

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6151428号
(P6151428)

(45) 発行日 平成29年6月21日 (2017. 6. 21)

(24) 登録日 平成29年6月2日 (2017. 6. 2)

(51) Int. Cl.	F I
GO 1 P 21/02 (2006. 01)	GO 1 P 21/02
GO 1 C 21/28 (2006. 01)	GO 1 C 21/28
GO 1 C 21/16 (2006. 01)	GO 1 C 21/16
GO 8 G 1/133 (2006. 01)	GO 8 G 1/133

請求項の数 16 (全 12 頁)

(21) 出願番号	特願2016-500160 (P2016-500160)	(73) 特許権者	598122843
(86) (22) 出願日	平成26年1月9日 (2014. 1. 9)		オートリブ エー・エス・ピー・インク
(65) 公表番号	特表2016-512328 (P2016-512328A)		アメリカ合衆国 ユタ州84405, オグ
(43) 公表日	平成28年4月25日 (2016. 4. 25)		デン市, エアポートロード3350
(86) 国際出願番号	PCT/US2014/010801	(74) 代理人	503175047
(87) 国際公開番号	W02014/149151		オートリブ株式会社
(87) 国際公開日	平成26年9月25日 (2014. 9. 25)	(74) 復代理人	110000349
審査請求日	平成27年11月10日 (2015. 11. 10)		特許業務法人 アクア特許事務所
(31) 優先権主張番号	13/837, 088	(72) 発明者	デマーリー、ジョン、ディ
(32) 優先日	平成25年3月15日 (2013. 3. 15)		アメリカ合衆国、ミシガン州 48418
(33) 優先権主張国	米国 (US)		、バイロン、7415 ラブジョイ ロー
			ド
		審査官	岸 智史

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 慣性センサオフセット補正方法およびシステム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

自動車用センサ補正システムであって、
 車両の速度変化を測定するよう構成された慣性センサと、
 前記慣性センサと通信する処理部と、
 前記処理部に使用可能に連結された記憶部とを含み、
 前記処理部は、少なくとも1つのモジュールを有し、該モジュールは、
 前記慣性センサからの一連のデータをサンプリングし、
 前記一連のデータ、および前記一連のデータの現行のデータサンプルから修正移動平均
 を計算して補正オフセットを計算し、
 前記修正移動平均は、1つ前に決定された平均に基づいた平均であり、
 前記補正オフセットを前記一連のデータからフィルタリングして補正速度変化信号を生
 成し、
 前記記憶部は、前記修正移動平均に基づいて現行の平均を記憶して前記一連のデータの
 次の修正移動平均を計算し、
 サンプリングされた慣性センサ出力 X_k に対する前記修正移動平均 A_k は、サンプル数
 を K 、移動平均ウィンドウのサンプルの数を n とすると、以下の式 (1) および式 (2)
 によって決定されることを特徴とする自動車用センサ補正システム。

【数 1】

$$A_k = \frac{\sum_{i=1}^k x_i}{k} \quad \text{or} \quad A_k = \frac{A_{k-1}(k-1) + x_k}{k} \quad \text{for } k \leq n \quad (1)$$

【数 2】

$$A_k = \left(\frac{n-1}{n}\right)^{k-n} A_n + \frac{1}{n} \sum_{i=k-n}^k \left(\frac{n-1}{n}\right)^{k-i} x_i \quad \text{or} \quad A_k = \frac{A_{k-1}(k-1) + x_k}{n} \quad \text{for } k > n \quad (2)$$

【請求項 2】

前記一連のデータは、前記車両の走行中にサンプリングされることを特徴とする請求項 1 に記載のセンサ補正システム。 10

【請求項 3】

前記慣性センサは、角速度センサであることを特徴とする請求項 1 に記載のセンサ補正システム。

【請求項 4】

前記センサ補正システムはさらに、前記処理部と通信して前記車両の動きを検知するよう構成された第 2 センサを含むことを特徴とする請求項 1 に記載のセンサ補正システム。

【請求項 5】

第 2 センサは、前記車両の動きを検知するよう構成された車輪速度センサであることを特徴とする請求項 4 に記載のセンサ補正システム。 20

【請求項 6】

第 2 センサは、前記車両の動きを検知するよう構成された加速度計であることを特徴とする請求項 4 に記載のセンサ補正システム。

【請求項 7】

前記少なくとも 1 つのモジュールは、動きを検知するよう構成された前記第 2 センサからの信号に応じて動的修正移動平均を計算するよう構成されていることを特徴とする請求項 4 に記載のセンサ補正システム。

【請求項 8】

前記少なくとも 1 つのモジュールは、動きを検知するよう構成された前記第 2 センサからの信号に応じて前記車両が停止した期間が遷移時間を超えていた場合に、静的修正移動平均を計算するよう構成されていることを特徴とする請求項 4 に記載のセンサ補正システム。 30

【請求項 9】

前記少なくとも 1 つのモジュールは、前記静的修正移動平均および前記動的修正移動平均の間の遷移修正移動平均を計算して前記補正オフセットを計算するよう構成されていることを特徴とする請求項 8 に記載のセンサ補正システム。

【請求項 10】

前記遷移修正移動平均は、前記静的修正移動平均および前記動的修正移動平均の加重平均であることを特徴とする請求項 9 に記載のセンサ補正システム。

【請求項 11】

自動車の角速度または直線加速度に対応する速度変化信号を測定することを含む慣性センサの補正方法であって、 40

該方法は、慣性センサ補正オフセットを計算することを含み、該計算は、

前記速度変化信号から一連のデータをサンプリングし、

走行中の前記車両に応じて測定された前記一連のデータから動的修正移動平均を計算し、前記車両が停止した期間が遷移時間を超えていた場合に停止中の前記車両に応じて前記一連のデータの現行のデータサンプルから静的修正移動平均を計算して補正オフセットを計算し、

前記補正オフセットを前記速度変化信号からフィルタリングし、

補正された速度変化信号を生成し、 50

前記車両が停止した期間が遷移時間以下である場合に、前記静的修正移動平均および前記動的修正移動平均の加重平均である遷移修正移動平均を計算して前記補正オフセットを計算することを含むことを特徴とする慣性センサの補正方法。

【請求項 1 2】

前記遷移修正移動平均は時間依存性であることを特徴とする請求項 1 1 に記載の慣性センサの補正方法。

【請求項 1 3】

前記動的修正移動平均および前記静的修正移動平均をローパスフィルタ処理によりフィルタリングすることを特徴とする請求項 1 1 に記載の慣性センサの補正方法。

【請求項 1 4】

前記動的修正移動平均を前記静的修正移動平均とは別にフィルタリングすることを特徴とする請求項 1 1 に記載の慣性センサの補正方法。

【請求項 1 5】

前記方法はさらに、前記速度変化信号を G P S 基準信号により補正することを含むことを特徴とする請求項 1 1 に記載の慣性センサの補正方法。

【請求項 1 6】

前記方法はさらに、前記速度変化信号を温度オフセットにより補正することを含むことを特徴とする請求項 1 1 に記載の慣性センサの補正方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

本発明は、速度検知装置の補正方法に関し、特に主に自動車における角および直線慣性センサのバイアスオフセットおよび補正の方法およびシステムに関する。

【背景】

【0 0 0 2】

慣性センサは、角速度および直線加速度の測定に用いられる、多様な精度レベルおよび種類の様々な区分のセンサを含んでいる。特に自動車の分野では、慣性センサは近年広く知られ、様々なアプリケーションで用いられて自動車の安全性、性能、快適性を向上させている。本願の車両用慣性センサは、先端的なアンチロックブレーキシステム（A B S）、電子安定プログラム（E S P）および車両の縦方向の速度並びに加速度を測定して車体が依然として動いているかを特定する自動車揺れ並びにロールオーバー制御の他の形態の一部から、ドライバーアシストシステムさらには自動車の自律型運転などのより複雑なシステムまでに及ぶ。より先端的なシステムを求めて、自動車製造業は慣性センサの限界を押し上げ続けている。この追求は、革新的で、費用効果のあるソリューションの必要性を作り出し、慣性センサの性能を向上させてきた。

【0 0 0 3】

慣性センサは、精度および動作性能において幅があるが、多くはいくつか共通の欠点に悩まされている。慣性センサ精度のエラーの共通した原因は、温度変化、フリッカーノイズ、熱機械のホワイトノイズ、およびバイアス（オフセット）の不安定性を含んでいる。慣性センサの出力信号または速度信号のバイアスは、慣性センサで経験的に定まる正確な測定値と比較された慣性センサ出力の初期エラーを参照する。バイアスは訂正されないままであるため主なエラーの原因の 1 つであり、確実に増大して角度または線位置のエラーとなる。環境状況の変化による温度変化もまた慣性センサの出力のふらつきを発生させ、慣性センサ測定のエラーを増大させる。慣性センサの欠陥は、慣性センサからの出力を徐々に複雑になる方程式で用いて車両動向の原型を作成する時にも重要となる。この重要性の最も主要な例は、多様な慣性センサ測定が原因で増大するエラーであり、これは速度測定、速度、および位置の積分関係を通じて広がり得る。

【0 0 0 4】

慣性センサアプリケーションに関する組み合わせられた問題は、費用効率を制限するいくつかの制限要因を示している。これらのセンサの精度を確定することは、自動車で広く用

10

20

30

40

50

いられ得る先端的な車両システムの推進に必須である。本明細書における方法およびシステムは、改善された慣性センサ精度および費用効率をもたらし、自動車における改善された安全性および探査をより促進させ得る。

【概要】

【0005】

車両停止中その他の所定の状況では、静的バイアスオフセットを適用して慣性センサのバイアスを更新する。この処理は、車両停止中は車両の速度がゼロであることを前提としている。慣性センサのセンサ出力は、車両停止中は測定および記録され、その後車両が動くと、センサのバイアスを補正するためにセンサ出力からフィルタリングされる。この処理はセンサ精度を確保するために既に試行されている処理を複雑にし、またエラーの原因となる。実質的なエラーの原因の1つは、ささいなことではあるが、車両停止中、車両が停止してからの僅かな移動を緩和してしまうこと、および周囲の状況がセンサ測定に影響を与えないことである。またこれらの問題は、車両が頻繁に停止することのないハイウェイ上の長期走行中により顕著になり得る。

10

【0006】

本発明は慣性センサ補正の改善された方法およびシステムを提供する。一実施形態では、修正移動平均を導入および適用して車両走行中に計算された慣性センサ出力に動的オフセット補正を行う。この実施形態は、車両走行中の慣性センサ出力を更新またはフィルタリングする方法を提供し得る。本方法はさらに簡単でコスト効果のある処理または駆動回路を備えたフィルタリング方法により複数のエラーの原因についての補正を提供し得る。慣性センサオフセット補正方法の他の実施形態では、車両停止中は慣性センサオフセットの静的修正移動平均(MMA)を計算し、車両走行中は動的MMAを計算してよい。詳細な本方法では、補正をさらに改善するために動的MMAと静的MMAとの間の遷移期間を提供し得る。

20

【0007】

本明細書で開示のオフセット補正および方法の実施形態では、多様な範囲の慣性センサおよび加速度計、ジャイロスコープ、慣性計測装置(IMUs)ならびに関係する他の慣性装置を含む複合型システムに適用できる柔軟なオフセット補正方法を提供してよい。オフセット補正システムおよび方法の具体的な実施形態を詳細に後述するが、開示の方法およびシステムを、広範なアプリケーションに適用してよいこと、および開示の方法およびシステムが本開示で説明した分野と同様の他の分野に解決策を提供し得ることは当業者にとっては自明である。

30

【0008】

一実施形態では、本発明の広範なアプリケーションを少ない追加コストで可能にするため、システムを最も新規な車両の実施形態における一般的な電子安定制御(ESC)に適用して説明する。他の実施形態では、慣性計測装置(IMUs)およびドライバーアシストシステム並びに自動車の自律型運転を含む他の高度なシステムを含むより高度なシステムで補正を行なってよい。多くの例において、本発明は追加の装置および動作方法を含む複合型補正システムを提供してよい。本明細書で説明した模範的な実施形態は、慣性センサ補正用の改善された方法およびシステムを提供し、とくに費用効果を維持しつつも改善された慣性センサ動作に利用可能なオフセット補正方法を提供する。

40

【0009】

さらなる適用例は本明細書で提供される説明から明らかになろう。説明および具体的な実施形態は、単なる例示の目的のためであり、本発明の範囲を制限するためのものではないことは自明である。

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】本発明に係る自動車の前部、上部、および側部をそれぞれ示す正射図である。

【図2】本発明に係る慣性センサオフセット補正方法の実施形態のブロック図である。

【図3】本発明に係る慣性センサオフセット補正方法の実施形態のブロック図である。

50

【図4】本発明に係る慣性センサオフセット補正方法を実地する自動車の上面図である。

【図5】本発明に係る慣性センサ補正システムの慣性測定ユニットの実施形態の図である。

【図面および今現在の好ましい実施形態の詳細な説明】

【0011】

図1A、図1B、および図1Cを参照する。自動車の前部、上部、および側部の正射図は、本発明に従って例示されている。図1は、1つまたは複数の慣性センサで測定し得る角運動および線運動の一般的な方向を例示している。車両アプリケーションにおける慣性センサで測定され得る方向成分および回転成分は、直線成分2、4、6および角速度成分8、10、12を含む。これらは、本明細書では、X（長手方向）、Y（幅方向）、Z（上下方向）の正射成分としてそれぞれ示され、また、横揺れ、縦揺れ、偏揺れの回転成分としてそれぞれ示されている。さらに、これらのセンサはオフセットであってよく、例示の方向と方向の間を直接測定する。各種のセンサを実装して、走行時に車両に作用する加速度および／または速度の直線成分および回転成分を測定してよい。一般的に直線加速度計を用いて直線加速度を測定し、角速度センサまたは2つ以上の加速度計を用いて角速度を測定する。本明細書では、加速度計および角速度センサについて広く言及しているが、圧電センサおよびマイクロマシンセンサを含む特定のタイプのセンサを適用し、本明細書で説明する方法およびシステムを実施してもよい。本発明の開示を、さらに広範な慣性センサに応用してよいことは当業者にとって自明である。広範な慣性センサには、ジャイロスコープ、マイクロマシン容量、圧電、音波、電子機構、及びこれらの組み合わせである慣性計測装置（IMUs）等が含まれる。

【0012】

本発明による応用範囲の広い原理は、多様な慣性センサの補正に用いてよい。これは数ある慣性センサ出力の少なくとも一部が共通し、また測定時のエラー属性が類似していることに起因する。本明細書で開示される多くの慣性センサは、同様の操作で駆動し、また類似のエラー原因を有してよい。エラー原因には、バイアスエラー、温度効果、バイアス不安定性、およびホワイトノイズが含まれる。慣性センサ出力信号のバイアスとは、慣性センサ出力の初期エラーを言う。初期エラーは、慣性センサに反応を引き起こす動きの真の測定値と比較されたものである。慣性センサのバイアスエラーを修正するため、初期エラーが報告されたすべての測定からバイアスオフセットを計算してよい。慣性センサが停止している場合、平均的なエラーを測定するが、時間の経過とともにホワイトノイズ、温度効果、およびバイアス不安定性を含む他のエラーをバイアスエラーに加えてよい。これらおよび他のエラーは、組み合わされることで時間の経過とともに慣性センサ測定でドリフトする原因となり得、徐々に静的バイアスオフセットの手法に不具合を与え得る。

【0013】

さらに、慣性センサアプリケーションの多くが速度測定を用い、積分により速度、位置、または車首角度を計算している。慣性センサ測定から積分関係を計算することは、慣性センサ測定に関するエラーを生じ得る。このエラーは、積分の総和を介して増大し、時間の経過とともに大きくなる。エラーの他の原因および本明細書で開示の内容に関する本発明のアプリケーションは当業者にとって自明である。本明細書で挙げられる実施形態は理解を深めるためのものであって本発明を限定するものと理解すべきではない。

【0014】

修正移動平均（MMA）を利用して、慣性センサの出力信号または速度信号を補正またはフィルタリングし、バイアスエラーおよび他の慣性センサ測定エラーの双方を補正する。本実施形態で言及する慣性センサは加速度計または速度ジャイロとしてよい。加速度計または速度ジャイロは、1つ以上の加速度成分2、4、6または角速度成分8、10、12を測定する。具体的には、本実施形態では例示としてx方向成分2を対象とする。サンプル慣性センサ出力である x_k に対するMMAの方程式である A_k を方程式（1）および（2）に示す。ここで、 k は、サンプル数であり、 n は移動平均ウィンドウ（以下、ウィンドウサイズ）のサンプルの数である。

【数 1】

$$A_k = \frac{\sum_{i=1}^k x_i}{k} \quad \text{or} \quad A_k = \frac{A_{k-1}(k-1) + x_k}{k} \quad \text{for } k \leq n \quad (1)$$

【数 2】

$$A_k = \left(\frac{n-1}{n}\right)^{k-n} A_n + \frac{1}{n} \sum_{i=k-n}^k \left(\frac{n-1}{n}\right)^{k-i} x_i \quad \text{or} \quad A_k = \frac{A_{k-1}(k-1) + x_k}{n} \quad \text{for } k > n \quad (2)$$

MMAを慣性センサ出力に適用してバイアスエラーおよび他の内在のエラーを補正することは、平均値の記憶に少ないシステムメモリーで済むという効果を少なくとも提供する。標準的な移動平均値を計算する場合は、多数のデータポイントを記憶しなければならず、必要メモリーをウィンドウサイズnに比例するよう拡張している。しかしながら、MMAを利用する場合、1つ前に計算された平均値のみをメモリーに記憶する。本明細書で論じるメモリーという用語は幅広く用いられ、多様なメモリー形式が該当し、すなわちキャッシュメモリー、不揮発性または揮発性メモリー、および当業者にとって自明の他の形式のものまで該当する。

【0015】

次に図2を参照する。本発明に係る慣性センサ14の補正方法のブロック図が例示されている。当該方法は、16にて慣性センサ出力を開始するまたは初期化することを含んでいてよい。慣性センサが角速度または直線加速度の測定を開始すると、デバイス出力からサンプル18x_kをサンプリングし、現行のサンプル数20_kをインクリメントする。MMA開始の第1動作モードでは、サンプルサイズがウィンドウサイズnに満たない。すなわち、本方法は、18にて慣性センサ出力から値をサンプリングし、20にてサンプル数をインクリメントし、24にてMMA用のウィンドウサイズになるまで平均値A_kを計算する。第1動作モードでは、ブロック24に例示するようにサンプルk ≤ nの場合、MMA用の方程式1を用いて計算する。サンプルレートは慣性センサ測定用アプリケーションおよびアプリケーション所要の解析またはタイミングに応じて広範囲にわたって変更してよい。サンプルレートおよびシステム動作に関するさらなる説明は、慣性センサ補正システムを参照して後述する。自動車アプリケーションのいくつかにおいて、サンプルレートは、5から1Hzとしてよく、好ましくはおおよそ100Hzとするとよい。

【0016】

ひとたびサンプルサイズがウィンドウサイズを超え、k > nになると、ブロック26で例示するように、慣性センサ補正のための第2動作モードがデバイス出力のサンプリングおよびMMAの計算を継続してよい。慣性センサ補正方法の第2動作モードは継続動作モードと捉えてよい。継続動作モードは、車両動作全般において慣性センサのエラー補正フィルタおよびバイアスオフセットを含む慣性センサオフセットを継続して計算してよい。本明細書で開示する慣性オフセット方法は、車両走行中を含む車両動作全般において、24および26で修正され28で記憶された慣性センサのオフセットを提供可能である。方法14を線速度および回転速度の積分関連の計算に用いることで、慣性センサ測定におけるエラーが原因で起こる横揺れを制限でき、慣性センサの精度および診断能力を向上させる。本明細書で説明される本発明によりもたらされる改善された精度は、多様な診断システム、ナビゲーションシステム、および安全システムに用いてよい。

【0017】

慣性センサ出力サンプルx_kのウィンドウサイズnはアプリケーションに応じて変化してよい。多くのアプリケーションにおいて、MMAのウィンドウサイズは、操作のタイムリミット寸前で考慮されるだけでよい。このことは、サンプルレートが100Hzのときにウィンドウサイズn = 6000サンプルをもたらす。しかしながら、サンプルの数はサンプルレートまたは各システムのセンサ反応要件大幅および各センサ出力のMMAの検知に要する時間に応じて変わってよい。本方法の有利な点は、単に1つ前のMMAの値とカウンタを記憶すればよいというメモリー要求を何ら変更することなく、多様な時間において

広範なウィンドウサイズおよびサンプルレートが可能なことである。

【0018】

図2で実施する慣性センサオフセット方法14は、方程式3で示すようにバイアスをオフセットするためおよび慣性センサの他のエラーを補正するために適用される。方程式3において、 x_k は慣性センサからのサンプル出力であり、 A_k はバイアスオフセットのMMAであり、 $x_{k_corrected}$ は、バイアスエラー、ホワイトノイズ、温度効果およびバイアス不安定性用の補正されたサンプルセンサ出力である。

【数3】

$$x_k - A_k = x_{k_corrected} \quad (3)$$

10

本明細書で開示の慣性センサオフセットを計算するMMA方法は、長期間の車両運転中における慣性センサの平均測定値は、車両停止中の厳密な測定を基にするよりも実質的にゼロになるという前提に基づいている。本方法は、安静センサのオフセットを車両が停止している場合以外にも走行全体にわたって更新することで改善したバイアスオフセットおよび慣性センサエラー補正方法を提供する。本明細書で説明する方法は、特に車両が長期にわたって停止せずに走行し得る状況において、また慣性センサ精度の向上を要求するアプリケーションにおいて有効である。

【0019】

慣性センサ出力の慣性センサオフセットを計算するために修正移動平均を適応することで、測定におけるドリフトの原因となるエラーを最小限にするという効果を奏する。上述したように、初期の静的バイアスオフセットを慣性センサ出力からフィルタリングしてよいが、慣性センサ測定の精度は依然として、動作中に生じるホワイトノイズ、温度効果、およびバイアス安定性を含む他のエラー原因の影響を受けている。これらのおよび他のエラーは、測定中にばらつきを生じ、またはセンサの読み込み中にドリフトを生じ、慣性センサ測定の精度を制限する。これらの現象は一般的に、動作全般において通常測定とはかけ離れた不確かな速度測定で実施されて慣性センサ精度を低下させてしまう。しかしMMAを適用することで、慣性センサのオフセットを調整して、長期にわたる車両動作全般において、ともすれば慣性センサ測定に関係してしまうドリフトを最小限にすることが可能である。

20

【0020】

図2および図3を参照すると、他の実施形態ではMMAを適用して、広範な慣性センサ向けに順応性のある調整フィルタを適用する補正方法30で慣性センサオフセットを計算してよい。この模範的な方法は、車両が移動中の場合、MMAを計算および調整し、車両停止中は、個々に調整されたMMAへ移行するものである。まず図2を参照すると、MMAを計算することで慣性センサ出力を計算およびオフセットする説明した方法14を同様に用いる。慣性センサを18にてサンプリングしてよく、ウィンドウサイズnおよびサンプル数kに基づいて方程式1および2に従ったMMA計算により平均値 A_k を計算してよい。このMMA計算方法を本方法30にも適用するが、さらに拡張して工程全体で多様なフィルタリング因子および調整因子を適用して慣性センサオフセット方法を改良している。本実施形態では、サンプルウィンドウも特定のアプリケーションに応じて大きく変更し

30

40

【0021】

図3の慣性オフセット方法30の実施形態は、静的および動的動作間で適用される動的オフセット32、静的オフセット34および遷移オフセット36を含むことが例示されている。図2にあるように、慣性センサは38にて、18で速度測定をサンプリングするように初期化されてよい。本実施形態では、40にて車両走行中であることを最初に確認する。この処理は、動作全般において走行中または停止中の車両に応じた速度変化を検知するよう構成された慣性センサ（すなわちオフセット慣性センサまたは更なる慣性センサ）を含む多様な方法で確認してよい。他の方法では、車両が動くときを検知するアンチロックブレーキシステム（ABS）センサ等の車両速度センサを適用することを含む。

50

【0022】

本実施形態では、40にて車両走行中であると判断された場合、23にて動的オフセットを計算してよく、また42にて動的フィルタリングを慣性センサオフセットに適用してよい。慣性センサ出力 A_k 用のオフセットは、その後44にてアップデートされ、また方程式(3)で例示するようにセンサ出力からフィルタリングされる。車両が停止した場合、車両が停止した期間は、決定ブロック46で監視される。車両が停止した期間 t が、遷移時間 t_{tran} を超えていた場合、34にて慣性センサオフセット用に、静的オフセットを計算してよい。その後、48にて静的オフセットをフィルタリングおよび調整し、特定のシステムに適したオフセットを確定してよい。遷移時間の間に $t \leq t_{tran}$ となると、36にて慣性センサオフセット用の第3計算を遷移オフセットの形式で計算してよい。36での遷移オフセットは、車両が32における走行中から34における車両が停止して静止状態に到達するまでの期間の円滑な移行を提供してよい。36における遷移オフセット計算モードでの動作では、センサ範囲および測定アプリケーションに適合する方法を提供するため、50にてフィルタリングおよび調整を行ってもよい。

10

【0023】

動的、静的、遷移フィルタリングおよび調整ステップ42、48、50は、ローパスフィルタ、ハイパスフィルタ、アクティブフィルタおよび／またはパッシブフィルタ、フィードバックループ、または他のフィルタを含む1つ以上の信号調整回路を含んでよい。一実施形態では、調整および動的、静的、遷移オフセット42、48、50フィルタリングに適切なフィルタおよびフィルタリング方法は、各オフセットそれぞれからハイパス信号ノイズをフィルタリングするよう設計された様々なカットオフ周波数を有するローパスフィルタであってよい。フィルタリングおよび調整ステップ42、48、50はさらに、アプリケーション特有のフィルタリングおよび調整を含んで、様々なアプリケーションの慣性センサの補正ができるシステムに適するよう各オフセットの精度を向上させてよい。

20

【0024】

本明細書で説明する以下のシステムは、前述した方法の実行に適用してよい。一実施形態では、システム52を、最も新規な自動車の実施において、一般的な電子安定制御(ESC)システムに応用して本発明の広範なアプリケーションを少量の追加費用で実現してよい。最も新規な乗用車にはESCまたはこれと同等のものが装備され、これらのシステムは、本明細書で説明したものと同様のシステムを備えている。他の実施形態では、慣性計測装置(IMUs)54を含むより進展したシステム、およびドライバアシストおよび自動車の自律型運転を含む他の進展したシステムにおいて補正を行うものであってよい。最後に、多くの例において、本発明は追加の装置および動作方法を含む、複合型補正システムを提供してよい。本明細書で説明した模範的な実施形態は、費用効果を維持しつつも、慣性センサ補正用の改善された方法およびシステムを提供し、とくに改善された慣性センサ性能のオフセット補正方法を提供する。

30

【0025】

本明細書で説明する方法はさらに図2および図3のオフセット補正方法を実行できる融通性のあるシステムを提供可能であり、また多様な慣性センサ、および加速度計、ジャイロスコープ、慣性計測装置(IMUs)並びに広範な他の関係するセンサ装置を含む複合型システムに適用し得る。オフセット補正のシステムおよび方法の具体的な実施形態を本明細書で具体的に提示するが、開示の方法およびシステムは多様なアプリケーションに応用してよく、また本明細書で説明する分野と同様の他の分野において同様の解決策を提供してよいことは明らかである。

40

【0026】

図4を参照して、現在のESCシステムに適用し得る慣性センサ補正システム52を説明する。一般的にESCシステムは前輪、後輪、またはすべての車輪の回転を検出および測定する複数の車輪速度センサ56、およびヨーレートセンサ58を含んでよい。慣性センサ補正システムの本実施形態ではヨーレートセンサについて言及しているが、当業者にとっては明らかなように、1つまたは複数の直線加速度または、回転センサ、ピッチ

50

センサ、およびヨーセンサを実装してもよい。図2および図3を参照しながら説明した方法を当該システム52で実地して、本発明に沿った慣性センサオフセット補正システムをさらに実行してよい。

【0027】

ここで図2および図4を参照すると、ESCシステム52は18にてヨーレートセンサ58の出力をサンプリングし、サンプリング結果に対するMMAを計算するよう構成された処理部60を含んでいてよい。ヨーレートセンサ58で測定されたヨーレート Ψ' は、車頭角度 Ψ の変化率である。ブロック24および26で明示したように、この計算はウィンドウサイズに対するサンプル数によって決めてよい。ヨーレートセンサ58の出力のMMAが28にて更新されると、MMAをメモリ記憶部62で記憶してよい。ヨーレート出力の記憶されたMMAは、その後、ヨーレートセンサ58の出力からフィルタリングまたは差し引かれて、センサバイアスまたは他の包含されているエラーの原因をオフセットする。本明細書で開示されるシステムのさらなる利点は、ともすればエラーを発生し得るホワイトノイズ、温度効果、およびバイアス不安定性の影響をも制限し得ることである。車両操作中のすべての時間でMMAが計算されまたは更新され、エラーとなり得るものがフィルタリングされるため、このようなエラーを適用のシステム52で制限できる。この簡単な例では、現存の各種の慣性センサアプリケーションを複雑にすることなく、改良された慣性センサ測定が可能なシステムを提供可能である。

10

【0028】

本明細書で説明した処理部60は、本明細書で説明した信号を処理および計算するよう構成された専用の処理部を含んでいるが、殆どの場合において処理装置は、車両の様々なシステムを制御する電気制御装置(ECU)に実装されていてよい。メモリ記憶部62は、キャッシュメモリ、不揮発性または揮発性メモリ、および当業者にとって自明の他の形式を含む多様な形式のメモリを含んでいてよい。

20

【0029】

慣性センサシステムの感度は、慣性センサの抽出率、精度、および分解能の関数で決定してよい。これらの因子は、その後、個々のシステムで慣性センサオフセットを計算する処理部の処理必要条件を決定するのに応用される。ある自動車アプリケーションでは抽出率は5Hz~1MHzの範囲であり、好ましくは100Hzである。本明細書で開示するシステムの運転パラメータは、個々のアプリケーションに応じて変更してよい。本明細書で説明するシステムにおける各種のパラメータ(例えば抽出率)を決定するために必要な解析は本分野において公知である。

30

【0030】

ここで図3および図4を参照すると、図3で説明した方法は、一般的なESCシステムでも実行してよい。図2で説明した方法に加え、ESCシステムの実施形態はさらに、動的オフセット32、静的オフセット34、および静的動作と動的動作との間で適用される遷移オフセット36を提供する。車輪速度センサ56をESCシステムで利用して車両が運転中であるか停止しているかを検知してよい。車両が運転中である場合、処理部60は動的オフセット32を計算するものとしてよい。ひとたび車両が停止すると、40にて車輪速度センサで検知され、36にて処理部が計算を適用して遷移オフセットを計算する。46にて遷移時間が経過した後に車両が依然として停止している場合、処理部60は34にて静的オフセットを計算してよい。本実施形態は、車両動作の各モード(すなわち走行、遷移、停止)が42、48、50にて固有のフィルタリング機能および調整機能を備えるという更なる利点をもたらすことが可能である。また本実施形態は、動的オフセット32および静的オフセット34それぞれに異なるウィンドウサイズ n_{dyn} および n_{stat} を提供可能である。慣性センサ補正システムの最適性能を確立するために、フィルタリング工程および調整工程は車種に応じて調節してよい。

40

【0031】

ここで図5を参照すると標準的なIMU54が例示され、これは本明細書で開示のセンサ補正システムを実行するよう構成されていてよい。IMU54は一般的に温度センサ6

50

4 および、3 軸ジャイロスコープ 6 6 並びに 3 軸加速度計 6 8、または図 1 で例示した 6 自由度の任意の組み合わせを測定するよう構成された複合型センサを含んだ複数の慣性センサを含んでいてよい。温度センサ 6 4 はセンサの温度補正に用いられる。IMU 5 4 は、アナログフロントエンド 7 0、および処理部 7 2 を含んでいてよい。各センサ 6 4、6 6、および 6 8 からの信号は処理部で処理され、それらの各信号はデジタルインターフェース 7 4 を介して伝達してよい。IMU 5 4 の慣性センサは、ヨーレートセンサ 5 8 と同様の出力信号を有してよく、更に ESC システムと同様の処理を提供してよい。IMU 5 4 から送信されまた受信される各種の信号を、複数の I/O ピン 7 6 を介して伝達してよい。本実施形態では、3 軸ジャイロスコープ 6 6 および 3 軸加速度計 6 8 の慣性センサ出力のいずれかを図 2 および図 3 で説明した方法を適用して補正してよい。

10

【0032】

他の実施形態では、3 軸加速度計 6 8 の x 軸を車両 2 の前後方向で調整してよい。かかる実施形態では、x 軸の加速度計は車両を観察し車両走行中か停止しているか否かを判断するよう構成してよい。ESC システムでの実施形態 5 2 と同様、加速度計の x 軸は車輪速度センサ 5 6 と同様の動作をして、車両走行中か否かを判断してよい。当該情報を用いて、IMU センサ 6 6、6 8 の各出力をヨーレートセンサと同様に図 2 および図 3 で説明した方法を適用して補正してよい。

【0033】

慣性オフセット補正システムの他の実施形態を他の多様な慣性センサに適用してよく、また他の実施形態では複数の他の装置を備えた慣性センサ補正システムをさらに含んで慣性センサの精度を向上および立証してよい。本明細書で開示するシステムは、グローバルポジショニングシステム (GPS) と組み合わせて慣性センサオフセット補正のさらなる補正を行ってよい。GPS からの補正は、慣性信号をオフセットして緯度、経度、速さまたは進行方向を含むグローバル方向、位置、または速度に適合させてよい。他の実施形態は、システム性能を向上させるために温度センサを使用してよい。本明細書で説明した各種の実施形態は各種の慣性センサ用の慣性センサオフセット補正方法および実施形態を提供する。

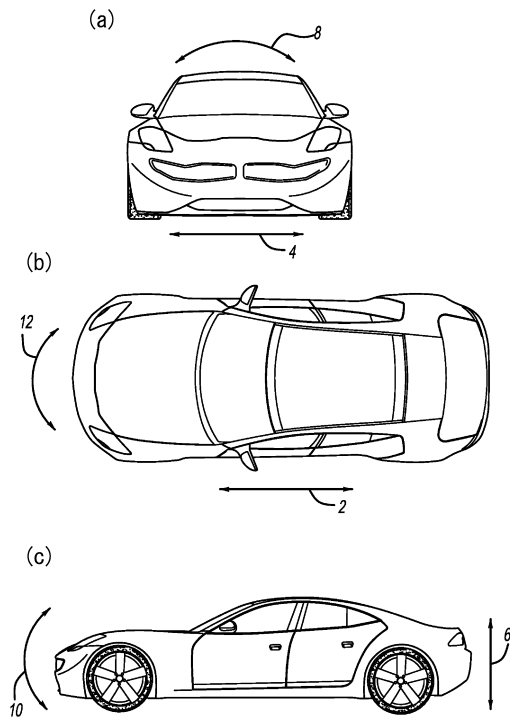
20

【0034】

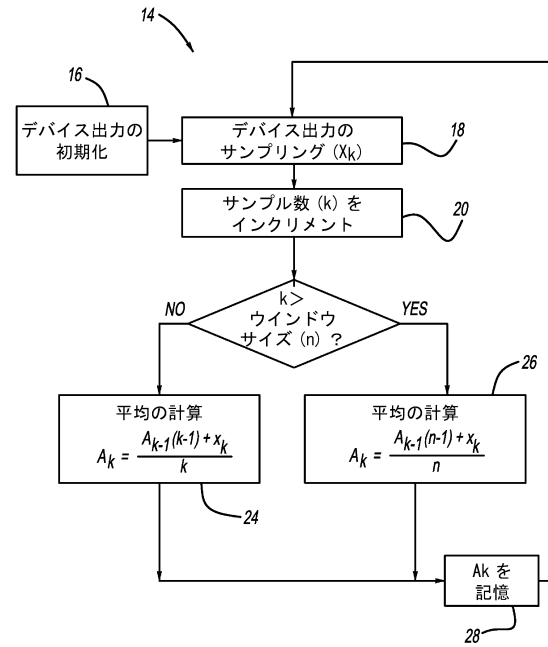
本明細書で説明した慣性センサオフセット補正方法およびシステムは、その本質および特徴から逸脱しない範囲において他の形式で実施してよい。説明した実施形態は、すべての観点において一例にすぎず、限定されるものではない。したがって本発明の範囲は、前述の実施形態よりも添付の特許請求の範囲により提示される。特許請求の範囲と同様の意味および範囲内におけるすべての変更は特許請求の範囲内で許容される。

30

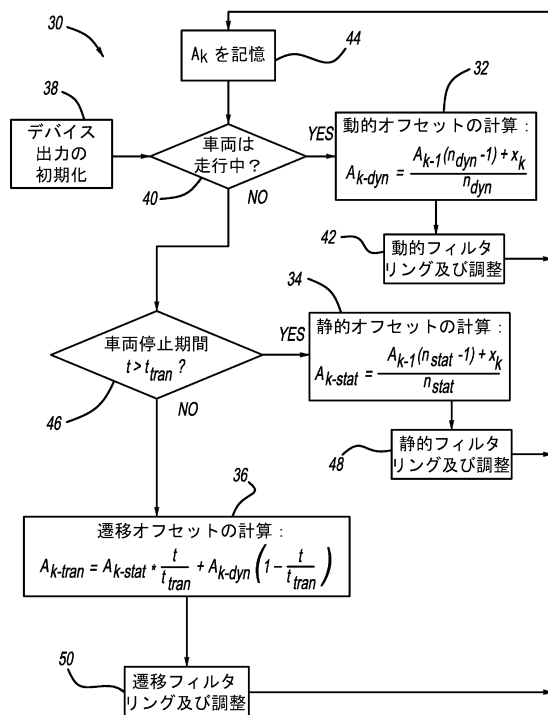
【図 1】



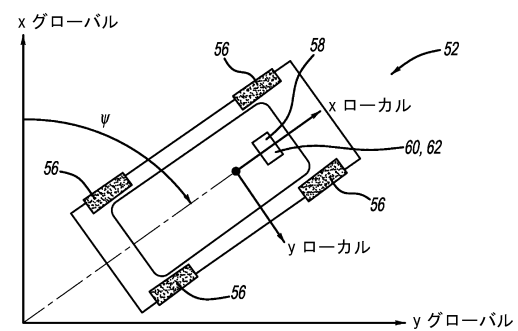
【図 2】



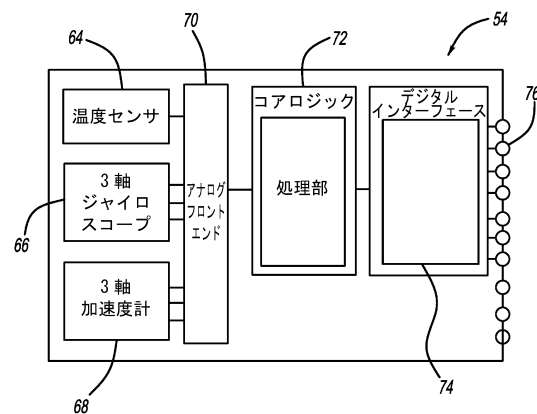
【図 3】



【図 4】



【図 5】



フロントページの続き

(56)参考文献 米国特許出願公開第2004/0030474 (US, A1)

特開2011-064594 (JP, A)

特開平07-055480 (JP, A)

国際公開第2012/164690 (WO, A1)

特開2011-188756 (JP, A)

特開2009-190701 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01P 15/00-21/02

G01C 19/00-19/72

G01C 25/00