

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6936037号
(P6936037)

(45) 発行日 令和3年9月15日 (2021.9.15)

(24) 登録日 令和3年8月30日 (2021.8.30)

(51) Int. Cl.		F I	
GO 1 C	21/28	(2006.01)	GO 1 C 21/28
GO 1 S	19/47	(2010.01)	GO 1 S 19/47
GO 1 S	19/40	(2010.01)	GO 1 S 19/40

請求項の数 8 外国語出願 (全 11 頁)

(21) 出願番号	特願2017-76811 (P2017-76811)	(73) 特許権者	503113186
(22) 出願日	平成29年4月7日 (2017.4.7)		ホンダ リサーチ インスティテュート
(65) 公開番号	特開2017-194460 (P2017-194460A)		ヨーロッパ ゲーエムベーハー
(43) 公開日	平成29年10月26日 (2017.10.26)		Honda Research Inst
審査請求日	令和1年10月18日 (2019.10.18)		itute Europe GmbH
(31) 優先権主張番号	16165971.9		ドイツ連邦共和国 デー 63073 オ
(32) 優先日	平成28年4月19日 (2016.4.19)		ッフエンバッハアムメイン カール・レギ
(33) 優先権主張国・地域又は機関	欧州特許庁 (EP)		エン・シュトラーセ 30
前置審査		(74) 代理人	110001081
			特許業務法人クシブチ国際特許事務所
		(72) 発明者	ニコ シュタインハルト
			ドイツ国 63073 オッフエンバッハ
			カール・レギエン・シュトラーセ 30
			ホンダ リサーチ インスティテュート
			ヨーロッパ ゲーエムベーハー内
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ナビゲーションシステム、及び誤差補正の方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ベースシステムと補正システムとを備えるシステムにおける誤差補正の方法であって、

a) 各測定に測定不確実性を割り付けて (S2)、それらの測定不確実性に基づいて誤差閾値を算出する (S3) ステップと、

b) 複数の冗長な測定値を特定するステップ (S4) と、

c) 前記冗長な測定値についての残差を、前記冗長な測定値の不一致尺度として特定するステップ (S5) と、

d) 対応する前記誤差閾値を超える残差の特定に關与する各測定値のエラーカウントを増加するステップ (S6、S7) と、

e) 特定の測定について決定された各測定の全ての残差を個別に合算するステップ (S8) と、

f) 測定値それぞれのエラーカウントと、単数又は複数の合算された残差とに基づいて測定値を選択し、当該選択した測定値を融合フィルタに与えるステップ (S10、S11、S12) と、

を有し、

前記選択は、

エラーカウントがゼロより大きいことを条件として、最も大きな前記単数又は複数の合算された残差を有する測定値を再帰的に無視し、その後、ゼロより大きなエラーカウントを有する測定値が残らなくなるまで前記無視された測定値を無視しつつ、前記ステッ

ブ b) から f) を繰り返す、
ことにより実行される方法。

【請求項 2】

ベースシステムと補正システムとを備えるシステムにおける誤差補正の方法であって、
a) 各測定に測定不確実性を割り付けて (S 2) 、それらの不確実性に基づいて誤差閾値を算出する (S 3) ステップと、

b) 複数の冗長な測定値を特定するステップ (S 4) と、

c) 前記冗長な測定値についての残差を、前記冗長な測定値の不一致尺度として特定するステップ (S 5) と、

d) 対応する前記誤差閾値を超える残差の特定に關与する各測定値のエラーカウントを増加するステップ (S 6 、 S 7) と、 10

e) 特定の測定について決定された各測定の全ての残差を個別に合算するステップ (S 8) と、

f) 測定値それぞれのエラーカウントと、単数又は複数の合算された残差とに基づいて測定値を選択し、当該選択した測定値を融合フィルタに与えるステップ (S 10 、 S 11 、 S 12) と、

を有し、

前記ベースシステム (2) の測定値と前記補正システム (3) の測定値とが矛盾する場合には、前記補正システム (3) の測定値が無視される、

ことを特徴とする方法。 20

【請求項 3】

前記誤差閾値を算出するために、前記測定不確実性の伝搬が計算される、

ことを特徴とする、請求項 1 又は 2 に記載の方法。

【請求項 4】

前記補正システム (3) に属する測定値のみが無視される、

ことを特徴とする、請求項 1 から 3 のいずれかに記載の方法。

【請求項 5】

前記ベースシステム (2) の測定値と前記補正システム (3) の測定値との間の矛盾の数をカウントし、当該カウントされた数が予め定められた所定の閾値を超える場合に前記ベースシステム (2) と前記補正システム (3) とから構成される前記システム (1) の再初期化が自動的に開始される、

ことを特徴とする、請求項 2 に記載の方法。 30

【請求項 6】

ベースナビゲーションシステムと補正システム (3) とを備えるナビゲーションシステムであって、請求項 1 ないし 5 のいずれか一項に記載の方法を実行するよう適合されている、

ナビゲーションシステム。

【請求項 7】

前記ベースシステム (2) は、慣性測定ユニット、ストラップダウン・アルゴリズムを実行する処理ユニット (6) と、前記選択された測定値が与えられる融合フィルタと、を備える、

ことを特徴とする、請求項 6 に記載のナビゲーションシステム。 40

【請求項 8】

前記補正システム (3) は、GNSS、オドメトリ、気圧計、磁力計、レーダ、ステレオビジョン、レーザスキャナ、超音波距離計、ランドマーク、無線測位装置、の少なくとも 1 つを備える、

ことを特徴とする、請求項 6 又は 7 に記載のナビゲーションシステム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ベースシステムと補正システムとからなるシステムにおける誤差補正の方法、及びそのようなベースシステムと補正システムとからなるナビゲーションシステムに関する。

【背景技術】

【0002】

センサ測定に基づいて所望の値や情報あるいは推定（例えば物体の動き）を算出する多くのシステムは、センサからの入力値における不確かさ（uncertainties）や処理の不確かさに起因して、算出結果における有意な不正確さに遭遇する。これらの不正確さや入力誤差を補正すべく、参考測定として他のセンサから導出される付加情報を用いることが知られている。多くの場合、このような手法により、扱いやすく、常時使用が可能で、且つ処理しやすい測定手法を用いるベースシステムを、結合することができる。その処理結果は、次に、より正確な結果を出力し得るものの例えばその処理により多くの時間を要し、従って必ずしも任意の状況において適用可能とはならない追加測定値と、結合され得る。さらに、ある時刻においては、これらの追加測定が全く得られないという場合もあり得る。すなわち、正確さの劣る測定を補正すべく、より正確な測定が時々使用されるに過ぎない。そのようなアプローチの顕著な例は、いわゆる統合航法システム（INS、Integrated Navigation System）において見ることができる。そのような統合航法システムは、通常、3次元の加速度と角速度とを測定する慣性測定ユニット（IMU、Inertial Measurement Unit）を備える。これらの測定結果は、次に、ストラップダウン・アルゴリズム（SA、Strap-down Algorithm）により更に処理され、例えば車両の又は人が手にしているナビゲーションデバイスの、速度、姿勢（pose）、位置が算出される。IMUとSAとを結合したものは、ベースナビゲーションシステム（BNS、Base Navigation System）とも称され得る。このベースナビゲーションシステムは、上述したベースシステムの一つの例である。

【0003】

そのようなシステムでは、3次元の加速度と角速度の測定が、もちろん、常に使用可能となっている。統合航法システムが搭載された車両やデバイスの動き又は動きの変化を認識することが、直接的に可能なためである。ただし、そのようなシステムに用いられるセンサは、例えばオフセットなどの誤差の影響を受けることが多く、また、ストラップダウン・アルゴリズムは、測定値の更なる処理を行う際に誤差を生じさせ得る内部変数を用いている。そのような内部ストラップダウン・アルゴリズム誤差は、例えば、積分されたセンサのオフセットであり得る。これらは、センサから出力された、上述の如く未補正のオフセットを含むセンサ測定値に基づく値を積分することから生ずる。すなわち、満足な精度の位置、速度、及び姿勢を得るためには、誤差についてのそのようなナビゲーションシステムの補正の結果が必要である。この分野において公知である一つのアプローチは、例えば拡張型誤差状態空間カルマンフィルタ（extended error state space Kalman-filter）などの、融合フィルタ（fusion filter）の実施である。そのようなカルマンフィルタ（又はその他のフィルタタイプ）により、ベースナビゲーションシステムの結果と参照測定（a reference measurement）との差を利用して補正值が算出される。そして、当該補正值は、ナビゲーションシステム出力又はセンサオフセットを補正すべく、ベースナビゲーションシステムにフィードバックされ得る。参照測定は、例えば、やや正確な位置を出力するGPS（全地球測位システム、global positioning system）により与えられ得る。ただし、GPSは、もちろん、常に使用できるとは限らず、例えば車両がトンネル内にいる場合や、他の何等かの理由により実位置の算出に必要な衛星が遮られている場合には、常には使用することはできない。

【0004】

さらに、そのような参照測定も、もちろん、誤差の影響を受け得る。特に、GPSシステムを使用する場合、例えば衛星信号のマルチパス受信（multipath reception）などの、ランダム誤差について言及しておく必要がある。そのような誤差は、さらに、カルマンフィルタの基本的な仮定に反する。そのような誤差は、ゼロ平均を持たず、従ってガウス

10

20

30

40

50

分布ではないためである。

【 0 0 0 5 】

これまで、誤差のある測定値の検出及び補正を改善するための種々のアプローチが書き表されている。基本的には、2つのクラスに分けることができる。すなわち、純粋な統計を使用する確率論的方法と、周囲の状態に関する知識またはモデルに依拠する物理的モデルに基づく方法である。これらの異なるタイプ又はクラスにより、異なる側面が取り扱われる。一方において、確率論的な測定誤差検出方法は、通常、良好な結果をもたらす。ただし、計算負荷がかなり高い。さらに、測定装置 (measurement set up) に関する以前の知識を組み込むことができないか、又は当該組み込みを行い得る可能性が非常に低い。また、最後になるが重要なこととして、このような方法は、多くの異なる測定値における欠点を露呈する。これらの方法は、多くの異なる測定値が同時に相互評価される場合に、欠点が露わになる。また、統計の基礎が十分に大きい必要があるので、観測時間が長くなってしまう。

10

【 0 0 0 6 】

他方で、物理モデルベースの方法は、使用された測定値に関する以前の知識を組み込むことに大きな利点を有する。さらに、物理モデルベースの方法に起因する処理負荷は比較的小さく、効率的な処理が可能となる。他方で、このような物理モデルベースの方法では、ユーザビリティを制限するような特定の誤差についての具体的な知識が必然的に必要となることは自明である。最後に、このような物理モデルベースの方法では、確率的方法を、上述の2つのクラスが通常は結合されず特定のシステム要件を満たすべくそのうちの特定の一方が選択される、というように実施することは困難である。

20

【 0 0 0 7 】

上記2つのクラスを組み合わせる一つのアプローチは、特許文献1に記載されている。ナビゲーション処理自体に使用される測定値だけでなく参照測定値 (reference measurements) として使用される測定値についても補正を行う密結合型のナビゲーションシステム (a tightly coupling navigation system) 用に、誤差を含んだ測定値を特定するための2段階検出プロセスが提案されている。確率的部分 (stochastic part) は、ベースナビゲーションシステムの不確実性及び参照値 (reference values) を出力するよう実行される測定からの、誤差閾値計算を含む。確率的部分は、最終的に値または処理パラメータを補正するためでなく、そのような誤差閾値を決定するためにのみ用いられる。

30

【 0 0 0 8 】

他方で、物理モデルユニット部分は、上述した2つのステップに分割されている。第1のステップでは、一組の補正測定値がベースナビゲーションシステムの結果と比較される。これは、任意の使用可能な補正測定値に対して実行される。補正測定値 (より正確には補正測定値の評価結果) とベースナビゲーションシステムの結果との比較では、閾値との比較が行われる。誤差閾値を上回る偏差を生じている測定値は、その後破棄され、第2のステップでは考慮されない。第2のステップでは、既知の相互依存性を有する複数の測定値を用いて補正測定値が分析される。すなわち、例えばジオメトリ (幾何形状、geometry) に関する依存性を利用して、これらの測定値が一致しているかどうか相互にチェックされる。そのような相互チェックの結果として、対応する誤差閾値の範囲内で依存性モデルが満たされない場合、そのような測定も破棄される。破棄された値は、補正值の計算には使用されない。問題は、測定値の破棄がエラーカウントに基づいてのみ決定されることである。

40

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

【 0 0 0 9 】

【 特許文献 1 】 独国特許出願公開第 1 0 2 0 1 2 2 1 6 2 1 1 (A 1) 号明細書

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 1 0 】

50

したがって、本発明の目的は、誤差補正に用いられる測定値の選択を改善することである。

【課題を解決するための手段】

【0011】

この問題は、独立請求項の主題によって解決される。

ベースシステムと補正システムからなるシステムでは、まず、各測定値に不確実性（不確実度、uncertainties）が割り付けられ（assigned）、それに基づいて誤差閾値が算出される。

【0012】

次のステップでは、冗長な（重複した）測定値（redundant measurements）が特定され、これらの冗長測定値（又は重複測定値）に関して、残差が冗長性の不一致尺度（a discrepancy measure）として決定される。例えば、GPSにより現在の位置、速度、...などを算出する際に必要となる数より多くの数の衛星信号を受信できる場合には、冗長測定値が使用できる。すなわち、第1のセットの衛星を用いて第1の結果を算出し、且つ少なくとも部分的に異なる第2のセットの衛星を用いて幾何モデルチェック（a geometric model check）を計算する、ということが可能となる。その後、これら2つの異なる結果を互いに比較し、全ての出力値（位置、速度、...）について、これら冗長測定値の差異を特定する。このような冗長測定値の不一致尺度が、不確実性に基づいて事前に計算された対応する閾値を上回っている場合、当該対応する閾値を超える残差の特定に關与した各測定値についてのエラーカウントが増加される。たとえば、単純に1だけインクリメントされる。

【0013】

そのような測定についてのエラーカウントをすべての測定値に対して増加させることに加えて、算出された残差が合算される。これは、閾値の上または下にある特定の残差に依存することなく、算出されたすべての残差に適用される。次に、最後のステップで、補正値を算出するために選択された融合フィルタに、測定値が与えられる。この選択は、エラーカウントおよび合算された残差に基づいて行われる。

【0014】

この新規な方法およびナビゲーションシステムは、エラーカウントが考慮されるだけでなく、合算された残差も考慮されるという利点を有する。すなわち、エラーカウントが低いものの合算された残差がかなり高いという場合にも測定値が破棄され得るので、補正値計算にさらに用いられる測定値の選択が改善される。例えば、一の特定の測定値が、冗長測定値と比較したときに、エラーカウントを増加させるためのそれらについての閾値をわずかに下回るような残差を常に含んでいる場合には、これらの残差の合算が有意性を示す。この場合、エラーカウントと測定値残差の合算との組み合わせを用いる本発明では、そのような測定値を破棄することができる。もちろん、エラーカウントが閾値を超えている場合にのみ測定値を破棄し、合算した残差をソートに使用するということもできる。

【0015】

従属請求項には、有利な実施形態が詳細に記載される。

有利な態様によれば、誤差閾値は、測定値の不確実性の伝搬を計算することによって算出される。これは、閾値自体が自己適応的であるという利点を有する。例えばベースシステムの測定値が補正測定値としばしば矛盾する場合には、補正測定値を容認する閾値が自動的に増加するので、これによりシステムが安定化される。したがって、これらの測定値のエラーカウントが増加されるためには冗長測定値間の不一致はずっと大きいものである必要がある。その結果、エラーカウントと合算残差との組み合わせを評価するための基礎も変化する。これにより、より多くの補正測定値が考慮されることとなる。

【0016】

他の好ましい実施形態によれば、選択プロセスは、エラーカウントがゼロより大きい場合には、最大の合算残差を有する測定値を繰り返し無視することにより実行される。最大の合算残差を有する特定の測定値を破棄した後、冗長測定値の特定、これら冗長測定値の

残差の判定、残差がそれぞれの閾値を超える場合のエラーカウントの増加、及び各測定値の残差の合算、が繰り返される。このループ処理は、エラーカウントがゼロより大きい測定値が残らなくなるとすぐに停止される。一度に破棄すべき一の測定値の段階的な選択と、この選択の基礎となる値のその後の再計算とにより、分析の基礎が改善される。したがって、測位結果等を補正するのに実際に役立つであろう測定値が破棄される危険性が低減される。

【0017】

他の有利な態様によれば、測定値は、それらが補正システムに属する場合にのみ破棄される。すなわち、ベースシステムの測定値は破棄されない。これには、少なくとも解析的冗長性(an analytic redundancy)を有する測定値が全て維持される、という利点がある。これらの測定値は最も高いサンプリングレートを持ち、従って、それら測定値のそれぞれ及びその全てについて、常に、ベースシステムに対する(解析的)冗長性が少なくとも一つ残るためである。

10

【0018】

ベースシステム測定がしばしば補正測定と矛盾して補正測定の多くを破棄させることとなるような場合には、ベースシステムのすべての測定値を維持すると不確実性(又は不確実性の伝搬)に基づいて算出される誤差閾値(単数又は複数)が増大することとなる。したがって、これによりシステムが安定化される。

【0019】

他の有利な実施形態によれば、ベースシステムの測定値と補正システムの測定値との間に矛盾が認められ得る場合には、エラーカウントと合算残差との組み合わせが所定の除去条件を満たさなくても、補正システムの測定値が無視される。この場合も、これにより、閾値が増大することとなる。すなわち、そのような補正測定値を除去するための他の指標(indication)が無い場合にも、閾値の増大が行われることとなる。

20

【0020】

さらに、ベースシステムの測定値と補正システムの測定値との間の矛盾の数をカウントし、カウントされた矛盾の数が所定の閾値を超える場合に、システム全体の再初期化を自動的に開始するものとすることができる。もちろん、閾値は調整され得る。

【0021】

ナビゲーションシステムは、有利には、慣性測定ユニットと、ストラップダウン・アルゴリズムを実行する処理ユニットと、選択された測定値が与えられる融合フィルタと、を備える。

30

【0022】

有利には、補正システムは、GNSS(全地球測位衛星システム、global navigation satellite system)、オドメトリ、気圧計(barometer)、磁力計、レーダ、(ステレオ)ビジョン、レーザスキャナ、超音波距離計、ランドマーク、無線測位装置、のうちの少なくとも1つを備える。

【図面の簡単な説明】

【0023】

【図1】本発明の一実施形態としてのナビゲーションシステムの構成要素を例示するブロック図である。

40

【図2】本発明の方法ステップを例示する単純化されたフロー図である。

【発明を実施するための形態】

【0024】

以下、添付図面を参照して、本発明のナビゲーションシステムおよび方法について説明する。

図1には、本発明の実施形態の一例であるナビゲーションシステム1の主要な機能ブロックを例示するブロック図が示されている。ナビゲーションシステム1の全体は、ベースシステム2と補正システム3とを備える。ベースシステム2は、3次元加速度計や、3次元加速度および角速度を測定するジャイロ스코プなどの、ベースセンサ4を備える。符

50

号 5 で示されるように、ベースシステムのセンサの不確実性（又は不確実度）（uncertainties）は、ベースセンサ 4 のそれぞれに関連付けられる。このような不確実性は、有利には、分散および共分散であり得る。

【 0 0 2 5 】

ベースセンサ 4 から出力される生データは、処理アルゴリズムユニット 6、例えばストラップダウン・アルゴリズムに供給される。ストラップダウン・アルゴリズムにより、及びベースセンサデータから、例えば速度、位置、及び姿勢（pose）の値を含む出力データが、算出される。ベースシステムのセンサ（ベースシステムセンサ）の不確実性に加えて、処理不確実性 7 により示すように、ベースセンサのデータを処理することによって引き起こされる不確実性があり、もちろんこれも、出力データの不正確さを生じさせる。これらの処理不確実性は、確率モデルにより分散共分散行列（variance-covariance-matrix）内において推定される。

10

【 0 0 2 6 】

補正システム 3 は、補正センサ 8 を含む。補正センサ 8 は、出力データを補正するための GPS 測定の場合には、衛星と受信アンテナとの間の距離測定値を含む GPS 生データ測定値を出力する。これらの生データは、擬似距離（pseudoranges）と称される。

【 0 0 2 7 】

ベースセンサ 4 に割り付けられたシステムの不確実性と同様の測定不確実性が、補正センサ 8 にも割り付けられる。補正センサ 8 から導出されたデータは、物理モデルユニット 10 に与えられる。物理モデルユニット 10 では、例えば必要以上の数の衛星が評価される場合には、冗長性チェック（redundancy checks）が実行され、測定間の冗長性が特定される。受信される衛星信号の数が評価に必要な数以上に多い場合には、衛星信号の異なる複数のサブセットに基づいて、物理モデルユニット 10 内において位置、速度および姿勢が算出される。これらのチェックは、少なくとも 1 つの冗長ペアが使用可能な場合には、常に実行される。測定値の他の数に対する制約はない。補正センサ 8 からの生データに加えて、処理アルゴリズム 6 からの出力データも、物理モデルユニット 10 に与えられる。物理モデルユニット 10 では、補正センサのデータに基づく疑似出力（virtual output）と処理アルゴリズム 6 の出力データとの冗長性も考慮される。ベースシステム 2 の出力についての必要な変換も、そこで実行される。特に、ベースセンサ 4 のサンプリングレートが補正センサ 8 のサンプリングレートよりも高いことに注目することは重要である。したがって、このような解析的冗長性により、複数の処理アルゴリズムの結果を用いた、補正センサ 8 に基づく物理モデルの出力間の比較が可能となる。

20

30

【 0 0 2 8 】

物理モデルユニット 10 に加えて、異なる様々な測定不確実性の伝搬、すなわち、ベースセンサ 4 に割り付けられた不確実性および補正センサの不確実性 9 の伝搬が計算される。さらに、ブロック 7 に示される処理不確実性が、誤差伝搬の計算に関して考慮される。誤差伝搬計算ユニット 11 の処理結果は、冗長測定値の結果間の比較を誤差と考えるべきか否かを決定すべく、誤差閾値の計算に用いられる。閾値計算ユニット 12 におけるそのような閾値の計算それ自体は、従来技術から既に公知である。

【 0 0 2 9 】

40

他方で、物理モデルユニット 10 の出力は残差計算ユニット 13 に与えられ、当該残差計算ユニット 13 では、冗長測定値についての不一致尺度が算出される。少なくとも一対の冗長測定値に関連付けられたこれらの残差、及び算出された誤差閾値が、誤差検出 & カウント・ユニット 14 に供給される。誤差検出 & カウント・ユニット 14 において残差が誤差閾値と比較され、残差が誤差閾値を超える場合には、その残差計算に関与する冗長測定値の各々の誤差カウントが 1 だけ増加される。

【 0 0 3 0 】

さらに、残差演算部 13 で演算された残差は加算ユニット 15 に与えられ、加算ユニット 15 は、各測定ごとに算出された残差を個別に合算（合計）する。そのような或る測定値については、利用可能な冗長測定値に対して算出された全ての残差が合算される。この

50

合算は、誤差の判定には依存しない。合算は、任意の測定について実行される。合算された残差および各測定のエラーカウント値は、リスト生成ユニット16に与えられる。リスト生成ユニット16では、測定値が、割り当てられたエラーカウントおよび合算された残差(残差合計)に従ってソートされる。リスト生成部16では、リストが最終的に選択ユニット17に与えられ、選択ユニット17は、選択された測定値を処理アルゴリズムユニット6に与える。処理アルゴリズムユニット6では、カルマンフィルタなどの融合フィルタにより誤差補正が行われる。

【0031】

選択ユニット17に与えられることとなるソートされた測定値のリストを生成することによって、測定値の減数が行われる。この減数は、誤っていると考えられる測定値をリストから取り除くことによって行われる。エラーカウントがゼロでなく、且つベースシステム2の補正に最悪の影響を有する測定値は、誤っているとされる。残差合計が最も大きい測定、又は特に、エラーカウントと残差合計の重み付け加算値が最も大きい測定は、最大の影響を持つものとされる。このリストは、エラーカウントがゼロでない条件の下で最も大きな残差合計を有する測定値又は最も大きな重み付け加算値を有する測定値を除去した後、更新される。すなわち、特定の測定の残差合計が最大であっても、例えばエラーカウントがゼロである場合には、その測定は除去されない。

【0032】

ベースセンサユニット4によって行われる測定は、決して除去されない。これには、ベースシステムの有意な測定誤差が生じてもそれらの測定値は常に維持され、その結果として補正測定値の数が大幅に減少する、という利点がある。その結果、他方では、誤差値が増加する。

【0033】

測定値の一つを除去または破棄した後で、どの測定値を破棄すべきかの判断の基礎となる値は、すべて再計算される。すなわち、残差の合計を新たに算出し、残った測定のエラーカウントを新たに算出するとともに、誤差の有無を判定するための閾値を新たに算出する。関連するすべての値の新たな計算の後に、リストがソートされ、エラーカウントがゼロでないという条件の下で、最も大きな残差合計を有する次の補正測定値が除去される。この処理は、エラーカウントがゼロでない測定値がリストになくなるまで、繰り返し実行される。

【0034】

前述した破棄しなければならない測定値の決定は、補正システムの測定値に限定されることに留意されたい。ベースシステムの測定値は決して除去されない。これには、ベースシステムの測定が完全に誤っている場合でも、システムの修正が可能であるという利点を有する。ベースシステム2のすべての測定値を維持しつつ、同時に補正システム3の測定値を除去すると、再計算ごとに誤差閾値が増加するためである。結果として、補正測定値は、それらが特定の冗長性チェックにおいて比較的大きな残差合計を有していても維持される。すなわち、本システムは自己適応的である。

【0035】

ベースシステム2の測定値と補正システム3の測定値との間での明らかな矛盾を判断して、そのような矛盾の数をカウントすることも可能である。そのようなカウントの閾値を超えた場合に、システムを再初期化するものとすることができる。さらに、リストから測定値をソートし及び除去する一方で、エラーカウントまたは残差合計を分析することなく、ベースシステム測定と矛盾する補正システム測定値を直接除去することも可能であることに留意されたい。

【0036】

図2に示すフローチャートは、本発明の方法の主なステップを例示している。最初に測定が行われる。すなわち、ベースシステム2および補正システム3が測定を実行している間、ベースセンサ4および補正センサ8の出力値がさらなる処理のために転送される。上記さらなる処理は、ステップS2における、上述したようなそれぞれの測定値への不確実

10

20

30

40

50

性の割り付けを含む。これらの不確実性は、ステップ S 3 において誤差閾値の計算の基礎として使用される。誤差閾値は、センサの生データを処理した結果であり得る特定の値に対して計算される。

【 0 0 3 7 】

誤差閾値が算出された後で、冗長性分析が実行される (S 4)。従って、補正センサデータは、物理モデルに出力され、これと同時に出力データに与えられる。ステップ S 4 では、ベースシステム 2 または補正システム 3 の少なくとも 1 つの他の測定との、特定の測定の何らかの利用可能な冗長性が分析される。そのような冗長性は、冗長な補正測定値、または、いわゆる解析的冗長性、すなわち複数のベースシステム測定値による冗長性であり得る。このような解析的冗長性は、ベースシステム 2 のサンプリングレートが補正システム 3 のサンプリングレートよりもはるかに高いために存在する。ステップ S 5 において、特定された冗長性に基づき、2 つの冗長測定値間 (又は、2 つより多い冗長測定値間) の差異が特定される。次に、ある特定の測定値に対するこの差異が、それぞれの誤差閾値と比較される (ステップ S 6)。算出された差異がこの閾値を超えた場合、ステップ S 7 において、この測定値のエラーカウントが増加される。差異が誤差閾値を超えない場合には、ステップ S 7 はスキップされる。

10

【 0 0 3 8 】

ステップ S 8 において、特定の測定に対する全ての残差の合計が計算される。すなわち、検出誤差がある場合だけでなく、冗長チェックによりエラーカウントが増加しなかった場合にも、残差が合算される。

20

【 0 0 3 9 】

上述のステップ S 4 ~ S 8 は、利用可能なすべての測定値および特定可能なすべての冗長性について実行される。すなわち、結局、エラーカウント及び測定値の残差合計をも考慮するリスト内でソートされた多数の測定値を利用することができる。ステップ S 9 において測定値をソートした後、ステップ S 10 において、エラーカウントがゼロでない場合に限り、最も大きな残差合計を有する測定値が除去される。このアプローチの理由は、算出された残差が誤差を識別するための閾値を上回っていることが、少なくとも 1 つの冗長性チェックにおいて明らかとなれば、この特定の測定は誤った測定であると考えられるためである。ただし、このような誤った測定が複数ある場合には、補正プロセスに最悪の影響を与える測定だけを取り除くことが重要である。したがって、除去されるべき測定値の第 1 の条件は、エラーカウントがゼロより大きいことであり、残った測定値の下で、最も大きな残差合計を有するものが最初に除去される。

30

【 0 0 4 0 】

この最初の測定値を除去した後、ステップ S 3 ~ S 8 が繰り返される。そして、再び、エラーカウントがゼロではない測定値が残っている場合には、1 つの閾値が除去される。

【 0 0 4 1 】

処理の最後において、繰り返し新たに誤差閾値を算出した誤差測定値だけが、ゼロのエラーカウントを持つ。その後、残ったこれらの測定値を用いて融合フィルタに入力を行い、融合フィルタでは、最後に、既知の方法で誤差補正が実行される。

40

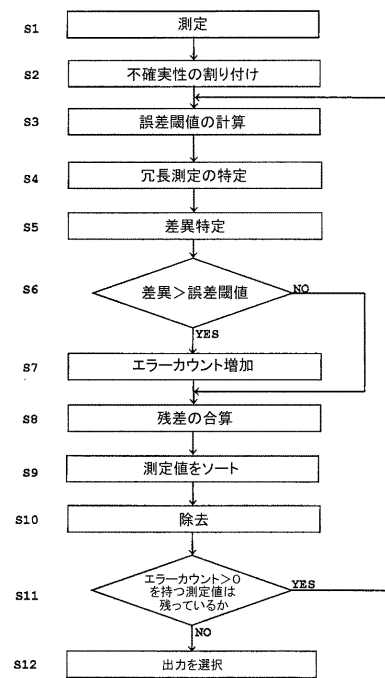
【 0 0 4 2 】

選択された測定値を融合フィルタに与えるために、ステップ S 12 において、選択された測定値が出力されて、そのような融合フィルタに転送される。

【 0 0 4 3 】

上述の実施形態では、ナビゲーションシステムに関連して本発明を説明したが、一般に、他のアプリケーションも考えられる。本発明の方法は、ベースシステムおよび補正システムを含み、ベースシステム測定の処理または補正を改善するため参照測定からの知識を活用する融合フィルタを用いる、任意のシステムに適用することができる。

【 図 2 】



フロントページの続き

審査官 平井 功

- (56)参考文献 特開 2 0 0 9 - 2 2 9 4 5 2 (J P , A)
特開平 0 9 - 1 1 9 8 4 2 (J P , A)
特開 2 0 1 3 - 0 1 9 8 9 3 (J P , A)
特開 2 0 1 2 - 2 0 7 9 1 9 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

G 0 8 G 1 / 0 0 - 9 9 / 0 0
G 0 1 C 2 1 / 0 0 - 2 1 / 3 6
G 0 1 C 2 3 / 0 0 - 2 5 / 0 0
B 6 0 W 1 0 / 0 0 - 1 0 / 3 0
B 6 0 W 3 0 / 0 0 - 6 0 / 0 0
G 0 9 B 2 3 / 0 0 - 2 9 / 1 4
G 0 1 S 5 / 0 0 - 5 / 1 4
G 0 1 S 1 9 / 0 0 - 1 9 / 5 5
G 0 5 D 1 / 0 0 - 1 / 1 2