

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2008-508515
(P2008-508515A)

(43) 公表日 平成20年3月21日(2008.3.21)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
GO1S 5/14 (2006.01)	GO1S 5/14	2F129
GO1C 21/00 (2006.01)	GO1C 21/00	5H180
GO8G 1/0969 (2006.01)	GO8G 1/0969	5J062

審査請求 有 予備審査請求 未請求 (全 28 頁)

(21) 出願番号 特願2007-523550 (P2007-523550)
 (86) (22) 出願日 平成17年5月5日 (2005.5.5)
 (85) 翻訳文提出日 平成19年3月26日 (2007.3.26)
 (86) 国際出願番号 PCT/US2005/015836
 (87) 国際公開番号 W02006/022924
 (87) 国際公開日 平成18年3月2日 (2006.3.2)
 (31) 優先権主張番号 10/899,570
 (32) 優先日 平成16年7月26日 (2004.7.26)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

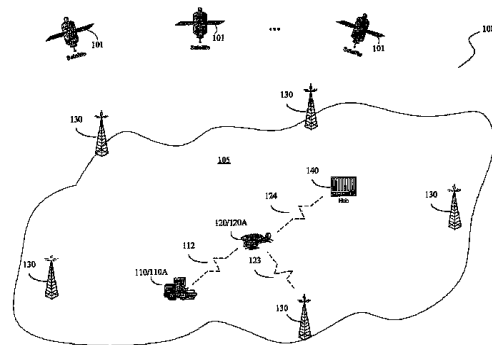
(71) 出願人 504278123
 ナヴコム テクノロジー インコーポレイ
 テッド
 アメリカ合衆国 カリフォルニア州 90
 503 トーランス マドロナ アベニュー
 20780
 (74) 代理人 100089705
 弁理士 社本 一夫
 (74) 代理人 100140109
 弁理士 小野 新次郎
 (74) 代理人 100075270
 弁理士 小林 泰
 (74) 代理人 100080137
 弁理士 千葉 昭男

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 基準受信機において計算した補正に基づくRTKナビゲーション用移動基準受信機

(57) 【要約】

基準局と連動する主受信機とユーザと連動する副受信機との間の相対位置ベクトルを判定する方法及びシステムを提供する。本方法及びシステムは、複数の衛星から受信した信号に応じて基準局において基準局の位置を判定し、ユーザにおいて得られた測定値と基準局において計算した誤差補正值とに基づいて、ユーザにおいてユーザの位置を判定し、基準局の位置及びユーザの位置の差を取ることによって、相対位置ベクトルを計算する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

第 1 物体を、第 2 物体を基準にして誘導する方法であって、

複数の衛星から前記第 1 物体において受信した信号に応じて、キャリア位相測定値集合を得るステップと、

前記第 2 物体において計算された補正值を用いて、前記キャリア位相測定値集合を補正するステップと、

前記補正したキャリア位相測定値集合を用いて、前記第 1 物体に対する位置補正值を決定するステップと

を備えていることを特徴とする方法。

10

【請求項 2】

請求項 1 記載の方法において、該方法は更に、前記第 1 物体の補正位置を得るために、前記第 1 物体の計算位置に前記位置補正值を加算するステップを備えていることを特徴とする方法。

【請求項 3】

請求項 2 記載の方法において、該方法は更に、前記第 1 物体において前記複数の衛星から得られた前記キャリア位相測定値の一連の変化を用いて、前記第 1 物体に対する位置更新値を計算するステップを備えていることを特徴とする方法。

【請求項 4】

請求項 3 記載の方法において、前記キャリア位相測定値の変化は、屈折補正されることを特徴とする方法。

20

【請求項 5】

請求項 1 記載の方法において、前記位置補正值を決定するステップは、前記キャリア位相測定値における整数曖昧さを解明するステップを含むことを特徴とする方法。

【請求項 6】

請求項 1 記載の方法において、前記第 2 物体は移動物体であることを特徴とする方法。

【請求項 7】

請求項 6 記載の方法において、該方法は更に、

前記第 2 物体から、当該第 2 物体の計算位置を受信するステップと、

前記第 1 物体の計算位置と前記第 2 物体の計算位置との間のベクトル差を計算するステップと

を備えていることを特徴とする方法。

30

【請求項 8】

基準局が測定補正值を少なくとも 1 つの航行物体に供給する方法であって、

複数の衛星からの信号に基づいて、前記基準局においてコード及びキャリア位相測定値を得るステップと、

前記コード及びキャリア位相測定値に対応するキャリア平滑コード測定値を形成するステップと、

前記キャリア平滑コード測定値を用いて、前記基準局の位置を判定するステップと、

前記基準局と前記複数の衛星の各々との間の理論的標的間距離を、前記基準局の位置を用いて計算するステップと、

前記理論的標的間距離を用いて、測定補正值を計算するステップと、

前記測定補正值を、少なくとも 1 つの航行物体に送信するステップと

を備えていることを特徴とする方法。

40

【請求項 9】

請求項 8 記載の方法において、前記コード及びキャリア位相測定値は、広域又は大域ナビゲーション・システムが供給する測定補正值を含むことを特徴とする方法。

【請求項 10】

請求項 8 記載の方法において、前記キャリア平滑コード測定値は、広域又は大域ナビゲーション・システムが供給する測定補正值を含むことを特徴とする方法。

50

【請求項 1 1】

移動基準局を備えている衛星ナビゲーション・システムにおいて、前記移動基準局の位置に対する前記衛星ナビゲーション・システムのユーザの位置を判定する方法であって、

前記移動基準局において複数の衛星から受信した信号に基づいて、前記移動基準局の位置を判定するステップと、

前記ユーザが前記複数の衛星から受信した信号に応じて前記ユーザにおいて得られた測定値、及び前記移動基準局から受信した測定値に対する補正值に基づいて、前記ユーザの位置を判定するステップと、

前記ユーザの位置と前記移動基準局との間のベクトル差を計算するステップとを備えていることを特徴とする方法。

10

【請求項 1 2】

請求項 1 1 記載の方法において、前記ベクトル差は、ユーザにおいて計算されることを特徴とする方法。

【請求項 1 3】

請求項 1 1 記載の方法において、前記ベクトル差は、前記移動基準局において計算されることを特徴とする方法。

【請求項 1 4】

請求項 1 1 記載の方法において、前記ユーザからの前記ユーザの位置と前記移動基準局からの前記移動基準局の位置とを受信する別個のデータ処理システムにおいて、前記ベクトル差が計算されることを特徴とする方法。

20

【請求項 1 5】

請求項 1 1 記載の方法において、前記基準局の位置を判定するステップは、前記複数の衛星からの信号に応じて、前記基準局において得られたキャリア位相測定値の変化に基づいて、前記基準局の位置変化を判定するステップを含むことを特徴とする方法。

【請求項 1 6】

請求項 1 1 記載の方法において、前記ユーザの位置を判定するステップは、前記複数の衛星からの信号に応じて、前記ユーザにおいて得られたキャリア位相測定値の変化に基づいて、前記ユーザの位置変化を反転するステップを含むことを特徴とする方法。

【請求項 1 7】

衛星ナビゲーション・システムであって、

30

基準サブシステムであって、

複数の衛星から前記基準サブシステムが受信した信号に応じて、第 1 衛星標的間距離測定値を得て、

前記第 1 衛星標的間距離測定値に応じて、前記基準サブシステムに関連付けられた基準位置を判定し、

前記第 1 衛星標的間距離測定値に対する誤差補正值であって、キャリア位相測定値に対する誤差補正值を含む誤差補正值を計算する

ように構成されている基準サブシステムと、

ユーザ・サブシステムであって、

前記基準サブシステムから前記誤差補正值を受信し、

40

前記複数の衛星から前記ユーザ・サブシステムが受信した信号に応じて、第 2 衛星標的間距離測定値を得て、該第 2 衛星標的間距離測定値がキャリア位相測定値を含み、

前記誤差補正值を用いて前記第 2 衛星標的間距離測定値を調節し、

前記調節した第 2 衛星標的間距離測定値に基づいてユーザ位置を判定するよう構成されているユーザ・サブシステムと

を備えており、

前記ユーザ位置と前記基準位置との差を取ることによって相対位置ベクトルを判定することを特徴とする衛星ナビゲーション・システム

【請求項 1 8】

プロセッサによって実行されると、該プロセッサに、第 1 物体を第 2 物体を基準に誘導す

50

る方法を実行させるコンピュータ読み取り可能命令が格納されているコンピュータ読み取り可能記憶媒体であって、前記命令は、

複数の衛星から前記第 1 物体において受信した信号に応じて、キャリア位相測定値集合を得る命令と、

前記第 2 物体において計算した補正值を用いて、前記キャリア位相測定値集合を補正する命令と、

前記補正したキャリア位相測定値集合を用いて、前記第 1 物体に対する位置補正值を決定する命令と

を備えていることを特徴とするコンピュータ読み取り可能記憶媒体。

【請求項 19】

10

請求項 18 記載のコンピュータ読み取り可能記憶媒体において、前記命令は更に、前記第 1 物体の補正位置を得るために、前記第 1 物体の計算位置に前記位置補正值を加算する命令を備えていることを特徴とするコンピュータ読み取り可能記憶媒体。

【請求項 20】

請求項 19 記載コンピュータ読み取り可能記憶媒体において、前記命令は更に、前記第 1 物体において前記複数の衛星から得た前記キャリア位相測定値の連続変化を用いて、前記第 1 物体に対する位置更新値を計算する命令を備えていることを特徴とするコンピュータ読み取り可能記憶媒体。

【請求項 21】

20

プロセッサによって実行されると、該プロセッサに、基準局が測定補正值を少なくとも 1 つの航行物体に供給する方法を実行させるコンピュータ読み取り可能命令が格納されているコンピュータ読み取り可能記憶媒体であって、前記命令は、

複数の衛星からの信号にしたがって、前記基準局においてコード及びキャリア位相測定値を得る命令と、

前記コード及びキャリア位相測定値に対応するキャリア平滑コード測定値を形成する命令と、

前記キャリア平滑コード測定値を用いて、前記基準局の位置を判定する命令と、

前記基準局と前記複数の衛星の各々との間の理論的標的間距離を、前記基準局の位置を用いて計算する命令と、

前記理論的標的間距離を用いて、測定補正值を計算する命令と、

30

前記測定補正值を、少なくとも 1 つの航行物体に送信する命令と、

を備えていることを特徴とする方法コンピュータ読み取り可能記憶媒体。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、一般的には、衛星測地技術に関し、更に特定すれば、静止又は移動基準受信機によるリアル・タイム力学的測地方法に関する。

【背景技術】

【0002】

40

グローバル・ポジショニング・システム(GPS)は、宇宙にある衛星を用いて、地球上にある物体の位置を突き止める。GPSでは、衛星からの信号がGPS受信機に到達し、当該GPS受信機の位置を判定するために用いられる。現在、民生用GPS受信機には、固定GPS衛星信号を用いた、各相関チャネル(correlator channel)に対応する2種類のGPS測定が利用可能となっている。これら2種類のGPS測定は、それぞれ、周波数が1.5754GHz及び1.2276GHz、又は波長が0.1903m及び0.2442mであり、2つのキャリア信号L1及びL2に対する疑似標的間距離(pseudorange)、及びキャリア位相である。疑似標的間距離(又はコード測定)は、基本的なGPSオブザーバブル(observable)であり、全ての種類のGPS受信機が行うことができる。これは、キャリア信号上に変調されたC/A又はPコードを利用する。測定は、関連するコードが衛星から受信機まで移動するのに要する見かけ上の時間、即ち、受信機クロックによる

50

信号が受信機に到達した時刻から、衛星クロックによる信号が衛星から出射した時刻を減算した値を記録する。キャリア位相測定は、受信機に到達した際の信号の再現キャリアを積分することによって得られる。したがって、キャリア位相測定は、衛星クロックによる信号が衛星を出射した時刻と、受信機クロックによる信号が受信機に到達した時刻とによって決定される遷移時間差の尺度でもある。しかしながら、衛星と受信機との間の遷移における全サイクルの初期数は、受信機が信号のキャリア位相を追跡し始めるときには通常分かっていないので、遷移時間差は、多数のキャリア・サイクルだけ誤差を生ずる場合がある。即ち、キャリア位相測定には、全サイクル曖昧さ(whole-cycle ambiguity)がある。

【 0 0 0 3 】

利用可能なGPS測定では、GPS受信機と多数の衛星の各々との間の標的間距離即ち距離を計算する際、信号の移動時間に光速を乗算する。これらの標的間距離は、通常、疑似標的間距離(偽標的間距離)と呼ばれる。何故なら、受信機クロックは一般に大きな時間誤差を有し、測定した標的間距離において共通の偏倚を生ずるからである。受信機クロックの誤差によるこの共通偏倚は、通常のナビゲーション計算の一部として、受信機の位置座標と共に解明される。種々のその他の要因も、計算された標的間距離における誤差又はノイズを招く可能性があり、エフェメリス誤差(ephemeris error)、衛星クロック・タイミング誤差、大気効果、受信機ノイズ、及びマルチパス誤差が含まれる。単体GPSナビゲーションでは、GPS受信機を所有するユーザが、いずれの基準局も参照せずに、視野内にある複数の衛星に関するコード及び/又はキャリア位相標的間距離を得るが、ユーザが標的間距離における誤差又はノイズを低減する方法は、非常に限定されている。

【 0 0 0 4 】

これらの誤差を解消又は低減するには、通例、GPS用途において差動動作が用いられる。差動GPS(DGPS)動作は、通例、基地基準GPS受信機、ユーザ(又はナビゲーション)GPS受信機、及びユーザと基準受信機との間のデータ・リンクを必要とする。基準受信機は既知の場所に置かれ、そこで得られる測定値をユーザ受信機に供給する。基準局及びユーザ受信機において取り込んだ測定値の差を取ることによって、計算した標的間距離における誤差又はノイズの殆どを解消するか、又は大幅に低減することができる。キャリア位相測定値を用いる差動動作のことを、リアル・タイム力学的(RTK)測地/ナビゲーション動作と呼ぶことが多い。

【 発明の開示 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 5 】

差動GPS(DGPS)の基礎的概念は、GPS測定値に内在する誤差の空間及び時間的相関を利用して、これらの誤差要因から生ずる疑似標的間距離及び/又はキャリア位相測定値におけるノイズの要因を相殺することである。基準及びユーザ受信機間の距離がある限度以内にある場合、キャリア位相差動即ちRTK技法は、測地及びナビゲーションの目的に利用可能な最も高精度の技法である。しかしながら、基準及びユーザ受信機間の距離が長くなり過ぎると、誤差要因の相関が縮小し、RTK技法の精度は低下する。

【 0 0 0 6 】

広範囲の動作のために、種々の地域的、広域的、又は大域的DGPS(以後広域DGPS又はWADGPSと呼ぶ)技法が開発されている。WADGPSシステムは、計算センタ即ちハブと通信する、多数の基準局のネットワークを含む。誤差補正は、ハブにおいて、基準局の既知の場所、及びそれらが行う測定に基づいて計算される。計算した誤差補正値は、次いで、衛星、電話機、又は無線機のようなデータ・リンクを通じて、ユーザに送信される。WADGPSシステムの精度は、多数の基準局を用いることによって向上するが、ローカルRTKシステムの精度と合わせることができなかつた。ローカルRTKシステムは、基準及びユーザ受信機間の分離距離が十分に短い限り、1センチメートル程度の精度に達することができる。

【 課題を解決するための手段 】

10

20

30

40

50

【 0 0 0 7 】

本発明の一実施形態による方法及びシステムは、(1)複数の衛星から受信した信号に応じて基準局において基準局の位置を判定し、(2)ユーザにおいて得られた測定値と基準局において計算した誤差補正值とに基づいて、ユーザにおいてユーザの位置を判定し、(3)基準局の位置及びユーザの位置の差を取ることによって、相対位置ベクトルを計算することによって、基準局と連動する主受信機とユーザと連動する副受信機との間の相対位置ベクトルを判定する。相対位置ベクトルは、基準局、ユーザ、又は基準局から基準局の位置を受信し、ユーザからユーザの位置を受信する別個のデータ処理システムにおいて計算することができる。以下の論述では、基準局の位置を「基準位置」と呼ぶ場合もある。同様に、ユーザの位置を「ユーザ位置」と呼ぶ場合もある。

10

【 0 0 0 8 】

本発明の一実施形態では、基準局又はユーザにおいてそれぞれ得られるキャリア位相測定値の連続変化を用いて、基準局又はユーザの位置を高レートで更新する。基準局又はユーザにおいて同時低レート・プロセスも実行し、高レートで生成したそれぞれの位置更新値に対して周期的な位置補正值を供給する。相対位置ベクトルは、高レート又は低レートのいずれでも、あるいは計算に必要なユーザ及び基準位置双方の入手可能性に応じて、その他のいずれかのレートでも計算することができる。

【 0 0 0 9 】

基準局において、キャリア平滑コード測定値を形成し、キャリア平滑コード測定値を用いて、基準局の推定位置に対する補正值を計算し、基準局から複数の衛星の各々までの理論的標的間距離を計算し、理論的標的間距離に基づいて誤差補正值を計算することによって、測定値に対する誤差補正值を計算する。誤差補正值は、ユーザ及び基準局間にあるデータ・リンクを通じて、基準局からユーザに送信される。

20

【 0 0 1 0 】

基準局において誤差補正值及び基準位置を計算することにより、本発明は、基準及びユーザ受信機間において必要な情報転送を最少に抑える。また、基準及びユーザ受信機間における通信負荷の増大を最少にして、高レートの位置出力を可能にする。更に、本発明は、基準受信機とユーザ受信機との間に必要な計算を自然な状態で分散し、計算負荷が基準又はユーザ受信機にいずれにおいても過剰とならないようにする。その上、本発明は、ユーザが基準受信機からの同期データを用いる必要性をなくすことにより、ユーザ位置更新値を出力する際のレイテンシを最小限に抑える。

30

【 発明を実施するための最良の形態 】

【 0 0 1 1 】

同じ精度を維持しつつ、従来のRTKシステムの欠陥を克服するために、移動基準局の概念が開発されつつある。しかしながら、移動基準局を採用した従来の技法は、全て、ユーザ受信機と移動基準局との間のキャリア位相測定値の差を形成し、ユーザ受信機と移動基準局との間の分離ベクトルを直接解くことを必要とする。また、文献には、多数のビヒクルの相対ナビゲーションの技法も記載されている。しかしながら、これらの技法は、通例、共通の静止基準地を採用している。

【 0 0 1 2 】

図1は、本発明の一実施形態によるナビゲーション・プロセスを実行することができる衛星ナビゲーション・システム100を示す。図1に示すように、システム100は、移動又は静止物体110Aに付随するユーザ・サブシステム110と、移動又は静止物体120Aに付随する基準サブシステム120とを含む。ユーザ・サブシステム110及び基準サブシステム120は、互いにデータ・リンクを通じて通信するように結合されており、無線周波数信号のような機構を用いて、2つのサブシステム110及び120間でデータを転送することが可能となっている。また、基準サブシステム120は、データ・リンク123を通じてローカル静止基準局130にリンクしてもよい。ローカル静止基準局130は、大域又は広域衛星ナビゲーション・ネットワークにおける静止基準局130のネットワークの1つとすることができる。この場合、静止基準局130のネットワークは、

40

50

広域 105 又は地球全体にわたって既知の場所に設置され、連続的に GPS オブザーバブルを、広域又はグローバル衛星ナビゲーション・ネットワークの 1 つ以上のハブ 140 に処理のために供給する。これらのオブザーバブルは、GPS コード及びキャリア位相測定値、エフェメリデス(ephemerides)、ならびに静止基準局 130 において複数の衛星 101 から受信した信号に応じて得られたその他の情報を含む。ハブ 140 は、GPS オブザーバブルを処理し、補正値を計算する設備である。多数の独立したハブが設けられている場合、これらを地理的に分離し、並列して動作することが好ましい。基準サブシステム 120 は、処理ハブ 140 から、衛星ブロードキャスト、ワイヤレス・インターネット接続などのような通信チャネル 124 を通じて、GPS 補正値のような計算結果を追加的に又は任意に受信することができる。基準サブシステム 120 は、ユーザ GPS サブシステム 110 とのデータ・リンク 12、そして近隣の静止基準局 130 又はハブ 140 とのデータ・リンク 123 を維持するために、必要に応じて物体 120A を用いて位置付ける。

10

20

30

40

50

【0013】

図 2 は、本発明の一実施形態によるユーザ・サブシステム 110 を示す。サブシステム 110 は、ユーザ GPS 受信機 210 と、該ユーザ GPS 受信機 210 に結合されている、マイクロプロセッサに基づくコンピュータ・システム 220 とを含む。ユーザ受信機 210 は、物体 110A に取り付けられており、生の GPS オブザーバブルを、システム 220 が処理するために供給する。これらのオブザーバブルは、GPS コード及びキャリア位相測定値を含み、エフェメリデスや、複数の衛星 101 から受信した信号に応じて得られるその他の情報も含むことができる。コンピュータ・システム 220 は、中央演算装置(CPU) 230、メモリ・デバイス 240、入力ポート 251 及び 252、1 つ以上の出力ポート 253、ならびに任意のユーザ・インターフェース 257 を含み、これらは 1 つ以上の通信バス 250 によって相互接続されている。入力ポート 251 及び 252 は、ユーザ受信機 210 及び基準サブシステム 120 からそれぞれデータを受信するためにある。出力ポート(複数の出力ポート) 253 は、計算結果を、移動する基準局 120 及び/又はその他のデータ処理システム(複数のシステム)(図示せず)に出力するために用いることができる。計算結果は、ユーザ・インターフェース 257 の表示装置上に示すこともできる。

【0014】

メモリ 240 は、高速ランダム・アクセス・メモリを含むことができ、1 つ以上の磁気ディスク記憶デバイスのような、不揮発性大容量記憶装置を含むことができる。メモリ 240 は、中央演算装置 230 から離れて位置する大容量記憶装置を含むこともできる。メモリ 240 は、オペレーティング・システム 262、及び GPS アプリケーション・プログラム又は手順 264 を格納することが好ましい。手順 264 は、本発明の一実施形態による、キャリア位相測定値の連続変化を用いたナビゲーション方法を実施する手順 266 を含む。メモリ 240 に格納されているオペレーティング・システム 262 ならびにアプリケーション・プログラム及び手順 264 は、コンピュータ・システム 220 の CPU 230 が実行するためにある。また、メモリ 240 は、GPS 測定値 272 及び補正値 274 のような、GPS アプリケーション手順 266 の実行中に用いられるデータ構造、ならびに本文書において論じられているその他のデータ構造を含む、データベース 270 も格納することが好ましい。オペレーティング・システム 262 は、埋め込み型オペレーティング・システム、UNIX、Solaris、あるいは Windows 95、98、NT 4.0、2000 又は XP とすればよいが、これらに限定する訳ではない。より一般的には、オペレーティング・システム 262 は、データを通信し、処理し、アクセスし、格納し、検索するための手順及び命令を有する。

【0015】

以下に述べる理由のために、メモリ 240 は、リアル・タイム・エグゼキューティブ(RTX: real time executive) 268 も格納するとよい。これは、リアル・タイム・マルチタスキング動作のためのコンピュータ・プログラムである。本発明の一実施形態では、

R T X 2 6 8 は、オペレーティング・システム 2 6 2 を手順 2 6 6 に埋め込み、多数のスレッドを提供し、手順 2 6 6 における異なるタスクを「ほぼ同時に」実行することができるようにする。これが意味するのは、異なるタスクが同時に実行しているように見えること、そしてシステム 2 2 0 が同時に異なるジョブを行っているように見えることである。これによって、手順 2 6 6 は、異なるスレッドにおいて実行する 2 つ以上の同時タスク又はプロセスを含むことが可能となる。R T X 2 6 8 は、スレッドの各々の開始及び停止を制御し、スレッドが互いに相互作用することを可能にする。また、R T X 2 6 8 は、スレッドにデータを整列させ、スレッド間でデータを通信させ、そしてイベントを順序通りに維持することによってプロセスを直列化させる。

【 0 0 1 6 】

加えて、R T X 2 6 8 は、スレッドの実行を、別のスレッド上のイベントによってトリガされるイベント上で待たせるといような、標準的なマルチスレッド制御も支援する。イベントとは、スレッド上において設定又は消去することができる状態のことである。スレッドを 1 つ以上のイベント上で待つように設定すると、このスレッドは、これらのイベントが全て設定されるまで保留されることになる。これによって、スレッド間における同期及び通信が大幅に簡素化する。R T X 2 6 8 では、スレッドの実行は優先度に基づく。優先度が高いスレッドの方が、優先度が低いスレッドよりも先に実行する。優先度が同じスレッド間では、順繰りに実行する。各スレッドには、タイム・スライスが与えられ、その中で実行することになる。市販の商用 R T X を R T X 2 6 8 として用いることができる。このような市販のリアル・タイム・エクゼキュティブには、CMX-Systems, Inc. の C M X - R T X、Australian Real Time Embedded Systems (ARTESYS) の Concurrent Real time Executive (C O R T E X)、及び Accelerated Technology Inc. の N u c l e u s R T X が含まれる。

【 0 0 1 7 】

実施形態の中には、ユーザ受信機 2 1 0 及びコンピュータ・システム 2 2 0 の一部又は全部を、可搬、ハンドヘルド、又は装着可能な位置追跡デバイス、あるいは車両装備又はその他の移動測地及び / 又はナビゲーション・システムのような、単一ハウジング内にある単一デバイスに統合する場合もある。他の実施形態では、G P S 受信機 2 1 0 及びコンピュータ・システム 2 2 0 を単一のデバイスとして一体化しない。

【 0 0 1 8 】

図 3 は、本発明の一実施形態による基準サブシステム 1 2 0 を示す。サブシステム 1 2 0 は、基準 G P S 受信機 3 1 0 と、当該基準 G P S 受信機 3 1 0 に結合されている、マイクロプロセッサに基づくコンピュータ・システム 3 2 0 とを含む。基準受信機 3 1 0 は、物体 1 2 0 A に取り付けられており、生の G P S オブザーバブルを、システム 3 2 0 が処理するために供給する。これらのオブザーバブルは、G P S コード及びキャリア位相測定値を含み、エフェメリデスや、複数の衛星 1 0 1 から受信した信号に応じて得られるその他の情報も含むことができる。コンピュータ・システム 3 2 0 は、中央演算装置 (C P U) 3 3 0、メモリ・デバイス 3 4 0、入力・ポート 3 5 1、3 5 2、及び 3 5 3、1 つ以上の出力ポート 3 5 4、ならびに任意のユーザ・インターフェース 3 5 7 を含み、これらは 1 つ以上の通信バス 3 5 0 によって相互接続されている。入力ポート 3 5 1、3 5 2、及び 3 5 3 は、基準受信機 3 1 0、ユーザ・サブシステム 1 1 0、及び静止基準局 1 3 0 又はハブ 1 4 0 からそれぞれデータを受信するためである。出力ポート 3 5 4 は、計算結果を、ユーザ・サブシステム 1 1 0 及び / 又はその他のデータ処理システム (複数のシステム) (図示せず) に出力するために用いることができる。計算結果は、ユーザ・インターフェース 3 5 7 の表示装置上に示すこともできる。

【 0 0 1 9 】

メモリ 3 4 0 は、高速ランダム・アクセス・メモリを含むことができ、1 つ以上の磁気ディスク記憶デバイスのような、不揮発性大容量記憶装置を含むことができる。また、メモリ 3 4 0 は、中央演算装置 3 3 0 から離れて位置する大容量記憶装置を含むこともできる。メモリ 3 4 0 は、オペレーティング・システム 3 6 2、及び G P S アプリケーション

10

20

30

40

50

・プログラム又は手順 364 を格納することが好ましい。手順 364 は、本発明の一実施形態による、キャリア位相測定値の連続変化を用いたナビゲーション方法を実施する手順 366 を含む。メモリ 340 に格納されているオペレーティング・システム 362 ならびにアプリケーション・プログラム及び手順 364 は、コンピュータ・システム 320 の CPU 330 が実行するためにある。また、メモリ 340 は、GPS 測定値 372 及び補正值 374 のような、GPS アプリケーション手順 366 の実行中に用いられるデータ構造、ならびに本文書において論じられているその他のデータ構造を含む、データベース 370 も格納することが好ましい。オペレーティング・システム 362 は、オペレーティング・システム 262 と同様である。以下に述べる理由のために、メモリ 340 は、RTX 268 と同様のリアル・タイム・エグゼキュティブ (RTX) 368 も格納するとよい。

10

【0020】

実施形態の中には、ユーザ受信機 310 及びコンピュータ・システム 320 の一部又は全部を、可搬、ハンドヘルド、又は装着可能な位置追跡デバイス、あるいは車両装備又はその他の移動測地及び/又はナビゲーション・システムのような、単一ハウジング内にある単一デバイスに統合する場合もある。他の実施形態では、GPS 受信機 310 及びコンピュータ・システム 320 は、単一のデバイスには一体化しない。

【0021】

図 4A は、本発明の一実施形態にしたがって、手順 266 内に実現されユーザ・サブシステム 110 が実行するナビゲーション・プロセス 410、及び手順 366 内に実現され基準サブシステム 120 が実行するナビゲーション・プロセス 420 を示す。図 4A に示すように、ナビゲーション・プロセス 410 は、初期化プロセス 401 ならびに 2 つの同時プロセス、高レート・プロセス 412 及び低レート・プロセス 414 を含む。初期化プロセス 401 は、物体 110A に取り付けられているユーザ受信機 210 の初期位置、及び高レート・プロセス 412 が必要とするその他の初期パラメータを計算するために用いられる。高レート・プロセス 412 は、一連の位置伝搬プロセス 413 を含み、その各々が一連の短期エポックの 1 つにおいてユーザの位置に対する更新を計算する。低レート・プロセス 414 は、一連の位置補正プロセス 415 を含み、その各々が一連の長期エポックの 1 つにおいてユーザの位置に対する補正值を計算する。図 5 に示すように、長期エポック T_m の中には、10 個というようなある数の短期エポック t_{mn} ($m = 0, 1, 2, 3, \dots, n = 0, 1, 2, 3, \dots$) があるとよい。高レートで位置を計算して生成する必要がなければ、短期エポックが長期エポックと一致していてもよい。

20

30

【0022】

同様に、図 4A にも示すように、ナビゲーション・プロセス 420 は、初期化プロセス 402 ならびに 2 つの同時プロセス、高レート・プロセス 422 及び低レート・プロセス 424 を含む。初期化プロセス 402 は、基準受信機 310 の初期位置、及び高レート・プロセス 422 が必要とするその他の初期パラメータを計算するために用いられる。また、初期化プロセス 402 は、ユーザ・サブシステム 110 における処理によって用いられる測定補正值も計算することができる。高レート・プロセス 422 は、一連の位置伝搬プロセス 423 を含み、その各々が一連の短期エポックの 1 つにおいて基準位置に対する更新を計算する。低レート・プロセス 414 は、一連の位置補正プロセス 425 を含み、その各々が一連の長期エポックの 1 つにおける基準位置に対する補正值、及び測定補正值を計算する。

40

【0023】

位置伝搬プロセス 413 の一部又は全部において計算されるユーザ位置に対する更新、及び位置伝搬プロセス 423 の一部又は全部において計算される基準位置に対する補正は、図 4B に示すような一連の相対位置計算プロセスを用いて、物体 120A に取り付けられている基準受信機 310 から、物体 110A に取り付けられているユーザ受信機 210 までの相対位置ベクトルに対する更新を計算するために用いられる。相対位置計算プロセス 433 は、基準又はユーザ受信機あるいは双方にいずれでも実行することができ、あるいは別個のデータ処理システムにおいて実行することもできる。これについては、以下で

50

更に詳しく説明する。

【0024】

基準局においてキャリア位相曖昧さを解明することが困難であるため、従来のRTK計算は、キャリア位相測定値の「二重差(double difference)」を利用して、衛星及び受信機のクロック誤差を相殺し、GPSキャリア位相測定値における整数の曖昧さを判定し易くしている。二重差は、4本の異なる経路(2つの観測地の各々から2機の衛星の各々まで)に沿った観測を含むので、この手法では、基準地における生のキャリア位相測定値をユーザに送信しなければならず、そしてユーザは、二重差を形成する前に、基準地からのデータが到達するまで待たなければならない。本発明は、新規な方法を用いて、基準サブシステム110においてキャリア位相測定値に対する補正值を生成し、生測定値の代わりに補正值を基準サブシステム110からユーザ・サブシステム120にデータ・リンク112を通じて送信することにより、従来の技法とは一線を画している。

10

【0025】

基準サブシステム120においてキャリア位相測定値に対する補正值を計算することにより、ユーザ・サブシステム110が実行しなければならない計算量が減少し、基準受信機310がどこに位置するかに関する情報をユーザ・サブシステム110が有する必要性の大部分が消滅する。更に、生の測定値は衛星101(及び測定値を形成する受信機)の全体的な動力学を反映するが、補正值からは動力学が除去されており、したがって時間と共にゆっくりと変化するだけである。これが意味するのは、計算時間及びデータ・リンク転送時間によって混入するレイテンシ効果の重要性が低下するということである。また、基準サブシステム120において補正值を計算することにより、基準サブシステム120からユーザ・サブシステム110へのデータ転送レートを低下させることができる。例えば、10ヘルツのユーザ位置出力を支援するために、1ヘルツのデータ転送レートを容易に用いることができる。

20

【0026】

図6Aは、本発明の一実施形態による、ユーザ・サブシステム110が実行する初期化プロセス401を示す。図6Aに示すように、初期化プロセス401は、ステップ602を含み、ここで、キャリア平滑コード測定値(carrier-smoothed code measurement)を形成する。ステップ602では、L1及びL2周波数における対応するキャリア位相測定値の組み合わせを用いて、ユーザ受信機210において得られたコード測定値を平滑する。多くのGPS受信機が、L1又はL2周波数上でC/A-コード測定及びP-コード測定の双方を行い、C/A又はP-コード測定値のいずれでも、L1又はL2コード測定値として用いることができる。しかしながら、2つの内どちらを基準サブシステム310において用いても、2つの異なるコード上での測定値間には小さな偏倚があるので、ユーザ・サブシステム210における同等のプロセスにも、同じものを用いてしかるべきである。以下の論述では、ユーザ受信機210において見ることができる衛星毎に、そして測定エポック毎に、L1及びL2周波数をそれぞれ f_1 及び f_2 で示し、L1及びL2周波数上における生の疑似標的間距離コード測定値をそれぞれ P_1 及び P_2 で示し、更にL1及びL2周波数上における生のキャリア位相測定値をそれぞれ ϕ_1 及び ϕ_2 で示すこととする。

30

40

【0027】

本発明の一実施形態では、L1及びL2周波数における各衛星101に関するキャリア位相測定値の線形結合を形成し、L1及びL2周波数上での対応するコード測定値に対する電離層屈折効果を一致させる。P₁コード測定値に対する電離層屈折効果と一致するキャリア位相結合にM₁という符号を付け、以下のように形成する。

【数1】

$$M_1 = \frac{f_1^2 + f_2^2}{f_1^2 - f_2^2} L_1 - \frac{2f_2^2}{f_1^2 - f_2^2} L_2 \cong 4.09L_1 - 3.09L_2 \quad (1)$$

P₂コード測定値に対する電離層屈折効果と一致するキャリア位相結合にM₂という符

50

号を付け、以下のように形成する。

【数 2】

$$M_2 = \frac{2f_1^2}{f_1^2 - f_2^2} L_1 - \frac{f_1^2 + f_2^2}{f_1^2 - f_2^2} L_2 \cong 5.09L_1 - 4.09L_2 \quad (2)$$

ここで、 L_1 及び L_2 は、それぞれ、 L_1 及び L_2 信号の波長によって倍率調整 (scale) したキャリア位相測定値であり、各々近似全サイクル曖昧値を含み、この値は、倍率調整したキャリア位相測定値を、対応するコード測定値と同じ値に近づけるために加算されている。つまり、

10

【数 3】

$$L_1 = (\varphi_1 + N_1)\lambda_1 \quad (3)$$

$$L_2 = (\varphi_2 + N_2)\lambda_2 \quad (4)$$

ここで、 N_1 及び N_2 の全サイクル値は、キャリア位相追跡の開始時に初期化されており、対応するコード測定値の 1 つのキャリア波長以内であり、倍率調整したキャリア位相測定値と対応するコード測定値との間の差を小さく抑えるようにしている。

【0028】

キャリア位相結合 M_1 及び M_2 を用いて、平滑コード測定値を次のように形成することができる。

20

【数 4】

$$O_{i,j} = O_{i-1,j} + (P_{i,j} - M_{i,j} - O_{i-1,j})/\eta \quad (5)$$

$$S_{i,j} = O_{i,j} + M_{i,j} \quad (6)$$

ここで、下付き文字 i は、個々の測定エポックを示すために用いられており、下付き文字 j は、2 つの異なる周波数における測定値を示すために用いられており、したがって、 $j = 1$ 又は 2 であり、 O は、コード測定値と対応するキャリア位相結合との間の平滑オフセットを示し、 S は、平滑コード測定値を示す。この値は、平均の最大値に達するまで、 i に等しい。例えば、キャリア位相測定値がコード測定値のノイズの約 100 分の 1 を有すると仮定すると、「 η 」の値は、100 の二乗、即ち、10,000 までに制限される。

30

【0029】

あるいは、平滑コード測定値は、以下のように得ることができる。

【数 5】

$$S_{i,j} = \widehat{S}_{i,j} + \frac{1}{\eta} (P_{i,j} - \widehat{S}_{i,j}) \quad (7)$$

$$\text{ただし、}\widehat{S}_{i,j} = S_{i-1,j} + M_{i,j} - M_{i-1,j}$$

40

この代替平滑プロセスは、キャリア位相結合の変化を用いて、コード測定値を前方に投影し、次いでその投影とコード測定値との間の差の平均を取る。

【0030】

2 つの周波数上での平滑コード測定値を組み合わせると、屈折補正 (RC) 平滑コード測定値を以下のように形成することができる。

【数 6】

$$S_i = \frac{f_1^2}{(f_1^2 - f_2^2)} S_{i,1} - \frac{f_2^2}{(f_1^2 - f_2^2)} S_{i,2} \cong S_{i,1} - 1.5457(S_{i,1} - S_{i,2}) \quad (8)$$

【0031】

本願と所有権者が同一の特許出願"Method for Generating Clock Corrections for a Wide-Area or Global Differential GPS System" (広域又は大域差動GPSシステムのためのクロック補正值生成方法)、米国特許出願第10/630,302号において、RCキャリア平滑コード測定値を得るための異なるプロセスを見出すことができる。その開示内容は、ここで引用したことにより本願にも含まれるものとする。 10

【0032】

ある数の測定エポックをカバーする初期化期間を設け、その後に連続する各測定エポックにおいて信頼性の高いRCキャリア平滑コード測定値を生成できるようにしてもよい。初期化期間が過ぎた後、初期化プロセス401は更にステップ604を含み、ここで推定ユーザ位置に対する補正值を計算する。ステップ604では様々な従来の衛星ナビゲーション方法のいずれでも用いることができるが、本発明の一実施形態では、最少二乗プロセスを用いて、ステップ604において位置補正值を計算する。最少二乗プロセスでは、衛星に関する測定値を用いたナビゲーションは、各々衛星101の1つに対応する1組の線形統計的差分方程式によって支配される、離散時間制御プロセスとして記述することができる。関与する衛星の各々について、方程式は次のように表すことができる。 20

【数 7】

$$z = \mathbf{h} \mathbf{x} + n \quad (9)$$

ここで、 \mathbf{x} は、離散時間制御プロセスの状態に対する補正值を表す状態補正ベクトルであり、この場合、ユーザ位置及びユーザ受信機210と関連するクロック時間に対する補正值を含むことができ、 z は測定イノベーション(measurement innovation)の値を表し、衛星に対してユーザ受信機210が取り込んだ測定値と本来の推定状態から計算される測定値に対する期待値との間の差によって定義され、 n は測定値におけるノイズを表し、 \mathbf{h} は測定感度ベクトルであり、状態変化に対する測定値の感度を特徴付ける。 30

【0033】

イノベーションにおける測定値は、ステップ602において計算したL1又はL2周波数のいずれかにおける衛星に関するキャリア平滑コード測定値であり、あるいはRCキャリア平滑コード測定値とすることができる。イノベーションにおいていずれの測定値を用いても、基準サブシステム120において実行した初期化プロセス402において計算し、ユーザ・サブシステム110に送信した補正值を用いて補正しなければならない。これについては、以下で更に詳しく説明する。 \mathbf{h} ベクトルは、疑似標的間距離測定値をGPS受信機の位置と関係付ける方程式をテーラー級数に展開することによって形成する。 \mathbf{h} の要素は、補正ベクトルに対する測定イノベーションの一次導関数を含む。状態補正ベクトル \mathbf{x} は、少なくともGPS受信機の位置に対する補正值を含む。また、これはユーザ受信機のクロックに対する補正值も含むことができる。以下の論述を容易にするために、状態ベクトルは4要素ベクトルである、即ち、状態は受信機の位置及び受信機のクロック時間のみを含むと仮定する。 40

【0034】

式(9)は、状態補正ベクトルを、共通エポックにおける多数の衛星に対する1組の測定値と関係付けるように拡張することができる。

【数 8】

$$z = Hx + n \quad (10)$$

この式において、 z は、多数の衛星に対するインノベーションから成るベクトルであり、 H は多数の衛星に対する測定感度から成る行列であり、 x は状態ベクトルのままであり、 n は z におけるインノベーションに伴う 1 組の測定ノイズ値を含む測定ノイズ・ベクトルである。測定感度行列 H は、衛星 1 0 1 の幾何学的形状に依存し、受信機 2 1 0 と衛星 1 0 1 との間の幾何学的関係の総合を示す。ベクトル z における測定インノベーションは、プレフィックス残差(prefix residual)と呼ばれることが多い。式 (10) に対する最少二乗解は次のようになる。

10

【数 9】

$$x = (H^T H)^{-1} H^T z \quad (11)$$

ここで、上付き文字 T は、転置動作を表し、上付き文字「-1」は行列反転動作を表す。

式 (3) 用いて式 (2) を解くことに対する代替案では、以下の式で示される加重最少二乗解について解く。

20

【数 10】

$$x = (H^T W^{-1} H)^{-1} H^T W^{-1} z \quad (12)$$

ここで、 W は、ノイズ・ベクトル n における測定ノイズの標準偏差を表す対角要素と、測定値間の共分散を表す非対角要素とを有する測定共分散行列である。測定値間の共分散は、一般に 0 である仮定するので、 W の非対角要素は一般には 0 である。

【0035】

説明を容易にするために、以下の論述では、単純な最少二乗式、式 (3) を用いる。式 (3) を更に簡略化して、次の式を得ることができる。

30

【数 11】

$$x = A H^T z \quad (13a)$$

又は

$$x = B z \quad (13b)$$

ただし、 $A = (H^T H)^{-1}$ 、及び $B = A H^T$

【0036】

また、場合によっては、残差感度行列 S を形成することが有用なこともある。これは、インノベーション z 又はプレフィックス残差を、インノベーション z における GPS 測定値に対応するポストフィックス残差にマッピングする。ポストフィックス残差は、残差ベクトル における要素として表される。

40

【数 12】

$$\Delta = S z \quad (14)$$

ただし、

$$S = (I - H (H^T H)^{-1} H^T) = I - H B \quad (15)$$

ここで、 I は、階数が測定値の数又は z における要素の数に等しい、正方単位行列である。

50

【 0 0 3 7 】

初期化プロセス 4 0 1 は更にステップ 6 0 6 を含み、ここで、補正ベクトル x におけるユーザ位置に対する補正値を、最初に推定したユーザ位置に加算して、ユーザ受信機位置の補正推定値を与える。ユーザ受信機クロックに対する補正は攪乱パラメータとして扱われ更新されない場合が多い。この可能性があるのは、受信機クロックの依存性が線形であり、その値における大きな誤差が解に影響を及ぼさないためである。標的間距離の式、式 (9) ~ 式 (1 5) は非線形であるので、初期の位置推定値に大きな誤差があると、ステップ 6 0 4 及び 6 0 6 を繰り返す必要がある場合がある。初期化プロセス 4 0 1 におけるステップ 6 0 4 及び 6 0 6 は、ある測定エポックにおいて得られたのと同じ 1 組の測定値を用いて繰り返せばよい。あるいは、ステップ 6 0 4 及び 6 0 6 に加えて、ステップ 6 0 2 の一部も含み、多数の測定エポックをカバーしてもよい。つまり、高精度のユーザ位置推定値ならびに付随する行列 A 及び H (又は B 及び S) が得られるまでには、初期化プロセス 2 0 1 において数回の長期エポックを要する場合もある。

10

【 0 0 3 8 】

その後、初期化プロセス 4 0 1 は、更に、ステップ 6 0 8 を含み、ここでは、最初にキャリア位相測定値における整数曖昧さを解明することにより、ユーザ位置のこの高精度推定値の周囲で $R T K$ 位置を判定することができる。従来の曖昧検索技法をこの目的に用いることができる。あるいは、本願と所有権者が同一の特許出願 "Fast Ambiguity Resolution for Real-Time Kinematic Survey and Navigation" (リアル・タイム力学検査及びナビゲーションのための高速曖昧さ分解) に記載されている曖昧検索技法、米国特許出願第 20 号を用いることもできる。その開示内容は、ここで引用したことにより、本願にも含まれるものとする。解明した全サイクル曖昧さを用いて、キャリア位相測定値を調節し、更に調節したキャリア位相測定値を用いて、式 (9) ~ (1 5) を用いてユーザ受信機的位置を計算し、初期ユーザ位置を得て、後続の処理において用いる。

20

【 0 0 3 9 】

図 6 A に示すように、基準サブシステム 1 2 0 が実行する初期化プロセス 4 0 2 は、ステップ 6 0 8 が実行されないことを除いて、初期化プロセス 4 0 1 と同様である。また、静止基準局 1 3 0 又はハブ 1 4 0 からの補正値を用いて、インノベーション・ベクトル z を形成するために用いられる測定値を補正してもよい。更に、追加のステップ 6 0 9 が含まれており、データ・リンク 1 1 2 を通じてユーザ・サブシステム 1 1 0 に送信するための測定補正値を計算する。ステップ 6 0 9 において測定補正値を計算するには、補正したユーザ位置を用いて、計算に關与する衛星 1 0 1 の各々までの理論的標的間距離を計算する。この理論的標的間距離を測定値から減算して、測定値に対する生の補正値を得る。即ち、

30

【 数 1 3 】

$$\varepsilon^i = m^i - p^i \quad (16)$$

ここで、上付き文字 i は個々の衛星 1 0 1 を示し、 m^i は、平滑コード又はキャリア位相測定値のような特定の形式の衛星に関する測定値を示し、 p^i は、衛星に関して計算した理論的標的間距離を示し、 ε^i は測定値に対する生の補正値を示す。

40

【 0 0 4 0 】

生の補正値は、共通の受信機クロック誤差だけ偏倚している。この誤差は、關与する衛星 1 0 1 全てにわたって特定形式の測定値に対する生の補正値の平均を取ることによって推定することができる。次いで、生の補正値からこの共通偏倚を除去することによって、偏倚されていない補正値 が得られる。

【 数 1 4 】

$$\delta^i = \varepsilon^i - \sum_k \varepsilon^k \quad (17)$$

50

これらの補正値の集合を、関与する各衛星 101 に関して、測定形式毎に、即ち、L1 平滑コード、L2 平滑コード、L1 キャリア位相、及び L2 キャリア位相について生成する。この補正値計算方法は、大域、広域、又は RTK 補正値のいずれが、移動する基準受信機の位置を計算する際に用いられても、ユーザ受信機に送信するために生成した補正値において補正値が自動的に反映されることを確保する。移動する基準位置が滑らかである場合、即ち、位置に急激なジャンプがない場合、補正値は滑らかであり、その値は時間と共にゆっくりと変化するだけである。

【0041】

一旦初期化プロセス 410 において初期ユーザ位置ならびに付随する行列 A 及び H (又は B 及び S) を計算したなら、高レート・プロセス 412 及び低レート・プロセス 414 を開始する。同様に、一旦初期化プロセス 402 において初期基準位置ならびに付随する行列 A 及び H (又は B 及び S) を計算したなら、高レート・プロセス 422 及び低レート・プロセス 424 を開始する。本発明の一実施形態では、プロセス 412 及び 414 (又はプロセス 422 及び 424) の実行を RTX 268 (又は RTX 368) によって制御し、初期化プロセス 401 (又は 402) の後に 2 つの別個のスレッドを開始して、プロセス 412 及び 414 (又はプロセス 422 及び 424) をそれぞれ実行する。高レート・プロセス 414 (又は 424) を実行するスレッドに高い優先度を与えるとよく、低レート・プロセス 412 (又は 422) を実行するスレッドには低い優先度を与えるとよい。また、RTX は、各スレッド上におけるデータの整列、及びスレッド間におけるデータの受け渡しも制御する。これについては、以下で更に詳しく説明する。

【0042】

低レート・プロセス 414 (又は 424) は、位置補正プロセス 415 (又は 425) を用いて、各長期エポックにおいて、対応する受信機位置ならびに付随するマトリクス A 及び H (又は B 及び S) に対する補正値を計算する。図 6B は、本発明の一実施形態によるユーザ・サブシステム 110 が実行する位置補正プロセス 415、及び基準サブシステム 120 が実行する位置補正プロセス 425 を示す。図 6B に示すように、基準サブシステム 120 が実行する位置補正プロセス 425 は、ステップ 610 を含み、ここで、初期化プロセス (402) 又は以前の位置補正プロセス 425 からのキャリア平滑コード測定値を更新することによって、キャリア平滑コード測定値を形成する。キャリア平滑コード測定値を計算するために用いられる生の測定値は、静止基準局 130 又は Hub 140 から基準受信機 310 が受信した補正値を含むことができる。前述のように、L1 及び L2 周波数における各衛星に関するキャリア平滑コード測定値を用いて、キャリア平滑コード測定値の屈折補正 (RC) 結合を形成することができる。

【0043】

基準サブシステム 120 が実行する位置補正プロセス 425 は更に、ステップ 620 を含み、ここで、高レート・プロセス 422 において最近計算した基準位置更新値に対する補正を計算する。式 (9) ~ (15) と関連付けて先に説明した位置補正値計算プロセスを含む、ステップ 604 におけると同様のプロセスを用いて、ステップ 620 において基準位置ならびに付随する行列 A 及び H (又は行列 B 及び S) を得ることができる。基準位置に対して計算した補正値を整列し、同様に基準サブシステム 120 が実行する高レート・プロセス 422 が用いるようにする。これについては、以下で更に詳しく説明する。

基準サブシステム 120 が実行する位置補正プロセス 425 は、更に、ステップ 630 を含み、ここで、測定補正値を計算する。この補正値を計算する際、基準位置に対して計算した補正値を、高レート・プロセスからの基準位置更新値に加算して、基準位置の補正推定値を得る。次いで、これを用いて、計算に関与する衛星 101 の各々までの理論的標的間距離を計算する。次いで、前述のように、式 (16) 及び (17) にしたがって測定補正値を計算する。図 6B に示すように、計算した補正値をデータ・リンク 112 を通じてユーザ・サブシステム 110 に送信する。

【0044】

ユーザ・サブシステム 110 におけるあらゆるレイテンシの問題をも招かないように、

低レート・プロセス420において計算した補正值がゆっくりと変化するのみとすることを確保するためには、非常に滑らかな基準位置出力が望まれる。前述のように、平滑コード測定値を用いて基準位置補正值を計算すると、基準位置更新値が確実に滑らかになり易くなる。加えて、1つ以上の衛星からの測定値の欠落又は追加により、位置の変化が段階状とならないように注意しなければならない。滑らかな基準位置出力を確保するために測定値の欠落又は追加に対処するには、多数の異なる方法を用いることができる。1つの方法は、低レート・プロセス424においてカルマン・フィルタを採用することであり、コード測定値よりもかなり高くキャリア位相測定値に重み付けする。別の方法は、最少二乗技法を低レート・プロセス424において用いるときに、残差を0に向かわせる測定偏倚状態を導入することである。これらの偏倚状態は、非常に迅速に変化することは許されない。新たな衛星からの測定値を解に導入する場合、測定値が他の衛星から得た位置と一致するように、そのバイアス状態を設定する。1つ以上の衛星からの測定値が失われた場合、偏倚状態はゆっくりと調節することだけが許される。

10

20

30

40

50

【0045】

John Deere and Company, U.S.A. から入手可能な StarFire 大域及び広域ネットワークによって得られる大域又は広域差動GPS補正值を用いて、低レート・プロセス424において補正值を計算するために用いる測定値を補正すると、基準解の精度が向上し、位置の解が滑らかになることを確保し易くなる。また、基準位置にRTK解を用いることも可能になる。これは、他のいずれかの（恐らくは固定の）基準地130からの補正值に依存する。この種の実施態様は、例えば、障害又は丘がある環境において、見通し線を延長する方法として用いることもできる。基準受信機310は、携帯用又は車載受信機とすることができ、必要に応じて、ユーザ受信機210がその見通し線内にあり、しかも固定基準受信機130の見通し線内にも残留することを確保するように位置付けられる。

【0046】

米国政府が開発した広域拡大システム(Wide Area Augmentation System)が提供する補正值は、位置の解において10センチメートル以上の段階的变化を招く可能性がある。したがって、平滑してこれらの段階を取り除くために何らかの方法を用いなければ、これらはユーザ受信機における相対ナビゲーション又はレイテンシ効果に悪影響を及ぼす可能性がある。

図6Bに示すように、ユーザ・サブシステムが実行する位置補正プロセス415は、ステップ640を含み、ここで、初期化プロセス401又は以前の位置補正プロセス415からのキャリア平滑コード測定値を更新することにより、キャリア平滑コード測定値を形成する。前述のように、L1及びL2周波数における各衛星に関するキャリア平滑コード測定値を用いて、キャリア平滑コード測定値の屈折補正(RC)結合を形成することができる。

【0047】

ユーザ・サブシステム110が実行する位置補正プロセス415は更に、ステップ650を含み、ここで、データ・リンク112を通じて基準サブシステム120から最後に受信したGPS測定値に対する補正值を用いて、キャリア位相測定値及びステップ640において計算したキャリア平滑コード測定値を含む、それぞれのGPS測定値を補正し、それぞれの補正測定値を得る。補正值は時間と共にゆっくりと変化するので、ユーザ・サブシステム110における位置補正プロセス415が1秒以上古い補正值を用いることは容認することができる。これによる位置ノイズの増大は無視できる量に過ぎないことが、検査によって示されている。したがって、ユーザ・サブシステム110は、基準サブシステム120からの同期補正值が生成されるのを待って、それ自体のGPS測定値の処理を開始する必要はない。これが意味するのは、ユーザ・サブシステム110における位置更新プロセス410は、基準サブシステム120における補正の計算における遅延、又はデータ・リンク112を用いての基準サブシステム120からユーザ・サブシステム110への補正值の送信における遅延によって受けるレイテンシが少ないということである。

【0048】

基準サブシステム 120 がある形態のナビゲーションを採用し、基準位置が多少の急激な位置ジャンプを行うことが許される場合、非標準的な処理手順を行う。例えば、指定されたアルゴリズムを用いて物体 120 A を誘導するために W A A S 差動システムを用いる場合、10 センチメートルの位置ジャンプは珍しくない。相対ベクトル差における同様の大きさの位置ジャンプを回避するためには、同じタイム・エポックからの補正值がユーザ・サブシステム 110 によって受信されるまで、ユーザ・システム 110 における最少二乗計算を遅らせなければならない。これによって、ユーザ受信機の位置更新の出力におけるレイテンシが増大する。

【0049】

ユーザ・サブシステム 110 が実行する位置補正プロセス 415 は、更に、ステップ 660 を含み、ここで、高レート・プロセス 412 において最近計算され整列されたユーザ位置更新値に対する補正值を計算する。前述のステップ 604 におけると同様のプロセスを用いれば、ステップ 660 においてユーザ位置ならびに付随するマトリクス A 及び H (又は B 及び S) に対する補正值を得ることができる。同様にユーザ・サブシステム 110 が実行する高レート・プロセス 412 が用いるために、ユーザ位置に対して計算した補正值を整列させる。これについては、以下で更に詳しく説明する。

【0050】

高レート・プロセス 412 は、位置伝搬プロセス 214 を用いた初期化プロセスの後に、各短期エポック又は連続する短期エポックにおいて、更新ユーザ位置を計算することによって、ユーザ位置を時間的に前方に伝搬させる。キャリア位相測定値は通例 1 センチメートル未満の精度があるので、これらを用いれば、誤差が殆ど増大することなく、受信機の位置を時間的に前方に伝搬させることができる。図 7 に示すように、高レート・プロセス 212 内にある個々の短期エポックにおける位置伝搬プロセス 213 は、ステップ 720 を含み、ここで、2 つの連続する短期エポック間のキャリア位相測定値の変化を計算する。この変化は、L1 キャリア位相測定値を用いて、即ち、関与する衛星 101 毎に計算すればよい。

【数 15】

$$\Delta L = L_1^m - L_1^{m-1} \quad (18a)$$

ここで、L は、個々の衛星に関するキャリア位相測定値の変化を表し、 L_1^m 及び L_1^{m-1} は、それぞれ、個々の短期エポック m、及びこの短期エポック m の直前の短期エポック m-1 における衛星に関する L1 キャリア位相測定値を表す。あるいは、変化 L は、対応する L1 及び L2 キャリア位相測定値の平均を用いて計算してもよい。

【数 16】

$$\Delta L = L_{12}^m - L_{12}^{m-1} \quad (18b)$$

ここで、 L_{12}^m 及び L_{12}^{m-1} は、それぞれ、個々の短期エポック m、及びこの短期エポック m の直前の短期エポック m-1 における衛星に関する L1 及び L2 キャリア位相測定値の平均を表す。

【0051】

電離層屈折が関与する場合、屈折補正 (RC) キャリア位相測定値を用いて、変化 L を、即ち、衛星毎に計算することができる。

【数 17】

$$\Delta L = L_{RC}^m - L_{RC}^{m-1} \quad (18c)$$

ここで、 L_{RC}^m 及び L_{RC}^{m-1} は、それぞれ、個々の短期エポック m、及びこの短期エポック m の直前の短期エポック m-1 における衛星に関する屈折補正キャリア位相測

定値を表す。 L_{RC}^m 又は L_{RC}^{m-1} は、 L_1 及び L_2 周波数における対応するキャリア位相測定値の線形結合を計算することによって得ることができる。

【数 18】

$$L_{RC} = \frac{f_1^2}{(f_1^2 - f_2^2)} L_1 - \frac{f_2^2}{(f_1^2 - f_2^2)} L_2 \cong L_1 - 1.5457(L_1 - L_2) \quad (19)$$

殆どの場合、式(19)による電離層屈折補正プロセスは、測定値においてノイズを増幅することが多く、したがって高レート位置伝搬プロセス 213 又は 223 の間に用いることは望ましくない。また、2つの連続する短期エポック間の時間間隔において電離層屈折効果の変化を無視しても、キャリア位相測定値におけるノイズよりも小さいノイズを混入させるだけに過ぎないはずである。したがって、変化 L を計算する際には、 L_1 キャリア位相測定値又は L_1 及び L_2 キャリア位相測定値の平均を用いることが好ましい。何故なら、これらは RC キャリア位相測定値よりもノイズが少ないからである。

【0052】

位置伝搬プロセス 213 は更にステップ 730 も含み、ここで、ステップ 720 において計算した L を用いて、2つの隣接する短期エポック m 及び $m-1$ の間におけるユーザ受信機位置の変化を計算する。キャリア位相測定値の変化を用いてユーザ位置の変化を計算するために、式(13a)を、低レート・プロセス 414 において最後に整列した A 及び H 行列と共に用いる。特定の短期エポックが、初期化プロセス 401 の後における最初の数個の短期エポックの内の1つである場合、初期化プロセスにおいて計算した A 及び H 行列を用いる。更に効率的には、B 行列及び式(13b)を用いてもよい。しかしながら、B 行列を用いると、高レート処理中におけるサイクル・スリップ(cycle slip)又は信号の損失に対処する代替方法を設けるために、S 行列及び式(14)も用いることが必要となる。これは、本願と所有権者が同一の特許出願"GPS navigation using successive difference of Carrier-phase measurements" (キャリア位相測定値の連続差を用いた GPS ナビゲーション)、代理人整理番号第 60877-0050 において論じられている。その開示内容は、ここで引用したことにより、本願にも含まれるものとする。S 行列は通常ユーザ位置に対して非常に感度が低い。このため、最後の位置補正プロセス 413 以来ユーザ受信機 210 が相当な距離を横断した場合にのみ、再計算することが必要となる。

A 及び H 又は B 及び S マトリクスは、長期エポック毎に 1 回位置補正プロセス 415 において計算するので、どちらを用いても、一連の短期エポックにおいて高レート位置更新値を十分な精度で計算するために繰り返し用いることができ、したがって短期エポック毎に再計算する必要はない。このため、高レート・プロセス 413 における計算負荷が大幅に簡素化され、式(13a)又は式(13b)及び(14)を実施するために各短期エポックにおいて再計算する必要がある具体的な値は、インノベーション・ベクトル z の要素だけであり、式(18a)、(18b)、又は(18c)を用いて計算したように、これらは単に関与する衛星 101 に関するキャリア位相測定値の変化に過ぎない。

【0053】

位置伝搬プロセス 213 は更にステップ 740 を含み、ここでは、RC キャリア位相変化即ち差 L を用い、式(13a)又は式(13b)及び(14)を用いて、ユーザ受信機 110 の状態変化を計算する。状態変化は、短期エポック $m-1$ において計算したユーザ受信機の位置 X_{usr}^m に対する変化 x を含む(ただし、 x はそれぞれ、 X 及び x の上部の矢印)。つまり、短期エポック m におけるユーザ受信機の位置 X_{usr}^m に対する更新値は、以下のようにして得ることができる。

【数 19】

$$\vec{X}_{usr}^m = \vec{X}_{usr}^{m-1} + \vec{x} \quad (19a)$$

10

20

30

40

50

ここで、 x は、受信機位置 X に対する補正值を表す。受信機位置 X は、 $x y z$ デカルト座標であり、地球中心、地球固定座標系に関する。 x が、北、東、増大座標系 (u p coordinate system) である場合、位置変化 x は、最初にしかるべき回転行列 R と乗算しなければならない。回転行列も、低レート・プロセス 4 1 4 において計算され、 A 及び H (又は B 及び S) 行列と共に、高レート・プロセスが用いるために整列させられなければならない。この場合、

【数 2 0】

$$\vec{X}_{usr}^m = \vec{X}_{usr}^{m-1} + R\vec{x} \quad (19b)$$

10

ここで、 x は、北、東、増大座標における位置変化を表し、 X_{usr}^m 及び X_{usr}^{m-1} はデカルト座標における受信機位置を表す。

【0 0 5 4】

各長期エポックにおいて 1 回、位置補正值 x を位置変化 x 又は伝搬位置 X_{usr}^m に加算することによって、受信機位置 X_{usr}^m を補正する。先に論じたように、追加の補正值 x は、低レート・プロセス 4 1 4 によって得られ、高速レート・プロセス 4 1 2 が用いるために整列させられる。 x を周期的に加算することにより、高レート更新値 X_{usr}^m のいずれの低精度が蓄積されるのも防止するのに役立つ。 x の加算は、低レート・プロセス 4 1 4 における計算結果の最後の整列に応答して、 x の計算の前又は後のいずれかに行えばよい。また、位置伝搬プロセス 2 1 3 は、更に、ステップ 7 6 0 を各長期エポックに 1 回含み、ここで、先に論じたように高レート・プロセス 4 1 4 が用いるために、ユーザ位置更新値 X_{usr}^m を整列させる。

20

【0 0 5 5】

位置伝搬プロセス 2 1 3 は、更に、ステップ 7 7 0 を含み、ここで、ユーザ位置更新値 X_{usr}^m を別個のデータ処理システム又は基準サブシステム 1 2 0 に出力し、ステップ 4 3 3 における相対ユーザ位置の計算を行う。あるいは又は加えて、ユーザ・サブシステム 1 1 0 及び基準サブシステムにおけるクロックが同期していると仮定して、相対ユーザ位置は、同じ短期エポック m に対する基準位置更新値 X_{ref}^m の受信を待って、ユーザ・サブシステム 1 1 0 においてステップ 7 7 0 で計算してもよい。これがどこで計算されようと、相対位置 X_r^m は次のように計算することができる。

30

【数 2 1】

$$\vec{X}_r^m = \vec{X}_{usr}^m - \vec{X}_{ref}^m \quad (20)$$

【0 0 5 6】

先に論じたように、基準位置更新値 X_{ref}^m は、高レート・プロセス 4 2 2 において同じ短期エポック m に対して、位置伝搬プロセス 4 2 3 において計算され、ユーザ・サブシステム 1 1 0 又は別個のデータ処理システムに送信され、相対ユーザ位置 X_r^m を計算する。基準サブシステム 1 2 0 における位置伝搬プロセスの実行は、先に論じたように、ユーザ・サブシステム 1 1 0 における位置伝搬プロセス 4 1 3 の実行と同様であるが、ユーザ受信機 2 1 0 に関する部分が、基準受信機 3 1 0 に関する対応部分で置き換えられていることを除く。

40

【0 0 5 7】

先に論じたように、高レート・プロセスにおいて生成したユーザ位置更新値及び低レート・プロセス 4 2 2 において生成した基準位置更新値は、図 4 B に示したように、プロセス 4 3 3 を用いて相対位置ベクトルを計算するために用いられる。プロセス 4 3 3 は、ユーザ・サブシステム 1 1 0 において、高レート・プロセス 4 1 2 の一部として、又は、計算に必要な基準位置更新値を丁度良い時期にユーザ・サブシステム 1 1 0 に送信することができるのであれば、初期化プロセス 4 0 1 の別個のスレッドにおいて実行することができる。相対位置ベクトルの計算を高レート・プロセス 4 1 2 において行う場合、特定の短

50

期エポックに対する基準位置更新値を、当該短期エポック以内にユーザ・サブシステム 110 に送信する必要がある。プロセス 433 のために別個のスレッドを用いることによって、特定の短期エポックに対するプロセス 433 は、当該短期エポックに対する相対位置ベクトルを計算する前に、短期エポックに対する基準位置更新値の到達を待つことができる。このように、短期エポックに対する基準位置更新値は、当該短期エポック以内にユーザ・サブシステム 110 に送る必要はないが、短期エポックに対するプロセス 433 の結果は、数短期エポック後まで得られない場合がある。同様に、プロセス 433 も基準サブシステム 120 において、高レート・プロセス 422 の一部として、又は、計算に必要なユーザ位置更新値を丁度良い時期に基準サブシステム 120 に送信することができるのであれば、初期化プロセス 402 後の別個のスレッドにおいて実行することができる。また、プロセス 433 は、別個のデータ処理システムにおいて実行することもできる。相対位置ベクトルを計算するために必要なことは、ユーザ及び基準受信機双方の位置が得られることだけである。

10

【図面の簡単な説明】

【0058】

【図 1】本発明の一実施形態による衛星ナビゲーション・システムを示す図である。

【図 2】本発明の一実施形態による衛星ナビゲーション・システムのユーザに付随するナビゲーション・サブシステムのブロック図である。

【図 3】本発明の一実施形態によるナビゲーション・システムにおける移動基準局に付随するナビゲーション・サブシステムのブロック図である。

20

【図 4 A】本発明の一実施形態によるユーザ・サブシステム及び基準サブシステムが実行するナビゲーション・プロセスを示すフローチャートである。

【図 4 B】相対位置ベクトルに対する更新を計算するための一連のプロセスを示すフローチャートである。

【図 5】ユーザ・サブシステム又は基準サブシステムが用いる 2 つの同時のタイム・エポック系列を示す図である。

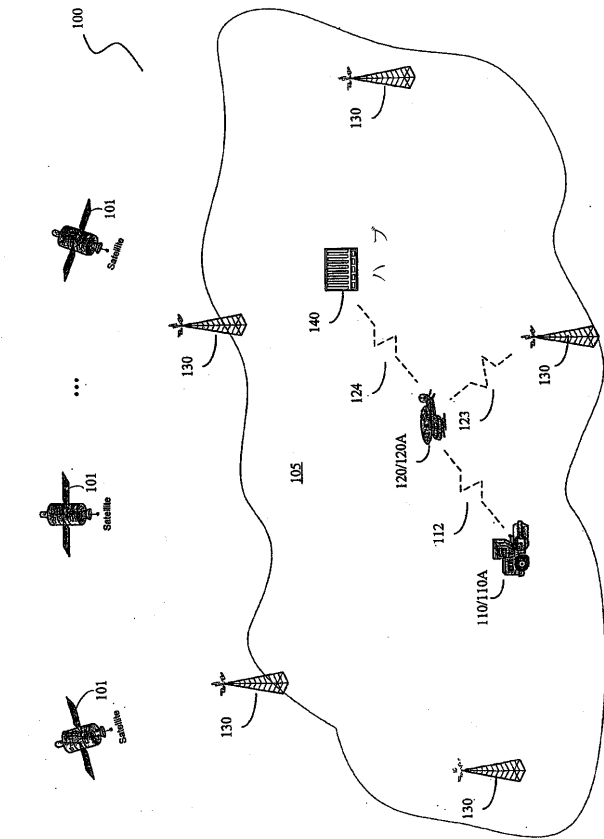
【図 6 A】本発明の一実施形態による、ユーザ・サブシステム及び基準サブシステムがそれぞれ実行する初期化プロセスを示すフローチャートである。

【図 6 B】本発明の一実施形態による、ユーザ・サブシステム及び基準サブシステムがそれぞれ実行する位置補正プロセスを示すフローチャートである。

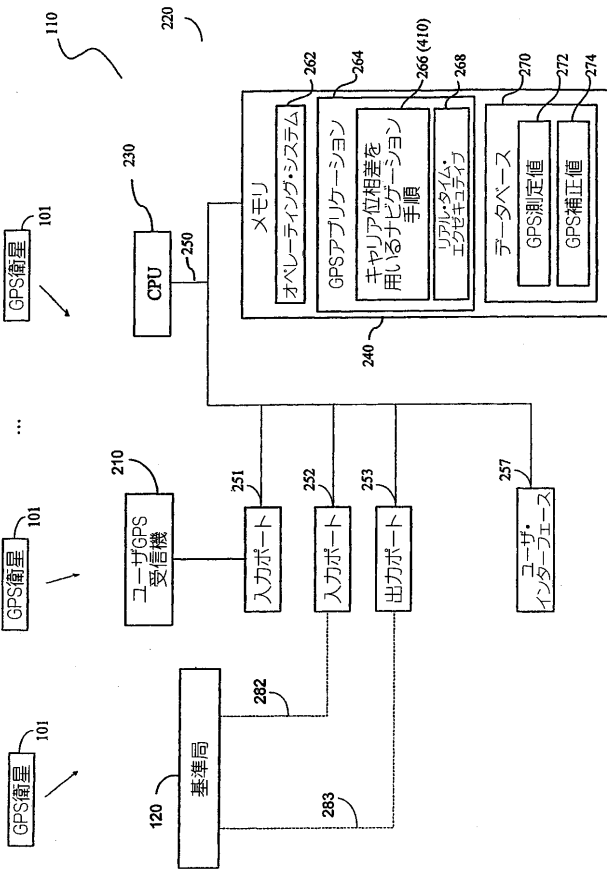
30

【図 7】本発明の一実施形態によるユーザ・サブシステムが実行する位置伝搬プロセスを示すフローチャートである。

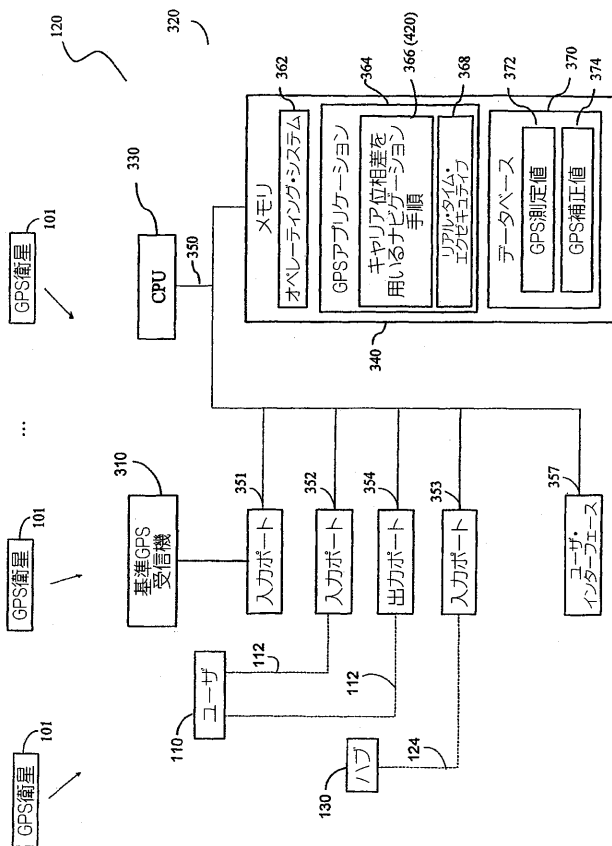
【図1】



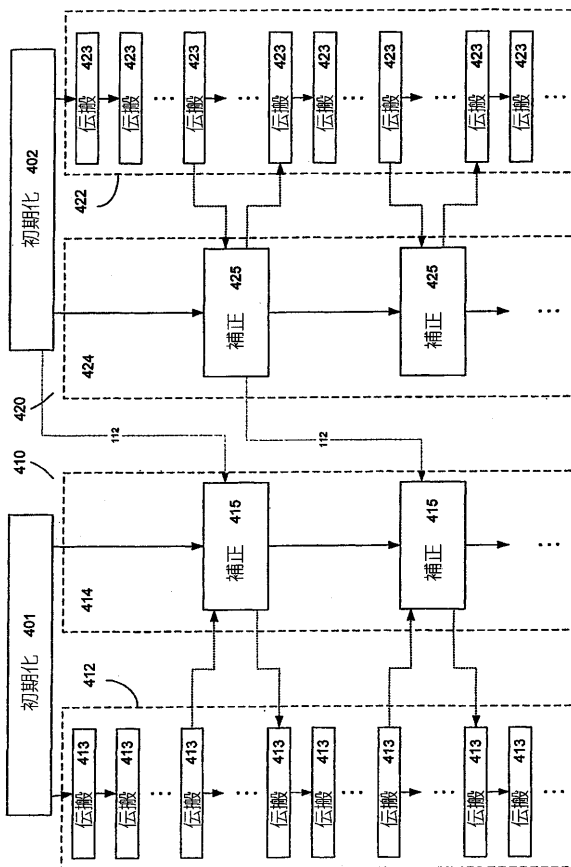
【図2】



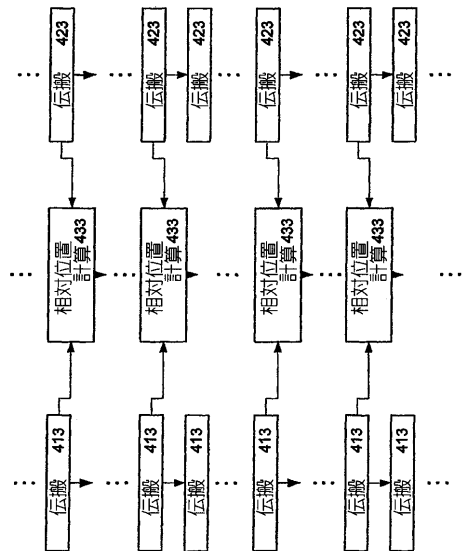
【図3】



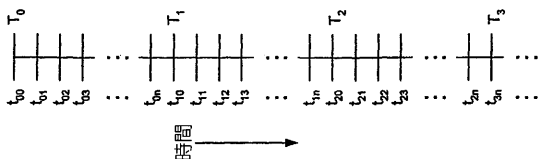
【図4A】



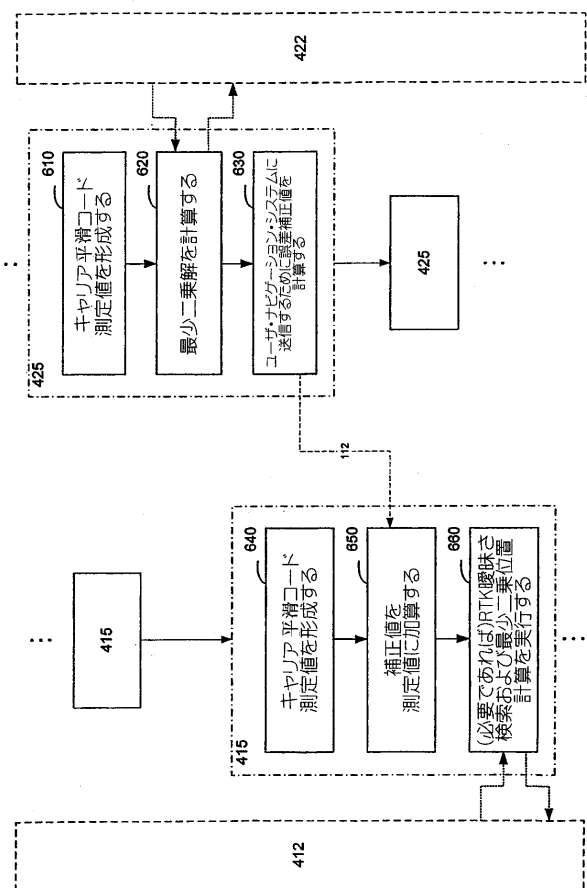
【図4B】



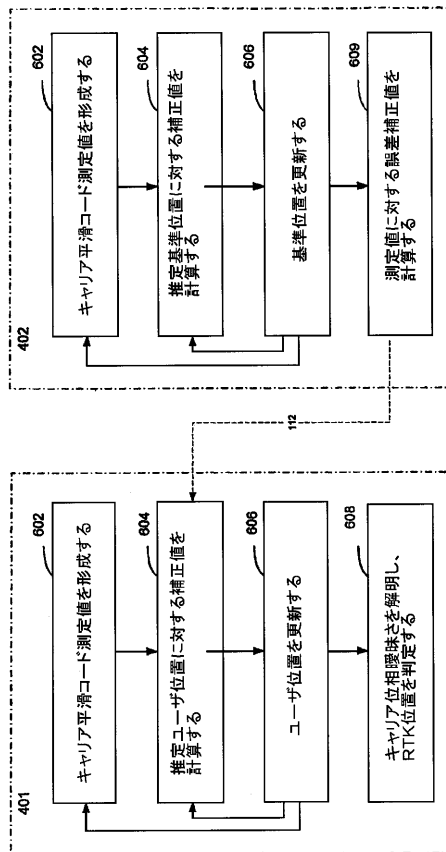
【図5】



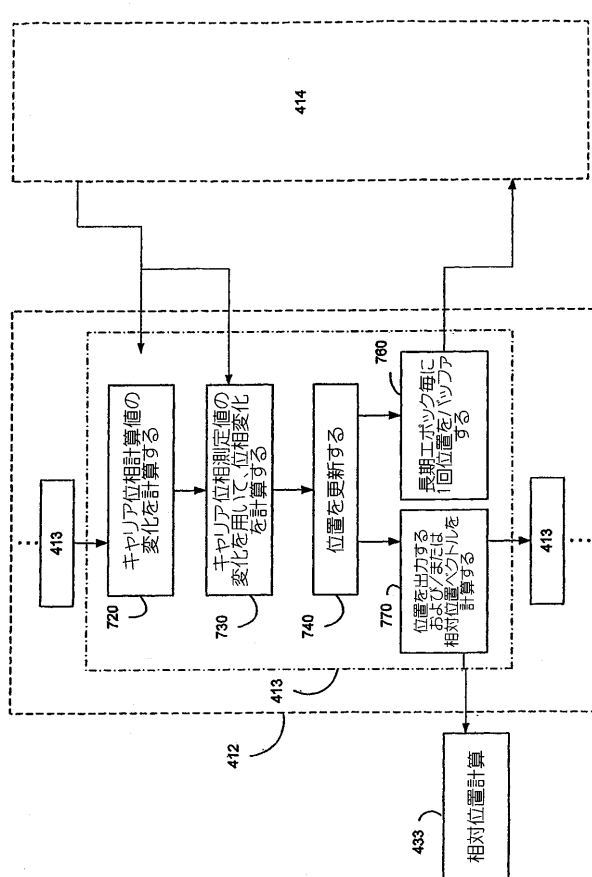
【図6B】



【図6A】



【図7】



【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		PCT/US2005/015836
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC 7 G01S5/14 G01S5/00		
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) IPC 7 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 practical, search terms used) EPO-Internal, PAJ		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	KEENAN C R ET AL: "Using the information from reference station networks: a novel approach conforming to RTCM V2.3 and future V3.0" IEEE 2002 POSITION LOCATION AND NAVIGATION SYMPOSIUM. (PLANS 2002). PALM SPRINGS, CA, APRIL 15 - 18, 2002, POSITION LOCATION AND NAVIGATION SYMPOSIUM, NEW YORK, NY : IEEE, US, 15 April 2002 (2002-04-15), pages 320-327, XP010590522 ISBN: 0-7803-7251-4 page 320 - page 322	1-5, 17-20
X	US 5 899 957 A (LOOMIS ET AL) 4 May 1999 (1999-05-04) abstract column 7, line 31 - column 9, line 67 column 11, line 46 - line 52 ----- -/-	1-5, 17-20
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of box C. <input checked="" type="checkbox"/> Patent family members are listed in 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 document 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. *Z* document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 10 November 2005		Date of mailing of the international search report 21. 11. 2005
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer Dollinger, F

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

PCT/US2005/015836

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 0 609 935 A (MAGNAVOX ELECTRONIC SYSTEMS COMPANY; MAGNAVOX ELECTRONIC SYSTEMS; HUGH) 10 August 1994 (1994-08-10) abstract column 2, line 48 - column 6, line 9	8-10,21
X	HWANG P Y ET AL: "Enhanced Differential GPS Carrier-Smoothed Code Processing Using Dual Frequency Measurements" PROCEEDINGS OF THE INSTITUTE OF NAVIGATION (ION) GPS, 18 September 1998 (1998-09-18), pages 461-470, XP002330223 the whole document	8-10,21
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1997, no. 07, 31 July 1997 (1997-07-31) & JP 09 061509 A (HITACHI Zosen CORP), 7 March 1997 (1997-03-07) abstract	6,7, 11-16
X	US 6 100 842 A (DREIER ET AL) 8 August 2000 (2000-08-08) abstract column 2, line 37 - column 7, line 67	6,7, 11-16
A	US 6 342 853 B1 (KALAFUS RUDOLPH M ET AL) 29 January 2002 (2002-01-29) abstract	3,20

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

PCT/US2005/015836

Box II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This International Search Report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. Claims Nos.:
because they relate to parts of the International Application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful International Search can be carried out, specifically:

3. Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this International application, as follows:

see additional sheet

1. As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this International Search Report covers all searchable claims.

2. As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.

3. As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this International Search Report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this International Search Report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest

- The additional search fees were accompanied by the applicant's protest.
- No protest accompanied the payment of additional search fees.

International Application No. PCT/US2005/015836

FURTHER INFORMATION CONTINUED FROM PCT/ISA/ 210

This International Searching Authority found multiple (groups of) inventions in this international application, as follows:

1. claims: 1-5, 17-20

measurement corrections from a second object are applied to carrier phase-measurements at a first object for higher accuracy

2. claims: 8-10,21

measurement corrections from a reference station are based on theoretical ranges computed from carrier-smoothed code measurements for higher accuracy

3. claims: 6,7,11-16

computation of relative position between a user and a moving reference station based on the corrections for higher flexibility

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

PCT/US2005/015836

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5899957	A	04-05-1999	NONE	
EP 0609935	A	10-08-1994	DE 69424890 D1 DE 69424890 T2 DK 609935 T3 JP 3455266 B2 JP 6289116 A US 5471217 A	20-07-2000 09-11-2000 30-10-2000 14-10-2003 18-10-1994 28-11-1995
JP 09061509	A	07-03-1997	NONE	
US 6100842	A	08-08-2000	NONE	
US 6342853	B1	29-01-2002	US 5945943 A	31-08-1999

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), EP(AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW

(特許庁注：以下のものは登録商標)

1 . U N I X

2 . W I N D O W S

(74)代理人 100096013

弁理士 富田 博行

(74)代理人 100096068

弁理士 大塚 住江

(72)発明者 ハッチ, ロナルド・アール

アメリカ合衆国カリフォルニア州 9 0 7 4 4 , ウィルミントン, ラクメ・アベニュー 1 1 4 2

(72)発明者 シャーペ, リチャード・ティー

アメリカ合衆国カリフォルニア州 9 0 5 0 3 , トーランス, オニクス・ストリート 5 2 1 2

Fターム(参考) 2F129 AA03 BB03 BB33 BB46 BB66

5H180 AA01 CC12 FF05 FF07

5J062 CC07 DD03 DD04 DD05 DD23 EE04