

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公表特許公報(A)

(11)公表番号

特表2022-518911

(P2022-518911A)

(43)公表日 令和4年3月17日(2022.3.17)

(51)国際特許分類 F I テーマコード (参考)
 G 0 9 B 29/00 (2006.01) G 0 9 B 29/00 Z 2 C 0 3 2

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全23頁)

(21)出願番号	特願2021-543153(P2021-543153)	(71)出願人	518183103
(86)(22)出願日	令和2年1月22日(2020.1.22)		ペロダイン ライダー ユーエスエー, インコーポレイテッド
(85)翻訳文提出日	令和3年9月10日(2021.9.10)		アメリカ合衆国、カリフォルニア州、サンノゼ、ヘルヤー アベニュー 5 5 2 1
(86)国際出願番号	PCT/US2020/014558		
(87)国際公開番号	WO2020/154366	(74)代理人	100071010
(87)国際公開日	令和2年7月30日(2020.7.30)		弁理士 山崎 行造
(31)優先権主張番号	16/254,508	(74)代理人	100118647
(32)優先日	平成31年1月22日(2019.1.22)		弁理士 赤松 利昭
(33)優先権主張国・地域又は機関	米国(US)	(74)代理人	100123892
(81)指定国・地域	AP(BW,GH,GM,KE,LR,LS,MW,MZ,NA, RW,SD,SL,ST,SZ,TZ,UG,ZM,ZW),EA(AM,AZ,BY,KG,KZ,RU,TJ,TM),EP(AL,AT,BE,BG,CH,CY,CZ,DE,DK,EE,ES,FI,FR, GB,GR,HR,HU,IE,IS,IT,LT,LU,LV,MC, 最終頁に続く	(74)代理人	100169993
			弁理士 内藤 忠雄
		(74)代理人	100173978
			弁理士 今井 千裕
		(74)代理人	100173978
			弁理士 朴 志恩

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 乗り物のセンサとカメラアレイからの構造化された地図データの生成

(57)【要約】

乗り物のセンサと乗り物に取り付けられたカメラアレイからの動きとビデオデータは、乗り物が走行した経路に沿ってビデオとセンサデータを収集する。システムがそのようなデータを処理して、移動する乗り物をその環境内で精確に位置決めするのに用いることができる、高正確度な構造化された地図データ作り出す。センサデータから位置が算定される。その位置は、ビデオデータに基づいてアップデートされる。乗り物経路にループが検出されると、ループ閉じ込み誤差が算定され、将来の位置を算定するときにセンサの偏りを低減することに加え、位置をアップデートするのに用いられる。ビデオ中の地物の位置を用いて構造化された地図データを生成またはアップデートする。

【選択図】 図 1

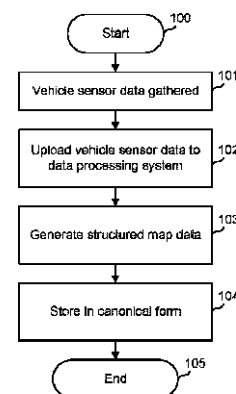


FIG. 1

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

乗り物に搭載された少なくとも 1 つのセンサからタイムスタンプ付きセンサデータを受信する工程と；

少なくとも 2 つのビデオストリームを備えるタイムスタンプ付きビデオデータを受信する工程であって、各ビデオストリームは、前記乗り物に搭載された少なくとも 2 つのカメラの 1 つのカメラによって作り出される、工程と；

前記タイムスタンプ付きセンサデータから、複数の空間読み取り値を計算する工程であって、各空間読み取り値は位置および関連付けられたタイムスタンプを備えて、前記位置が、前記関連付けられたタイムスタンプにより示された時間の間に前記少なくとも 1 つのセンサがあったと見なされる位置を示すようにし、前記複数の空間読み取り値は、位置 p_0 と時間 t_0 を備える第 1 空間読み取り値と、位置 p_1 と時間 t_1 を備える第 2 空間読み取り値とを含む、工程と；

前記タイムスタンプ付きビデオデータから、前記少なくとも 2 つのビデオストリームのそれぞれについて複数の画像レコードを計算する工程であって、各画像レコードは画像と関連付けられたタイムスタンプを備えて、前記画像が前記関連付けられたタイムスタンプで記録されたと見なされるようにする、工程と；

プロセッサを用いて、少なくとも 2 つの t_0 画像レコードを識別する工程であって、各 t_0 画像レコードは、前記少なくとも 2 つのビデオストリームのそれぞれについて前記複数の画像レコードの 1 つから選択されて、前記少なくとも 2 つの t_0 画像レコードの各画像レコードが t_0 にほぼ等しい関連付けられたタイムスタンプを有する、工程と；

プロセッサを用いて、少なくとも 2 つの t_1 画像レコードを識別する工程であって、各 t_1 画像レコードは、前記少なくとも 2 つのビデオストリームのそれぞれについて前記複数の画像レコードの 1 つから選択されて、前記少なくとも 2 つの t_1 画像レコードの各画像レコードが t_1 にほぼ等しい関連付けられたタイムスタンプを有する、工程と；

プロセッサを用いて、前記少なくとも 2 つの t_0 画像レコードのそれぞれと、前記少なくとも 2 つの t_1 画像レコードに存在する固定された地物を識別する工程と；

前記少なくとも 2 つの t_0 画像レコード間の視差に基づいて、時間 t_0 における前記固定された地物の t_0 相対地物位置を算定する工程と；

前記少なくとも 2 つの t_1 画像レコード間の視差に基づいて、時間 t_1 における前記固定された地物の t_1 相対地物位置を算定する工程と；

前記 t_0 相対地物位置と前記 t_1 相対地物位置との間の差に基づいて、 p_1 に対する調整を決定する工程とを備える；

構造化された地図データを生成する方法。

【請求項 2】

プロセッサを用いて、前記画像レコード中の複数の固定された地物を識別する工程と；

前記複数の固定された地物のそれぞれについて、少なくとも 2 つの画像レコードに基づいて前記固定された地物の少なくとも 1 つの相対的地物位置を算定して、複数の相対的地物位置を作り出す工程と；

前記複数の相対的地物位置に基づいて、前記複数の空間読み取り値の各空間読み取り値の前記位置に対する調整を決定することにより複数の調整を生成する工程と；

前記複数の調整を前記複数の空間読み取り値の各空間読み取り値の前記位置に適用することにより、複数の調整された空間読み取り値を作り出す工程と；

前記複数の調整された空間読み取り値のその後の位置が、前記複数の調整された空間読み取り値のその前の位置の最大ループ閉じ込み距離内であることを検出する工程であって、前記その後の位置とその前の位置は、最小のループ時間と最小のループ距離の 1 つで分離され、その後の位置はその後のタイムスタンプに関連付けられ、その前の位置はその前のタイムスタンプである、工程と；

前記複数の画像レコードの第 1 の画像レコードであって、前記その前のタイムスタンプにほぼ等しい関連付けられたタイムスタンプを有する第 1 の画像レコードと、前記その後の

10

20

30

40

50

タイムスタンプにほぼ等しい関連付けられたタイムスタンプを有する第 2 の画像レコードからループ閉じ込み誤差を算定する工程とをさらに備える；

請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

前記ループ閉じ込み誤差を用いて前記複数の調整された空間読み取り値に対するさらなる調整を算定する；

請求項 3 に記載の方法。

【請求項 4】

前記タイムスタンプ付きセンサデータは、前記乗り物に搭載された加速度計からのデータを備え、タイムスタンプが全地球測位システムからのタイミング信号を用いて前記センサデータに適用される；

請求項 1 に記載の方法。

【請求項 5】

前記少なくとも 2 つのカメラは、前記乗り物に搭載されたカメラアレイに搭載される；

請求項 4 に記載の方法。

【請求項 6】

乗り物に搭載された少なくとも 1 つのセンサからタイムスタンプ付きセンサデータを受信する工程と；

少なくとも 2 つのビデオストリームを備えるタイムスタンプ付きビデオデータを受信する工程であって、各ビデオストリームは、前記乗り物に搭載された少なくとも 2 つのカメラの 1 つのカメラによって作り出される、工程と；

前記タイムスタンプ付きセンサデータから、複数の空間読み取り値を計算する工程であって、各空間読み取り値は位置および関連付けられたタイムスタンプを備えて、前記位置が、前記関連付けられたタイムスタンプにより示された時間の間に前記少なくとも 1 つのセンサがあったと見なされる位置を示すようにする、工程と；

前記タイムスタンプ付きビデオデータから、前記少なくとも 2 つのビデオストリームのそれぞれについて複数の画像レコードを計算する工程であって、各画像レコードは画像および関連付けられたタイムスタンプを備えて、前記画像が前記関連付けられたタイムスタンプで記録されたと見なされるようにする、工程と；

プロセッサを用いて、地物に関連付けられる複数の地物画像レコードを識別する工程であって、前記地物画像レコードは前記複数の画像レコードのサブセットであって、各画像レコードのそれぞれの画像は前記地物を含む、工程と；

前記地物画像レコード中それぞれの画像から相対的地物位置を算定することにより、複数の相対的地物位置を算定する工程と；

前記複数の相対的地物位置に基づき、前記地物についての複数の位置を備える点群を生成する工程とを備える；

構造化された地図データを生成する方法。

【請求項 7】

前記点群から前記地物の確率的位置を算定し、前記地物を含むより多くのタイムスタンプ付きビデオデータが収集されると前記確率的位置の正確度が改善される；

請求項 6 に記載の方法。

【請求項 8】

地物の前記確率的位置を過去に使われた地図データと比較し、前記地物が静止しているかを決定する；

請求項 7 に記載の方法。

【請求項 9】

前記地物の前記確率的位置を用いて過去に使われた地図データをアップデートする；

請求項 7 に記載の方法。

【請求項 10】

プロセッサを用いて、少なくとも 2 つの t 0 画像レコードを識別する工程であって、各 t

10

20

30

40

50

0 画像レコードは、前記少なくとも 2 つのビデオストリームのそれぞれについて前記複数の画像レコードの 1 つから選択されて、前記少なくとも 2 つの t_0 画像レコードの各画像レコードが t_0 にほぼ等しい関連付けられたタイムスタンプを有する、工程と；

プロセッサを用いて、少なくとも 2 つの t_1 画像レコードを識別する工程であって、各 t_1 画像レコードは、前記少なくとも 2 つのビデオストリームのそれぞれについて前記複数の画像レコードの 1 つから選択されて、前記少なくとも 2 つの t_1 画像レコードの各画像レコードが t_1 にほぼ等しい関連付けられたタイムスタンプを有する、工程と；

プロセッサを用いて、前記少なくとも 2 つの t_0 画像レコードのそれぞれと、前記少なくとも 2 つの t_1 画像レコードに存在する固定された地物を識別する工程と；

前記少なくとも 2 つの t_0 画像レコード間の視差に基づいて、時間 t_0 における前記固定された地物の t_0 相対地物位置を算定する工程と；

前記少なくとも 2 つの t_1 画像レコード間の視差に基づいて、時間 t_1 における前記固定された地物の t_1 相対地物位置を算定する工程と；

前記 t_0 相対地物位置と前記 t_1 相対地物位置との間の差に基づいて、 p_1 に対する調整を決定する工程とを備える；

請求項 6 に記載の方法。

【請求項 11】

前記複数の空間読み取り値の各空間読み取り値の前記位置に対する調整を決定することにより、複数の調整を生成する工程であって、前記複数の調整は、前記画像レコードにおいてプロセッサを用いて識別された複数の固定された地物の複数の相対的地物位置に基づく、工程と；

前記複数の調整を前記複数の空間読み取り値の各空間読み取り値の前記位置に適用して、複数の調整された空間読み取り値を作り出す工程と；

前記複数の調整された空間読み取り値のその後の位置が前記複数の調整された空間読み取り値のその前の位置の最大ループ閉じ込み距離内にあることを検出する工程であって、前記その後の位置とその前の位置とは、最小のループ時間および最小のループ距離の 1 つで分離される、工程と；

前記その後の位置、前記その後の位置に関連付けられる前記タイムスタンプ、前記その前の位置、および前記その前の位置の前記タイムスタンプに基づいて前記タイムスタンプ付きビデオデータからループ閉じ込み誤差を算定する工程とをさらに備える；

請求項 10 に記載の方法。

【請求項 12】

前記ループ閉じ込み誤差を用いて、前記点群における少なくとも 1 つの位置についての調整を算定する；

請求項 11 に記載の方法。

【請求項 13】

前記タイムスタンプ付きセンサデータは、前記乗り物に搭載された慣性計測装置からのデータおよび前記乗り物に搭載された全地球測位システムからのタイムスタンプを備える；

請求項 1 に記載の方法。

【請求項 14】

タイムソース、センサデータを収集するセンサ、および、それぞれのカメラがビデオストリームを作り出す少なくとも 2 つのカメラのアレイとを有する乗り物であって、前記タイムソースからのタイムスタンプが前記センサデータに適用されてタイムスタンプ付きセンサデータを作り出し、各ビデオストリームに適用されてタイムスタンプ付きビデオデータを作り出す、乗り物と；

前記タイムスタンプ付きセンサデータとタイムスタンプ付きビデオデータを受信するセンサデータ処理システムとを備え；

前記センサデータ処理システムは、

(a) 前記タイムスタンプ付きセンサデータから、複数の空間読み取り値を計算する工程であって、各空間読み取り値は位置および関連付けられたタイムスタンプを備えて、前記

10

20

30

40

50

位置は前記関連付けられたタイムスタンプにより示された時間に前記少なくとも1つのセンサがあったと見なされる位置を示し、前記複数の空間読み取り値は、位置 p_0 と時間 t_0 を備える第1空間読み取り値と、位置 p_1 と時間 t_1 を備える第2空間読み取り値とを含む、工程と；

(b) 前記タイムスタンプ付きビデオデータから、前記少なくとも2つのビデオストリームのそれぞれについて複数の画像レコードを計算する工程であって、各画像レコードは画像および関連付けられたタイムスタンプを備えて、前記画像が前記関連付けられたタイムスタンプで記録されたと見なされるようにする、工程と；

(c) プロセッサを用いて、少なくとも2つの t_0 画像レコードを識別する工程であって、各 t_0 画像レコードは、前記少なくとも2つのビデオストリームのそれぞれについて前記複数の画像レコードの1つから選択されて、前記少なくとも2つの t_0 画像レコードの各画像レコードが t_0 にほぼ等しい関連付けられたタイムスタンプを有する、工程と；

(d) プロセッサを用いて、少なくとも2つの t_1 画像レコードを識別する工程であって、各 t_1 画像レコードは、前記少なくとも2つのビデオストリームのそれぞれについて前記複数の画像レコードの1つから選択されて、前記少なくとも2つの t_1 画像レコードの各画像レコードが t_1 にほぼ等しい関連付けられたタイムスタンプを有する、工程と；

(e) プロセッサを用いて、前記少なくとも2つの t_0 画像レコードのそれぞれと、前記少なくとも2つの t_1 画像レコードに存在する固定された地物を識別する工程と；

(f) 前記少なくとも2つの t_0 画像レコード間の視差に基づいて、時間 t_0 における前記固定された地物の t_0 相対地物位置を算定する工程と；

(g) 前記少なくとも2つの t_1 画像レコード間の視差に基づいて、時間 t_1 における前記固定された地物の t_1 相対地物位置を算定する工程と；

(h) 前記 t_0 相対地物位置と前記 t_1 相対地物位置との間の差に基づいて、 p_1 に対する調整を決定する工程とを実行する；

構造化された地図データを生成するシステム。

【請求項15】

前記センサデータ処理システムは、

前記複数の空間読み取り値の各空間読み取り値の前記位置に対する調整を決定することにより、複数の調整を生成する工程であって、前記複数の調整は、前記画像レコードにおいてプロセッサを用いて識別された複数の固定された地物の複数の相対的地物位置に基づく、工程と；

前記複数の調整を前記複数の空間読み取り値の各空間読み取り値の前記位置に適用して、複数の調整された空間読み取り値を作り出す工程と；

前記複数の調整された空間読み取り値のその後の位置が前記複数の調整された空間読み取り値のその前の位置の最大ループ閉じ込み距離内にあることを検出する工程であって、前記その後の位置とその前の位置とは、最小のループ時間および最小のループ距離の1つで分離される、工程と；

前記その後の位置、前記その後の位置に関連付けられる前記タイムスタンプ、前記その前の位置、および前記その前の位置の前記タイムスタンプに基づいて前記タイムスタンプ付きビデオデータからループ閉じ込み誤差を算定する工程とをさらに実行する；

請求項14に記載のシステム。

【請求項16】

前記ループ閉じ込み誤差を用いて、前記複数の調整された空間読み取り値に対するさらなる調整を算定する；

請求項15に記載のシステム。

【請求項17】

前記センサデータ処理システムはさらに、

プロセッサを用いて、地物に関連付けられる複数の地物画像レコードを識別する工程であって、前記地物画像レコードは前記複数の画像レコードのサブセットであって、前記地物画像レコードのタイムスタンプについて前記タイムスタンプに関連付けられる少なくとも

10

20

30

40

50

1つの画像が前記地物を含む、工程と；

前記地物画像レコード中それぞれの画像から相対的地物位置を算定することにより、複数の相対的地物位置を算定する工程と；

前記複数の相対的地物位置に基づき、前記地物についての複数の位置を備える点群を生成する工程とを実行する；

請求項14に記載のシステム。

【請求項18】

前記点群から前記地物の確率的位置を算定し、前記地物を含むより多くのタイムスタンプ付きビデオデータが収集されると前記確率的位置の正確度が改善される；

請求項17に記載のシステム。

10

【請求項19】

地物の前記確率的位置を過去に使われた地図データと比較し、前記地物が静止しているかを決定する；

請求項18に記載のシステム。

【請求項20】

センサデータを収集する前記センサは加速度計とジャイロスコープを含み、前記タイムソースは全地球測位システムである；

請求項14に記載のシステム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

20

【0001】

【関連出願への相互参照】

本特許出願は、2019年1月22日出願の米国特許出願番号第16／254，508号の優先権を主張し、その出願は、全体に亘って本書に参照して組み込む。

【0002】

【技術分野】

本開示は、概して、センサおよび種々の機械や人間の地図作成作業用に使用可能な形式への他の入力からの構造化された地図データの生成に関する。さらに詳細には、乗り物のセンサとカメラアレイから動きとビデオデータを生成し、そのようなデータを処理して高正確度の構造化された地図データを作り出す装置と技術に関し、移動する乗り物をその環境内で精確に位置決めするのに用いることができる。

30

【背景技術】

【0003】

自動および半自動運転の乗り物の技術が進むにつれ、地図データ構造でエンコードされた機械可読地図であって、例えばそのレーンに留まり、縁石や道路の障害物にぶつかることを回避できるような、その環境において十分な正確度と精度で乗り物を位置決めすることができる機械可読地図への要求が生じている。そのような精度は、数センチメートル以内であるかも知れない。産業用の全地球測位システム（GPS）はそのような正確度を提供できず、必要なときに使えないことも多く、人が使うための地図は、乗り物が走行するのに必要となるある種の地域データ（例えば、縁石の位置）を提供できない。人間のナビゲーション用の地図とは逆に、乗り物のナビゲーション用の地図データ構造は、静止した物体について豊富なデータを提供し、乗り物が物体に衝突することを避けるようにし、乗り物が静止した物体からの位置を確保できるようにする。

40

【0004】

そのような地図データを生成する一つの方法は、乗り物に市販のLIDARアレイを取り付けることであるが、そのようなシステムは高価になる。道路脇および道路上の地物は、例えば道路工事により変化する。LIDARシステムは高価であるので、地図をしばしばアップデートするのは経済的ではなく、おそらく最も頻繁に往来する道路を除いて、地図データを古いままにしておくのが典型である。

【0005】

50

乗り物の地図データのそれほど高価ではない情報源への要求がある。より多くの地図データが作り出されるので、このことは、地図データを処理する自動的な方法の要求を産み出している。

【発明の概要】

【0006】

センサデータを収集し、それらのデータを処理して高正確度に構造化された地図データを作り出すための装置とシステムを提供する。乗り物内または乗り物上で動作しているセンサ装置で、センサ装置に接続されたコンピュータ装置で、リモートサーバーで、あるいは、それらの組合せで、その処理を行うことができる。高正確度に構造化された地図データは、人の関与を最小にして、高価ではないセンサからのセンサデータで生成されてもよい。高正確度に構造化された地図データは、自動運転システムおよび街路の外部領域あるいは他の環境などの周囲の環境に関連するデータを必要とする他のシステムで使用可能な形式で生成されてもよい。

10

【0007】

構造化された地図データを生成する方法は、乗り物に搭載された少なくとも1つのセンサからタイムスタンプ付きセンサデータを受信すること、少なくとも2つのビデオストリームを備え、それぞれのビデオストリームはその乗り物に搭載された少なくとも2つのカメラの内の1つのカメラで作出される、タイムスタンプ付きビデオデータを受信すること、そのタイムスタンプ付きセンサデータから複数の空間読み取り値を計算することを含み、各空間読み取り値は位置および関連付けられたタイムスタンプを備え、その位置はその関連付けられたタイムスタンプによって示された時間に前記少なくとも1つのセンサがあったと見なされる位置を示す。複数の空間読み取り値は、位置 p_0 と時間 t_0 を備える第1空間読み取り値と、位置 p_1 と時間 t_1 を備える第2空間読み取り値を含んでもよい。タイムスタンプ付きビデオデータから、システムは、プロセッサを用いて、少なくとも2つのビデオストリームのそれぞれについて複数の画像レコードを計算してもよく、各画像レコードは画像および関連付けられたタイムスタンプを備え、その画像は関連付けられたタイムスタンプで記録されたものと見なされる。さらにシステムは、プロセッサを用いて、2つの t_0 画像レコードを識別してもよく、各 t_0 画像レコードは、少なくとも2つのビデオストリームのそれぞれについての複数の画像レコードの1つから選択され、少なくとも2つの t_0 画像レコードの各画像レコードはほぼ t_0 に等しい関連付けられたタイムスタンプを有する。さらにシステムは、プロセッサを用いて、2つの t_1 画像レコードを識別してもよく、各 t_1 画像レコードは、少なくとも2つのビデオストリームのそれぞれについての複数の画像レコードの1つから選択され、少なくとも2つの t_1 画像レコードの各画像レコードはほぼ t_1 に等しい関連付けられたタイムスタンプを有する。その後システムは、プロセッサを用いて、少なくとも2つの t_0 画像レコードのそれぞれと少なくとも2つの t_1 画像レコードにある固定された地物を識別し、少なくとも2つの t_0 画像レコード間の視差差に基づいて時間 t_0 における固定された地物の t_0 相対地物位置を算定する。さらにシステムは、少なくとも2つの t_1 画像レコード間の視差差に基づいて時間 t_1 における固定された地物の t_1 相対地物位置を算定し、 t_0 相対地物位置と t_1 相対地物位置間の差に基づいて、 p_1 に対する調整を決定する。

20

30

40

【0008】

その方法は、プロセッサを用いて画像レコードの複数の固定された地物を識別することを含んでもよい。複数の固定された地物のそれぞれについて、システムは、少なくとも2つの画像レコードに基づいて、固定された地物の少なくとも1つの相対的地物位置を算定し、複数の相対地物位置を作り出してもよい。システムは、複数の相対的地物位置に基づいて複数の空間読み取り値の各空間読み取り値の位置に対する調整を決定することにより複数の調整を作り出し、その複数の調整を複数の空間読み取り値の各空間読み取り値の位置に適用して複数の調整された空間読み取り値を作り出してもよい。システムは、複数の調整された空間読み取り値のその後の位置が、複数の調整された空間読み取り値のその前の位置の最大ループ閉じ込み距離内にあることを検出してもよく、その後の位置とその前の

50

位置は、最小ループ時間と最小ループ距離の内の1つによって分離され、その後の位置はその後のタイムスタンプに関連付けられ、その前の位置はその前のタイムスタンプに関連付けられる。タンブとほぼ等しい関連付けられたタイムスタンプを有する第1の画像レコードと、その後のタイムスタンプとほぼ等しい関連付けられたタイムスタンプを有する第2の画像レコードとから、ループ閉じ込み誤差を算定してもよい。

【0009】

その方法はまた、ループ閉じ込み誤差を用いて複数の調整された空間読み取り値に対するさらなる調整を算定する。タイムスタンプ付きセンサデータは、乗り物に搭載された加速度計からのデータを備え、タイムスタンプは、全地球測位システムからのタイミング信号を用いてセンサデータに適用される。本方法のいくつかの実施の形態では、少なくとも2つのカメラが、乗り物に搭載されたカメラアレイに搭載されてもよい。

10

【0010】

別の実施の形態では、構造化された地図データの生成方法は、乗り物に搭載された少なくとも1つのセンサからタイムスタンプ付きセンサデータを受信することと、少なくとも2つのビデオストリームを備えるタイムスタンプ付きビデオデータを受信し、各ビデオストリームは、乗り物に搭載された少なくとも2つのカメラのうちの1つのカメラで作出されたことと、タイムスタンプ付きセンサデータから、複数の空間読み取り値を計算することを含んでもよい。各空間読み取り値は位置と関連付けられたタイムスタンプを含み、位置が、関連付けられたタイムスタンプにより示される時間に少なくとも1つのセンサがあったと見なされる位置を示す。タイムスタンプ付きビデオデータから、システムは、プロセッサで、少なくとも2つのビデオストリームのそれぞれについての複数の画像レコードを計算してもよく、各画像レコードは画像および関連付けられたタイムスタンプを備え、画像は、関連付けられたタイムスタンプのときに記録されたと見なされる。システムは、プロセッサを用いて、地物に関連付けられる複数の地物画像レコードを識別してもよく、地物画像レコードは、複数の画像レコードのサブセットで、各画像レコードにおける各画像は地物を含む。複数の相対的地物位置は、地物画像レコードの各画像から相対的地物位置を計算することにより算定されてもよい。システムは、複数の相対的地物位置に基づいて地物についての複数の位置を備える点群を作り出してもよい。

20

【0011】

その方法はまた、点群から地物の確率的位置をも算定し、確率的位置の正確度は地物を含むタイムスタンプ付きビデオデータが多く収集されると向上する。地物の確率的位置は、過去に使われた地図データと比較されて地物が静止しているのかを決定して、その後に過去に使われた地図データをアップデートするのに使用されてもよい。

30

【0012】

その方法はまた、プロセッサを用いて、少なくとも2つの t_0 画像レコードを識別してもよく、各 t_0 画像レコードは少なくとも2つのビデオストリームのそれぞれについての複数の画像レコードの1つから選択され、その少なくとも2つの t_0 画像レコードの各画像レコードは、ほぼ t_0 に等しい関連付けられたタイムスタンプを有する。その後プロセッサは、少なくとも2つの t_1 画像レコードを識別するのに用いられてもよく、各 t_1 画像レコードは、その少なくとも2つのビデオストリームのそれぞれについての複数の画像レコードの1つから選択され、その少なくとも2つの t_1 画像レコードの各画像レコードは、ほぼ t_1 に等しい関連付けられたタイムスタンプを有する。その少なくとも2つの t_0 画像レコードのそれぞれと少なくとも2つの t_1 画像レコードに存在する固定された地物が識別されてもよい。時間 t_0 における固定された地物の t_0 相対地物位置が、少なくとも2つの t_0 画像レコード間の視差差に基づいて算定されてもよい。時間 t_1 における固定された地物の t_1 相対地物位置もまた、少なくとも2つの t_1 画像レコード間の視差差に基づいて算定されてもよく、 t_0 相対地物位置と t_1 相対地物位置間の差に基づいて、 p_1 に対する調整が決定されてもよい。

40

【0013】

その方法はまた、複数の空間読み取り値の各空間読み取り値の位置に対する調整を決定す

50

ることによって複数の調整を生成することを含んでもよく、複数の調整は、複数の固定された地物の複数の相対的地物位置に基づいて、プロセッサを用いて、画像レコード内で識別される。複数の調整は、複数の空間読み取り値の各空間読み取り値の位置に適用されて複数の調整された空間読み取り値を作り出してもよい。複数の調整された空間読み取り値のその後の位置を、複数の調整された空間読み取り値のその前の位置の最大ループ閉じ込み距離以内として検出してもよく、その後の位置とその前の位置は、最小のループ時間と最小のループ距離のうちの1つにより分離される。ループ閉じ込み誤差を、その後の位置、その後の位置に基づくタイムスタンプ付きビデオデータから算定してもよい。

【0014】

ループ閉じ込み誤差を用いて点群における少なくとも1つの位置についての調整を算定してもよい。タイムスタンプ付きセンサデータは、乗り物に搭載された慣性計測装置からのデータおよび乗り物に搭載された全地球測位システムからのタイムスタンプを含んでもよい。

10

【0015】

構造化された地図データを生成するシステムは、タイムソース、センサデータを収集するセンサ、および、それぞれのカメラがビデオストリームを作り出す少なくとも2つのカメラのアレイとを有する乗り物を含み、タイムソースからのタイムスタンプをセンサデータに適用してタイムスタンプ付きセンサデータを作り出し、各ビデオストリームに適用してタイムスタンプ付きビデオデータを作り出す。センサデータ処理システムは、タイムスタンプ付きセンサデータとタイムスタンプ付きビデオデータを受信し、以下の一連の工程を実行する。タイムスタンプ付きセンサデータから、そのシステムは、複数の空間読み取り値を計算でき、各空間読み取り値は位置および関連付けられたタイムスタンプを備え、その位置は、関連付けられたタイムスタンプによって示される時間に少なくとも1つのセンサがあったと見なされる位置を示し、複数の空間読み取り値は、位置 p_0 と時間 t_0 を備える第1空間読み取り値と、位置 p_1 と時間 t_1 を備える第2空間読み取り値を含む。タイムスタンプ付きビデオデータから、そのシステムは、少なくとも2つのビデオストリームのそれぞれについての複数の画像レコードを計算し、各画像レコードは画像および関連付けられたタイムスタンプを備え、画像は関連付けられたタイムスタンプのときに記録されたと見なされる。そのシステムは、プロセッサを用いて、少なくとも2つの t_0 画像レコードを識別し、各 t_0 画像レコードは少なくとも2つのビデオストリームのそれぞれについての複数の画像レコードのうちの1つから選択され、少なくとも2つの t_0 画像レコードの各画像レコードは、ほぼ t_0 に等しい関連付けられたタイムスタンプを有する。その後そのシステムは、プロセッサを用いて、少なくとも2つの t_1 画像レコードを識別してもよく、各 t_1 画像レコードは、少なくとも2つのビデオストリームのそれぞれについての複数の画像レコードの1つから選択され、少なくとも2つの t_1 画像レコードの各画像レコードは、ほぼ t_1 に等しい関連付けられたタイムスタンプを有する。そのシステムは、プロセッサを用いて、少なくとも2つの t_0 画像レコードのそれぞれと少なくとも2つの t_1 画像レコードに存在する固定された地物を識別してもよい。それからシステムは、少なくとも2つの t_0 画像レコード間の視差差に基づき、時間 t_0 における固定された地物の t_0 相対地物位置を算定し、そして少なくとも2つの t_1 画像レコード間の視差差に基づき、時間 t_1 における固定された地物の t_1 相対地物位置を算定する。 t_0 相対地物位置と t_1 相対地物位置間の差に基づいてそのシステムは p_1 に対する調整を決定できる。

20

30

40

【0016】

さらにそのシステムのセンサデータ処理は、複数の空間読み取り値の各空間読み取り値の位置に対する調整を決定することにより複数の調整を作り出してもよく、複数の調整は、プロセッサを用いて、画像レコードにおいて、識別された複数の固定された地物の複数の相対的地物位置に基づく。さらにセンサデータ処理は、複数の調整を複数の空間読み取り値の各空間読み取り値の位置に適用して、複数の調整された空間読み取り値を作り出す。さらにセンサデータ処理は、複数の調整された空間読み取り値のその後の位置が、複数の

50

調整された空間読み取り値のその前の位置の最大ループ閉じ込み距離以内であることを検出し、その後の位置とその前の位置は、最小のループ時間と最小のループ距離の内の1つにより分離される。センサデータ処理は、その後の位置、その後の位置に関連付けられるタイムスタンプ、その前の位置、および、その前の位置のタイムスタンプに基づき、タイムスタンプ付きビデオデータからループ閉じ込み誤差を算定してもよい。

【0017】

そのシステムは、ループ閉じ込み誤差を用いて、複数の調整された空間読み取り値に対するさらなる調整を算定する。

【0018】

そのシステムのセンサデータ処理は、さらにプロセッサを用いて、地物に関連付けられる複数の地物画像レコードを識別してもよく、地物画像レコードは、複数の画像レコードのサブセットであり、地物画像レコードの各タイムスタンプについて、タイムスタンプに関連付けられる少なくとも1つの画像は、地物を含む。さらにセンサデータ処理は、地物画像レコードの各画像から相対的地物位置を算定し、複数の相対的地物位置に基づき地物についての複数の位置を備える点群を作り出してもよい。

【0019】

そのシステムは、点群から地物の確率的位置を算定し、地物を含むタイムスタンプ付きビデオデータがより多く収集されると、確率的位置の正確度が改善される。地物の確率的位置は過去に使われた地図データと比較され、地物が静止しているのかを決定する。

【0020】

センサデータを収集するセンサは、加速度計とジャイロ스코プを含んでもよく、タイムソースは全地球測位システムである。

【0021】

添付の図面と共に以下の詳細な説明は、本発明の本質と利点のより良い理解を提供するであろう。

【図面の簡単な説明】

【0022】

本開示による種々の実施の形態を、以下の図面を参照にして説明する。

【0023】

【図1】図1は、一実施の形態による方法を示す。

【0024】

【図2】図2は、カメラのアレイのマウントを示す。

【0025】

【図3】図3は、例示の計算システムを示す。

【発明を実施するための形態】

【0026】

以下の詳細な説明では、種々の実施形態が説明される。説明の目的で、特定の構成や詳細が実施形態の完全な理解を提供するために明記される。しかしながら、当業者には、このような詳細がなくても本発明を実施できることが明らかであろう。さらに、説明されている実施形態を不明瞭にしないために、周知の特徴は省略され、または単純化されることもある。

【0027】

本書で説明され示唆されるいくつかの方法や装置は、(1)未加工の乗り物センサデータを生成すること、(2)その乗り物センサデータを処理して構造化された地図データを作り出すこと、および、(3)新しい構造化された地図データを過去に使われた地図データと比較することを提供する。これらの処理は、構造化された地図データを作り出すのに用いてもよい。構造化された地図データが作り出された後で、その地図データの特定の使用ケースまたは顧客に適合するように、変換され、または別の処理をされてもよい。一実施の形態では、これらの処理は、集められてその乗り物上で保存された未加工の乗り物センサデータを用いて同時に実行されてもよいが、この方法は、それには限定されない。同時

に収集して送信すること（例えば、セルラーデータ送信）は、乗り物上での自動処理として、可能である。

【0028】

本開示は、自動車などの乗り物に関してなされるが、当業者は、この方法はそれには限定されず、例えば、航空機や潜水艇用の構造化された地図データを構築するのに用いてもよいことが分かるであろう。本開示はまた、例としてソナー（音によるナビゲーションと測距）の使用にも適用できる、ビデオカメラを用いた収集にも言及する。一実施形態では、L I D A Rの出費を避けるため、および他の理由のために、ビデオカメラを用いるが、いくつかの方法と技術は、L I D A R、レーダーまたは他のセンサで集められたデータに対しても同様にセンサーデータの処理を適用できる。

10

【0029】

本書で用いられる、「センサデータ」は、センサで検出された信号に対応する電子のおよび／またはコンピュータ可読のフォームで表されるデータを参照する。例としては、ビデオカメラ、静止カメラ、光センサ、距離センサ、ジャイロスコープ、加速度計、コンパス検出器、レベル検出器、電圧センサ、電流センサ等が含まれる。典型的には、これらのセンサからの信号は、デジタル化され、それからコンピュータメモリに保存され、または、乗り物に搭載されたデバイスと近くに位置するスマートフォンまたは他のコンピュータデバイス間に存在する、もしくは、そのデバイスおよび／もしくはコンピュータデバイスと、例えば携帯電話チャネルによって提供される、リモートサーバーまたはデバイスとの間で、デジタルデータ伝送チャネルを伝送される。

20

【0030】

一般的にカメラは、カメラの一般的に前の（指向性カメラの場合）のまたはカメラの視野の（全天球カメラの場合）場面の画像を捕獲するために、カメラセンサ上に衝突する光の電子描画を捕獲する。画像が時間内に一つの場所で撮られたならば、それは静止画像であり得、また、複数の画像が一連の時間に亘って捕獲されたならば、これはビデオシーケンスで表されるが（短く表現すると、しばしば単に「ビデオ」と称される）、保存されたビデオとして保存され、またはビデオストリームなどとして伝送されストリーミング配信される。

【0031】

したがって、カメラは、カメラが向けられ、又は位置決めされた場面の画像（静止画像、ビデオ等）を捕獲する。捕獲された場面は、カメラが動作している環境の一部であり得る。一つの例では、カメラは乗り物に搭載され、乗り物が街あるいは他の地理的な位置を走行している間、前を向き、カメラが乗り物の前の（そして、360度カメラの場合には、おそらく横のそして後ろの）場面の画像を捕獲する。典型的には、簡単なカメラは場面の2次元（2D）の視界を捕獲するために1つのカメラセンサを、そして多数のそのようなカメラは、深さ認知成分を追加するために用いられ、離れて置かれる。

30

【0032】

いくつかのセンサは乗り物の動きを感知する。これらのセンサは、ジャイロスコープ、加速度計、コンパスなどを含む。これらの乗り物の動きセンサのアウトプットは、乗り物の動きデータを作り出し、車載診断システムからしばしば入手可能な乗り物制御／管理コンピュータシステムから得られるデータ（例えば、スピードメータやエンジンパラメータ）と共に、処理に用いられおよび／または記録されてもよい。

40

【0033】

乗り物位置センサは、GPS装置、差分GPS装置、セルラ位置データセンサ、ガリレオ装置、グロナス装置、他の衛星ベース位置システム、および、私有の無線ベースシステムなどのセンサを含みうる。これらのセンサは、乗り物位置データを生成するが、普通は乗り物が走行するための構造化された地図データを作り出すのに十分なほど正確ではない。乗り物センサデータは、乗り物の動きデータ、乗り物位置データ、乗り物画像データおよび他のあり得るデータを集合的に参照する。

【0034】

50

乗り物が走行している街あるいは他の地理的な位置は、場面が捕獲される環境である。その場面は、他の自動車、ランドマーク、他のストリートマーキング、標識、縁石、歩道、動物、空、雨、および環境中にある他の要素などの、目立つ地物を含むであろう。これらの要素の内のある物は、他の物が静止している間に、道路に対して動いているかもしれない。あるものは、ビデオ捕獲期間中は静止しているように見えるが、実際には移動可能で、他の時間に動く。

【0035】

経路の地物、または単なる地物は、例えば、境界または背景に対する突起などのために、検出に適するので、センサで検出される。固定された地物は、寸法、形状または位置に基づき固定されていることの可能性が高い地物である。例えば、車線の自動車形状の地物は、それが動いているので、固定された地物である可能性は低い。車線から十分に離れた樹木または道路標識形状の地物は、固定された地物である可能性が高い。ランドマーク地物は、地図上に示され、静止していることの可能性が高い地物である。例としては、道路標識（停止サイン）、街灯柱、樹木の幹、および建物がある。ランドマーク地物に対する不適切な選択の例は、駐車している自動車であり、それは動くであろう。

10

【0036】

構造化された地図データは好ましくは静止した物体に対する高正確度の位置情報を有し、その物体は、通常は道路上または近くにあり、しばしば自動または半自動運転の乗り物の走行およびその位置を決めるのに用いられる。

【0037】

一実施形態では、未加工のセンサデータを生成するプロセスは、既知の場面で用いてキャリブレーションされた少なくとも2つのカメラを備えるカメラアレイで実行される。例えば、カメラは、乗り物に取り付けられるであろうハウジングに搭載されていてよく、それらのカメラは搭載されると、互い対し相対的に固定された位置と方向を有する。カメラのアレイは、カメラを剛に支持するアレイマウントに搭載されてもよい。アレイマウントは、乗り物の種々の場所に搭載されてもよく、例えば、バックミラーの上方、乗り物の前方（例えばバンパー上）などでよい。アレイは、また、後方に面していても、側方に面していてもよい。アレイは、乗り物の上で、乗員室の外側に搭載されてもよい。

20

【0038】

もしハウジングが、アイテム間で所定の間隔を持った特定の位置に置かれた基準、マーキング、参照等の、カメラの視野内の既知の場面と共に置かれるならば、キャリブレーションを行うことができる。カメラからの画像を処理することにより、キャリブレーションプロセスは、異なるカメラからの画像がどの程度異なるかを決定し、この情報がキャリブレーションデータとしてコンピュータメモリに保存され、カメラアウトプットを解釈するのに後で使われる。

30

【0039】

乗り物搭載カメラは、内部キャリブレーション、外部キャリブレーションおよび／または自動キャリブレーションを用いてキャリブレーションされ得る。内部キャリブレーションは1つのカメラまたはカメラの模型をキャリブレーションする。内部キャリブレーションは既知の場面の画像またはビデオを撮り、結果として生ずる画像またはビデオからカメラのパラメータを算定することにより行われ得る。外部キャリブレーションは、カメラのアレイのキャリブレーションとして言及される。カメラは、互いに固定されたカメラ位置を提供する剛マウントに搭載される。既知の場面の画像またはビデオが撮られ、上記のように互いにカメラのキャリブレーションをする。自動キャリブレーションは、乗り物に搭載されたカメラのアレイからの画像データが受信され処理されたときに行われる連続的キャリブレーションとして言及される。それぞれのカメラからの画像またはビデオは互いに、比較され、そして、同じカメラのアレイあるいは別のカメラのアレイからの以前の画像と比較され、カメラをキャリブレーションして乗り物内のアレイのおよびアレイの取付での動きを説明する。

40

【0040】

50

各カメラからのビデオデータは、例えば、GPSパルスで同期されてもよい。各カメラからのビデオはまた、GPSデータまたは他のタイムソースからのタイムスタンプでラベル付けをされてもよい。データの処理を可能にし、経路内の地物が十分にカバーされていることを確実にするために、乗り物は同じ経路を複数回カバーするルートを走行してもよく、同じ場面の複数の画像が撮られることを許容する。このことは、他の乗り物によるオクルージョンまたはレンズフレアなどの光学的問題に対処する。また、以下に詳述するループ閉じ込み誤差を評価することができる。乗り物位置データと乗り物の動きデータは、乗り物にセーブまたは送信されて、処理される。

【0041】

乗り物運転の前に、あるいはルート探索しながら、ルートを作成する。ルートは、例えばルート内で同じ経路を複数回カバーさせることにより、同じ場面の複数の視野を有することを容易にするように生成されてもよい。これらの経路は、それ自身で交差して、閉じたループとなっていてよい。ルートは、そのルートに沿ってセンサデータを捕獲するように指定された運転手に提供されてもよい。

10

【0042】

乗り物のルートは、走行、あるいは乗り物を案内するために、乗り物の運転手に与えられるルートである。ルートは、1つ以上の小さなセグメント又はルートを含んでいてもよい。一例として、運転手は街のブロックを囲む同じ周囲をそれぞれが備える4つの経路を備えるルートを指定されてもよい。そして計算システムは、4つの経路を比較し、例えば配達用トラックによる遮りのためにブロックを囲む周囲の1つの間での欠損した部分を埋める。

20

【0043】

そのルートの走行中に、未加工のセンサデータを、例えばハードドライブ（例えば、半導体ドライブまたはフラッシュドライブ）に保存してもよい。データは、ルートの走行中にセルラー伝達でアップデートされ、またはWi-Fiまたは物理LAN接続が使えるときにルート走行後に伝送されてもよい。データは、ハードドライブ、フラッシュドライブまたは他の持ち運び可能な記録媒体へ伝送され、その後処理のためにセンサデータ処理システムを有する施設に引き渡される。

【0044】

データが受信されると、センサデータ処理システムは、データについての自己位置推定と環境地図作成の同時実行（SLAM）に類似の処理を実行し、構造化された地図データを作り出す。センサデータ処理システムは、乗り物上でデータをリアルタイムで処理してもよいし、乗り物がルートを走行し終わった後で保存したデータを処理してもよい。

30

【0045】

ルートの始まりが近づくと、乗り物の初期位置が、（緯度、経度、高度）または（x、y、z）などの3次元座標系で識別される。初期姿勢（ロール、ピッチ、ヨー）もまた、識別されてもよい。初期位置は、例えば、GPSデータから、現在のビデオデータを過去に使われた地図データと比較することにより、セルラー位置データから、または、他の位置ソースから決めてもよい。初期姿勢は、加速度計とジャイロデータから、現在のビデオと履歴データのビデオを比較することで、または、他のソースから決めてもよい。スタート地点から乗り物の動きセンサデータを用いて、乗り物が動いた推定位置をデッドレコニングしてもよい。その後カメラデータを用いて地物を識別し、地物に対するカメラ位置の変化から、動きセンサからデッドレコニングした位置をアップデートする。処理を繰り返して、乗り物経路に沿った一連の正確な位置を生成する。デッドレコニングの処理は、時としてオドメトリ（odometry）として参照される。

40

【0046】

有利なことに、乗り物のルートは同じ位置を通るようになされており、経路はおおよそ重なり、よって、ループ閉じ込みを形成する。その時点でループ閉じ込み誤差が算定されてもよい。

【0047】

50

乗り物の動きセンサが乗り物の動きデータを生成する一方、これらのセンサは、位置を直接提供はしない。しかし、データが処理されて、位置を決定する。例えば、速度の読みは積分されて位置を提供し、加速度計からの慣性データは2回積分されて位置を提供できる。そのような処理は、測定誤差を増大し得る。

【0048】

経路と経路の交差は、2つの位置が最大ループ閉じ込み距離以下である互いからの距離であると観測されたときに、観測される。連続観察などのように、時間的に近接した点をループを形成するとして検出することを防ぐために、カバーされる時間の最小合計（最小のループ時間）または距離の最小合計（最小のループ距離）が、ループ閉じ込みを検出する前に要求される。ループ閉じ込み誤差から、未加工の動きセンサの誤差が算定され、経路中で補正が適用される。ルートが同じ経路の複数の通過を含むならば、経路の複数の通過からのデータは、互いに関して経路の修正をするように整理統合される（*consolidated*）。同じ経路の繰り返し訪問間で変わらないランドマーク地物が識別されてもよい。道路地物（例えば、縁石、道路標識、他の静止した物体）が識別され、注釈付けされ、構造化された地図データを作り出してもよい。

10

【0049】

ルートから構造化された地図データが作り出されると、履歴データと比較され、静止していない地物（例えば、ルート走行中では静止していたが、動き得る駐車している自動車）を消去し、履歴地図をアップデートする。例えば、道路標識は追加または除去され、建造物は車道を永久的に修正する。

20

【0050】

それからアップデートされた過去に使われた地図データは正規化形式で保存され、その後私有の地図システムに適しているデータフォーマットに変換されてもよい。

【0051】

【実施形態】

一実施形態では、本質的にキャリブレーションされたカメラがカメラのアレイに搭載され、カメラはそのアレイ内では外発的にキャリブレーションされる。アレイマウントされたカメラは、乗り物がルートに沿って進行すると、ビデオを捕獲する。

【0052】

カメラは、GPS信号を用いて同期されてもよい。GPS信号そのものは乗り物ナビゲーション用に十分なだけ高い正確度を一般的に有してはいないが、GPS時間信号は、異なった画像またはビデオデータを同期するのに十分なだけ正確であり、例えば、ビデオデータにタイムスタンプを付け、ほぼ同時に撮影された異なったビデオ画像をそのように処理されるように、処理することができる。

30

【0053】

乗り物の動きセンサは、動きデータを同時に記録する。乗り物の動きセンサは、そのカメラアレイを含むマウントに搭載されても、別の装置に搭載されてもよい。またセンサデータは、携帯電話などの、他の装置から得てもよい。一実施形態では、加速度計、ジャイロスコープおよびGPSを含む慣性計測装置（IMU）がカメラアレイマウントに搭載され、このユニットのGPS信号がすべての乗り物センサデータのタイムスタンプに加え、カメラを同期するのに用いられる。すべてのセンサおよびビデオデータのGPSタイムスタンプは、処理中にビデオデータおよびセンサデータを相関させる際にセンサデータ処理システムをアシストし、ビデオデータをセンサデータに融合させ、融合データを形成する。

40

【0054】

一実施形態では、複数のマウントがあって、個別のGPS信号または共通のGPS信号で動作する。

【0055】

乗り物が進行するルートは、一実施形態では1つ以上の経路を複数回繰り返すように選択され、少なくとも1つの閉じたループを形成し、そこを繰り返して走行してもよい。

【0056】

50

データは、収集中（例えば、セルラデータにより）データストアにアップロードされても、乗り物に保存されてLAN接続やWiFi接続が使える後でアップロードされてもよい。あるいは、データは、乗り物が収集施設に駐車したとき、または、ハードドライブ若しくはフラッシュドライブを収集施設に搬送することにより、物理的に引き渡されてもよい。

【0057】

データが受信されると、センサデータは処理され、乗り物の位置をデッドレコニングする。初期位置P0（時間t0における）がGPS信号を用いて、あるいは他の手段により、導き出され、ビデオが過去に使われた地図データと比較される。この初期位置から、乗り物移動データを用いて乗り物の新たな位置P1（時間t1における）が導き出される。例えば、距離は加速度を2回積分することで計算される。乗り物の初期速度は、乗り物が止まったときに初期位置を選択して、GPSデータを用いて乗り物の初期速度を計算し、ビデオデータを用いて乗り物の初期速度を計算し、または、乗り物に搭載された診断プログラムを用いて乗り物の初期速度を決定して、算定されてもよい。方向の変化は、ジャイロスコープのデータを加速度計のデータを組み合わせることにより決定されてもよい。磁気コンパスからのデータをも用いてもよい。このデータ処理を組み合わせることは、ある程度の誤差要素を有して、乗り物の新たな位置P1を作り出す。この新たな位置P1は、その後ビデオデータを用いてチェックされ修正されることができる。P0で静止しているように見える地物がビデオデータで識別される。時間t1でこれらの地物の並びを用いて乗り物の新たな位置がどこであるのかを決定することができる。少なくとも2つのカメラがあるから、同じ地物のカメラ視野間の視差差を用いてその距離を決定することができ、また、同じ地物の2つの異なる視野は乗り物の位置の変化を決定し、乗り物の動きデータに基づき算定された位置と比較することができる。この方法により、センサデータ処理システムは、ビデオデータ中の地物の相対的な動きに基づき融合データから算定された位置をアップデートし、融合データはセンサデータから導き出され、乗り物と地物についての正確な位置データを生成する。センサデータ処理システムが位置データを修正するので、センサデータ内の偏りを検出し、アップデートされた位置データを用いてそれらを修正する。ビデオデータが処理されるので、エッジ検出あるいは他のコンピュータ視覚技術により可能性のある地物が検出され得る。

【0058】

一実施形態では、慣性データを備える乗り物の動きデータを用いて、P1に対する未加工の位置のような未加工の位置データを作り出す。未加工の位置データP1が算定された後で、ビデオデータを用いて修正（アップデート）される。慣性データは、主としてジャイロスコープと加速度計で作りに出されたデータに依存する。このデータは、IMUに由来してもよい。

【0059】

位置データは、x、y、z座標又は他の座標システムの空間における位置に加え、ロール、ピッチおよびヨー、またはx、y、z又は他の座標システムにおける速度などの軌道（trajectory）データを含んでもよいことに注意願う。

【0060】

センサデータから位置を算定しビデオデータからその位置を修正する処理は、例えば、ビデオカメラの1秒当たりのフレーム数（FPS）（例えば24FPS）で、おそらくビデオデータの各瞬間について何回も、経路に沿って繰り返される。

【0061】

有利なことに、ルートは、閉じた経路を含んで決められる。センサデータ処理システムが、乗り物が交差した乗り物の経路を通ったと（同じ位置に2回達したと）判断するときは、センサデータ処理システムは、例えばGPS座標を以前のGPS座標と合わせることで、ビデオ画面を合わせることで、位置付けを既知の地物に合わせることで、または、他のマップマッチング技術により、ループ閉じ込み誤差を決定することができる。ループ閉じ込みが検出されると、算定された位置の累積誤差が分かり、ループ閉じ込み

で、経路の端部で算定された位置が経路の始まりで算定された位置と実質的に同じになるように以前の位置をアップデートすることで修正できる。このことにより、軌道ドリフトを低減できる。軌道ドリフト修正が計算され、センサの偏りが将来のセンサデータに適用される。一実施形態では、ループ閉じ込み誤差は、ビデオデータから算定された位置の差に基づいて算定される。このことは、地物と視差を用いて、ループの1回目の通過からの画像と、ループの2回目の通過からの画像を比較することにより、行われてもよい。

【0062】

有利なことに、ルートは運転者に与えられ、複数のループ閉じ込みと経路の同じ部分の複数回の再訪を有する。異なるループを形成する異なる経路は、各経路の重なり部分を共有してもよい。

【0063】

一実施形態では、カメラアレイでの2つのカメラの距離は約50cmであり、約20mよりも近くに対象物を置くことで、ある程度の正確度を提供する。乗り物の移動は、ある距離で地物が検出されるときに、その距離と詳細な位置の大きな不確定さがあるように、対象物の位置付けを助長するが、地物が続きのビデオフレームで繰り返し検出されるとその距離と詳細な位置はますます確かになり、特に乗り物が対象物に近づくと確かになる。すなわち、地物に対応する対象物の可能性のある位置の点群は、地物が異なった位置から繰り返し検出され、特に乗り物がその対象物に近づき通過すると、縮小する。早く動いている乗り物が少ないフレームの地物を撮影した画像を有していても、対象物の位置の正確度の主たる決定要因は位置の変化だから、結果としての点群は、対象物位置の推定の正確度であるにすぎないことに注意願う。極端な場合には、静止した乗り物が、画像の地物についての大いに改良された位置情報を提供するということはない。この理由のために、一実施形態では、ビデオストリームは、乗り物が静止したことが検出されると止められて、乗り物が動くと再起動されてもよい。

【0064】

【地図結合】

ルートから地図が生成されると、地図結合システムがその地図を履歴地図と結合する。その地図は、サーバーまたは乗り物上で維持される地図データベースに保存されてもよい。履歴地図はサーバーに保存されてもよい。

【0065】

一実施形態では、地図結合システムは、新たに生成された地図を編集し、新たな地図では静止しているように見えるが履歴データに基づくと実際は一過性であるような、誤った地物を取り除く。別の実施形態では、地図結合システムは、新たに生成された地図を履歴地図と結合し、アップデートされた履歴地図を生成する。いずれの場合でも、解析の最初のステップは、新たな地図（走行ルートからの最新のアウトプット）と履歴地図間の変化検出である。地図結合システムは、変化した地物について変化が一過性か静止しているかの可能性を指定できる。いずれかの地図の穴を埋めることができる。例えば、駐車したトラックは、新しい地図のオクルードされた部分を有してもよい。駐車したトラックは、取り除かれるべき一過性の地物である可能性が高いとして検出されてもよい。その地物を取り除いた後で、他の地図からの履歴データが、新たな地図から駐車したトラックを取り除くことで生成された穴を埋める。新しく生成された地図を履歴地図と結合するために、地図結合システムは、整列誤差が地物の変化として扱われないように、地図を精確に整列する。例えば、地図を適切に整列し損なうと、道路標識が動いたり大きくなったりするように見える結果となりうる。

【0066】

図1は、一実施形態による方法を図解する。ステップ100で、この方法が開始される。ステップ101で、乗り物がルートを走行すると乗り物センサデータが集められる。データは、ハードドライブまたは乗り物上の他の記憶装置に保存される。ステップ102で、データはデータ処理システムにアップロードされる。ステップ103で、センサデータ処理システムが乗り物センサデータから構造化された地図データを生成する。ステップ10

10

20

30

40

50

4で、データを正規化形式で保存する。ステップ105でこの方法は終了する。

【0067】

図2は、一実施形態によるカメラアレイマウント200を図解する。カメラアレイマウントは、カメラアレイマウントの内部に搭載された4つのカメラ202、204、206および208を含む。カメラを搭載したアレイは、自動車のような乗り物においてフロントガラスの近くの乗員室に搭載され、バックミラー210を囲む。

【0068】

〔例示のシステム〕

一実施形態によれば、ここで説明される技術は、1つのまたは一般化された計算システムにより実行され、ファームウェア、メモリ、他のストレージ、またはこれらの組合せ中のプログラム命令に従ってその技術を実行する。デスクトップコンピュータ装置、ポータブルコンピュータシステム、ハンドヘルド装置、ネットワーク装置、または、その技術を実行するのに配線で接続されたおよび／またはプログラムロジックを組み込んだいかなる他の装置など、専用のコンピュータ装置を用いてもよい。

10

【0069】

例えば、図3は、本発明の実施形態が実行されるコンピュータシステム300を図解するブロック図である。コンピュータシステム300は、バス302また情報を通信する他の通信機構と、情報を処理するためにバス302に結合されるプロセッサ304を含む。プロセッサ304は、例えば、汎用マイクロプロセッサであってもよい。

20

【0070】

コンピュータシステム300はまた、ランダムアクセスメモリ（RAM）や他のダイナミック記憶装置などのメインメモリ306を含み、バス302に接続されプロセッサ304で実行される情報や命令を記憶する。メインメモリ306はまた、プロセッサ304によって実行される命令の実行中に、テンポラリ変数や他の中間情報を記憶するのに用いられてもよい。このような情報は、プロセッサ304にアクセス可能な非一時的な記憶媒体に保存されるとき、コンピュータシステム300を、その命令に規定された作業を実行するようにカスタマイズされた専用機の状態にする。

30

【0071】

コンピュータシステム300はさらに、リードオンリメモリ（ROM）308、またはプロセッサ304用の静的情報及び命令を記憶するためにバス302に接続された他の静的記憶装置を含む。磁気ディスクまたは光ディスクのような記憶装置310が提供され、情報や命令を記憶するのにバス302に接続される。

40

【0072】

コンピュータシステム300は、バス302経由で、コンピュータモニタのようなディスプレイ312に接続され、コンピュータユーザに情報を表示する。英数字および他のキーを含む、入力装置314は、バス302に接続され、情報やコマンド選択をプロセッサ304に通信する。ユーザ入力装置の別のタイプは、マウス、トラックボールあるいはカーソル方向キーなどのカーソルコントロール316で、方向情報や命令選択をプロセッサ304に通信し、ディスプレイ312上でカーソルの動きを制御する。この入力装置は典型的には、第1軸（例えば、x）と第2軸（例えばy）の2軸で2度の自由度を有し、その装置で平面上の位置を特定できる。

【0073】

コンピュータシステム300は、本書で説明した技術を、カスタム配線接続ロジック、1つ以上のASICまたはFPGA、ファームウェアおよび／またはプログラムロジックを用いて実行し、コンピュータシステムと協働してコンピュータシステム300が専用機となるようにし、またはプログラムをする。一実施形態によれば、本書で技術は、メインメモリ306に収容された1つ以上の命令の1つ以上のシーケンスをプロセッサ304が実行することに応答して、コンピュータシステム300により実行される。そのような命令は、記憶装置310のような他の記憶媒体からメインメモリ306に読み込まれてもよい。メインメモリ306に収容される命令のシーケンスの実行により、プロセッサ304は

50

本書で説明した処理のステップを実行する。代替の実施形態では、配線接続された回路を、ソフトウェアの命令に替えて、または、組み合わせて用いてもよい。

【0074】

本書で用いる用語「記憶媒体」は、機械を特定の様式で作業させるデータおよび／または命令を保存する非一時的な媒体を指す。そのような記憶媒体は、非揮発性媒体および／または揮発性媒体を備える。非揮発性媒体は、例えば、記憶装置310のような光または磁気ディスクを含む。揮発性媒体は、メインメモリ306のようなダイナミックメモリを含む。記憶媒体の一般的な形式は、例えば、フロッピーディスク、フレキシブルディスク、ハードディスク、半導体ドライブ、磁気テープ、あるいは、他の磁気データ記憶媒体、C D-ROM、他の光学的データ記憶媒体、穴パターンを有する物理的媒体、R A M、P R O M、E P R O M、フラッシュE P R O M、N V R A M、他の記憶チップまたはカートリッジを含む。

10

【0075】

記憶媒体は、伝送媒体とは異なるが、伝送媒体と連結して用いられる。伝送媒体は、記憶媒体間で情報を伝送するのに関与する。例えば、伝送媒体は、同軸ケーブル、銅線、および、光ファイバを含み、バス302を構成するワイヤを含む。伝送媒体は、また、電波および赤外線データ通信の間に生成されるもののような、音波または光波の形式を取ることもできる。

【0076】

種々の形式の媒体が、プロセッサ304を実行させるのに1つ以上の命令の1つ以上のシーケンスを運ぶのに含まれてもよい。例えば、命令は初めはリモートコンピュータの磁気ディスクまたは半導体ドライブで運ばれてもよい。リモートコンピュータは、命令をそのダイナミックメモリにロードし、その命令をネットワーク接続を介して送信する。コンピュータシステム300に特定なモデムまたはネットワークインターフェースは、そのデータを受信することができる。バス302がそのデータをメインメモリ306に運び、そこからプロセッサ304が命令を読み出し、実行する。メインメモリ306で受信された命令は、オプションとして、プロセッサ304による実行の前または後のいずれかで記憶装置310に保存されてもよい。

20

【0077】

コンピュータシステム300はまた、バス302に接続された通信インターフェース318を含む。通信インターフェース318は、ローカルネットワーク322に接続されたネットワークリンク320に結合される双方向データ通信を提供する。例えば、通信インターフェース318は、総合デジタル通信網(I S D N)カード、ケーブルモデム、衛星モデム、あるいは、対応する形式の電話線にデータ通信接続を提供するモデムであってもよい。無線リンクもまた実行されてもよい。このようないずれかの実行で、通信インターフェース318は、種々の形式の情報を表すデジタルデータストリームを運ぶ電氣的、電磁的、あるいは光学的信号を送信し受信する。

30

【0078】

ネットワークリンク320は、典型的には1つ以上のネットワークを通じて他のデータ装置とのデータ通信を提供する。例えば、ネットワークリンク320は、ローカルネットワーク322を通じてホストコンピュータ324またはインターネットサーバプロバイダ(I S P)326によって運営されるデータ装置への接続を提供してもよい。次にI P S 326は、今では普通に「インターネット」328と呼ばれているワールドワイドパケットデータ通信ネットワークを通じて、データ通信サービスを提供する。ローカルネットワーク322とインターネット328の両方は、デジタルデータストリームを運ぶ電氣的、電磁的、あるいは光学的信号を用いる。種々のネットワークを通る信号とネットワークリンク320にあって通信インターフェース318を通る信号は、デジタルデータをコンピュータシステム300へ、コンピュータシステム300から運ぶが、伝送媒体の例示の形式である。

40

【0079】

50

コンピュータシステム 300 は、ネットワーク、ネットワークリンク (320) および通信インターフェース 318 を通じて、メッセージを送信しプログラムコードを含むデータを受信できる。インターネットの例では、サーバー 330 は、アプリケーションプログラムに要求されたコードをインターネット 328、IPS 326、ローカルネットワーク 322 および通信インターフェース 318 を通じて伝送してもよい。受信されたコードは、それが受信されるとプロセッサ 304 で実行されても、および／または、記憶装置 310 または後で実行するために他の比揮発性ストレージに保存されてもよい。

【0080】

本書で説明された処理の作業は、本書で特に示された場合あるいは文脈で明確に矛盾しない限り、いかなる適切な順序で実行することができる。本書で説明した処理（あるいは、それらの改変および／または組合せ）は、実行可能な命令用に構成された 1 つ以上のコンピュータシステムのコントロール下で実行され、1 つ以上のプロセッサを集散的に遂行させるコード（例えば、実行可能な命令、1 つ以上のコンピュータプログラムまたは 1 つ以上のアプリケーション）として、ハードウェアまたはそれらの組合せで、実行されてもよい。そのコードは、コンピュータ可読記憶媒体に、例えば、1 つ以上のプロセッサで実行できる複数の命令を備えるコンピュータプログラムの形式で、保存されてもよい。コンピュータ可読記憶媒体は、非一時的で良い。

10

【0081】

接続的な言葉、例えば、「A、B および C の少なくとも 1 つ」の形式のフレーズあるいは「A、B および C の少なくとも 1 つ」は、特に示された場合あるいは文脈で明確に矛盾しない限り、一般的に、A か、B か、C の何れか、または、A と B と C のセットの空でないサブセットの何れかの項目、用語等を意味するのに用いられる文脈と理解される。例えば、3 つの要素を有する説明用の例では、「A、B および C の少なくとも 1 つ」という接続的なフレーズおよび「A、B および C の少なくとも 1 つ」は、次のセットのいずれかを示す：{A}、{B}、{C}、{A、B}、{A、C}、{B、C}、{A、B、C}。よって、そのような接続的な言葉は、少なくとも 1 つの A、少なくとも 1 つの B、および少なくとも 1 つの C のそれぞれが存在することを要求する特定の実施形態に言及することを一般的には意図していない。

20

【0082】

本書で用いられる例、例示の言葉（例えば「など」）の何れかおよびすべての使用は、単に本発明の実施形態をよりよく説明することを意図しているに過ぎず、請求の範囲で記載されない限り本発明の範囲に限定をもたらすものではない。明細書中の言葉は、特許請求の範囲に記載されていない要素が本発明の実施に不可欠であることを示していると解釈してはならない。

30

【0083】

前述の明細書では、本発明の実施形態が、実施毎に異なる多くの特定の詳細を参照して説明された。したがって、明細書と図面は、限定的な意味ではなく、説明の意味であると見なされるべきである。本発明の範囲の唯一の排他的な指針であって、出願人が意図する本発明の範囲は、この出願で発行され、1 セットの特許請求の範囲の文字通りの範囲と均等な範囲であり、そのような特許請求の範囲が発行される特定の形式においてであり、今後の補正を含む。

40

【0084】

本開示を読んだ後には、さらなる実施形態が同業者には思い浮かぶであろう。他の実施形態では、上記に開示した発明の組合せ、サブコンビネーションも有利になされ得る。部品の例示の配置は、説明の目的で示されたもので、本発明の代替の実施形態では、組合せ、追加、配置換えなども予想できることを理解願う。

【0085】

例えば、本書で説明した処理は、ハードウェアコンポーネント、ソフトウェアコンポーネントおよび／またはこれらの組合せを用いて実施できる。したがって、明細書と図面は、限定的な意味ではなく、説明の意味であると見なされるべきである。しかし、特許請求の

50

範囲に明記された本発明の広い思想と範囲から逸脱することなく、種々の改変や変更がなされ得ることと、本発明が、以下の特許請求の範囲の範囲内のすべての改変と均等物を含むことが意図されていることは、明らかであろう。

【 0 0 8 6 】

刊行物、特許出願公開公報および特許公報を含む本書で引用するすべての参考資料は、各資料が個別に特別に参照して組み込まれると示され、ここにそのすべてが明記されているものと同じ範囲で、本書に参照して組み込む。

【 図 面 】

【 図 1 】

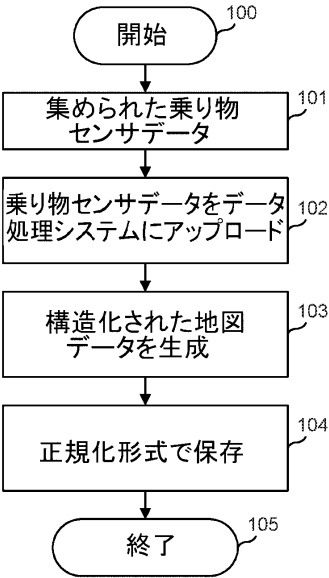


FIG. 1

【 図 2 】

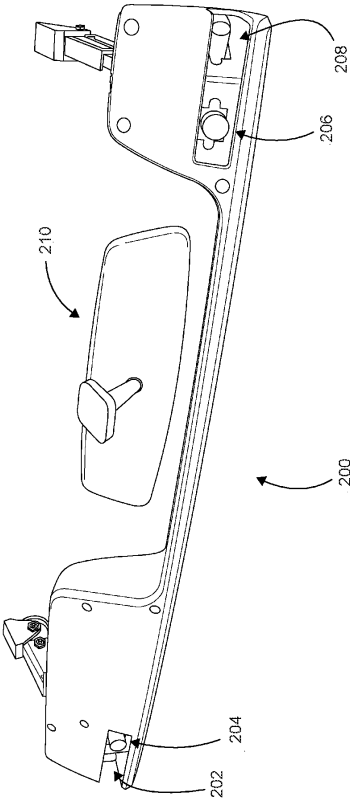


FIG. 2

10

20

30

40

50

【図 3】

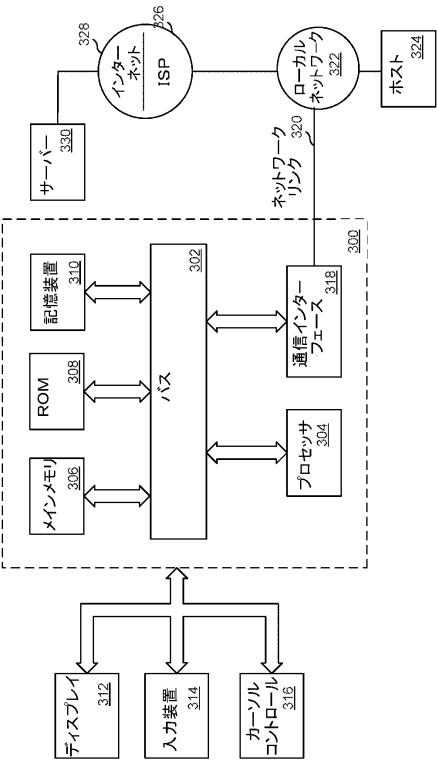


FIG. 3

10

20

30

40

50

【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/US2020/014558

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC(8) - G05D 1/02; G05D 1/00; G06T 7/246; G06T 7/70 (2020.01)

CPC - G05D 1/0274; G06T 7/73; G06T 17/05; G06T 2207/10016; G06T 2207/10028 (2020.02)

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)

See Search History document

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

USPC - 318/568.16; 345/427; 370/351; 382/106 (keyword delimited)

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

See Search History document

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2010/0204974 A1 (ISRAESEN et al) 12 August 2010 (12.08.2010) entire document	6
A	US 2007/0070069 A1 (SAMARASEKERA et al) 29 March 2007 (29.03.2007) entire document	1-20
A	US 2018/0157328 A1 (YOUSPACE INC) 07 June 2018 (07.06.2018) entire document	1-20
A	— YOKOYAMA et al. Secure Positioning in a UAV Swarm using On-board Stereo Cameras. 31 March 2014 (31.03.2014). [retrieved on 18.03.2020]. Retrieved from the Internet: <URL: https://dl.acm.org/dol/abs/10.1145/2554850.2555002 > pgs. 769-774	1-20
P, A	US 10,437,252 B1 (PERCEPTIN SHENZHEN LIMITED) 08 October 2019 (08.10.2019) entire document	1-20
P, A	US 2019/0102901 A1 (DENSO CORPORATION et al) 04 April 2019 (04.04.2019) entire document	1-20

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ 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

"I" 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

18 March 2020

Date of mailing of the international search report

24 APR 2020

Name and mailing address of the ISA/US

Mail Stop PCT, Attn: ISA/US, Commissioner for Patents
P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450
Facsimile No. 571-273-8300

Authorized officer

Blaine R. Copenheaver

PCT Helpdesk: 571-272-4300
PCT OSP: 571-272-7774

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (January 2015)

フロントページの続き

MK,MT,NL,NO,PL,PT,RO,RS,SE,SI,SK,SM,TR),OA(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA,GN,GQ,GW,KM,ML,MR,N
E,SN,TD,TG),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,K
G,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,N
I,NO,NZ,OM,PA,PE,PG,PH,PL,PT,QA,RO,RS,RU,RW,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

- (72)発明者 ナイカル、ニクヒル
アメリカ合衆国、9 5 1 3 8 カリフォルニア州、サンノゼ、ヘルヤー アベニュー 5 5 2 1
- (72)発明者 パトロンーペレス、アロンソ
アメリカ合衆国、9 5 1 3 8 カリフォルニア州、サンノゼ、ヘルヤー アベニュー 5 5 2 1
- (72)発明者 マルケス、アレグザンダー
アメリカ合衆国、9 5 1 3 8 カリフォルニア州、サンノゼ、ヘルヤー アベニュー 5 5 2 1
- (72)発明者 クア、ジョン
アメリカ合衆国、9 5 1 3 8 カリフォルニア州、サンノゼ、ヘルヤー アベニュー 5 5 2 1
- (72)発明者 ベスティック、アーロン、マシュー
アメリカ合衆国、9 5 1 3 8 カリフォルニア州、サンノゼ、ヘルヤー アベニュー 5 5 2 1
- (72)発明者 トンプソン、クリストファー、ディー
アメリカ合衆国、9 5 1 3 8 カリフォルニア州、サンノゼ、ヘルヤー アベニュー 5 5 2 1
- (72)発明者 コスマ、アンドレイ、クラウドイウ
アメリカ合衆国、9 5 1 3 8 カリフォルニア州、サンノゼ、ヘルヤー アベニュー 5 5 2 1
- F ターム (参考) 2C032 HB05 HB22 HC08 HC17