

(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
24. Dezember 2020 (24.12.2020)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2020/253922 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
G01S 19/45 (2010.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2020/200048

(22) Internationales Anmeldedatum:
17. Juni 2020 (17.06.2020)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2019 208 874.0
18. Juni 2019 (18.06.2019) DE

(71) Anmelder: CONTINENTAL TEVES AG & CO. OHG
[DE/DE]; Guerickestr. 7, 60488 Frankfurt am Main (DE).

(72) Erfinder: **KUBINA, Bernd**; c/o Conti Temic microelectronic GmbH, Intellectual Property - Sieboldstraße 19, 90411 Nürnberg (DE). **BURGHARDT, Roland**; c/o Conti Temic microelectronic GmbH, Intellectual Property - Sieboldstraße 19, 90411 Nürnberg (DE). **BODENHEIMER, Robert**; c/o Conti Temic microelectronic GmbH, Intellectual Property - Sieboldstraße 19, 90411 Nürnberg (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,

(54) Title: ERROR AND INTEGRITY EVALUATION VIA MOTION PREDICTION

(54) Bezeichnung: FEHLER- UND INTEGRITÄTSMBEWERTUNG DURCH BEWEGUNGSPRÄDIKATION

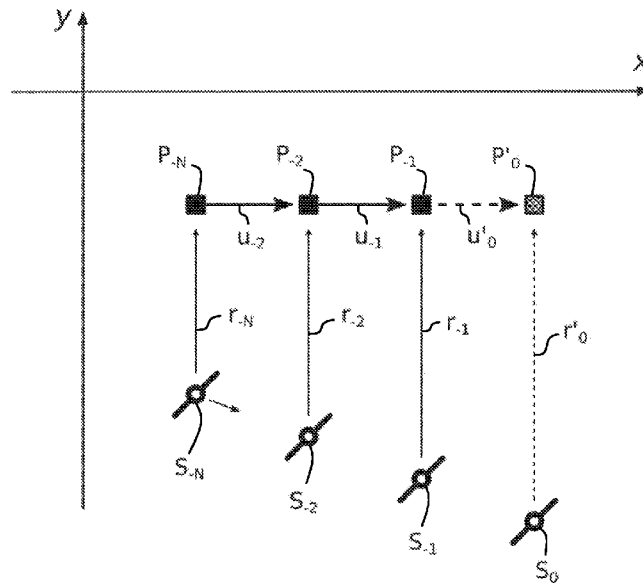


Fig. 1

(57) Abstract: The invention relates to a method for error and integrity evaluation during a position determination, comprising: recording position values (P_{-N} , P_{-2} , P_{-1}) and calculating clock errors of a recipient via time-discrete runtime measurements by means of a satellite navigation system; recording a first pseudo distance at a later time via time-discrete runtime measurement by means of the satellite navigation system; extrapolating a position value (P'_0) of the receiver at the later time based on a trajectory that reflects the preceding motion path of the receiver and extrapolating a clock error of the receiver at the later time based on a number of clock errors calculated before the later time; determining a distance (r'_0) between the extrapolated position value



WO 2020/253922 A1

SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN,
TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

- (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)

(P'₀) of the receiver and the position of a satellite (S₀) of the satellite navigation system at the later time, wherein a quality measure for the usability of the position determination with the satellite is obtained by forming a second pseudo distance based on the sum of the determined distance (r'₀) and the extrapolated clock error at the later time and comparing the second pseudo distance with the first pseudo distance.

(57) **Zusammenfassung:** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Fehler- und Integritätsbewertung bei einer Positionsbestimmung, umfassend Aufnehmen von Positionswerten (P_N, P₂, P₁) und Berechnen von Uhrenfehlern eines Empfängers durch zeitdiskrete Laufzeit-Messungen mittels eines Satellitennavigationssystems, Aufnehmen einer ersten Pseudoentfernung zu einem späteren Zeitpunkt durch zeitdiskrete Laufzeit-Messung mittels des Satellitennavigationssystems, Extrapolieren eines Positionswerts (P'₀) des Empfängers zu dem späteren Zeitpunkt basierend auf einer Trajektorie, die den vorhergehenden Bewegungspfad des Empfängers wiedergibt und Extrapolieren eines Uhrenfehlers des Empfängers zu dem späteren Zeitpunkt basierend auf einer Anzahl der vor dem späteren Zeitpunkt berechneten Uhrenfehler, Ermitteln einer Entfernung (r'₀) zwischen dem extrapolierten Positionswert (P'₀) des Empfängers und der Position eines Satelliten (S₀) des Satellitennavigationssystems zu dem späteren Zeitpunkt, wobei ein Qualitätsmaß für die Nutzbarkeit der Positionsbestimmung mit dem Satelliten gewonnen wird durch Bilden einer zweiten Pseudoentfernung auf Basis der Summe der ermittelten Entfernung (r'₀) und des extrapolierten Uhrenfehlers zu dem späteren Zeitpunkt und Vergleichen der zweiten Pseudoentfernung mit der ersten Pseudoentfernung.

Beschreibung

Fehler- und Integritätsbewertung durch Bewegungsprädikation

- 5 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Fehler- und Integritätsbewertung bei einer Positionsbestimmung sowie eine Steuervorrichtung und ein Computerprogrammprodukt zur Durchführung des Verfahrens.

10 Die absolute Geoposition eines Fahrzeuges kann heutzutage mit Hilfe von Empfängern für Globale Satellitennavigationssysteme (GNSS), bestimmt werden, nachfolgend auch als GNSS-Messung bezeichnet. Zusätzlich kann die relative Bewegung eines Fahrzeugs beispielsweise mit Hilfe von im Fahrzeug verbauter Inertial (IMU)- und Odometrie (ODO)-Sensorik bestimmt werden.

15 Das GNSS-System ermöglicht zum Ersten die Messung der Empfänger Position über Laufzeitmessungen, auch Code Ranging genannt. Zum Zweiten ermöglicht es die Messung der Empfängergeschwindigkeit über Doppler-Verschiebungen.

20 Im Rahmen einer Sensorfusion können GNSS-, IMU- und ODO-Messungen fusioniert werden, um präzisere und höher verfügbare Positionsbestimmungen zu erhalten. Die Sensorfusion wird üblicherweise mit Kalman- oder Partikel-Filtern realisiert.

25 Zur Fehlerdetektion in GNSS-Messungen existieren die bekannten Methoden des Receiver Autonomous Integrity Monitoring (RAIM) und die Fault Detection and Exclusion (FDE). Dabei wird die Tatsache genutzt, dass während einer GNSS-Messung in der Regel mehr als die notwendigen vier Satellitensignale verfügbar sind. Bei der Fault Detection and Exclusion müssen mindestens sechs Satelliten verfügbar sein. Weiterhin existieren die Methode des Code-Minus-Carrier
30 und der Double-Delta Korrelator zur Detektion von GNSS-Mehrwegeausbreitung.

Grundsätzlich treten bei GNSS-Messungen im Fahrzeug sporadische Fehler auf, die mit dem aktuellen Stand der Technik nicht erkannt werden. Dies begrenzt das

Vertrauensniveau und damit die Integrität der mittels GNSS ermittelten Positionierung.

Bei der Positionsbestimmung, die nachfolgend sowohl im Sinne einer Lokalisierung als auch im Sinne von Geschwindigkeits- oder Beschleunigungsbestimmung zu verstehen ist, finden sich langsam und schnell veränderliche Fehler. Zu den Ursachen von schnell veränderlichen Messfehlern zählen in erster Linie sogenannte Non-Line-of-Sight (NLOS) Ausbreitungspfade des Funksignals, insbesondere bei bewegten Empfängern, im Weiteren aber auch Fehler im GNSS-Satelliten, wie zufällige Hardware- und Softwarefehler, beispielsweise außergewöhnlich schnelle Uhrendriften.

Die genannten NLOS-Signale entstehen durch Reflektion und Streuung des Funksignals im direkten Umfeld des Empfängers, wie bspw. Gebäuden. Es lassen sich hier verschiedene Überlagerungsmöglichkeiten von unerwünschten NLOS und dem gewünschten direkten Line-of-Sight (LOS) Signal unterscheiden. Ein Großteil dieser Überlagerungsmöglichkeiten wird durch den Begriff Mehrwegeausbreitung beschrieben.

Bei fusionierten Filtermethoden können Fehler in den jeweils beteiligten Sensoren zu einer fehlerhaften Positionsbestimmung führen. Hier sind neben den NLOS-Signalen des GNSS, Drift und Offset in der Inertialsensorik, und Offsets in der Odometrie als mögliche Fehlerursachen zu nennen. Insbesondere Kalman-Filterlösungen zeigen die unerwünschte zeitliche Fehlerfortpflanzung.

Die oben genannten GNSS-Fehlerdetektoren RAIM und FDE sind grundsätzlich auf eine isolierte Betrachtung der GNSS Signale beschränkt, was die Detektion von gleichartigen Fehlern (Common Mode Failure) einschränkt. Weiterhin zeigen RAIM und FDE Detektionsschwächen, wenn mehrere Satelliten gleichzeitig gestört sind.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zu Grunde, bei einer Positionsbestimmung eine verbesserte Fehler- und Integritätsbewertung zu erreichen. Dabei soll vorzugsweise auch erreicht werden, dass schnell veränderliche Fehler in der

GNSS-Messung, insbesondere verursacht durch Mehrwegeausbreitung, und / oder durch Fehler in Messungen der Inertialsensorik bzw. der Odometrie, detektiert werden und die Integrität der ermittelten Fahrzeug-Position damit erhöht wird.

- 5 Die Aufgabe wird durch die Merkmale der unabhängigen Ansprüche gelöst. Bevorzugte Weiterbildungen sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche. Durch ausdrückliche Bezugnahme werden die Ansprüche an dieser Stelle zum Inhalt der Beschreibung gemacht.
- 10 Gemäß einem Aspekt der Erfindung umfasst ein Verfahren zur Fehler- und Integritätsbewertung bei einer Positionsbestimmung das Aufnehmen von Positionswerten und Berechnen von Uhrenfehlern eines Empfängers durch zeitdiskrete Laufzeit-Messungen mittels eines Satellitennavigationssystems. Die Positionswerte umfassen vorzugsweise für jede der einzelnen Messungen eine
- 15 Positionsangabe in einem dreidimensionalen Koordinatensystem, die durch Messung der Laufzeit des GNSS-Signals und Multiplikation mit der Lichtgeschwindigkeit ermittelt wird. Die Historie der Positionswerte wird vorzugsweise gespeichert, so dass sie für spätere Verfahrensschritte zur Verfügung steht.
- 20
- Unter einer Laufzeit-Messung, oft auch als Code Ranging oder Pseudorange bezeichnet, wird vorzugsweise verstanden, dass die Zeitdifferenz gemessen wird, die zwischen dem Aussenden eines GNSS-Signals vom Phasenzentrum der Satellitenantenne bis zum Empfangen des Signals im Phasenzentrum der
- 25 Empfängerantenne vergeht. Durch Multiplikation mit der Lichtgeschwindigkeit ergibt sich der Abstand zwischen beiden, der allerdings durch fehlende Synchronisation der Uhren von Satellit und Empfänger eine große Ungenauigkeit aufweist. Das GNSS-Signal umfasst neben dem Trägersignal und den Ephemeridendaten des Satelliten einen Code, der auch im Empfänger enthalten ist und den der Empfänger
- 30 sozusagen soweit verschiebt, dass er mit dem empfangenen Code des Satelliten synchronisiert ist. Diese Verschiebung entspricht der gemessenen Laufzeit.

Eine Pseudoentfernung bezeichnet allgemein die Distanz, die sich zwischen einem Satellit und einem Empfänger aus einer Messung ergibt, wenn dabei entscheidende Ungenauigkeitsfaktoren mit enthalten sind. Aufgrund des großen Werts der Lichtgeschwindigkeit führen bei einer Laufzeit-Messung schon kleine Uhrenfehler zu großen Abweichungen, was auch für die durch zeitdiskrete Laufzeit-Messungen aufgenommenen Positionswerte gilt. Mathematisch lässt sich eine Pseudoentfernung PR für einen Zeitpunkt i durch $PR_i = r_i + e_{\text{RecClock}_i} + e_{\text{other}_i} + e_{\text{MP}_i}$ beschreiben, wobei r_i die tatsächliche Distanz zwischen Satellit und Empfänger, e_{RecClock_i} den Empfängeruhrenfehler, e_{other_i} weitere Fehler, wie Ionosphären-, Rausch- und Satellitenuhrenfehler und e_{MP_i} schnell veränderliche Fehler, wie Multipath bzw. NLOS-Fehler, jeweils zum Zeitpunkt i , beschreiben. Der Fehler e_{RecClock} wird im Empfänger nach jeder Pseudorange-Messung mathematisch berechnet bzw. geschätzt. Die Fehlerterme können sowohl positive als auch negative Werte annehmen.

Ein weiterer Schritt des erfindungsgemäßen Verfahrens beinhaltet das Aufnehmen einer ersten Pseudoentfernung zu einem späteren, vorzugsweise dem aktuellen, Zeitpunkt durch zeitdiskrete Laufzeit-Messung mittels des Satellitennavigationssystems. Der Uhrenfehler lässt sich beispielsweise in bekannter Weise ermitteln, sofern vier GNSS-Satelliten verfügbar sind. Uhrenfehler werden vorzugsweise in eine Entfernung umgerechnet, die sich aus der Multiplikation der dem Uhrenfehler entsprechenden Zeitdifferenz mit der Lichtgeschwindigkeit ergibt. Mit der ersten Pseudoentfernung steht eine durch Messung erhaltene Vergleichsgröße bereit.

Um einen Vergleich zu ermöglichen, wird eine prädizierte Größe, die zweite Pseudoentfernung, bereitgestellt. Dazu wird ein Positionswert des Empfängers, der dem späteren Zeitpunkt zugeordnet ist, basierend auf einer Trajektorie extrapoliert, also die Trajektorie für einen Zeitschritt logisch fortgeführt. Die Trajektorie gibt den vorhergehenden Bewegungspfad des Empfängers kontinuierlich oder für diskrete Zeitpunkte wieder. Zusätzlich wird auch der Uhrenfehler für den späteren Zeitpunkt anhand des bisherigen Verlaufs der Uhrenfehler extrapoliert. Dies erfolgt basierend

auf einer Anzahl der vor dem späteren Zeitpunkt berechneten Uhrenfehler, wobei die Anzahl variabel oder einmalig festgelegt worden sein kann.

5 Weiterhin beinhaltet das Verfahren das Ermitteln einer Entfernung zwischen dem extrapolierten Positionswert des Empfängers und der Position eines Satelliten des Satellitennavigationssystems zu dem späteren Zeitpunkt. Grundlage für den extrapolierten Positionswert bilden, wie zuvor erläutert, die durch zeitdiskrete Laufzeit-Messungen aufgenommenen Positionswerte. Der extrapolierte Positionswert, also der dem späteren Zeitpunkt zugeordnete geschätzte
10 Positionswert, bildet somit das eine Ende einer tatsächlichen Entfernung, deren anderes Ende durch den Satellit gebildet wird, dessen Position beispielsweise aus den übermittelten Ephemeridendaten bekannt ist. Bei dem Satellit handelt es sich um einen vorzugsweise beliebig ausgewählten Satelliten aus den im Sinne einer direkten Signalübertragung verfügbaren Satelliten.

15 Um aus der Entfernung zwischen dem extrapolierten Positionswert des Empfängers und der Position des Satelliten eine Vergleichsgröße für die erste Pseudoentfernung zu erhalten, wird der extrapolierte Uhrenfehler, also der dem späteren Zeitpunkt zugeordnete geschätzte Uhrenfehler, zu der ermittelten
20 Entfernung addiert. Dabei wird sinnvollerweise, wie vorstehend erläutert, der extrapolierte Uhrenfehler als Entfernung ausgedrückt. Die so erhaltene zweite Pseudoentfernung wird dann mit der ersten Pseudoentfernung verglichen.

Mit anderen Worten wird bei dem erfindungsgemäßen Verfahren also ein
25 Schätzwert bzw. eine Prädikation der Empfängerposition und des Uhrenfehlers des Empfängers gebildet und die zugehörige Pseudoentfernung berechnet. Diese prädizierte Pseudoentfernung wird mit der gemessenen Pseudoentfernung verglichen, um auf einfache, kostengünstige und effiziente Weise ein besseres Qualitätsmaß für Fehler und Integrität der Laufzeit-Messung des spezifischen
30 Satelliten zu erhalten und insbesondere schnell veränderliche Fehler zu erkennen. Das Verfahren wird vorzugsweise für andere Satelliten des Satellitennavigationssystems wiederholt.

Anders als bei dem herkömmlichen FDE-Verfahren kann die Fehler- und Integritätsbewertung bei dem erfindungsgemäßen Verfahren vor dem Lösen des Positionsgleichungssystems erfolgen, bei dem die Position des Empfängers mit Hilfe der Daten mehrerer Satelliten berechnet wird, so dass sich ein geringerer
5 Berechnungsaufwand ergibt.

Im Gegensatz zu der Methode des Code-Minus-Carrier ist die Fehler- und Integritätsbewertung unabhängig vom Fehlertyp des NLOS-Ausbreitungspfades, also beispielsweise Mehrwegeausbreitung die ausschließlich auftritt oder
10 Mehrwegeausbreitung die zusätzlich zu einem direkten Signalpfad auftritt.

Bevorzugt handelt es sich bei dem Empfänger um ein Fahrzeug bzw. der Empfänger ist in einem Fahrzeug angeordnet oder fest verbaut.

15 Es ist bevorzugt, dass die Trajektorie durch eine Anzahl der vor dem späteren Zeitpunkt durch zeitdiskrete Laufzeit-Messungen mittels eines Satellitennavigationssystems aufgenommenen Positionswerte gebildet wird und / oder aus Daten von Umfelderkennungssensoren extrahiert wird, insbesondere Kamera, Radar und / oder Lidar. Die Nutzung von Umfelderkennungssensoren ist
20 möglich, weil diese ausgehend von einer bekannten Absolutposition diese durch Erfassen der Bewegung fortschreiben können.

Vorzugsweise entspricht der spätere Zeitpunkt dem gegenwärtigen Zeitpunkt. Das Aufnehmen von Positionswerten und Berechnen von Uhrenfehlern des Empfängers
25 wird demgegenüber zu früheren Zeitpunkten, also in der Vergangenheit vor dem späteren Zeitpunkt durchgeführt. Die Zeitpunkte sind vorzugsweise gleichmäßig beabstandet, d. h. die zeitdiskreten Laufzeit-Messungen als auch vorzugsweise der spätere Zeitpunkt sind jeweils vom vorhergehenden Zeitpunkt zeitlich gleich weit entfernt. Der spätere Zeitpunkt ist vorzugsweise also der einem bestimmten Takt
30 folgende nächste Schritt nach einer Reihe von Mess-Zeitpunkten. Der Takt entspricht vorzugsweise der Abtastrate des Empfängers.

Nach einer bevorzugten Ausführungsform werden zum Extrapolieren des Positionswerts des Empfängers zu dem späteren Zeitpunkt eine Positionswertdifferenz aus den Positionswertdifferenzen der zuvor aufgenommenen Positionswerte abgeleitet. Es werden also die Änderungen von
5 Positionswert zu Positionswert betrachtet, um daraus den Positionswert zum späteren Zeitpunkt abzuschätzen.

Es entspricht einer bevorzugten Ausführungsform, dass das Extrapolieren des Positionswerts des Empfängers zusätzlich auf einer Trägheitsmodellierung,
10 Messungen von Inertialsensorik (IMU), Messungen von Odometriesensorik, und / oder Dopplermessungen der Satellitennavigation basiert. Inertialsensorik umfasst normalerweise Sensoren, die Beschleunigungen und Drehraten messen, während Odometrie durch Messung von Daten eines Vortriebssystems, wie beispielsweise Raddrehzahlen und / oder Lenkbewegungen, eine eigene Positionsbestimmung
15 erlaubt.

Das Extrapolieren des Uhrenfehlers des Empfängers basiert nach einer bevorzugten Ausführungsform zusätzlich auf Temperaturmessungen, hinterlegten Informationen über einen Uhrendrift und / oder über das Uhrenquarz, so dass der
20 Uhrenfehler noch genauer bestimmbar ist.

Es ist bevorzugt, dass das Extrapolieren des Uhrenfehlers des Empfängers, wie vorstehend bereits erläutert in Form eines Entfernungswerts erfolgt, der dem Uhrenfehler äquivalent ist.
25

Nach einer bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens wird beim Ermitteln der Entfernung (r'_0) zwischen dem extrapolierten Positionswert (P'_0) des Empfängers und der Position des Satelliten (S_0) die Position des Satelliten aus den Ephemeridendaten dieses Satelliten ermittelt, die mit dem Satellitensignal
30 übertragen werden.

Vorzugsweise umfasst das Vergleichen der zweiten Pseudoentfernung mit der ersten Pseudoentfernung eine Differenzbildung. Der Differenzbetrag kann als

Variable gespeichert bzw. versendet werden oder vorzugsweise direkt als Ausgangspunkt weiterer Maßnahmen genutzt werden, mit denen auf die aktuell ermittelte Fehlerhaftigkeit bzw. Integrität der Laufzeit-Messung des Satelliten reagiert wird. Bei einem großen Differenzbetrag kann es beispielsweise sinnvoll
5 sein, den Satelliten vorerst von der Bestimmung der Empfängerposition auszuschließen.

Es ist bevorzugt, dass relativ zu einem Referenzwert einem kleinen Differenzbetrag eine hohes Qualitätsmaß und einem großen Differenzbetrag ein kleines
10 Qualitätsmaß zugeordnet wird und ein entsprechendes Qualitätsmaß festgelegt wird. Somit wird ein einheitliches Maß für die Qualität bereitgestellt.

Nach einer bevorzugten Ausführungsform erfolgt eine Überprüfung auf indirekt empfangene Signale, die beispielsweise durch Mehrwegeausbreitung
15 hervorgerufen wurden, wobei eine relativ zu einem Referenzwert schnelle Änderung des Qualitätsmaßes als Indiz für einen indirekten Signalempfang gewertet wird.

Nach einem weiteren Aspekt der Erfindung ist eine Steuervorrichtung ausgebildet
20 zur Durchführung eines Verfahrens, wie beschrieben.

Die Steuervorrichtung weist vorzugsweise einen Speicher und einen Prozessor auf, wobei das Verfahren in Form eines Computerprogramms in dem Speicher hinterlegt und der Prozessor zur Ausführung des Verfahrens ausgebildet ist, wenn das
25 Computerprogramm aus dem Speicher in den Prozessor geladen ist.

Das Computerprogramm der Steuervorrichtung umfasst bevorzugt Programmcodemittel, um alle Schritte des Verfahrens durchzuführen, wenn das Computerprogramm auf einem Computer oder einer der zuvor genannten
30 Vorrichtungen ausgeführt wird.

Nach einem weiteren Aspekt der Erfindung umfasst ein Computerprogrammprodukt einen Programmcode, der auf einem computerlesbaren Datenträger gespeichert ist

und der, wenn er auf einer Datenverarbeitungseinrichtung ausgeführt wird, eines der angegebenen Verfahren durchführt.

Die oben beschriebenen Eigenschaften, Merkmale und Vorteile dieser Erfindung sowie die Art und Weise, wie diese erreicht werden, werden klarer und deutlicher verständlich im Zusammenhang mit der folgenden Beschreibung eines Ausführungsbeispiels im Zusammenhang mit der Zeichnung.

Die Fig. 1 zeigt in schematischer Darstellung eine zweidimensionale, entlang der Raumachsen X, Y aufgespannte, beispielhafte Darstellung der Bewegung eines Empfängers und eines Satelliten sowie deren Abstände zu bestimmten Zeitpunkten, wobei der Empfänger in einem Fahrzeug enthalten ist, dessen Bewegung mit der des Empfängers gleichgesetzt ist. Die Bezugszeichen enthalten jeweils einen Zeitindex i , wobei mit i der Abtastzeitpunkt bezeichnet wird. $-N, -2$ und -1 bezeichnen entsprechend Zeitpunkte der Vergangenheit, in denen Messungen durchgeführt wurden. Ein demgegenüber späterer Zeitpunkt entspricht der Gegenwart und wird mit $i = 0$ bezeichnet. Der gezeigte Satellit ist repräsentativ für einen beliebigen Satelliten und nimmt zu den verschiedenen Zeitpunkten i die Positionen $S_{-N}, S_{-2}, S_{-1}, S_0$ ein.

Die Positionswerte entsprechen der Empfängerposition, wobei P durch P_{-N}, P_{-2}, P_{-1} beschrieben wird. Sie werden durch zeitdiskrete Laufzeit-Messungen mittels eines Satellitennavigationssystems, beispielsweise NAVSTAR GPS, Galileo, GLONASS oder Beidou erhalten. Die Vektoren u_{-1}, u_{-2} , entsprechend bis $u_{-(N-1)}$, beschreiben die Positionsänderungen, die jeweils die Differenz zwischen zwei Positionswerten darstellen. Von Positionsänderung zu Positionsänderung ändern sich im Ausführungsbeispiel auch die Entfernungen r_{-N}, r_{-2}, r_{-1} zwischen Empfänger und Satellit. Auch für den späteren Zeitpunkt mit $i = 0$ wird der Positionswert P_0 und die Entfernung r_0 zum Satellit bestimmt, aus der durch Addition des aktuell gemessenen Uhrenfehlers Δt_0 eine erste Pseudoentfernung als gemessene Entfernung ermittelt wird.

Anhand der bisherigen Positionsänderungen wird, durch logische Fortführung, ein Schätzwert u'_0 für die Positionsänderung des folgenden, also aktuellen bzw. gegenwärtigen, Abtast-Zeitpunktes geschätzt. Somit wird mit Hilfe der Bewegungshistorie eine Schätzung, hier allgemein durch ein Apostroph gekennzeichnet, des aktuellen Positionswerts P'_0 des Empfängers erhalten. Dabei wurden als Zusatzinformationen eine Trägheitsmodellierung des Fahrzeugs, Messungen von Inertialsensorik, Messungen von Odometriesensorik, und Dopplermessungen der Satellitennavigation verwendet.

- 5
- 10 Auch für den Uhrenfehler des Empfängers, mit anderen Worten die Zeitdifferenz, mit der dessen Uhr von der Satellitenuhr abweicht, wird eine Schätzung durchgeführt. Dazu wird die Historie der letzten gemessenen Uhrenfehler herangezogen, um die entsprechende Zeitdifferenz $\Delta t'_0$ zu extrapolieren, die jedoch zur einfacheren Weiterberechnung als Distanzäquivalent ausgedrückt wird.
- 15 Zusätzlich fließen in die Extrapolation hinterlegte Informationen zum Uhrendrift bzw. zum Uhrenquarz sowie Temperaturmessungen ein.

Weiter wird aus diesen geschätzten Informationen die tatsächliche Entfernung r'_0 zwischen dem Satellit und dem Empfänger berechnet, wobei der Begriff der tatsächlichen Entfernung so zu verstehen ist, dass diese Entfernung keine Uhren-, Ionosphären- oder sonstiger bei Satellitenmessung üblichen Fehler beinhaltet, was daran liegt, dass diese Entfernung als Distanz zwischen zwei Punkten berechnet wird. Durch Addition des ebenfalls geschätzten Uhrenfehlers $\Delta t'_0$ wird eine zweite Pseudoentfernung bereitgestellt. Zusätzlich zu dem Uhrenfehler $\Delta t'_0$ können zur Bildung der geschätzten, also der zweiten, Pseudoentfernung weitere Fehlergrößen addiert werden, um die konform mit der ersten Pseudoentfernung zu sein, die gegebenenfalls auch weitere Fehlergrößen, wie bspw. Ionosphärenfehler enthält. Der Differenzbetrag der ersten und zweiten Pseudoentfernung, sofern nur der Uhrenfehler $\Delta t'_0$ addiert wird also $|(r'_0 + \Delta t'_0) - (r_0 + \Delta t_0)|$, beinhaltet eine Information über gegebenenfalls vorhandene schnell veränderliche Fehler, bspw. durch Mehrwegeausbreitung des Satellitensignals verursacht, denn dadurch weicht die gemessene Entfernung sprunghaft von der durch Extrapolieren bzw. Schätzen gewonnenen Entfernung ab. Allgemein gibt die Höhe des Differenzbetrags

20

25

30

umgekehrt die Integrität der Messung wieder, wobei dies über eine größere Anzahl von Zeitschritten umso besser funktioniert.

Somit ist die Größe des Differenzbetrags ein Qualitätsmaß für Fehler und

- 5 Integrität der Laufzeit-Messung des spezifischen Satelliten. Bei einer mehrfachen Wiederholung des Verfahrens bzw. durch eine höhere Anzahl genutzter Zeitschritte bzw. Messungen für die Schätzung lässt sich eine höhere Aussagekraft erreichen, jedoch ist es grundsätzlich sinnvoll bezüglich der nötigen Rechenleistung einen Kompromiss zu suchen.

10

Das Verfahren bzw. eine entsprechende Steuervorrichtung kann in beliebigen Systemen eingesetzt werden, beispielsweise in Kraftfahrzeugen, Drohnen, Flugzeugen oder Schiffen.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Fehler- und Integritätsbewertung bei einer Positionsbestimmung, umfassend:
 - 5 - Aufnehmen von Positionswerten (P_{-N} , P_{-2} , P_{-1}) und Berechnen von Uhrenfehlern eines Empfängers durch zeitdiskrete Laufzeit-Messungen mittels eines Satellitennavigationssystems,
 - Aufnehmen einer ersten Pseudoentfernung zu einem späteren Zeitpunkt durch zeitdiskrete Laufzeit-Messung mittels des Satellitennavigationssystems,
 - 10 - Extrapolieren eines Positionswerts (P'_0) des Empfängers zu dem späteren Zeitpunkt basierend auf einer Trajektorie, die den vorhergehenden Bewegungspfad des Empfängers wiedergibt und Extrapolieren eines Uhrenfehlers des Empfängers zu dem späteren Zeitpunkt basierend auf einer Anzahl der vor dem späteren Zeitpunkt berechneten Uhrenfehler,
 - 15 - Ermitteln einer Entfernung (r'_0) zwischen dem extrapolierten Positionswert (P'_0) des Empfängers und der Position eines Satelliten (S_0) des Satellitennavigationssystems zu dem späteren Zeitpunkt, wobei ein Qualitätsmaß für die Nutzbarkeit der Positionsbestimmung mit dem Satelliten gewonnen wird durch
 - 20 - Bilden einer zweiten Pseudoentfernung auf Basis der Summe der ermittelten Entfernung (r'_0) und des extrapolierten Uhrenfehlers zu dem späteren Zeitpunkt und
 - Vergleichen der zweiten Pseudoentfernung mit der ersten Pseudoentfernung.
- 25 2. Verfahren gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Trajektorie durch eine Anzahl der vor dem späteren Zeitpunkt aufgenommenen Positionswerte (P_{-N} , P_{-2} , P_{-1}) gebildet wird und / oder aus Daten von Umfeld erfassungssensoren extrahiert wird, insbesondere Kamera, Radar und / oder Lidar.
- 30 3. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der spätere Zeitpunkt einem gegenwärtigen Zeitpunkt entspricht und das Aufnehmen von Positionswerten (P_{-N} , P_{-2} , P_{-1}) und

Berechnen von Uhrenfehlern des Empfängers demgegenüber zu vergangenen, insbesondere gleichmäßig beabstandeten, Zeitpunkten durchgeführt wurde.

4. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zum Extrapolieren des Positionswerts (P'_0) des Empfängers zu dem späteren Zeitpunkt eine Positionswertdifferenz (u'_0) aus den Positionswertdifferenzen (u_{-1} , u_{-2}) der zuvor aufgenommenen Positionswerte (P_{-N} , P_{-2} , P_{-1}) abgeleitet wird.
5. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Extrapolieren des Positionswerts (P'_0) des Empfängers zusätzlich auf einer Trägheitsmodellierung, Messungen von Inertialsensorik, Messungen von Odometriesensorik, und / oder Dopplermessungen der Satellitennavigation basiert.
6. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Extrapolieren des Uhrenfehlers des Empfängers zusätzlich auf Temperaturmessungen, hinterlegten Informationen über einen Uhrendrift und / oder über das Uhrenquarz basiert.
7. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Extrapolieren des Uhrenfehlers des Empfängers in Form eines Entfernungswerts erfolgt, der dem Uhrenfehler äquivalent ist.
8. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass beim Ermitteln der Entfernung (r'_0) zwischen dem extrapolierten Positionswert (P'_0) des Empfängers und der Position des Satelliten (S_0) die Position (S_0) des Satelliten aus dessen Ephemeridendaten ermittelt wird, die mit dem Satellitensignal übertragen werden.
9. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Vergleichen der zweiten Pseudoentfernung mit der ersten Pseudoentfernung eine Differenzbildung umfasst.

10. Verfahren gemäß Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass relativ zu einem Referenzwert einem kleinen Differenzbetrag eine hohes Qualitätsmaß und einem großen Differenzbetrag ein kleines Qualitätsmaß zugeordnet wird und ein entsprechendes Qualitätsmaß festgelegt wird.
- 5
11. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, dass eine Überprüfung auf indirekt empfangene Signale erfolgt, wobei eine relativ zu einem Referenzwert schnelle Änderung des Qualitätsmaßes als Indiz für einen indirekten Signalempfang gewertet wird.
- 10
12. Steuervorrichtung zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche.
- 15
13. Steuervorrichtung nach Anspruch 12, aufweisend einen Speicher und einen Prozessor, wobei das Verfahren in Form eines Computerprogramms in dem Speicher hinterlegt und der Prozessor zur Ausführung des Verfahrens ausgebildet ist, wenn das Computerprogramm aus dem Speicher in den Prozessor geladen ist.
- 20
14. Steuervorrichtung nach Anspruch 13, wobei das Computerprogramm Programmcodemittel umfasst, um alle Schritte des Verfahrens durchzuführen, wenn das Computerprogramm auf einem Computer oder einer der angegebenen Vorrichtungen ausgeführt wird.
- 25
15. Computerprogrammprodukt, umfassend einen Programmcode, der auf einem computerlesbaren Datenträger gespeichert ist und der, wenn er auf einer Datenverarbeitungseinrichtung ausgeführt wird, ein Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11 durchführt.
- 30

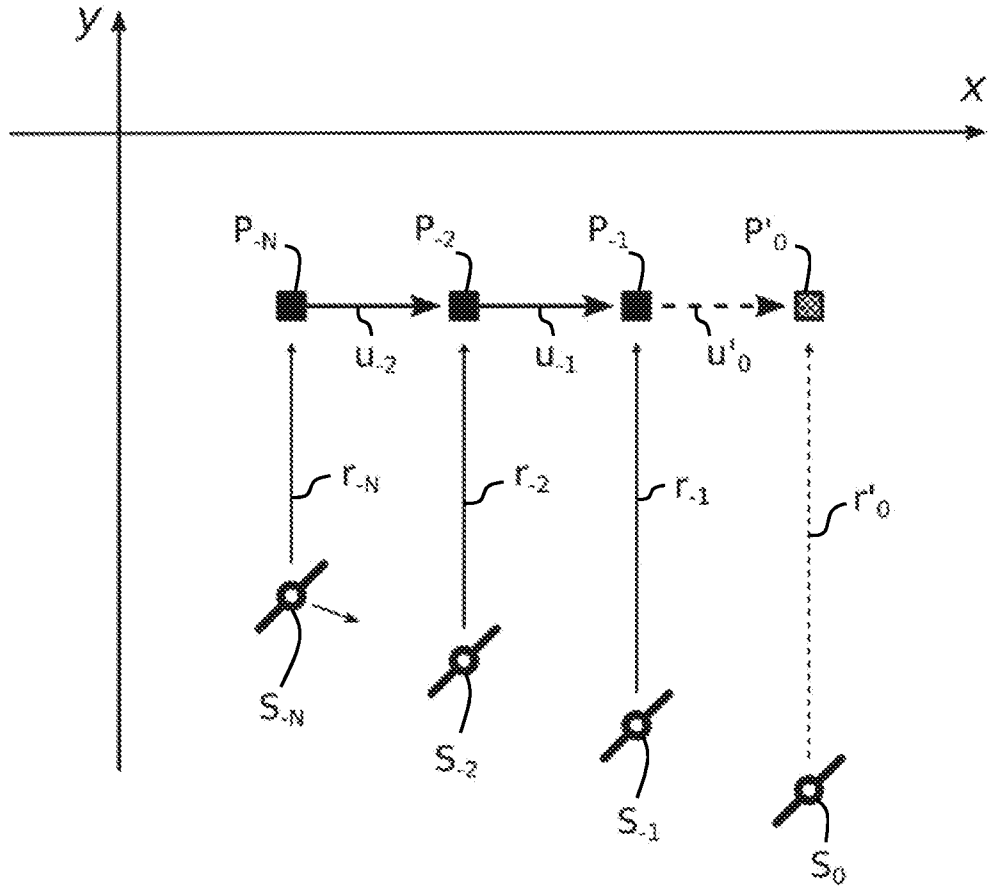


Fig. 1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/DE2020/200048

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER <i>G01S 19/45</i> (2010.01)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 2011235686 A1 (KOJIMA YOSHIKO [JP] ET AL) 29 September 2011 (2011-09-29) page 3, paragraph 43 - page 10, paragraph 137 figures 1-22 abstract	1-15
A	DE 102013016243 A1 (DAIMLER AG [DE]) 17 July 2014 (2014-07-17) page 4, paragraph 27 - page 7, paragraph 54 figures 1-5 abstract	1-15
A	US 2008117100 A1 (WANG CHI-SHIN [US] ET AL) 22 May 2008 (2008-05-22) page 2, paragraph 25 - page 5, paragraph 45 figures 1A, 1B abstract	1-15
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> 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 25 August 2020		Date of mailing of the international search report 11 September 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 von Walter, Sven-Uwe Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No. PCT/DE2020/200048

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
US	2011235686	A1	29 September 2011	JP	5673071	B2	18 February 2015
				JP	2011209268	A	20 October 2011
				US	2011235686	A1	29 September 2011

DE	102013016243	A1	17 July 2014	NONE			

US	2008117100	A1	22 May 2008	NONE			

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/DE2020/200048

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. G01S19/45 ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTER 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 2011/235686 A1 (KOJIMA YOSHIKO [JP] ET AL) 29. September 2011 (2011-09-29) Seite 3, Absatz 43 - Seite 10, Absatz 137 Abbildungen 1-22 Zusammenfassung	1-15
A	DE 10 2013 016243 A1 (DAIMLER AG [DE]) 17. Juli 2014 (2014-07-17) Seite 4, Absatz 27 - Seite 7, Absatz 54 Abbildungen 1-5 Zusammenfassung	1-15
A	US 2008/117100 A1 (WANG CHI-SHIN [US] ET AL) 22. Mai 2008 (2008-05-22) Seite 2, Absatz 25 - Seite 5, Absatz 45 Abbildungen 1A, 1B Zusammenfassung	1-15
<input type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :		
"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen 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	
"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist	"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden	
"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)	"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	
"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht	"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist	
"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absenddatum des internationalen Recherchenberichts	
25. August 2020	11/09/2020	
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 von Walter, Sven-Uwe	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE2020/200048

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2011235686 A1	29-09-2011	JP 5673071 B2	18-02-2015
		JP 2011209268 A	20-10-2011
		US 2011235686 A1	29-09-2011

DE 102013016243 A1	17-07-2014	KEINE	

US 2008117100 A1	22-05-2008	KEINE	
