerten (311, 312, 411, 412, 511, 512, 611, 612), welche aktuelle Ortswerte (311, 411, 511, 611) und aktuelle Orientierungswerte (312, 412, 512, 612) umfassen,
- Durchführen einer Regelung (303, 402, 403, 503, 602, 603), die aus den Aktuellwerten (311, 312, 411, 412, 511, 512, 611, 612) Sollwinkel (310, 410, 510, 610) herleitet, und
- Realisierung des Sollwinkels (310, 410, 510, 610) durch Einwirkung auf die aktive Lenkung (107) des Fahrzeugs (101, 207, 304, 404, 504, 604).

2. Das Querlenkverfahren gemäß Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass

- das Filtern (305, 405, 505, 605) der Orts- und Orientierungsdaten (313, 413, 513, 613) eine Kalmanfilterung (505, 605) umfasst, bei der die Orts- und Orientierungsdaten (513, 613) unter Berücksichtigung von am Fahrzeug gemessenen Fahrteigenschaften (514, 614), Gütewerten (519, 619) und einem Bewegungsmodell (518, 618) des Fahrzeugs (101, 207, 304, 404, 504, 604) zu den Aktuellwerten (511, 512, 611, 612) aufbereitet werden.

3. Das Querlenkverfahren gemäß Anspruch 1 oder Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass

- die Regelung (303, 402, 403, 503, 602, 603) eine Kaskadenregelung (416, 616) umfasst, bei der in einem äußeren Regelkreis (402, 602) aus den aktuellen Ortswerten (411, 611) eine Sollorientierung (409, 609) hergeleitet wird, und in einem inneren Regelkreis (403, 603) aus der Sollorientierung (409, 609) und dem aktuellen Orientierungswert (412, 612) der Sollwinkel (410, 610) hergeleitet wird.

4. Das Querlenkverfahren gemäß Anspruch 2 oder Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kalmanfilterung einen Messschritt und einen Updateschritt umfasst, derart dass im Messschritt aus jeweils neuesten Sensordaten und vorherigen berechneten Positionsdaten durch gewichtete Mittelung mit einem Gewicht w das gemäß

$$w = 1/(q \cdot v_m + 1)$$

von der Güte der Sensormessungen q und einer Varianz der Sensormessungen v_m abhängt, neue berechnete Positionsdaten hergeleitet werden, und im Updateschritt die berechneten Positionsdaten gemäß einem mit einem gemessenen Lenkwinkel und einer gemessenen Geschwindigkeit als Fahrteigenschaften (514, 614) parametrisierten Bewegungsmodell (518) in aktuelle Positionsdaten extrapoliert werden.

5. Das Querlenkverfahren gemäß Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Messschritt beim Vorliegen der jeweils neuen Sensordaten aktiviert wird, und der Updateschritt beim Vorliegen der jeweils neuen Fahrteigenschaften aktiviert wird.

6. Das Querlenkverfahren gemäß Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass nach dem Messschritt aus jedem alten Gütewert q_{alt} , einem zugeordneten Mindestgütewert q_{min} und einem zugeordneten Messgütewert q_{mess} ein neuer Gütewert q_{neu} bestimmt wird gemäß

$$q_{\text{neu}} = \max(q_{\text{min}}, q_{\text{alt}} / (q_{\text{alt}} + q_{\text{mess}})),$$

wobei q_{min} und q_{mess} separat für Ortsdaten und Orientierungsdaten fest angenommen werden, und dass nach dem Updateschritt aus jedem alten Gütewert q_{alt} , einer zugeordneten Proportionalitätskonstante C_p , der Geschwindigkeit v und der Zeit t_{MS} seit dem letzten Messschritt ein neuer Gütewert q_{neu} bestimmt wird gemäß

$$q_{\text{neu}} = q_{\text{alt}} + C_p \cdot v \cdot t_{\text{MS}},$$

wobei C_p separat für Ortsdaten und Orientierungsdaten fest angenommen wird.

7. Eine Querlenkvorrichtung (317, 417, 517, 617) für das Bewegen eines eine aktive Lenkung (107) umfassenden Fahrzeugs (101, 207, 304, 404, 504, 604) in eine Zielposition (104, 205, 307, 407, 507, 607), umfassend:

- Sensoren (103) und Markierungen (105), die so beschaffen und auf das Fahrzeug (101, 207, 304, 404, 504, 604) und die Zielposition (104, 205, 307, 407, 507, 607) verteilt sind, dass aus Abstands- und/oder Winkelmessungen (108, 315, 415, 515, 615) zwischen dem Fahrzeug (101, 207, 304, 404, 504, 604) und der Zielposition (104, 205, 307, 407, 507, 607) Orts- und Orientierungsdaten (313, 413, 513, 613) hergeleitet werden können,
- eine Messvorrichtung (306, 406, 506, 606), die so eingerichtet ist, dass sie mittels der Sensoren (103) und Markierungen (105) die Abstands- und/oder Winkelmessungen (315, 415, 515, 615) zwischen dem

Fahrzeug (101, 207, 304, 404, 504, 604) und der Zielposition (104, 205, 307, 407, 507, 607) durchführt, und daraus Orts- und Orientierungsdaten (313, 413, 513, 613) des Fahrzeugs (101, 207, 304, 404, 504, 604) herleitet,

- ein Messwertefilter (305, 405, 505, 605), das so eingerichtet ist, dass es aus den Orts- und Orientierungsdaten (313, 413, 513, 613) Aktuellwerte (311, 312, 411, 412, 511, 512, 611, 612) herleitet, welche aktuelle Ortswerte (311, 411, 511, 611) und aktuelle Orientierungswerte (312, 412, 512, 612) umfassen, und

- einen Regler (303, 402, 403, 503, 602, 603), der so eingerichtet ist, dass aus den Aktuellwerten (311, 312, 411, 412, 511, 512, 611, 612) Solllenkwinkel (310, 410, 510, 610) hergeleitet und durch Einwirkung auf die aktive Lenkung (107) realisiert werden.

8. Die Querlenkvorrichtung (517, 617) gemäß Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass

- das Messwertefilter (305, 405, 505, 605) als Kalmanfilter (505, 605) ausgebildet ist, so eingerichtet, dass die Orts- und Orientierungsdaten (513, 613) unter Berücksichtigung von am Fahrzeug gemessenen Fahrteigenschaften (514, 614), Gütewerten (519, 619) und einem Bewegungsmodell (518, 618) des Fahrzeugs (101, 207, 304, 404, 504, 604) zu den Aktuellwerten (511, 512, 611, 612) aufbereitet werden.

9. Die Querlenkvorrichtung (417, 617) gemäß Anspruch 7 oder Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Regler (303, 402, 403, 503, 602, 603) als Kaskadenregler (416, 616) mit einem Querverstärker (402, 602) eingerichtet um aus den aktuellen Ortswerten (411, 611) eine Sollorientierung (409, 609) herzuleiten, und einem Orientierungsregler (403, 603) eingerichtet um aus der Sollorientierung (409, 609) und dem aktuellen Orientierungswert (412, 612) den Solllenkwinkel (410, 610) herzuleiten, ausgebildet ist.

10. Die Querlenkvorrichtung (417, 617) gemäß Anspruch 8 oder Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Kalmanfilter eingerichtet ist, einen Messschritt und einen Updateschritt durchzuführen, derart dass im Messschritt aus jeweils neuesten Sensordaten und vorherigen berechneten Positionsdaten durch gewichtete Mittelung mit einem Gewicht w das gemäß $w = 1 / (q \cdot v_m + 1)$ von der Güte der Sensormessungen q und einer Varianz der Sensormessungen v_m abhängt, neue berechnete Positionsdaten hergeleitet werden, und im Updateschritt die berechneten Positionsdaten gemäß einem mit einem gemessenen Lenkwinkel und einer gemessenen Geschwindigkeit als Fahrteigenschaften (514, 614) parametrisierten Bewegungsmodell (518) in aktuelle Positionsdaten extrapoliert werden.

11. Die Querlenkvorrichtung (417, 617) gemäß Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Kal-

manfilter eingerichtet ist, den Messschritt beim Vorliegen der jeweils neuen Sensordaten zu aktivieren, und den Updateschritt beim Vorliegen der jeweils neuen Fahrteigenschaften zu aktivieren.

12. Das Querlenkverfahren gemäß Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Kalmanfilter eingerichtet ist, nach dem Messschritt aus jedem alten Gütewert q_{alt} , einem zugeordneten Mindestgütewert q_{min} und einem zugeordneten Messgütewert q_{mess} einen neuen Gütewert q_{neu} zu bestimmen gemäß

$$q_{\text{neu}} = \max(q_{\text{min}}, q_{\text{alt}} / (q_{\text{alt}} + q_{\text{mess}})),$$

wobei q_{min} und q_{mess} separat für Ortsdaten und Orientierungsdaten fest angenommen sind,

und nach dem Updateschritt aus jedem alten Gütewert q_{alt} , einer zugeordneten Proportionalitätskonstante C_p , der Geschwindigkeit v und der Zeit t_{MS} seit dem letzten Messschritt einen neuen Gütewert q_{neu} zu bestimmen gemäß

$$q_{\text{neu}} = q_{\text{alt}} + C_p \cdot v \cdot t_{\text{MS}},$$

wobei C_p separat für Ortsdaten und Orientierungsdaten fest angenommen wird.

13. Ein Fahrzeug (101, 207, 304, 404, 504, 604), insbesondere angetriebenes Zugfahrzeug (101, 207), mit einer aktiven Lenkung (107), **dadurch gekennzeichnet**, dass es eingerichtet ist, ein Querlenkverfahren (300, 400, 500, 600) nach einem der Ansprüche 1 bis 5 durchzuführen, und/oder dass es eine Querlenkvorrichtung (317, 417, 517, 617) nach einem der Ansprüche 6 bis 10 aufweist.

Es folgen 3 Seiten Zeichnungen

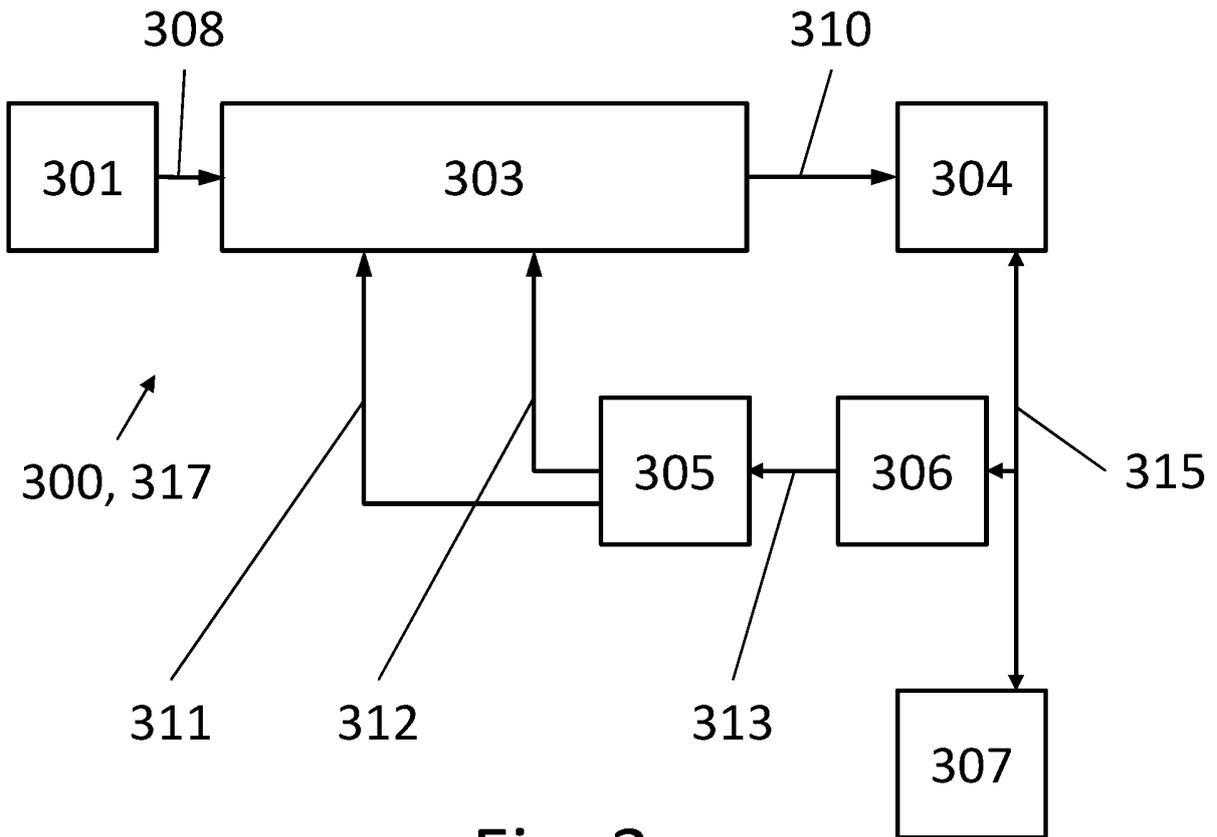


Fig. 3

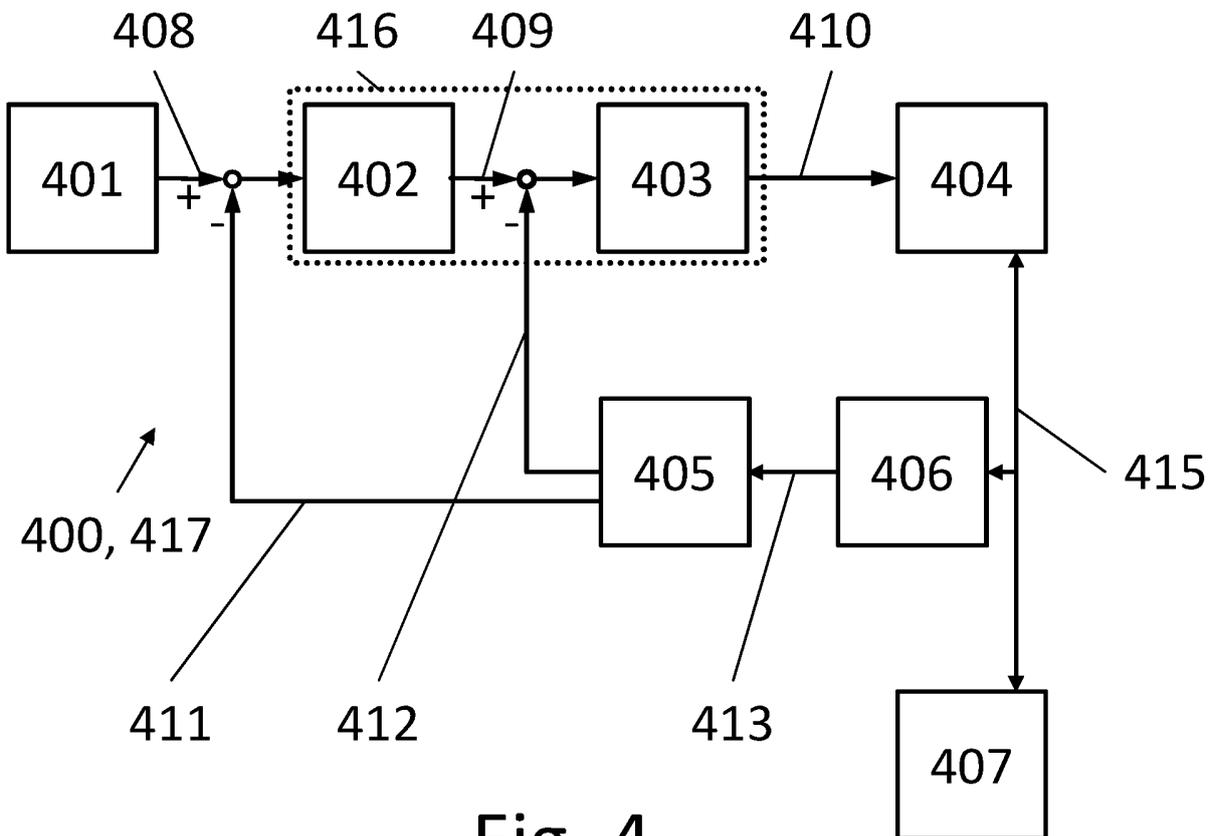


Fig. 4

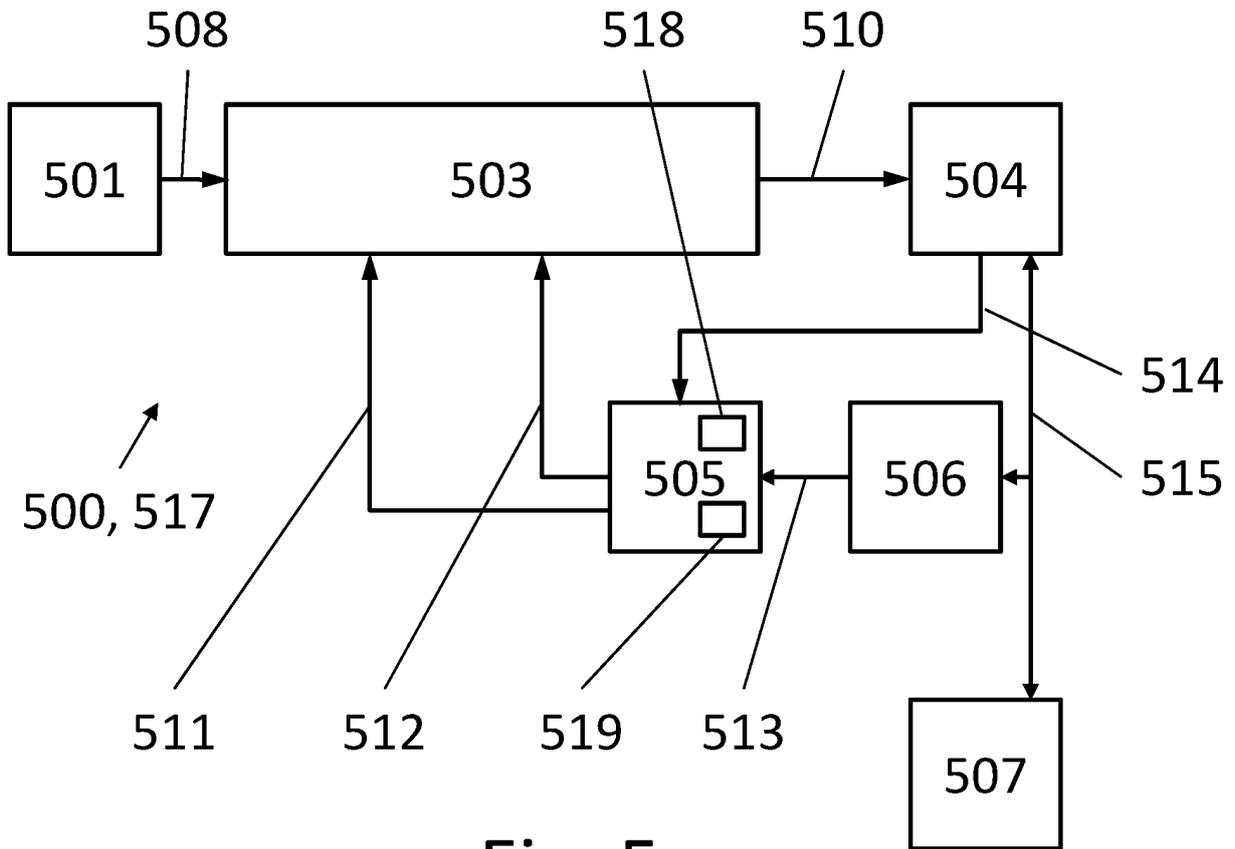


Fig. 5

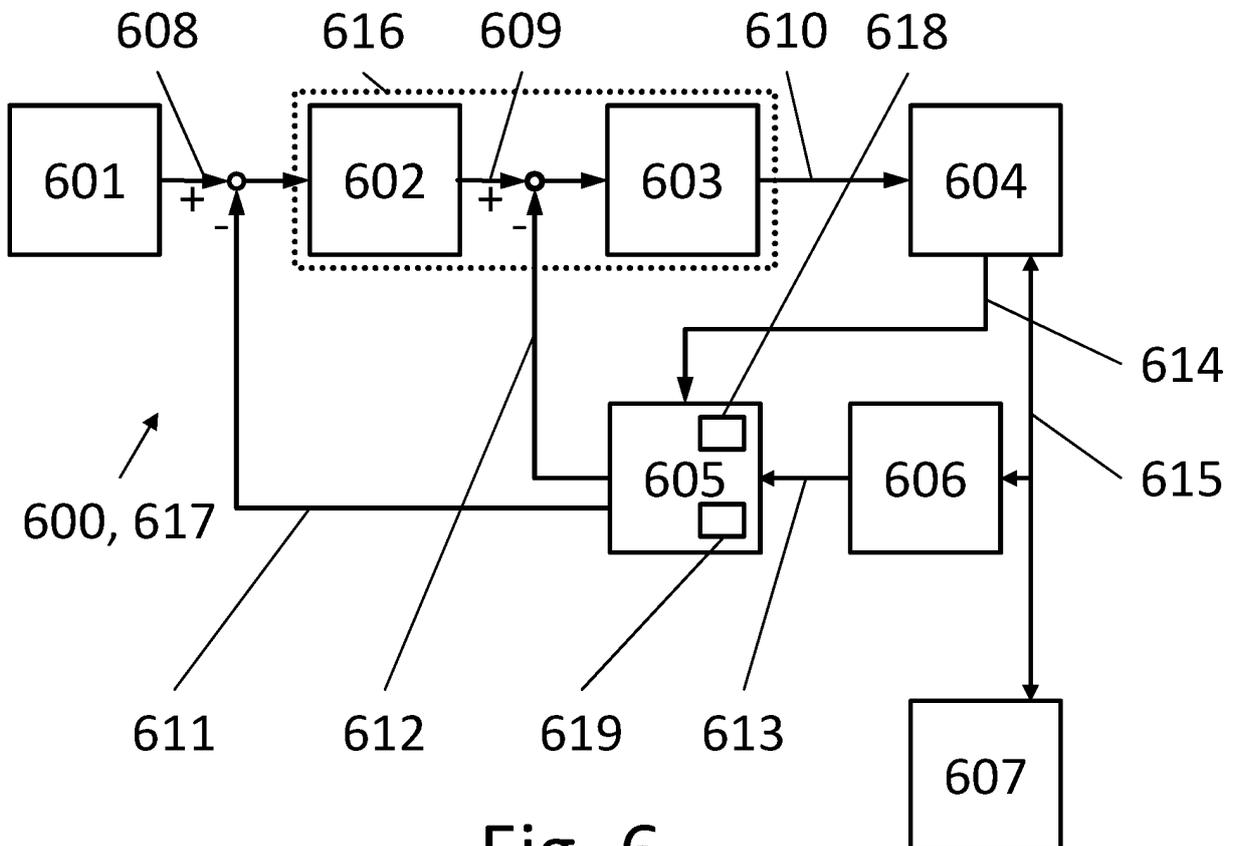


Fig. 6