(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2006-523836
(P2006-523836A)
(43)公表日　平成18年10月19日(2006.10.19)

(51)Int.Cl.	F I	テーマコード（参考）
G01S 5/14 (2006.01)	G01S 5/14	5J062

審査請求 未請求　予備審査請求 有　（全 31 頁）

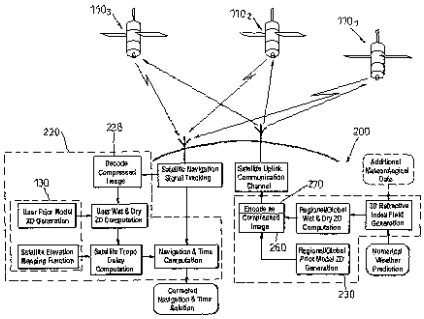
(21)出願番号	特願2006-506146 (P2006-506146)
(86)(22)出願日	平成16年4月19日 (2004.4.19)
(85)翻訳文提出日	平成17年12月16日 (2005.12.16)
(86)国際出願番号	PCT/GB2004/001676
(87)国際公開番号	WO2004/095055
(87)国際公開日	平成16年11月4日 (2004.11.4)
(31)優先権主張番号	0308894.5
(32)優先日	平成15年4月17日 (2003.4.17)
(33)優先権主張国	英国 (GB)
(31)優先権主張番号	0309142.8
(32)優先日	平成15年4月23日 (2003.4.23)
(33)優先権主張国	英国 (GB)

(71)出願人　505387129
セクレタリー・オヴ・ステイト・フォー・ディフェンス
イギリス国ウィルトシャー州エスピー４・０ジェイキュー，ソールズベリ，ディーエスティーエル・ポートン・ダウン
(74)代理人　100099623
弁理士　奥山　尚一
(74)代理人　100096769
弁理士　有原　幸一
(74)代理人　100107319
弁理士　松島　鉄男

最終頁に続く

(54)【発明の名称】全地球測位システムにおけるトロポシェア誘導エラーの補正

(57)【要約】
衛星位置決めシステムすなわち全地球的航法衛星システムの受信機が使用するデータを得るための方法には、気象情報及び地域的又はグローバルなグリッド点の三次元のマップを用いて、サーバ（２００）が受信機から遠く離れてデータを得るステップが含まれる。これらのグリッド点から、それは気圧、温度及び水データの内容に対する大気圏の測定から得られた屈折度フィールドによるレイトレーシングによって対流圏の遅延を計算する。そのような測定値は、気象学的なボディから入手できる。天頂遅延を与える非気象学的な天候ベースのモデル（１３０）及びそれらを特定の勾配にマッピングする手段（１３０’）を含むユーザ用受信機によって決定された位置を高めるために使用される場合、サーバはそのような非気象学的なモデル（２３０）のコピーも含み、そのレイトレースされた遅延値を天頂遅延として提供する。対応するグリッド点に対する天頂遅延値の組はサーバの中で比較され（２６０）、修正値が作られる（好ましくは、分数の形式で）。これらの修正値によって、補正が必要な非気象学的な遅延値が正確なものにされる。補正値



【特許請求の範囲】
【請求項１】
衛星位置決めシステムすなわち全地球的航法衛星システムの中で使用するための対流圏の遅延データを得る方法であって、ユーザ位置から離れた位置において、対流圏の遅延補正として前記ユーザに伝達するための前記ユーザ位置に適用できる少なくとも１つの正確な対流圏の遅延値の気象情報から、ユーザ位置を発生するステップを含むことを特徴とする方法。
【請求項２】
それ自体周知の第１のモデルから様々なユーザの地理的な位置に適用できる概算の対流圏の遅延値の第１の組を発生するステップと、正確であり前記様々なユーザの地理的な位置に適用できる対流圏の遅延値の第２の組を前記気象学的なモデルから発生するステップと、前記第１のモデルが前記第２の組とほぼ一致する対流圏の遅延値の組を提供できるように、前記第１のモデルと共に使用するための遅延値の修正値の組を作成するステップと、前記修正値の組を対流圏の遅延補正の組として前記ユーザに伝達するために発送するステップとを含むことを特徴とする請求項１に記載の方法。
【請求項３】
前記第１のモデルが、非気象学的なパラメータに基づいていることを特徴とする請求項２に記載の方法。
【請求項４】
前記非気象学的なパラメータが、年，緯度，及び高度の時間の少なくとも１つを含むことを特徴とする請求項３に記載の方法。
【請求項５】
前記非気象学的なパラメータが、経度及び日の時間の少なくとも１つを含むことを特徴とする請求項４に記載の方法。
【請求項６】
前記対流圏の遅延値の組が天頂の対流圏の遅延を含むことを特徴とする請求項２乃至５の何れか１項に記載の方法。
【請求項７】
前記第１のモデルが、前記天頂の対流圏の遅延に対する所定の仰角の対流圏の遅延に関係するマッピング関数を含むことを特徴とする請求項６に記載の方法。
【請求項８】
前記遅延値の修正値の組が、前記第１のモデルのマッピング関数と共に使用するための修正値の組を含むことを特徴とする請求項７に記載の方法。
【請求項９】
前記修正値が、前記第１のモデル及び前記気象学的なモデルに起因する組の対応する値の間の差であることを特徴とする請求項２乃至８の何れか１項に記載の方法。
【請求項１０】
補正値が前記修正値であることを特徴とする請求項９に記載の方法。
【請求項１１】
補正値が、前記第１の組の値からの分数変化率として表された修正値であることを特徴とする請求項９に記載の方法。
【請求項１２】
請求項２から１１のいずれかに記載の方法であって、前記補正値の組が、地球の表面上の個々のグリッド点に対して決定された値を有するデータアレイとして作成され、かつ、前記値の組が、地球の表面の少なくとも一部に対する前記修正値の分布を含むことを特徴とする請求項２乃至１１の何れか１項に記載の方法。
【請求項１３】
前記補正値の組が、ディジタルデータのファイルとして得られることを特徴とする請求項１２に記載の方法。
【請求項１４】

前記グリッド点の間の点に対して適用できる修正値を前記組の値から補間又は外挿することができる値の組として、前記修正値の組が得られることを特徴とする請求項１３に記載の方法。

【請求項１５】

ユーザに伝達するために補正値の組に対してデータの縮小を行うステップ、及び縮小されたデータの組を得るステップを含むことを特徴とする請求項１３又は１４に記載の方法。

【請求項１６】

画像圧縮方法によって、前記補正値の組のデータ寸法を縮小するステップを含むことを特徴とする請求項１５に記載の方法。

【請求項１７】

損失データ圧縮法によってデータ寸法を縮小するステップを含むことを特徴とする請求項１５又は１６に記載の方法。

【請求項１８】

ＪＰＥＧ２０００又はＪＰＥＧ９０の規格に基づいて、補正の組のデータファイルを縮小することによってデータ縮小を行うステップを含むことを特徴とする請求項１７に記載の方法。

【請求項１９】

前記少なくとも１つのユーザの位置及び前記ユーザに関連する衛星の位置の導出を行うステップを含むことを特徴とする請求項１に記載の方法。

【請求項２０】

前記少なくとも１つのユーザの位置及び前記ユーザに関連する衛星の位置の導出が、前記ユーザからの伝達によって行われることを特徴とする請求項１９に記載の方法。

【請求項２１】

前記正確な対流圏の遅延値がレイトレーシング技術によって得られることを特徴とする請求項１乃至２０の何れか１項に記載の方法。

【請求項２２】

前記正確な対流圏の遅延値が、三次元の屈折率フィールドの発生によって得られることを特徴とする請求項２１に記載の方法。

【請求項２３】

前記気象学的なモデルが地球の地域に対する数値天気予報（ＮＷＰ）に基づいていることを特徴とする請求項１乃至２３の何れか１項に記載の方法。

【請求項２４】

前記気象情報又はそれぞれの前記対流圏の遅延値の補正が、直接観察された気象データによって増大されることを特徴とする請求項２１乃至２３の何れか１項に記載の方法。

【請求項２５】

前記直接観察されたデータが、ＮＷＰのデータよりも小さい分解能を有することを特徴とする請求項２４に記載の方法。

【請求項２６】

前記直接観察された気象データが、前記ＮＷＰのデータの少なくとも一部に対応する地球の表面の地域に関係するデータセットとして得られることを特徴とする請求項２４又は２５に記載の方法。

【請求項２７】

前記地域が、実質的にグローバルであることを特徴とする請求項２３乃至２６の何れか１項に記載の方法。

【請求項２８】

前記気象情報から将来の対流圏の遅延値を予想するステップ及び地球の表面の前記地理的な地域に対する前記補正値の予測の組を作成するステップを含み、これにより、前記予測の組の各要素が、作成からの時間の関数として現在のものになる補正を記述することを特徴とする請求項２１乃至２７の何れか１項に記載の方法。

【請求項２９】
補正又は補正値の組を遠く離れたユーザに通信チャネル又はデータリンク上で伝達するステップを含むことを特徴とする請求項１乃至２８の何れか１項に記載の方法。
【請求項３０】
請求項２８に記載の方法が、補正値の前記予測の組をバッチとして伝達するステップ、及び、前記組の要素をそれぞれが予測された時間として使用するステップを含む場合、予想に関する限り現在のものになることを特徴とする請求項２９に記載の方法。
【請求項３１】
前記補正値の少なくとも一部を少なくとも１つの周回軌道衛星に伝達するステップ及び前記組の少なくとも一部を前記周回軌道衛星からユーザに再送信するステップを含むことを特徴とする請求項２９又は３０に記載の方法。
【請求項３２】
ユーザが信号を受信して位置及び時間の少なくとも１つを確立するために、少なくとも１つの周回軌道ＧＮＳＳ衛星に前記補正値を伝達するステップを含むことを特徴とする請求項３１に記載の方法。
【請求項３３】
前記衛星の範囲内の地域のユーザが使用できる補正データの一部のみを再送信するために、前記衛星に伝達するステップを含むことを特徴とする請求項３１又は３２に記載の方法。
【請求項３４】
請求項３０に記載の方法が、補正値の前記予測の組を前記少なくとも１つの周回軌道衛星にバッチで伝達するステップ、及び、それぞれ予測された時間として要素を１つずつ再送信するステップを含む場合、予想に関しては現在のものになることを特徴とする請求項３１乃至３３の何れか１項に記載の方法。
【請求項３５】
衛星の送信アベイラビリティ及び送信速度によって指示され、気象学的なモデルによって使用される気象情報の妥当な時間よりも相当小さい時間内に、ユーザが利用できる前記補正値の全て又は一部を十分に送信できるようにデータの縮小を行うステップを含むことを特徴とする請求項３１乃至３４の何れか１項に記載の方法。
【請求項３６】
前記データの縮小が、１時間以下の前記気象学的なモデルの情報の気象学的な時間の解に対応する前記補正値を、ユーザに送信できるように構成されることを特徴とする請求項３５に記載の方法。
【請求項３７】
前記データの縮小が、５０ｋｍ以下の前記気象学的なモデルの情報の気象学的な空間の解に対応する前記補正値を、ユーザに送信できるように構成されることを特徴とする請求項３５又は３６に記載の方法。
【請求項３８】
前記データの縮小が、２５から５００ビット／秒の範囲のデータ速度で補正データをユーザに送信できるように構成されることを特徴とする請求項３５乃至３７の何れか１項に記載の方法。
【請求項３９】
前記データの縮小が、補正データを２００から２５０ビット／秒の範囲で送信できるように構成されることを特徴とする請求項３８に記載の方法。
【請求項４０】
作られた対流圏の遅延値を非気象学的なパラメータから得るための手段を有する全地球的航法衛星システムの受信機の中の対流圏の遅延エラーを補正する方法であって、請求項２乃至１８の何れか１項又はそれらに従属する請求項２１乃至３９の何れか１項に記載の方法に基づいて、前記受信機から遠く離れて前記受信機の中のモデルに対応する第１のモデルを使用して、補正値の組としてデータを得るステップと、前記対流圏の遅延値の補正

値の組を送信するステップと、前記補正値を全地球的航法衛星システムの受信機で受信するステップと、受信された補正値に基づいて受信機モデリング手段を使用して得られた対流圏の遅延値を修正するステップと、を含むことを特徴とする方法。

【請求項４１】

前記受信機の中で非気象学的なパラメータ及びモデルから対流圏の遅延値に対する近似値及びそこから地球の表面に対する前記受信機の近似位置を決定するステップと、前記近似位置を含む地域に関係する送信された補正値の組から対流圏の遅延値の修正値を得るステップと、を含むことを特徴とする請求項４０に記載の方法。

【請求項４２】

非気象学的なパラメータから作られた対流圏の遅延値を得るための手段を有する全地球的航法衛星システムのユーザ用受信機の位置を決定する方法であって、前記受信機の中で非気象学的なパラメータから対流圏の遅延値に対する近似値及びそこから地球の表面に対する前記受信機の近似位置を決定するステップと、請求項４０に記載の方法に基づいて修正された対流圏の遅延値を得るステップと、そこからより正確な受信機の位置を決定するステップと、を含むことを特徴とする方法。

【請求項４３】

非気象学的なモデルから対流圏の遅延値を得るための手段を含むユーザ用受信機を有する全地球的航法衛星システムの中の対流圏の遅延エラーを減らす方法であって、比較できる非気象学的なモデルから及び気象学的なモデルから、地球の表面の様々な位置に対する第１のモデルから得られた値に対する補正値の組を受信機から遠く離れて得るステップと、遅延の補正値の組を周回軌道衛星に送信するステップと、前記補正値を前記衛星から前記ユーザ用受信機に再送信するステップと、を含むことを特徴とする方法。

【請求項４４】

既知の位置において受信機に対流圏の遅延値を提供する方法であって、前記受信機から遠く離れたサーバの位置において、ユーザ用受信機の位置及び気象情報に関連する情報を用いて、前記受信機の位置に適用できる少なくとも１つの対流圏の遅延値を得るステップと、それぞれの前記値を前記ユーザ用受信機に伝達するステップと、を含むことを特徴とする方法。

【請求項４５】

衛星位置決めシステムすなわち全地球的航法衛星システムのユーザが使用するデータを得るための装置であって、ユーザから遠く離れたサーバの位置において気象情報からユーザ位置に対して適用できる少なくとも１つの正確な対流圏の遅延値を発生するための発生手段、及び、少なくとも前記値の関数をユーザに対流圏の遅延補正として伝達する手段を含むことを特徴とする装置。

【請求項４６】

前記気象情報が、複数のユーザ位置に適用できる対流圏の遅延値の組を得るように構成されることを特徴とする請求項４５に記載の装置。

【請求項４７】

それ自体周知の第１のモデルに適用できる概算の対流圏の遅延値の第１の組を発生する第１の発生手段と、気象情報に基づいた気象学的なモデルからより正確な対流圏の遅延値の第２の組を発生するための第２の発生手段と、対流圏の遅延値の修正値の組が前記第２の組にほぼ一致する対流圏の遅延値の組を提供できるように、前記第１及び第２の遅延の組から前記対流圏の遅延値の修正値の組を作るための作成手段とを含み、前記作成手段が前記修正値を対流圏の遅延の補正値として表すように構成されることを特徴とする請求項４６に記載の装置。

【請求項４８】

前記第１の発生手段が、非気象学的なパラメータに基づいた前記第１のモデルを使用することを特徴とする請求項４７に記載の装置。

【請求項４９】

前記作成手段が、前記補正値の組のそれぞれを前記第１及び第２の組の対応する値の間

の差として表すように構成されることを特徴とする請求項４７又は４８に記載の装置。
【請求項５０】
前記作成手段が、前記補正値を修正される値からの分数百分率として表すように構成されることを特徴とする請求項４７又は４８に記載の装置。
【請求項５１】
前記作成手段が、前記補正値を地球の表面の地域にわたる分布として表すように構成されることを特徴とする請求項４７乃至５０の何れか１項に記載の装置。
【請求項５２】
前記地域が、グローバルであることを特徴とする請求項５１に記載の装置。
【請求項５３】
前記作成手段が、複数ビット語のグレースケール画像のデータファイルの形式で前記補正値を表し、前記それぞれの語は地域の位置を表すように構成されることを特徴とする請求項５１又は５２に記載の装置。
【請求項５４】
前記補正値の組を圧縮する手段を含むことを特徴とする請求項４７乃至５３の何れか１項に記載の装置。
【請求項５５】
前記補正値の組を圧縮する手段が、前記組に対して損失圧縮を行うことを特徴とする請求項５４に記載の装置。
【請求項５６】
前記補正値の組を周回軌道衛星を経由してユーザに送信するための送信手段を含むことを特徴とする請求項４７乃至５５の何れか１項に記載の装置。
【請求項５７】
周回軌道衛星から前記ユーザに再送信するための補正値を前記衛星に送信し、かつ、前記衛星が対応する地域内のユーザに適用できる補正値のみを送信するように構成されることを特徴とする請求項５６に記載の装置。
【請求項５８】
少なくとも１つのユーザの位置をサーバに関して又は全地球的航法衛星システムの衛星に関して定義する情報をユーザから受信するように構成されることを特徴とする請求項４５又は４６に記載の装置。
【請求項５９】
オンボードのモデルからまた非気象学的なデータから、複数の衛星から受信された識別信号に適用できる近似の対流圏の遅延値の組を発生するように、かつ、地球の表面又は時間に関連した受信機の近似位置を計算するように動作できる手段と、前記モデルから得られる前記対流圏の遅延値に対する気象データから得られた補正値の組を受信するように動作できる手段と、前記補正値に基づいて前記得られた遅延値に対して修正を行う手段と、より高い精度で位置又は時間を計算する手段と、を備えることを特徴とする全地球的航法衛星システムのユーザ用受信機。
【請求項６０】
前記遅延値に対して修正を行う前記手段が、前記補正値が得られている位置に関連した計算されたユーザの位置に基づいて前記補正値の補間又は補外を行うことができることを特徴とする請求項５９に記載の全地球的航法衛星システムのユーザ用受信機。
【請求項６１】
複数の周回軌道衛星と、請求項３７乃至５７の何れか１項に記載の装置と、請求項５９に記載のユーザ用受信機とを含むことを特徴とする全地球的航法衛星システム。
【請求項６２】
複数の周回軌道衛星と、請求項４５乃至５８の何れか１項に記載の装置と、前記装置に関連して周知の位置にあるユーザ用受信機とを含むことを特徴とする全地球的航法衛星システム。
【発明の詳細な説明】

【技術分野】
【０００１】
本発明は、全地球的航法衛星システム（ＧＮＳＳ；グローバル・ナビゲーション・サテライト・システム）から得られる精度を向上することを目的とする開発に関する。
【背景技術】
【０００２】
現在のところは、米国が所有するＮＡＶＳＴＡＲ及びロシア連邦が所有するＧＬＯＮＡＳＳと呼ばれる、２つの公に利用できるＧＰＳシステムがある。約２０年間存在しているが、近い将来、欧州のＧＰＳの領域拡大によりそのサービスの提供が開始され、数年以内にＧＡＬＩＬＥＯという名の下で欧州のシステムが後に続くであろう。
【０００３】
現行のシステムが次第に洗練されてきたため、微分位相方法（differential phase implementation）を用いて２ｃｍ未満の位置精度を１０００ｋｍの基準線にわたって達成できる可能性があるが、位置を決定するために要する計算及び時間に費用が発生する。リアルタイム又はほぼリアルタイムの測定はそれ相応に解像度が低く、現在では高い精度に対する要求事項は、別の追加物が全地球的航法衛星システムの情報を補足するために必然的に利用されることを意味する。さらに、これらは多くの衛星から見える全ての衛星までの測定を行って、決定された位置の解を計算し、この位置の解の精度を向上するために矛盾したデータを棄却する受信機を備えることができた。こうしたシステムは、ＧＮＳＳ、ＧＰＳ及びＧＬＯＮＡＳＳの２つ以上の衛星からのデータを使用できる。
【０００４】
全地球的航法衛星システムは主に、適当な、通常は移動可能な受信機を有するユーザの位置を確立するために使用されるが、それは位置が既に知られている又は知る必要のないユーザに対して正確な時間信号を提供することにも使用される。１つのユーザ位置決定セットは、衛星伝送用の単純な受信機、及び計算された位置内のエラーを削除するのにいくらか助けになるような信号の受信に影響する少なくとも幾つかの大気現象効果のモデリングをもたらす回路を有する。
【０００５】
しかしながら、ユーザが位置又は時間の測定を行うことに興味があるかどうかにかかわらず、大気すなわち電離圏及び対流圏（troposphere）によってもたらされるＧＮＳＳ信号に対する遅延を正確に設計することができないことから重大なエラーが生じる。
【０００６】
衛星航法のユーザは、４つ以上の衛星に対して４つ以上の擬似レンジ測定（pseudorange measurement）を処理することによって、自身の三次元の位置及び時間の解を発生する。擬似レンジ測定は、信号放送時の衛星のクロック時間とユーザ用受信機の受信時のクロック時間との間の差を測定することである。このため、擬似レンジを観察することは電波の伝搬時間に関係し、従って衛星とユーザとの間の距離に関係する。衛星位置の推定値は周知である（それらは衛星によって放送されている）ため、ユーザは４つ以上の擬似レンジ観察を用いて、４つの未知数（三次元の位置及び時間）を解くことができる。ユーザの航法／時間の解のフィルタの一部として、擬似レンジの観察は、自由空間の伝搬時間からの電波の伝搬時間における変動に対して補正される。
【０００７】
ユーザの航法／時間の解のフィルタでは、対流圏、電離圏及び相対論的な補正を含む多数の補正が、未処理の擬似レンジの測定に対して加えられる。
【０００８】
全地球的航法衛星システムの衛星信号を受信し、局所的に放送する前に近くのＧＰＳ受信機に適用できる補正係数を導き出すいわゆるサーバサイトを使用することによって、そのようなＧＰＳの受信機によって受信され、そのような遅延を補正するために使用されるオンボードのモデルを修正するために使用される、電離圏の遅延に適応する方法がＷＯ－Ａ１－０３／０６９３６６の中で提案されている。電離圏の遅延に対しては、程度の小さ

い信号経路の屈折及びより重要な信号速度の変化を含むが、遅延及び補正は、１日当たり多くても数回補正データを更新することが必要な期間にわたってほぼ一定である。

【０００９】

他方では、対流圏の影響は、気候現象ではなく、比較的早い変化（すなわち、長続きしない変化）及び地理的に局在した、主に天気すなわち気象現象から結果として生ずる現象である。しかしながら、対流圏は、中を伝搬する信号に対する影響の中で最も大きな識別されたエラーの原因の１つを形成する。対流圏は電波を屈曲させるため、信号の経路を増大させ、これは信号の遅延をもたらす。この信号の遅延は、多くの気象上の要因、特に水分の含有量によって影響される。

【００１０】

従来は、対流圏による遅延は、比較的一定していてユーザ用受信機の中に記憶することができる、いわゆる気候パラメータにより動作する全地球対流圏遅延モデル（global tropospheric delay model）を使用することによって処理されてきた。しかし、これらのパラメータは、せいぜい、平均の又は季節的な期待値を構成するが、気象学をベースにした、すなわち現在の、最近の又は予測された気象条件に基づいていない。

【００１１】

可搬形のＧＰＳ受信機で使用され、その中に組み込むことができる１つのそのようなモデルは、「Minimum Operational Performance Standards for Global Positioning Systems / Wide Area Augmentation System Airborne Equipment」、RTCA DO229C、２００１年１１月、の中で説明されたＷＡＡＳのユーザ用のＲＴＣＡ対流圏天頂遅延モデル（RTCA tropospheric zenith delay model）である。

【００１２】

そのようなモデルは、それが天頂値（zenith value）（本願ではD^Z又はＺＴＤとして特定する）に対して対流圏の遅延を単純にする限り有用であるが、ユーザに対する衛星の勾配が低いことによってもたらされるエレベーション効果（elevation effect）に対してこれらをマッピングする必要性がまだ存在する。１つのこうしたマッピングモデルは、「Global mapping functions for the atmosphere delay at radio wavelengths」、Journal of Geophysical Research Vol 101、Ｎｏ Ｂ２、ページ３２２７～３２４６、１９９６年２月、の中でNiellによって説明されている。

【００１３】

しかしながら、これらのモデルはユーザ用受信機の中に組み込むことを可能にしたが、それらは絶えず変化し、特定の地域に限定された天候によってもたらされる信号の遅延に影響する対流圏の条件の変化を受け入れる能力が本質的に限定される。

【００１４】

数値天気予報（ＮＷＰ）などにより１つ以上の地域の中の気象条件を考慮することによって、正確な対流圏のデータを得るためのモデルは存在するが、特定の地域に限定された自然及びこうした大量の発生データは、現在ではそれらを使用して実際的な装置の上で目立つほど改良することはできないことを確認すると考えられてきた。すなわち、このデータはあまりにも大きいために、移動するユーザが利用できる通信システム上では送ることができず、また妥当な時間内で処理するには能力が限定されている。

【発明の開示】

【００１５】

本発明は、ユーザ位置から遠く離れた位置において気象情報からユーザ位置を発生するステップを含む、衛星位置決めシステムすなわち全地球的航法衛星システムで使用するための対流圏の遅延データを得る方法を提供する。気象情報には、対流圏の遅延補正として前記ユーザに伝達するためのユーザ位置に適用できる少なくとも１つの正確な対流圏の遅延値が含まれる。

【００１６】

前記正確な対流圏の遅延値は、レイトレーシング技術（ray tracing technique）によって得られることが好ましい。この正確な対流圏の遅延値は、三次元の屈折率フィールド

の生成（three-dimensional refractive index field generation）によって導き出すことができる。さらに、前記気象情報が数値天気予報（ＮＷＰ）のデータに基づくことも好ましい。気象モデル又はこうして得られたそれぞれの前記対流圏の遅延値の補正は、直接観察された気象データによって補強される。

【００１７】

位置が正確に分からないユーザに対して適用できる本発明の実施形態の方法には、それ自体は知られている第１のモデルから様々なユーザの地理的位置に適用できる概算の対流圏の遅延値の第１の組を発生するステップと、そのような気象情報を使用する気象モデルから正確で前記様々なユーザの地理的位置に適用できる対流圏の遅延値の第２の組を発生するステップと、第２の組にほぼ一致する対流圏の遅延値の組を提供することができるように前記第１のモデルと共に使用するための遅延値の修正の組を作り上げるステップと、修正の組を前記ユーザに伝達するための対流圏の遅延補正の組として発送するステップと、が含まれる。

【００１８】

第１のモデルは、少なくとも１つの年の時間、緯度及び高度を含む非気象学的なパラメータに基づいている。非気象学的なパラメータは、少なくとも１つの経度及び日の時間をさらに含むことができる。

【００１９】

この実施形態の方法では、第１のモデル及び気象学的モデルは、天頂の対流圏遅延を含む対流圏の遅延値の組を作り出す。第１のモデルは、天頂の対流圏遅延に対する所定の仰角で対流圏遅延に関するマッピング関数を含むことができ、前記遅延値の修正の組は、第１のモデルのマッピング関数と共に使用する修正の組を含むことができる。

【００２０】

遅延値に対する修正は、第１のモデル及び気象学的モデルに起因する組の対応する値の間の差であることが好ましい。伝達される補正値は、それ自体を修正値とする、或いは、好ましくは、第１の組の値からの分数変化率、例えば百分率として発送される修正値とすることができる。

【００２１】

このように補正は、第１のモデルを使用することによって発生される任意の値に対する加算又は乗数として達成される。

【００２２】

正確な対流圏の遅延値は、レイトレーシング技術によって得ることができ、対流圏を通ってユーザに向かう衛星信号の経路を決定し、これにより場合によっては三次元の屈折率フィールドの生成を使用して直接的な経路からの遅延を予測する。

【００２３】

対流圏の遅延によって影響される経路にも依存するような第１のモデルの中で、マッピング関数に匹敵する補正を達成することは可能である。

【００２４】

気象学的なモデルは、地球上の一区域の又はリアルタイムの気象データ又はそれら両方の気象データに対する数値天気予報（ＮＷＰ）のデータに基づくことができる。特に、気象学的モデル又は前記対流圏の遅延値の補正は、幾つかのイメージング衛星からの二次元形式で利用可能な直接観察される気象データによって増加することができる。

【００２５】

データ値が得られる領域は、ほぼ地球全体とするか又は中規模のマップとしてＮＷＰ計画の中で定義されたように小さい領域とすることができる。

【００２６】

いずれの場合でも、各遅延値において地理的な点を定義する二次元のアレイとして、領域全体の各位置のグリッドに対する（天頂の）対流圏の遅延値の組を生成することができる。このため、気象学的なモデル及び非気象学的なモデルから、天頂対流圏の遅延値の修正及び地球の表面上の個々のグリッド点に対して決定された値を有するデータアレイとし

て補正値の組を作ることが可能であり、値の組は地球の表面上の少なくとも一部に対する前記修正値の分布を含む。

【００２７】

遅延値及び補正の性質を考慮すると、データ整理を補正の組に適用して、ユーザに連絡するための整理されたデータの組を得ることができる。

【００２８】

好ましいことに、補正値の組の性質によりグレースケール画像に類似したデータファイルが作られる限りにおいて、補正値の組のデータの大きさを減らすことは、ウェーブレットベースのＪＰＥＧ２０００又はコサインＪＰＥＧ規格に基づく損失データ削減（lossy data reduction）による、好都合であるが本質的ではない画像圧縮工程によって達成される。

【００２９】

適当なレベルのデータ削減を行うことによって、補正値の組のデータを帯域幅が限定された通信チャネル又はデータチャネルを介してユーザに通知することが可能になる。

【００３０】

このため、衛星信号用の受信機を有する遠く離れたユーザが使用するに適した補正値の組を作った後で、本発明のこの実施形態によれば、補正値の組の少なくとも一部を、少なくとも１つの周回軌道衛星を介して、この補正値の組を削減された画像データファイルとして前記衛星に送信し、補正値の組の少なくとも一部を前記周回軌道衛星からユーザに再度送信することによって、ユーザに伝達することができる。

【００３１】

これは、補正を少なくとも１つの周回軌道ＧＮＳＳ衛星に伝達し、この衛星からユーザは信号を受信して少なくとも１つの位置及び時間を確立することが好ましい。送信される又は再送信されるデータの量をさらに減らすために、この方法は、前記衛星の範囲内の領域のユーザにとって有用な補正データの一部のみを再送信するように、画像データを前記衛星に伝達することを考える。このことは、前記補正データの前記一部のみを衛星に送信することによって、又は衛星に前記一部のみを再送信させるデータ以外の全てのデータを送信することによって達成することができる。

【００３２】

こうした衛星が既に送信された信号に追加する信号を送信する能力が限定され、また概して補正データを含む任意のデータを周期的に送信することしかできない場合、天候の特徴によりマップされた領域に対する位置が変化するため、気象環境は絶えず変化していることに留意するべきである。このように、マップされた領域のグリッド点に関連した対流圏の遅延値を得ることに加えて、時間内にユーザが利用可能な前記補正の全て又は一部を十分に送信できるようにデータの削減を行うことが必要である。この時間は、気象学的モデルによって使用される気象情報の妥当な時間よりも相当低い、衛星の送信の稼働率及び伝送速度によって指示される。

【００３３】

対流圏から得たデータの妥当性を確実にするために、時間及び距離が関連する天候の特徴の移動速度によってリンクされる限り、１時間以内の前記気象学的なモデルの情報の気象学的な時間分解能に対応する、及び／又は、９０ｋｍ以内の前記気象学的なモデルの情報の気象学的な空間分解能に対応する、前記遅延値の補正をユーザに送信することが好ましい。

【００３４】

前に概要を説明した画像圧縮技術によって、補正データを２５から５００ビット／秒の範囲のデータ転送速度でユーザに送信することが可能であり、また比較的小さい領域内のユーザに適用できる全地球的な画像の一部のみを選択的に送信することによって、転送速度範囲の最高速度より可成り低い転送速度で補正データを効率的に転送することができる。

【００３５】

１つ以上の場所で気象条件を、すなわち時間と共に変化する条件を予報する又は予想するために、気象学的なモデルが他の場所で使用されるデータから対流圏の遅延値を得る限り、前記気象情報から将来の対流圏の遅延値を予想することが可能であり、また地球の表面の地理的な領域に対して前記補正の予想の組を作り、これにより前記予想の組の各要素が作成からの時間の関数として現在のものになる補正を表す。このため、前記補正の予想の組をバッチとして伝達し、それぞれ予想された時間が予測に関する限り現在のものになるため、その組の要素を使用することができる。

【００３６】

そのような伝達は周回軌道衛星に対して行われ、それぞれ予想された時間が予測に関して現在のものになるため、要素が１つずつ再度送信される。

【００３７】

この方法を利用する第２の実施形態は、ユーザ用受信機の位置がサーバ及び／又は全地球的航法衛星システムの衛星に対して知られている場合は適用できる。その情報は、気象情報を有するサーバによって使用されて、正確なタイミング値を擬似レンジしかつそれを得るユーザ用受信機を設定又は補正するためにユーザに伝達するための、実際の又はマッピングされた（天頂の遅延値ではなく）対流圏の遅延値が得られる。そのような伝達（通信）は、直接行われるか又はネットワーク経由で行われる。それは、データの削減が必要とされるが、前述した全地球的航法衛星システムの衛星などの１つ以上の衛星を介して行うこともできる。ユーザの位置が知られている限り、領域にわたる分布を示す遅延値の補正の組を得て伝達することが必要であるとは期待されない。しかしながら、前述したように、ユーザが存在する任意のユーザ位置に対して気象条件を予報し、遅延補正の予想された組を得て、今度は各要素が予想された時間が現在のものになるように、これらをユーザ用受信機が使用するようにバッチ形式で伝達（通信）するのが適当である。

【００３８】

本発明の第２の形態によれば、衛星位置決めシステムすなわち全地球的航法衛星システムのユーザが使用するデータを得るための装置が提供される。この装置には、ユーザから遠く離れたサーバの位置において気象情報からユーザ位置に対して適用できる少なくとも１つの正確な対流圏の遅延値を発生するための発生手段、並びに、少なくとも前記値の関数をユーザに対流圏の遅延補正として伝達する手段が含まれる。

【００３９】

このサーバは、複数のユーザ位置に対して適用できる対流圏の遅延値の組を得るようにまとめることができる。

【００４０】

第１の実施形態では、前節の装置は、本質的に周知の第１のモデルから概略の対流圏の遅延値の第１の組を発生するための第１の発生手段と、より正確な対流圏の遅延値の第２の組を気象情報に基づいて前記気象学的なモデルから発生するための第２の発生手段と、前記第１及び第２の遅延の組から前記第１のモデルと共に使用するための対流圏の遅延値の修正の組を作るための作成手段とを備え、この装置は、ほぼ第２の組に一致する対流圏の遅延値の組を提供することができ、かつ前記作成手段が修正を対流圏の遅延補正の組として示すように構成される。

【００４１】

前記第１の発生手段が、非気象学的なパラメータに基づいている前記第１のモデルを利用することが好ましい。また、作成手段は、前記補正の組をそれぞれ第１及び第２の組の対応する値の間の差として、場合によっては補正される値からの分数変化率として示すようにまとめることができる。

【００４２】

作成手段は、地球の表面の領域にわたる分布として補正を表すように、好ましくはそれぞれの語が領域の位置を示す複数ビットの語のグレースケール画像に対応するデータファイルの形式で構成される。さらに、この装置は、前記補正の組を圧縮する手段を備えることができる。これは、その組を損失なしの圧縮を行うか、又はより大きな削減が行われた

場合は損失圧縮を行うことができる。

【００４３】

第１及び第２の発生手段のそれぞれは、都合がよいことに、実際の遅延値に対して最高点の遅延値をマッピングするために使用される少なくとも仰角マッピング関数のパラメータに対する補正を得ることができる。補正は、受信機に伝達するより長い語として、天頂の遅延補正データの組の上に重ね合わせることができる。

【００４４】

この装置は、ユーザに前記補正の組を送信するための、また好ましくは周回軌道衛星を介して送信するための送信手段も備えている。この衛星は、全地球的航法衛星システムの衛星とすることができる

【００４５】

衛星信号を受けるユーザ用受信機の位置が知られている装置に対して適用できる第２の実施形態では、装置はサーバに対して又は全地球的航法衛星システムの衛星に対して少なくとも１つのユーザ位置を定義するユーザ情報を受信するように、また天頂の遅延値ではなくそれ自体は対流圏の遅延値の形式の補正を提供するように構成される。天頂の遅延値も提供することができる。

【００４６】

本発明の第３の形態によれば、全地球的航法衛星システムのユーザ用受信機は、オンボードのモデルからまた非気象学的なデータから、複数の前記衛星から受信された識別信号に適用できる近似の対流圏の遅延値の組を発生するように、かつ地球の表面又は時間に関連した受信機の近似位置を計算するように動作できる手段と、モデルから得られる前記対流圏の遅延値に対する気象データから得られた補正値の組を受信するように動作できる手段と、補正値に基づいて前記得られた遅延値に対して修正を行う手段と、より高い精度で位置又は時間を計算する手段と、を備えている。

【００４７】

前記遅延値に対して修正を行う前記手段は、補正値が得られている位置に関連した計算されたユーザの位置に基づいて前記補正値の補間又は補外を行うように動作可能である。

【００４８】

本発明の第４の形態によれば、全地球的航法衛星システムは、複数の周回軌道衛星を含み、装置は、データを得るために前に定義されたようにユーザ用受信機を含む。

【００４９】

上記の説明では、対流圏の遅延値及び天頂の対流圏の遅延値は、それらの性質を考えることなく参照されている。特定の位置に対して１つの対流圏の遅延値を得ることができるのに対して、それをいわゆる「ウェット」遅延及び「ドライ」又は「水圧」遅延として得ることはより有用である。この明細書の中で特にデータの削減に関して区別することが重要な状態を除いて、対流圏の遅延及びそれらの導出を参照することは、それぞれに対する引き出せる値として読み取られることを意味する。

【００５０】

本発明のさらなる詳細及び利点は、下記の図面を参照する以下の説明から明らかになるであろう。

【発明を実施するための最良の形態】

【００５１】

図１を参照すると、図１は、概略図の形式で地球の表面５０の一部と、その表面５０と関係をもつ各地球軌道内の複数のＧＮＳＳ衛星１１０_1，１１０_2，１１０_3……、並びに、地球の表面５０又はその上の携帯用又は車載形の信号受信機及びプロセッサの形式のユーザ１２０から成る全地球測位システム１００と、を示している。

【００５２】

ユーザ受信機１２０は、従来の方法による、視野内の様々な衛星から送信される無線周波数の信号を受けるフロントエンド受信機１２２，処理手段１２４，及び情報表示又は同様の情報配送装置１２６を備えている。処理手段１２４は、特徴として、軌道位置が地球

上の点に関して知られている様々な衛星から受信された信号に応答するディジタルプロセッサを含み、二次元又は三次元の中にユーザ受信機の位置、及び、幾つかの応用例では重要となる時間を含む解を、これらの信号を受信したときの変動から計算する。

【００５３】

ユーザ受信機は、複数の受信した衛星信号から前に概要を説明した擬似レンジ測定によって近似位置を決定することができるが、この近似位置は、主に天候の前線などの気象学的なシステムの水分の含有量による屈折によって引き起こされる対流圏内の屈折によって信号に加えられる遅延に妥協して処理される。こうした対流圏の屈折は、年のその時点にその近似位置に対して予想される気候条件を示す第１のモデル１３０を受信した信号の処理に適用することによって、少なくとも第１の近似値まで補償することができる。このいわゆる気候モデルは、たまにしか更新されず、また良くても平均の条件しか表示しない限り、本質的に非気象学的である。周知の方法では、気候モデル１３０は、ユーザの位置に関係する年の時間，緯度，及び高度に対する少なくとも１つの、また好ましくは全てのパラメータを保持しており、随意的に、経度及び／又は日の時間のパラメータを保持している。

【００５４】

気候モデルは、ユーザ位置に適用することができる天頂の対流圏の遅延（ＺＤ）を発生するように構成される。このユーザ位置は、より正確な対流圏の遅延値を与えるために、また特に衛星の仰角が低い場合には、受信された信号経路によって実際に取られた方向を考慮する擬似レンジ補正を行うために、受信機に対する衛星の仰角の勾配に関してマッピングすることができる。

【００５５】

この目的を達するために、第１のモデルは、前述した文献の中で実質的にNiellによって立案されたように、例えば３項連分数近似（three-term continued fraction approximation）を使用する仰角マッピング関数１３０’を含むことができる。しかしながら、前述した年の時間，緯度，及び高度のパラメータから得られたマッピングモデルの中で使用されるパラメータは、気象学的な外乱によって引き起こされるエラーを受けることも理解されたい。といっても、これらのエラーは、多くの目的に対して小さすぎるため補正できないと考えられている。

【００５６】

この従来技術の装置は、天頂の対流圏の遅延を使用して、マッピング関数が適切な場合には、近似補正を対流圏の遅延に対して行って、これにより受信機が位置及び時間に対してより正確な解を計算できるようにする。

【００５７】

それが本質的に不正確であるにもかかわらず、この第１のモデルは、ユーザ受信機が製造されて、また組込みの他の場所からの受信信号に依存しないこの（限定されてはいるが）補正機能と共に使用できるようにされる限り価値がある。

【００５８】

これまで、ユーザ受信機の位置精度は、多くの要因によって妥協されてきたが、これらが解決してエラー源が減少するにつれて、第１のモデルを使用する後まで残る残りの対流圏の遅延エラーは、現在では、精度を制約する重要な原因となる。

【００５９】

ここで図２を参照すると、本発明によれば、本願では都合良くサーバと呼ぶ地上局２００が地表の位置に設けられている。この地上局２００は、地球の表面の様々な領域に関連して２つ以上存在する。このサーバは、衛星の信号を受信する手段は備えていないが、１つ以上の気象機構（meteorological organization）から、地球上の様々な位置に対する数値天気予報（ＮＷＰ）の結果を示す又はそれに適した情報を受信するように接続されている。気象情報は、本質的にグローバルなものであるか又は１つ以上のサブグローバルな地域に制限される。

【００６０】

サーバの中で使用するように第１のモデル（１３０）の複製が参照番号２３０でサーバの中に設けられている。この複製には、前述した非気象学的な気候モデリングパラメータ（climate modelling parameter）が含まれる。

【００６１】

一般的に２５０で示された気象学的モデルも、サーバの中に設けられている。このモデルはＮＷＰが提供する気象情報に応答し、ＺＤに対する正確な値を（ウェット及びドライ要素として）決定する。

【００６２】

２つのモデルに対する天頂の対流圏遅延ＺＤ値が、第１のモデルに起因するエラーを引き起こすモデル間の差を求めるために、２６０において比較される。この差がこのように、第１のモデルの製品が第２のモデルと同じ結果を提供するために修正又は補正される修正値を生成する。

【００６３】

これらの補正値は、後で詳細に説明するように、コード化されて２７０においてデータ削減され、次に送信機２７５によって１つ以上のＧＮＳＳ衛星１１０_{1}などへのアップリンクを構成する通信チャネル２８０を経由してユーザ受信機に伝達され、また衛星から全体的に２２０で示されたユーザ受信機に再度送信される。

【００６４】

ユーザ受信機は、第１のモデルに対してＺＤ値（ウェット及びドライ値）をこのように提供する補正値データのデコーダ２２８を含み、これにより、航法及び時間の計算の中で使用するために、あたかも遠く離れたサーバの中にのみ存在する第２のモデルによって正確に得られたように、それらを効果的に同じにする。

【００６５】

選択自由であるが、また後述するように、補正値は第１のモデルのマッピング関数に適用できる項目を含むため、天頂の遅延値及びマッピング関数の値の両方は、位置及び時間を計算するためのより高い精度が与えられる。

【００６６】

上記システムの概要は、さらに多くの特徴を説明することにより下記のように発展される。これらの特徴は個別に使用することができるが、一緒に用いれば好適に相互に関係付けることができる。

【００６７】

サーバ２００にあっては、気象学的モデルは、気象情報が利用できるグリッド点の三次元アレイに依存し、そのような情報を使用して屈折度フィールドを得る。この屈折度フィールドは、地球の表面に近いグラウンド点と特定の衛星との間のレイトレーシングを可能にし、その結果、対流圏の遅延値（ウェット及びドライの遅延値のそれぞれに対して）を発見することができる。

【００６８】

この時点で、伝搬並びに大気の屈折度及び大気現象効果に関する多少の配景を与えることは、それらがレイトレーシング及びＮＷＰに関連するために適当である。

【００６９】

媒体を通過する電磁波の伝搬速度は、媒体を通過する速度に対する自由空間を通過する光の速度の比であると定義された屈折率ｎによって表すことができる（式１－１）。

【数１】

$$n = \frac{c}{v} \qquad (1\text{-}1)$$

ここで、ｎは、屈折率

ｃは、自由空間内の光の速度

ｖは、伝搬速度である。

【００７０】

実際には、図３（ａ）に示すように、経路は、衛星と地表との間を通過するとき屈折によって湾曲されて、この遅延のほとんどをもたらす。全地球的航法衛星システムの対流圏の時間遅延は、相対論的な効果を無視すると、衛星からユーザへのＧＮＳＳ信号の伝搬時間から自由空間の伝搬時間を減算するものと定義される。

【数２】

$$d_{trop} = \int_{User}^{SV} n(s)\,ds - \int_{User}^{SV} ds \quad (1\text{-}2)$$

ここで、ｓは、伝搬経路に沿った距離である。

第１の積分は、湾曲した伝搬経路に沿っており、第２の積分は、幾何学的な直線経路に沿っている。

【００７１】

湾曲したレイパス（ray path）を記述する微分方程式は、下記のように直交座標の中で表すことができる。

【数３】

$$\frac{d}{ds}\left(n\frac{dr}{ds}\right) = \nabla n \quad (1\text{-}3)$$

ここで、ｒ＝ｒ（ｓ）は、レイパスを記述するベクトル、
ｓは、ｒまでの湾曲したレイパスの長さ、
ｎは、屈折率のスカラー場、
ベクトル場の▽ｎは、ｎの勾配である。

【００７２】

この微分方程式は、下記のように展開することができる。

【数４】

$$\frac{d^2r}{ds^2} = \frac{1}{n}\left(\nabla n - \left(\nabla n \cdot \frac{dr}{ds}\right)\frac{dr}{ds}\right). \quad (1\text{-}4)$$

【００７３】

周知の初期値を有する一次常微分方程式（ＯＤＥ）は、数値的な方法、例えばRunge-Kutta法又はAdams-Moulton法を用いて解くことができる。高次の微分方程式は、一次方程式の等価システムとしてそれらを書き直すことによって数値的に解くことができる。置換r_1＝ｒ及びr_2＝ｒ’（第１の派生物）を用いて、レイパスの微分方程式（１－４）は、下記のように２つの一次微分方程式（１－５）及び（１－６）の等価システムとして表すことができる。

【数５】

$$r_1' = \frac{dr}{ds} = r_2 \quad (1\text{-}5)$$

【数６】

$$r_2' = \frac{d^2r}{ds^2} = \frac{1}{n}\left(\nabla n - \left(\nabla n . r_1'\right) r_1'\right) \quad (1\text{-}6)$$

【００７４】

これにより、レイパスの決定は、初期値を有する２つのＯＤＥのシステムの解に達する。標準的な数値的方法、例えばユーザ定義の許容値と一致する適応性のあるステップ制御

を有するRunge-Kutta法を用いて、問題を解くことができる。

【００７５】

解かれたレイパスを用いて、対流圏の遅延は次のように計算することができる。

【数７】

$$d_{trop} = \int_a^b n(s)\,ds + \int_b^c ds - \int_a^c ds \quad (1\text{-}7)$$

ここで、ａ，ｂ，及びｃは、図３（ａ）の中で示されたものと同じである。点ｂは、レイの曲率及び屈折度を無視してよいと仮定できる点に相当し、この明細書では高度７０ｋｍ以上である。

【００７６】

ユーザから衛星までの経路（図３（ａ）ではａからｂ）を決定するためのレイトレーシング工程は、点ａで始まり、開始の仰角を$\alpha_{Apparent}$と仮定する。正確な衛星の位置その結果α_{True}は知られているが、$\alpha_{Apparent}$は、（レイパスが点ｃを横切るように）最初は推定することができるに過ぎない。レイトレーシングは、単に、推測の角度で始動するため、結果として生ずるレイパスは、一般に点ｃを横切らない。少なくとも２つのレイトレースを得て、補間又は反復法を用いることによって、対流圏の遅延が得られる適当な精度の角度を確立することができる。本発明は、各対流圏の遅延に対してより正確な値を使用するために得ることに基づいている。

【００７７】

対流圏の遅延の決定における少なくとも一部は、数値天気予報（ＮＷＰ）のモデリングに基づいている。このモデリングは、質量，運動量，及びエネルギーの保存を含む支配方程式を適用することによって、大気の物理的な処理の進展を予測する。湿度，圧力，温度、及び速度を含む連続型変数の三次元フィールドは数値的に処理され、天候の前線を含む気象学的な特徴は、二次的に得られる特性である。地表，ラジオゾンデ，及び衛星による観察を含む種々の測定は、数値モデルの中に入力できる。地面の湿気，海の表面温度，雲の形成，及び降雨の効果を含む水循環がモデル化される。

【００７８】

数値モデルは、グローバルなもの又は限定された地域のものとすることができる。限定された地域用の高分解能のモデルは、それらが中規模の気象学的な特徴、すなわち大きさが１００ｋｍ未満の天候パターンを反映するため、中規模モデルと呼ばれることが多い。

【００７９】

英国気象庁は、中規模の及びグローバルなデータのいわゆる統一モデル（Unified Model）を有して利用できるようにしている。ＮＷＰモデルのマップは、それぞれマップの適用区域にわたるグリッドを定義し、このモデルは対応する点における対流圏の遅延を提供する。例えばＵＫＭＯは、いわゆるグローバルモデル及び中規模モデルの２つのＮＷＰモデルを有している。前者は、経度では０．８３３３度（５／６度）及び緯度では０．５５５５度（５／９度）の水平分解能を有しており、地球の表面を定義する４３２×３２５点のグリッドを与える。それぞれの点は、中緯度において約６０ｋｍ及び回帰線内では約９０ｋｍのセルに関連付けられる。このグローバルなマップは、とりわけ中規模モデルに対して境界点を提供するために使用できる。この中規模モデルは、イギリス諸島の中心に置かれた地域モデルであり、経度及び緯度において０．１１度の分解能を有し（均一な水平方向の分解能を維持するために、グリッドはシフティードポール（shiftied pole）により回転される）、約１２ｋｍ×１２ｋｍのセルのアレイに対応する１４６×１８２のグリッド点を有する。両方のモデルは３８の垂直レベルを有し、約４０ｋｍまで伸びる。

【００８０】

関連するマップの任意のグリッド点において、大気の屈折率（及びこれにより屈折率の勾配）は、数値天気予報のモデルの圧力，水蒸気の分圧，及び温度のフィールドから得ることができる。大気の屈折度は、ドライ（水圧）成分及びウェット成分に分けることがで

きる。屈折度の精度が０．５％の単純な２項式は、次のようになる。
【数８】

$$N = N_{dry} + N_{wet} = \frac{77.6}{T}\left(P + 4810\frac{e}{T}\right) \quad (1\text{-}8)$$

【数９】

$$N = 10^6(n-1) \quad (1\text{-}9)$$

ここで、Ｎは、屈折度、
ｎは、屈折率、
Ｐは、大気圧（ミリバール）、
ｅは、水蒸気圧（ミリバール）、
Ｔは、温度（ケルビン）である。
【００８１】
使用される数値天気予報のフィールドは、球座標のフレームの中で表される。このため、それは球座標（ｒ，θ，α）の中で屈折度の勾配を発生するのに計算上便利である。この球座標は、下記の変換を用いて局所的なカーブイリニア座標（curveilinear coordinate）（ｕ，ｖ，ｗ）に変換することができる。
【数１０】

$$[\nabla n]_{uvw} = \frac{\partial n}{\partial r}\mathrm{u} + \frac{1}{r\sin\alpha}\frac{\partial n}{\partial \theta}\mathrm{v} + \frac{1}{r}\frac{\partial n}{\partial \alpha}\mathrm{w} \quad (1\text{-}10)$$

【００８２】
次に、さらに回転変換が局所的なカーブイリニア座標のフレームに適用されて、方程式１－５及び１－６を数値的に解くのに適した固定したデカルト座標のフレーム（図３（ｂ）におけるｘ，ｙ，ｚ）の中で勾配を与える。
【００８３】
グリッド点間のＮＷＰフィールドの値は、直線的及び対数－直線的に補間することができる。直線的及び対数－直線的な外挿技術は、ＮＷＰフィールドを最高のグリッド点よりも上にまたＮＷＰの範囲よりも下に延長するために使用できる。屈折率フィールドを正確に作成するためには、高度及び緯度による重力加速度の変動を考慮する必要がある。静力学的平衡を仮定することができる。定義された三次元の屈折率のフィールド（ｎ）を用いて、レイパス方程式を解き、式（１－２）を用いて対流圏の遅延を計算することができる。
【００８４】
大気の屈折率は、ドライ（水圧）成分及びウェット成分に分けることができる。ウェット成分には、大きな空間的及び時間的な変動性がある。全体の天頂遅延をウェット及びドライの天頂遅延に分割することは便利なことが多い。静水力学的な天頂遅延は地上気圧の測定を考えて正確にモデル化することができるが、ウェットの天頂遅延は、地表の湿度の測定値からは、それらの測定値は上記の大気を代表していないため、正確に決定することはできない。
【００８５】
理解を深めるために、いわゆる「ウェット」及び「ドライ」成分及びそこに適用された仰角のマッピングとして、対流圏の遅延の表示の説明を手短に参照する。
【００８６】
対流圏の遅延をモデル化する場合、第１のモデルに基づいて、所定の仰角εにおける対流圏の遅延を、下記のようにマッピング関数（ｍ（ε））によって天頂遅延（d^z_{Trop}）に関連付けることは都合が良い。

【数１１】

$$d_{Trop} = d^{z}_{Trop} m(\varepsilon)$$

【００８７】

静水力学的な天頂遅延は地上気圧の測定を考えて正確にモデル化することができるが、ウェットの天頂遅延は、地表の湿度の測定値からは、それらの測定値は上記の大気を代表していないため、正確に決定することはできない。所定の仰角における対流圏の遅延に関する方程式は、下記のように定義することができる。

【数１２】

$$d_{Trop} = d^{z}_{hyd} m_{hyd}(\varepsilon) + d^{z}_{wet} m_{wet}(\varepsilon)$$

【００８８】

静水力学的な及びウェットな大気の遅延の重ね合わせを単純化する場合には、伝搬経路は、静水力学的な及びウェットな成分の両方に依存することに注意を払う必要がある。

【００８９】

Niellの方法論による静水力学的な及びウェットなマッピング関数は、事前の気象情報を必要とせずに高い精度を保持し、仰角による対流圏の遅延の変動は連分数の拡張によって効率的にモデル化することができる。

【００９０】

対流圏の遅延の中で大きな空間的及び／又は時間的な変動がある気象学的な特徴により、ＮＷＰ由来の対流圏の補正の精度及び地域的又はグローバルなベースの配布に対して必要な帯域幅は影響を受ける。静水力学的な屈折度における時間的及び空間的な変動は、一般に小さいのに対して、大気の湿気における急速な変化に関連した気象学的な特徴は、精度／帯域幅の関係に大いに影響する。

【００９１】

数値予報モデルの分解能よりも小さい気象学的な特徴は、ＮＷＰ由来の対流圏の補正の中で正確に反映されていない。

【００９２】

天候の前線は、気団の間の境界面を区分する。この気団は、その物理的な特性が水平方向に数百ｋｍにわたってほとんど均一な、空気の大きな塊として定義される。前線では、大気の湿気、温度及びこれにより屈折度の中で突然の変化が発生することが特徴付けられる。前線は、３つの分類、すなわち温暖前線，寒冷前線，及び閉塞前線に区分することができる。

【００９３】

対流圏の遅延における最も急速な変化は、衛星の仰角と前線の勾配が等しい場合に発生する可能性がある。一般に英国では、前線は時間当たり３０から５０ｋｍ移動し、３ｃｍ／時間の天頂遅延の変動が結果として発生することがある。対流圏の遅延はレイトレーシングである限り、地球への勾配に従って変化し、高度及び位置の両方に対して別々に変化する気象学的な特徴によって発生する。

【００９４】

サーバ２００は、このように、気圧，温度，及び湿度のデータを含む地域的な又はグローバルな数値天気予報のモデルの情報を入力として取り入れ、三次元の屈折率のフィールドを気象データから計算する。ウェット及びドライの対流圏の遅延は、地形データベースに対応する高さのＮＷＰの適用範囲に対応するグリッドの付いた領域（ＮＷＰの地形とすることができる）に対して得られる。これらは、天頂遅延に変換されるか、又は最初に天頂遅延として計算される。高さを含む同じグリッド位置に対して、ウェット及びドライの天頂遅延が、第１のモデル２１０から計算される。

【００９５】

第１のモデルと気象学的なモデルとの間の差、及び、これによる第１のモデルの天頂遅延に対する、それらの遅延を正確にするために必要な修正を計算する中で、サーバは、これらの差をそれぞれ第１のモデルの値から分数変化率としてすなわち百分率として得る。

【００９６】

これに関しては、２つの利点がある。第１の利点は、遅延及び差の実際の値であるにもかかわらず、差は対応する第１のモデルの値から小さい範囲の中（ほぼ±１０％）にあることが判明していることである。これにより、実際の値の差が使用される場合よりも小さい範囲の送信する補正値を作ることが可能にされる。第２の利点は、それは補間によって第１のモデルの天頂の遅延に対してより優れた補正値を提供することである。

【００９７】

高さによる天頂遅延の変動を含む第１のモデルに対する百分率補正として定義された補正値$BC_{\%}$が送信される。補正値は、グリッド入りのデータセットの形式である。ユーザは、下記のように、隣接する設定点からそれらの対流圏の補正を線形補間することができる。

【数１３】

$$BC_{\%}(\phi,\lambda,h_0)=100.\frac{ZD^{h_0}_{nwp}-ZD^{h_0}_{prior}}{ZD^{h_0}_{prior}}$$

ここで、

【数１４】

$$ZD^{h_0}_{nwp}$$

は、数値天気予報から計算され、高さh_0から測定された天頂遅延であり、

【数１５】

$$ZD^{h_0}_{prior}$$

は、アプリオリの大気モデルを用いて計算され、高さh_0から予測された天頂遅延であり、

h_0は、ブロードキャスト補正百分率（broadcast correction percentage）が計算される平均海水面上の高さであり、

φは、ブロードキャスト補正百分率が計算される緯度であり、

λは、ブロードキャスト補正百分率が計算される経度である。

【００９８】

ユーザは、下記のように天頂遅延を計算できる。

【数１６】

$$ZD^{h_1}_{User}=ZD^{h_1}_{prior}(1+BC_{\mathrm{int}\%}/100)$$

ここで、$BC_{int\%}$は、補間された補正百分率であり、

h_1は、ユーザの高さである。

【００９９】

この技術は、ユーザ用受信機が、ＮＷＰモデルが展開するにつれて変化する可能性があるＮＷＰの地形データセットを記憶しないで済むようにすることに留意されたい。ユーザがブロードキャスト補正に対応するグリッド点の１つに位置し、かつ$h_1=h_0$の場合、対流圏の補正を適用されたユーザは、

【数１７】

$$ZD_{nwp}^{h_0}$$

に等しい。

【０１００】

特に衛星による通信では、さらに全地球的航法衛星システムの衛星による通信では、伝送帯域幅に制約があることを理解されたい。改良により将来的にはこの制約は緩和される可能性があるが、現在では、５００ビット／秒未満で、一般的には２００から２５０ｂｉｔ／ｓでデータの送信を計画する必要がある。このことは、ある送信ウィンドウ（transmission window）の中を除いて、いつでも送信に利用することはできないという衛星によって悪化される。この目的のためには、モデルから得られた補正データがデータを削減するために適当である。

【０１０１】

ＮＷＰモデルのマップはそれぞれマップの適用区域にわたるグリッドを定義し、モデルは対応する点における天頂遅延を提供するため、前記地理的な点に対応する差の組（修正値クロック補正値）が定義される。このため、特定の時間における気象情報の特定の組に対して、サーバは機構のマップの適用範囲の様々な位置に対してこうした天頂遅延の修正値のマトリックスアレイを編集することができる。

【０１０２】

例えば、上述したように、ＵＫＭＯは２つのＮＷＰモデル、即ちいわゆるグローバルモデル及び中規模モデルを有する。前者は、地球の表面を定義する４３２ｘ３２５点のグリッドを与える分解能を有し、中規模モデルはイギリス諸島の中心に置かれた地域モデルであり、146ｘ１８２のグリッド点を有する。

【０１０３】

これにより、それぞれが複数ビット語によって表現される二次元マトリックスアレイの点の補正値の組が存在する。特に、この実施形態では、これは８ビット語によって表すことができる。

【０１０４】

このため、基地局の中には関心のある特定のＵＭに基づいて、補正値の地理的な分布、即ち本質的に８ビットの補正値のグレースケールのマップ画像が存在する。そのようなマップは、理解するに役立つ程度まで、画像的に示すことができる。図４はそのようなグローバルな補正マップを表示している。

【０１０５】

この画像表示は、実際に、情報及びその配布を示したものでありまたそれらに基づいているが、情報の形式は、データファイルすなわち配布用の情報の大きさを減らすために、こうした二次元の画像と共に使用するデータ圧縮技術に向いていることは理解されよう。

【０１０６】

損失のない又は損失のある圧縮マップを使用できるが、この実施形態では、サーバは損失のある画像圧縮を行う。好ましい圧縮は、情報のファイルの大きさを減らすために、ＪＰＥＧ（コサインベース）などの他の規格又は単純なサブサンプリングなどの他の技術を使用することもできるが、ＪＰＥＧ２０００規格（ウェーブレットベース）に基づいている。

【０１０７】

この時点で、ユーザの受信機を再度参照することが適当である。補正データ信号が通常の信号を用いて全地球的航法衛星システムの衛星から受信される限り、特別な受信回路は必要としない。補正（画像）データセットはプロセッサの天頂遅延計算部に送られ、この計算部は前述したように補正値として個々の画素値を使用するために画像をデコードする。そのようなデコーディングは、受信機の中に構築されたハードウェアの機能によって実現されるか、又は受信機の中央プロセッサの中に格納されたソフトウェアによって達成さ

れる。ＪＰＥＧの画像ファイルを復元するソフトウェアは周知である。

【０１０８】

例えば、圧縮されていない画像のファイル寸法が約１４１ｋｂの場合、圧縮係数３５（ファイル寸法を４ｋｂに縮小する）はほとんど圧縮雑音を発生しないが、１４０というより大きな圧縮（１ｋｂに縮小）では、圧縮雑音ははっきりと分かる。このことは、図５に図表を用いて示されている。

【０１０９】

ウェット遅延の関数に対する条件はドライ遅延の関数よりも遙かに複雑であり、より大きな寸法のファイルを発生することは理解されよう。このため、ファイル寸法をそれぞれ９ｋｂ及び１ｋｂ程度に圧縮することをかなり期待することができるウェット及びドライの遅延関数に分離することにより、約８８，０００ビットに広める必要がある。

【０１１０】

このデータセットは、１つの画像として星座グループの全ての衛星に送信することができる。この実施形態では、そのような低速でデータを送信する能力は、全画像を高い送信速度／長い持続時間で、又は特定の衛星に関連したマップ領域に関連した画像の一部のみ、又はそれぞれが関連する部分のみを受信するように衛星の中で分割して、全地球的航法衛星システムの衛星に送信することによって達成され、これにより、必要な受信時間を3分の1に減少することができる、すなわち送信及び受信は２５０ビット／秒のデータ速度で約2分かかる。

【０１１１】

このように、ＧＮＳＳ衛星のそれぞれは、通常の信号を用いて補正信号を放送することができる。これらの補正信号は、各ユーザ用受信機が天頂の対流圏の遅延のモデリングと共に使用して、その位置に関係するほぼ現在の気象条件に従ってモデルが使用する値を補正することができる。

【０１１２】

データ配布速度は技術的及び経済的に両方共に重要であることは理解されよう。第１に、別の情報の中に組み込むために利用できるデータ送信能力は、少なくとも現在の全地球的航法衛星システムを使用する場合は限定される。

【０１１３】

別の種類のデータについては、解決策は送信事象の持続時間を引き伸ばすことであると思われるが、天候に依存するデータを更新する場合には、これは適当な選択肢ではない。天候が変化して、天候の形態が地球の表面にわたって、またこれにより、気象学的なモデルの中で使用されるグリッドを超えて移動する限りにおいて、伝達要素（currency element）すなわち望ましい対流圏の遅延値が有効な時間間隔及び／又は距離が存在する。そのような伝達時間は１時間程度であり、及び／又はグリッドの大きさは５０から９０ｋｍであると信じられている。このため、ユーザが気象学的に一般に対流圏の遅延値に依存するためには（補正するために）、それは発生されるそのような有効な時間又は位置の中にあることが必要である。従って、ユーザへの送信に関しては、ユーザが情報をまだ有効な間に受信し処理できるような速度で送信を行う必要がある。衛星の送信速度は、ビットレートにおいては遅く、またそのような補正情報のダウンロードは断続的に利用できる。このため、データが存続している間に補正データ（画像）の組を転送できるようにするには、データを縮小することが絶対必要である。

【０１１４】

さらに、補正データ（画像）の組をダウンロードするために要する時間は、ユーザがダウンロードを行うこと、画像データファイルを復元すること及び位置を計算することに要する時間を待つことができないようにするほど、過度に長くてはならない。

【０１１５】

このため、これらの様々な目的を達成するデータの縮小／画像の圧縮を行うことは重要である。

【０１１６】

遅延値（及び得られた補正値）の実行可能性についての上記の説明を考慮すると、ＮＷＰモデルの方式に基づいてデータを使用することにより、予測された対流圏の遅延の実行可能性は（前述したように）比較的小さいにもかかわらず、気象条件を予測すること及び予測された時間に対してかって現在であった数時間前に任意の点に対する対流圏の遅延を得ることが実際に可能であることに注意されたい。

【０１１７】

これにより、地域のグリッド点に関連する対流圏の遅延の組（天頂の対流圏の遅延として）だけでなく、将来の時間に対して予測された対応する組を作り出すことは可能である。すなわち、サーバは補正値の組の予測の組を得ることができる。

【０１１８】

予測の組を記憶することができ、またその要素の特定の時間に対する補正の組を、その時間が現在のものでかつその組が有効な場合は検索することができるため、サーバが定期的に遅延の補正を作ることに専ら集中することができる場合は、このことは有用である。

【０１１９】

別の方法では、有効性が現在のものである場合に補正の組を検索及び再度送信するために、そのような予測の組を送信しかつ衛星の中で記憶するか、又は同様に検索するために受信機の中に記憶する。

【０１２０】

予測データの組を発生しアップロードする両方の能力はあるが、実際には、現在のところ、データ送信に関する隘路は、衛星（特に、全地球的航法衛星システムの衛星）からユーザへのダウンロードにある。

【０１２１】

衛星がユーザに送信するためにファイルした補正データの組の寸法を縮小するために、ある範囲内すなわち衛星を見える範囲内のユーザに適用できる遅延の補正値のみを送信するようにまとめることができる。このとき、地球の他の地点のユーザに対するデータは無視する。これは、サーバが衛星にアクセスできるユーザを考慮して、補正データセットのどの部分を特定の衛星にアップロードするかを決定することによって、又はサーバはグローバルなデータセットをアップロードするが、衛星がそのデータセットのどの部分を再送信するかを決定することによって実現することができる。

【０１２２】

上記の説明は、ユーザ用受信機の第１のモデルが修正することができない位置決めエラーの主な原因である、天頂の対流圏の遅延に対する補正値の導出、通信及び使用を説明することに集中している。

【０１２３】

前述したように、第１のモデルはパラメータを使用するマッピング関数も使用する。これらのパラメータも大気に依存し、また気候モデルの中で使用される要素、すなわち年（ａ）、緯度（ｂ）及び高度（ｃ）の時間の関数を含む。これらも、サーバの中で得られる補正の組によって補正される。このマッピング関数は、下記のように表すことができる。

【数１８】

$$m(\epsilon, a, b, c) = 1 + \cfrac{a}{1 + \cfrac{b}{1 + c}} \Big/ \sin(\epsilon) + \cfrac{a}{\sin(\epsilon) + \cfrac{b}{\sin(\epsilon) + c}} \qquad (2\text{-}1)$$

ここで、εは仰角である。

【０１２４】

この式は、さらに次のように表すことができる。

【数１９】

$$m(\varepsilon,a,b,c)=\frac{1+\dfrac{a_0+\Delta a}{1+\dfrac{b_0+\Delta b}{1+c_0+\Delta c}}}{\sin(\varepsilon)+\dfrac{a_0+\Delta a}{\sin(\varepsilon)+\dfrac{b_0+\Delta b}{\sin(\varepsilon)+c_0+\Delta c}}} \qquad (2\text{-}2)$$

ここで、a_0，b_0及びc_0は、第１のモデルの値であり、△ａ，△ｂ，△ｃは、気象学的モデルによって得ることができる仰角のマッピングを行うためにそこに適用される補正値である。

【０１２５】

適切な工程によって、式（２－２）と追跡された光線との間の残差の二乗の合計が最小にされる。このため、同様なデータの画像ファイルとして△ａ，△ｂ及び△ｃから構成するか、又はこれらの補正値から成る語の要素を含むように語長を増加することによって、天頂の補正データの画像ファイルの上に重ね合わされた補正値の組が得られる。

【０１２６】

送信及び受信のアンチコーディング（anti-coding）は、受信機が現在はマッピング関数のパラメータと共に使用するために補正値を有していることを除いて前と同様であるため、天頂遅延及びそのマット値は両方ともより正確に表される。

【０１２７】

高度マッピング関数（elevation mapping function）の中に経度及び日の時間のパラメータを含むことが可能であり、このため、数値解を得るための上記の方法はそこまで拡張されることは理解されよう。

【０１２８】

ＮＷＰを使用することは便利であり、色々な意味で都合が良いが、別の気象学的なソースをそれと組み合わせて使用して、利用可能なデータを増加することができる。大気圏を三次元観察する何らかの他の気象学的なモデルを、ＮＷＰの代わりに使用できる。明らかなように、ＮＷＰはグリッドに対して定義された対流圏の遅延を得る。このグリッドのセルの寸法は、使用する場合はＮＷＰモデルによって制限される。雷雨などのように含水率が高く、対流圏の遅延を生じさせることができる多くの天候の特徴は、ＮＷＰモデルの分解能のしきい値以下である。しかしながら、高い分解能でそのような特徴が存在することを識別できる本質的に寸法的な特質（dimensional nature）の、衛星画像などの多くのデータソースが存在する。また、そこに含まれる情報を使用して、そのような特徴をＮＷＰのグリッドの全体にわたって考慮するために、特定のグリッドのセルに対するＮＷＰ値を変えることができる。

【０１２９】

上述した実施形態は、組込みの第１の非気象学的なモデルを有するユーザ用受信機が、モデル単体の使用によって可能になるよりも一層正確に自身の位置を決定できるようにすることを意図している。計算の解の一部は、対流圏の遅延についてのモデルの解釈によって可能にされた精度に対する時間値を得ることであることは理解されよう。あるユーザにとっては、重要なものは時間関数であり、そのようなユーザは固定した受信機の正確な位置を知ることができる。

【０１３０】

図６を参照すると、全地球的航法衛星システム５００の第２の実施形態の概略図が示されている。ユーザ用受信機５２０は、ユーザ用受信機１２０に類似しているが、第１の非気象学的なモデルが欠如している（又はディセーブルにされている）。

【０１３１】

サーバ６００は、第１の非気象学的なモデルが同様に削除されており、かつ、送信は、

衛星を介するのではなく地上波で行うことを除いて、サーバ２００に類似している。サーバの中には、付加された気象データによって増加されたＮＷＰのデータに基づいて、前述したように三次元の屈折率フィールドを発生し、かつ、ＮＷＰのデータがカバーする領域に対する対流圏の遅延値を得ることができるレイトレーシングを行う気象用プロセッサ６５０が備わっている。しかしながら、このサーバは、また、ユーザに関する地球の座標及び衛星の高度及びアジマス角の中で、ユーザの位置に関連するデータ又はユーザの位置を識別するデータを受信するか又は内部に記憶している。このため、サーバは単純な天頂の遅延値を作ることはしないが、未加工データから適当な対流圏の遅延値を計算するか又はユーザの位置に対して正しい角度でマッピングされた多数の遅延値の１つを選択することができる。このように、サーバは、実際の遅延値をユーザに無線又は有線の手段で伝達するため、ユーザはより正確な時間値を得ることができ、適切な場合、その位置を確認することができる。気象データが予想する目的のために得られる限り、遅延値を得て送信することはリアルタイムで行う必要はないが、それを使用する前であることが好ましいことは理解されよう。１つの対流圏の遅延値がこのように得られて送信されるだけでなく、システム２００に関して説明された方法と同様の方法で、遅延値の予想の組が得られて記憶される。この組の各要素は、検索され、予想された時間を考慮して、それが現在のものになると使用される。サーバが他の目的に使用される場合は、適当な時間にその要素を送信するために、予想の組をサーバの中に保管することができるか、又はその組をユーザ用受信機に送信してそこに保管し、組の要素が現在のものになるときにそれらを検索することができる。さらに、送信は、衛星経由で行い、必要な場合はデータ縮小を行うことは理解されよう。

【０１３２】

上記の開示内容は、次のように要約することができる。

【０１３３】

対流圏補正用サーバは、気圧，温度，及び湿度のデータを含む地域の又はグローバルな数値天気予報のモデルの情報を入力として取り込む。例えば分解能が高い水蒸気などの別の気象データは、赤外線から衛星による観察を評価し、ＮＷＰデータを増加するために使用され、かつ極めて小さい気象学的な特徴（例えば、局所的な対流嵐（convective storm））の補正を支援する。

【０１３４】

対流圏補正用サーバは、気象データから三次元の屈折率フィールドを計算する。ウェット及びドライの天頂遅延が、地形データベースに対応する高さのＮＷＰの適用範囲に対応するグリッドの付いた領域（ＮＷＰの地形とすることができる）に対して計算される。サーバ２００の場合は、高さを含む同じグリッド位置に対して、ウェット及びドライの天頂遅延が前のモデルから計算される。次に、サーバは、前のモデルと気象学的な観察に基づいた天頂遅延との間の差を百分率として計算する。ウェット及びドライの百分率補正のグリッドが付いたデータセットが次に量子化され、損失画像圧縮技術を用いて圧縮される。画像をデコードするために必要なデータを含む圧縮された画像は、次に、衛星アップリンクステーション（satellite uplink station）（衛星航法システムの地上のインフラストラクチャーの一部）に配送される。画像データは、現在の大気の状態に関係し、数時間の予想画像も含むことができる。データのアップロードは１つ以上のアップリンクステーションから行うことができ、１つ以上の衛星にアップリンクすることができる。データは、本質的にグローバルなデータ又は地域的なデータとすることができる。各衛星に送られるデータは、例え各衛星のデータが地域限定的であっても、全体の衛星がグローバルな適用範囲を提供するように、地域限定的なデータであっても良い。

【０１３５】

数時間の予想画像を衛星にバッチ形式でアップロードすることは、衛星航法システムの地上インフラストラクチャーに対する負担を軽減するために行うことができる。各衛星は、衛星航法システムの航法データの一部として、最も適切な最新の対流圏の画像を放送する。

【０１３６】
ユーザの衛星航法信号用のトラッキングシステムは、衛星軌道決定パラメータを含む標準的な航法データの対流圏画像を受信し、擬似レンジの蓄積されたキャリアの観察を行う。ウェット及びドライの圧縮された対流圏の補正画像は復元される。以前のウェット及びドライの天頂遅延が計算される。以前のウェット及びドライの天頂遅延のモデルは、対流圏補正用サーバの中で使用されたものと同じである。次に、ユーザの位置に対応するユーザのウェット及びドライの天頂遅延が、隣接するグリッドが付いたデータ点間の補間を用いて計算される。
【０１３７】
次に、ウェット及びドライの天頂伝搬遅延値が、衛星の仰角マッピング関数を用いて、衛星の特定の擬似レンジ補正値に変換される。最後に、標準的な航法の解が、気象学的な観察ベースの対流圏の遅延の補正値を付けて計算される。
【０１３８】
位置決めシステム、数値天気予報の技術及び気象学的な測定から補正された対流圏の遅延の情報を得ることの実行に影響する要因に対するより包括的な説明は、M Powe、J Butcher及びJ Owenらによる「Tropospheric Delay Modelling and Correction Dissemination using Numerical Weather Prediction Fields」という文献、Proceedings of GNSS 2003、の中に見出され、本願に対する優先権が請求される出願書類の中に含まれる。この文献は、参照することによって本願に組み込まれる。
【図面の簡単な説明】
【０１３９】
【図１】従来技術から周知のＧＮＳＳ位置決めシステムの概略図であって、ユーザ位置決め受信機装置及び複数の周回軌道位置決め衛星を例示している図である。
【図２】本発明を使用するＧＮＳＳ位置決めシステムの第１の実施形態の概略図であって、ユーザ位置決め受信機装置，地上局，及び複数の周回軌道位置決め衛星を例示する図である。
【図３ａ】レイトレーシングの図表による説明図である。
【図３ｂ】レイトレーシングにおける屈折度フィールドのマッピングの図表による説明図である。
【図４】画像圧縮技術によってデータを圧縮するために好適な、天頂の遅延データファイルの画像表示の図である。
【図５】どのように雑音が圧縮に影響するかを図表で示した図である。
【図６】既知の位置にユーザステーションがある場合の、図２に類似した本発明の第２の実施形態の概略図である。

【図１】

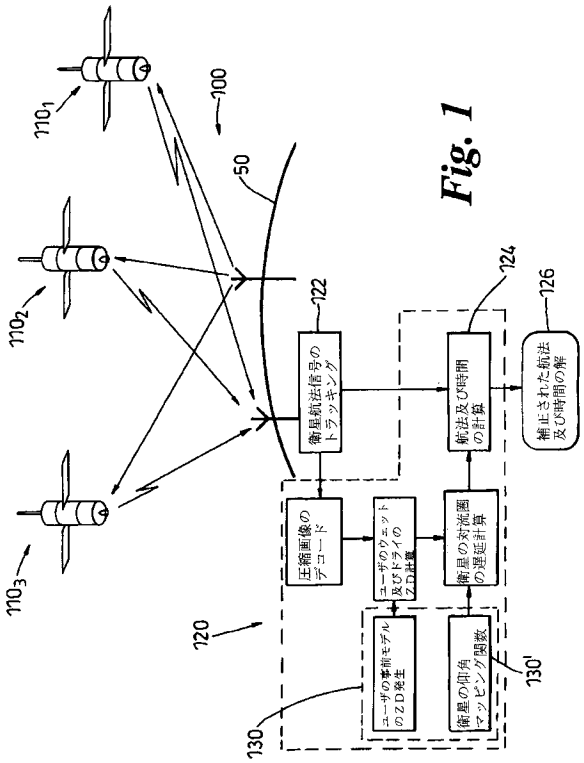


Fig. 1

【図２】

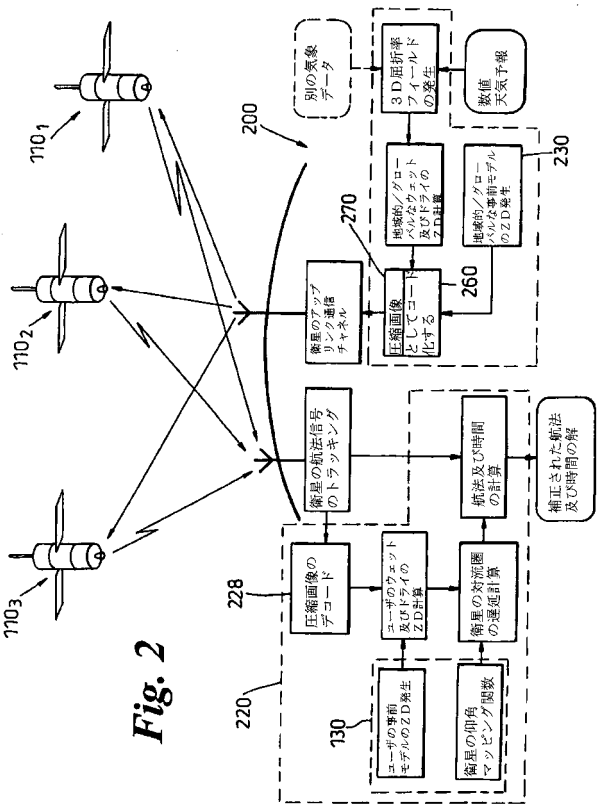


Fig. 2

【図３ａ】

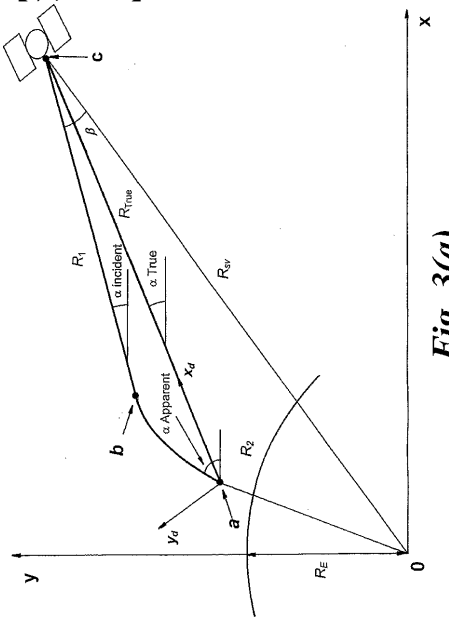


Fig. 3(a)

【図３ｂ】

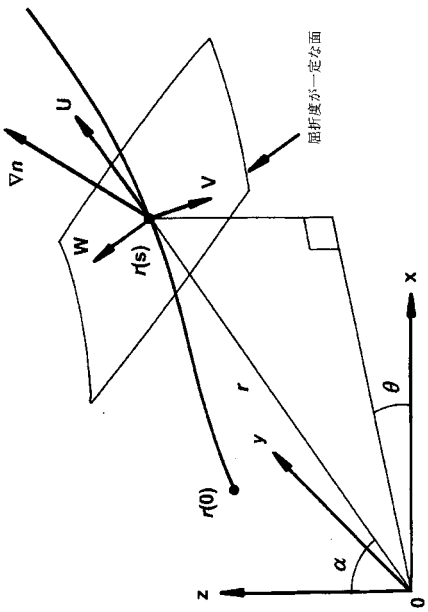


Fig. 3(b)

【図４】



Fig. 4

【図５】

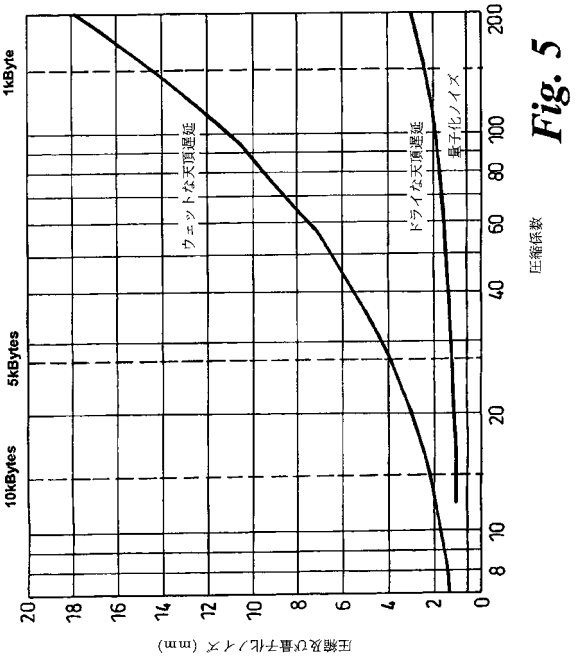


Fig. 5

【図６】

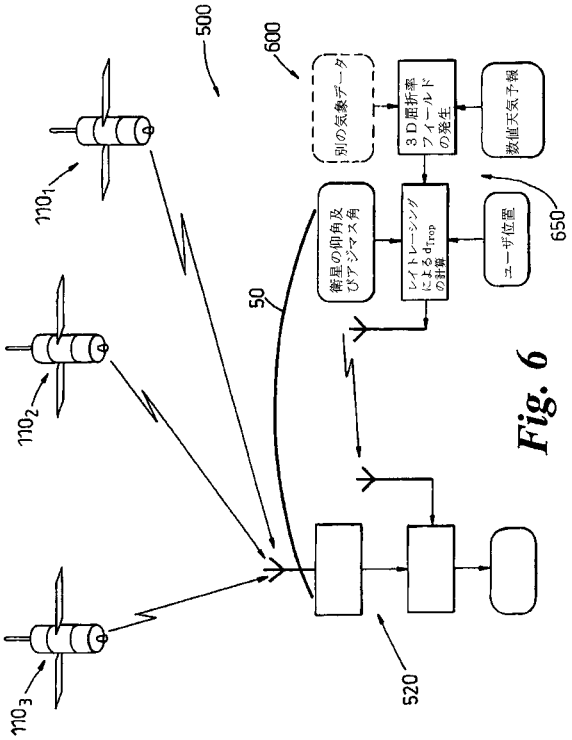


Fig. 6

【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Application No
uB2004/001676

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 G01S5/14

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, WPI Data, PAJ, INSPEC

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2002/199196 A1 (M. RABINOWITZ, J.J. SPILKER) 26 December 2002 (2002-12-26) paragraph '0038! - paragraph '0042! paragraph '0048! - paragraph '0053!	1-62
A	PARKINSON, BW, SPIKER, JJ: "Global Positioning System: Theory and Applications Volumn 1" 1996, AIAA , WASHINGTON, USA , XP002291515 page 517 - page 546	1-62
A	US 5 323 322 A (MUELLER K TYSEN ET AL) 21 June 1994 (1994-06-21) column 13, line 28 - column 15, line 2 Tropospheric Delay Correction Meteorological Sensor	1-62
	-/--	

[X] Further documents are listed in the continuation of box C. [X] 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.
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
6 August 2004	23/08/2004

Name and mailing address of the ISA	Authorized officer
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	Ó Donnabháin, C

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (January 2004)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Application No
uB2004/001676

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2001/026239 A1 (FENTON PATRICK C) 4 October 2001 (2001-10-04) paragraph '0017! claims 1,7,8	59

Form PCT/ISA/210 (continuation of second sheet) (January 2004)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Application No
GB2004/001676

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2002199196 A1	26-12-2002	WO 03075630 A2	18-09-2003
		US 2003156063 A1	21-08-2003
		US 2003201932 A1	30-10-2003
		US 2004140932 A1	22-07-2004
		EP 1366375 A2	03-12-2003
		JP 2004109139 A	08-04-2004
		WO 02063865 A2	15-08-2002
		WO 02063866 A2	15-08-2002
		US 2002145565 A1	10-10-2002
		US 2002184653 A1	05-12-2002
		US 6522297 B1	18-02-2003
		US 2003058167 A1	27-03-2003
		US 2003052822 A1	20-03-2003
		US 2003085841 A1	08-05-2003
		US 2003174090 A1	18-09-2003
		US 2003231133 A1	18-12-2003
		US 2002144294 A1	03-10-2002
		US 2003145328 A1	31-07-2003
US 5323322 A	21-06-1994	NONE	
US 2001026239 A1	04-10-2001	NONE	

Form PCT/ISA/210 (patent family annex) (January 2004)

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW,GH,GM,KE,LS,MW,MZ,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,IT,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,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,SY,TJ,TM,TN,TR,TT,TZ,UA,UG,US,UZ,VC,VN,YU,ZA,ZM,ZW

(72)発明者 パウ，マシュー・ダンカン
イギリス国ハンプシャー州ジーユー１４・０エックスエル，ファーンボロ，アイヴリー・ロード，ディーエスティーエル・ファーンボロ
(72)発明者 ブッチャー，ジェイムズ
イギリス国ハンプシャー州ジーユー１４・０エックスエル，ファーンボロ，アイヴリー・ロード，ディーエスティーエル・ファーンボロ
(72)発明者 オーウェン，ジョン・イヴォー・ルーブリッジ
イギリス国ハンプシャー州ジーユー１４・０エックスエル，ファーンボロ，アイヴリー・ロード，ディーエスティーエル・ファーンボロ

Ｆターム(参考) 5J062 AA08 AA09 CC07 DD23 EE01

【要約の続き】
の組は画像圧縮技術（２７０）によって縮小され、全地球的航法衛星システムの衛星（１１０_{1}など）を介して低いデータ転送速度でユーザ用受信機に送信される。この受信機は、単に補正値をそれ自身のモデルによって得られた天頂遅延に適用する。ユーザの位置が知られている場合は、サーバは直接受信機の位置に対する正確な対流圏の遅延値を送信するために得ることができる。