

(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2004-504612
(P2004-504612A)

(43) 公表日 平成16年2月12日(2004.2.12)

(51) Int.C1.⁷

G01S 5/14

G06F 17/10

H04B 7/195

F 1

G01S 5/14

G06F 17/10

H04B 7/195

テーマコード(参考)

5B056

5J062

5K072

審査請求 未請求 予備審査請求 有 (全 54 頁)

(21) 出願番号 特願2002-512830 (P2002-512830)
 (86) (22) 出願日 平成13年7月11日 (2001.7.11)
 (85) 翻訳文提出日 平成15年1月14日 (2003.1.14)
 (86) 國際出願番号 PCT/US2001/021852
 (87) 國際公開番号 WO2002/006987
 (87) 國際公開日 平成14年1月24日 (2002.1.24)
 (31) 優先権主張番号 09/615,105
 (32) 優先日 平成12年7月13日 (2000.7.13)
 (33) 優先権主張国 米国(US)

(71) 出願人 502335637
 グローバル ロケート インコーポレイツ
 テド
 アメリカ合衆国 95142 カルフォル
 ニア州 サン ジョゼ サウス バスコム
 アベニュー 3190 スイート 26
 O
 (74) 代理人 100097456
 弁理士 石川 徹
 (72) 発明者 ディグゲレン フランク バン
 アメリカ合衆国 94120 カリフォル
 ニア州 サン ジョセ アラミトス グレ
 エク ドライブ 1005
 F ターム(参考) 5B056 BB00 HH01
 5J062 AA02 AA08 CC07 DD00 DD23
 最終頁に続く

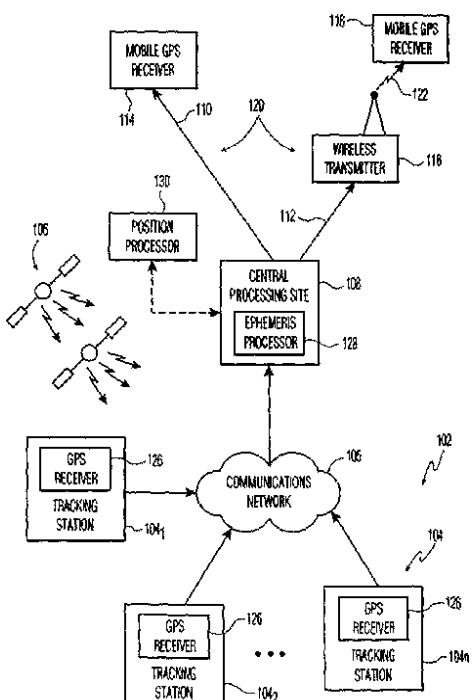
(54) 【発明の名称】軌道暦データを伝搬するワイドエリア基準ネットワークを利用した移動受信機の探索方法と装置

(57) 【要約】

【課題】ワイドエリアネットワークの全地球測位システム(GPS)受信機と中央サイトの間の通信リンクを利用してGPS衛星軌道暦データを送る方法と装置を提供する。

【解決手段】全地球測位システム(GPS)移動受信機(114、118)と中央サイトの間の通信リンクを利用してGPS衛星(106)の遠隔測定データを送る方法と装置を提供する。中央サイト(108)は、全ての衛星からの遠隔測定データを中央サイトに送る基準衛星受信機のネットワークに接続される。移動GPS受信機(114、118)は、送られた遠隔測定データを使用して、GPS衛星信号の捕捉を助ける。衛星遠隔測定データを利用することによって、移動受信機の信号受信感度を改善する。

【選択図】図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

位置の探索方法であって、

全地球測位システムの衛星群内の全ての衛星から衛星遠隔測定データを受け取る工程と、受け取った衛星遠隔測定データを中央処理サイトに伝える工程と、

選択された衛星遠隔測定データを移動受信機に伝搬する工程と、

前記移動受信機で、前記選択された衛星データを使用して少なくとも1つの衛星信号を捕捉する工程を備える方法。

【請求項 2】

前記選択された衛星遠隔測定データは、前記移動受信機の視界内の各衛星の軌道暦データを含む、請求項1の方法。 10

【請求項 3】

前記選択された衛星データは、前記移動受信機の視界内の各衛星の相対的な位置を表わす、前記軌道暦データから導出された擬似距離モデルを含む、請求項2の方法。

【請求項 4】

前記選択された衛星遠隔測定データは、前記衛星軌道暦データから導出されたドップラーメートル値を含む、請求項2の方法。

【請求項 5】

前記捕捉する工程は、前記選択された衛星遠隔測定データを使用して周波数とコードの不確かさを狭める工程をさらに備える、請求項1の方法。 20

【請求項 6】

前記受け取る工程は、4台の衛星信号受信機を利用して実施される、請求項1の方法。

【請求項 7】

前記選択された衛星データを使用して前記移動受信機の位置を計算する工程をさらに備える、請求項1の方法。

【請求項 8】

前記計算する工程は、前記移動受信機内で実施される、請求項7の方法。

【請求項 9】

前記計算する工程は、前記移動受信機から離れた場所で実施される、請求項7の方法。

【請求項 10】

前記少なくとも1つの衛星信号は、信号強度が高い信号であり、前記捕捉する工程は、少なくとも1つの捕捉衛星信号を使用して低信号強度のその他の衛星信号を受け取ることを支援する工程をさらに備える、請求項1の方法。 30

【請求項 11】

前記少なくとも1つの捕捉衛星信号は、クロックと相関器の遅延オフセットを発生させるために使用される、請求項10の方法。

【請求項 12】

前記少なくとも1つの捕捉衛星信号は、信号強度の低い衛星信号に関する擬似距離の計算期待値を改善するために使用される、請求項10の方法。

【請求項 13】

位置の探索方法であって、

全地球測位システム衛星群内の複数の衛星から衛星遠隔測定データを受け取る工程と、前記受け取った衛星遠隔測定データを、中央処理サイトに伝える工程と、

擬似距離と擬似速度と擬似距離加速度を含む擬似距離モデルを導出する工程と、

前記擬似距離モデルを移動受信機に伝搬する工程と、

前記移動受信機で前記擬似距離モデルを使用して、少なくとも1つの衛星信号を捕捉する工程を備える方法。

【請求項 14】

前記捕捉する工程は、前記擬似距離モデルからドップラーベクトル値を計算する工程をさらに備える、請求項13の方法。 40

【請求項 15】

前記衛星遠隔測定データは、衛星クロック信号と衛星位置情報を含む、請求項13の方法。

【請求項 16】

前記擬似距離モデルは、前記移動受信機の視野内の各衛星の軌道暦データを含む衛星遠隔測定データから導出される、請求項13の方法。

【請求項 17】

前記衛星遠隔測定データは、前記衛星軌道暦データから導出されるドップラー測定値を含む、請求項16の方法。

【請求項 18】

前記捕捉する工程は、前記擬似距離モデルを使用して周波数とコードの不確かさを狭める工程をさらに備える、請求項13の方法。

【請求項 19】

前記受け取る工程は、4台の衛星信号受信機を使用して実施される、請求項13の方法。

【請求項 20】

前記擬似距離モデルを使用して前記移動受信機の位置を計算する工程をさらに備える、請求項13の方法。

【請求項 21】

前記計算する工程は、前記移動受信機内で実施される、請求項20の方法。

【請求項 22】

前記計算する工程は、前記移動受信機から離れた場所で実施される、請求項20の方法。

【請求項 23】

前記少なくとも1つの衛星信号は、信号強度が高い信号であり、前記捕捉する工程は少なくとも1つの捕捉された衛星信号を使用して信号強度の低いその他の衛星信号を受け取ることを支援する工程をさらに備える、請求項13の方法。

【請求項 24】

前記少なくとも1つの捕捉衛星信号は、クロックと相関器の遅延オフセットを発生させるために使用される、請求項13の方法。

【請求項 25】

前記少なくとも1つの捕捉衛星信号は、信号強度の低い衛星信に関する擬似距離の計算期待値を改善させるために使用される、請求項13の方法。

【請求項 26】

移動受信機の位置を見つける装置であって、
全地球測位衛星群内の全ての衛星から衛星信号を受け取る複数の衛星信号受信機と、
前記複数の衛星信号受信機内の前記衛星信号受信機の各々に接続される通信ネットワークと、
前記通信ネットワークに接続される衛星データプロセッサと、
前記衛星データプロセッサに接続される移動受信機を備える装置。

【請求項 27】

前記通信ネットワークは、3台以上の衛星信号受信機を備える、請求項26の装置。

【請求項 28】

前記衛星データを前記移動受信機に伝える無線ネットワークをさらに備える、請求項26の装置。

【請求項 29】

前記衛星データプロセッサは、各移動受信機の擬似距離モデルを生成し、前記擬似距離モデルを前記移動受信機に伝える、請求項26の装置。

【請求項 30】

前記複数の衛星信号受信機は、衛星群内の各衛星やあらゆる衛星から遠隔測定データを受け取るように配置される、請求項26の装置。

【請求項 31】

10

20

30

40

50

前記衛星群は、全地球測位システム（ＧＰＳ）衛星群である、請求項 2 3 の装置。

【請求項 3 2】

衛星データを移動受信機に提供する装置であって、

衛星から遠隔測定データを受け取る複数の追跡ステーションと、

前記衛星全てからの前記遠隔測定データをデータプロセッサに伝搬する通信ネットワークを備える装置。

【請求項 3 3】

前記データプロセッサは前記データを移動受信機に送る、請求項 3 2 の装置。

【請求項 3 4】

前記データプロセッサは、前記遠隔測定データを使用して擬似距離モデルを生成する、請求項 3 2 の装置。 10

【請求項 3 5】

複数の追跡ステーションは、少なくとも 3 つのステーションから成る、請求項 3 2 の装置。

【請求項 3 6】

全地球測位システム（ＧＰＳ）の衛星信号を受け取る方法であって、第 1 の位置で衛星軌道暦データを受け取る工程と、

前記衛星軌道暦データを第 2 の位置で移動 G P S 受信機に伝える工程と、

前記軌道暦データを使用して前記移動 G P S 受信機で受け取られた衛星信号を処理し、前記移動 G P S 受信機でのコードと周波数の不確かさを低減させ、前記移動 G L S 受信機の捕捉感度を向上させる工程を備える方法。 20

【請求項 3 7】

前記伝える工程は無線経路を介して実施される、請求項 3 6 の方法。

【請求項 3 8】

前記衛星軌道暦データから擬似距離モデルを生成する工程と、前記擬似距離モデルを前記移動受信機に伝える工程をさらに備える、請求項 3 6 の方法。

【発明の詳細な説明】

【発明の属する技術分野】

(発明の背景)

本発明は、G P S 受信機の信号処理に関する。特に、本発明は、弱信号強度の環境（例えば、室内）で G P S 受信機が G P S 衛星信号を捕捉して追跡可能にするために、G P S 受信機に衛星データを送る方法と装置に関する。 30

【従来の技術】

【0 0 0 1】

(背景技術の説明)

従来の G P S 受信機では、衛星信号を捕捉し追跡するためにかなりの時間を要していた。そして、一旦捕捉すると、G P S 受信機は衛星信号から遠隔測定データ（衛星暦と軌道暦）を抽出する。

G P S 受信機では、これらのデータから、衛星信号の捕捉性能を向上させるための情報を計算することができる。システムが最初に捕捉するためには、信号強度がかなり大きな衛星信号が必要である。一旦 G P S 信号が捕捉され、衛星暦データや軌道暦データが衛星信号から抽出される間、信号強度は高いまま存続する必要がある。信号が非常に減衰すると追跡を逃す可能性があり、信号を再び捕捉しなければならなくなる。システム自体には、信号強度の弱い環境で G P S 受信機が信号を捕捉することを困難にするか、もしくは、不可能にする固有のサーキュラリティがある。 40

【0 0 0 2】

衛星信号の最初の捕捉を支援するために、多くの G P S 受信機では衛星暦データのコピーを記憶し、そのデータから衛星信号の予想ドップラー周波数を計算することが可能である。個々の G P S 受信機で有益な情報を計算し、そのデータを別の G P S 受信機に送る技術が幾つか開発されている。2000年5月16日発行の米国特許第 6,064,336 号 50

では、個別の G P S 受信機によって衛星暦データが収集されその衛星暦データが移動受信機に送られる。そして、移動受信機では、衛星暦データを使用して衛星信号の予想ドップラー周波数を計算することによって、最初の信号捕捉を支援する。

【 0 0 0 3 】

衛星暦データを受け取る利点は、各 G P S 衛星が全 G P S 衛星群の軌道情報を含む衛星暦データの全てを繰返し送り、それによって衛星に追従する 1 台の G P S 受信機が衛星群内の全ての衛星に関する衛星暦データを収集し伝搬できることである。一方、衛星暦データを使用する際の欠点は、衛星軌道と衛星クロックの誤差モデルが精密でないため、衛星暦データは、周波数の不確かさを減らすことに役立つが、コード遅延の不確かさの探索ウィンドーを狭めて受信機の感度を向上させるためには役立たないことがある。

10

【 0 0 0 4 】

G P S 受信機が、視界に入る全衛星の追跡を試みる以前にそれらの衛星に関する完全な軌道暦データセットを備えている場合には、捕捉時間が大幅に短縮され感度が改善されるはずである。これは、軌道暦データには衛星の位置と速度とクロック誤差を正確に記述したデータが含まれているからであり、G P S 受信機はこのデータを使って、周波数の不確かさとコード遅延の不確かさによる探索ウィンドーを大幅に狭めて感度を向上させることができる。軌道暦データの欠点は、各衛星が独自の軌道暦データのみを送るため、1 台の G P S 受信機では衛星群にある全衛星の軌道暦データを収集し伝搬することができないことがある。

20

【 0 0 0 5 】

【 発明が解決しようとする課題 】

従って、G P S 受信機システムには、衛星群にある全衛星についての衛星軌道暦データを伝搬し、それによって捕捉スピードと移動受信機の信号感度を向上させる技術が求められている。

【 0 0 0 6 】

【 課題を解決するための手段 】

(発明の概要)

本発明は、ワイドエリアネットワークの全地球測位システム (G P S) 受信機と中央サイトの間の通信リンクを利用して G P S 衛星軌道暦データを送る方法と装置を提供する。G P S 受信機のワイドエリアネットワークでは、衛星によって送られた軌道暦データが収集されそのデータが中央サイトへと伝えられる。中央サイトは軌道暦データを移動受信機に送る。移動 G P S 受信機は配達データを利用して、2 つの点で感度を向上させる。第 1 に、そのデータによって受信機は通常検出できない非常に弱い信号を検出できるようになり、第 2 に、G P S 受信機は衛星信号を長時間追跡することなく位置を計算することが可能になる。

30

【 0 0 0 7 】

本発明の一実施形態では、衛星軌道暦データはそのまま、データに手を加えることなく再送される。次いで、G P S 受信機は、まさに衛星から軌道暦データを受け取ったかのごとくこのデータを利用する。別の一実施形態では、中央サイトで軌道暦データから衛星擬似距離モデルを計算し、この擬似距離モデルを G P S 受信機に送る。擬似距離モデルには、完全な軌道暦データよりも簡略化されたデータであるという特徴がある。

40

従って、G P S 受信機で擬似距離モデルを利用する場合は、完全な軌道暦データを使用する場合程多くの計算を行う必要はない。

本発明の教示は、添付図面と合わせて上記の詳細な説明を熟考することにより容易に理解することができる。

【 0 0 0 8 】

【 発明の実施の形態 】

理解を容易にするために、以下のような説明手順をとる。

概要の節では、本発明の各要素を紹介し、相互関係を説明する。

グローバル追従ネットワークの節では、全衛星を絶えず確実に追跡するために追跡ステー

50

ションの全世界ネットワークがどのように構築され展開されているかを説明する。

軌道暦データ処理の節では、衛星軌道暦データのコンパクトで単純なモデルを提供する本発明の一実施形態について説明する。

信号検出の節では、普通なら検出不可能な信号を検出するために、再送される衛星軌道暦データがGPS受信機でどのように利用されるかについて説明する。

感度向上の節では、移動受信機で時間と相関器のオフセットを計算するために、最も強い2つの衛星信号がどのように利用されるかについて説明する。尚、この情報を利用することによって、移動受信機が受信する微弱なGPS信号に対する感度を改善することができる。

【0009】

10

(概要)

図1は、全地球測位システム(GPS)衛星データ送信システム100の一実施形態を示したものであって、本システムは以下の構成要素を備える。

a) 通信ネットワーク105を介して相互接続された複数の追跡ステーション104₁、104₂、～104_nを備える基準ステーションネットワーク102。基準ステーション104は衛星のグローバルネットワーク、例えば全世界測位システム(GPS)内の全ての衛星106から軌道暦データを収集できるように広域に分散され、GPS受信機126を備える。軌道暦情報には、衛星の位置と時間に関する情報が入った900ビットのパケットが含まれる。

【0010】

20

b) 中央処理サイト108。このサイトでは追跡ステーション104から軌道暦データを収集し、重複して発生した同一の軌道暦データを除去する軌道暦データプロセッサ128を備え、再送用の最新の軌道暦データを移動GPS受信機114、118に送る。

c) 中央処理サイトから移動GPS受信機114への通信リンク120。通信リンク120は、移動GPS受信機114を中央処理サイト108に直接接続する陸線110、もしくは、その他の直接的な通信経路であってもよい。別の方では、このリンクは、無線発信機116から移動受信機118への無線リンク122や、無線発信機116への陸線112などの幾つかのペアを備えていてもよい。

【0011】

30

d) 受信機が衛星群内の衛星106からGPS信号の検出を支援するために、再送された軌道暦データ(もしくは、その変更形態)を利用する移動GPS受信機114、118。

e) GPS受信機114、118の位置を計算する位置プロセッサ130。

これは、GPS受信機自体か、中央処理サイト108か、あるいは、移動GPS受信機が衛星106から得られた測定値の送り先である他のサイトであってもよい。

各衛星106は動作中に絶え間なく、特定の衛星に関する軌道暦情報を同報通信する。ネットワーク106は、衛星群内の全衛星106の軌道暦データを同時に包括的に取り込むために世界中に分散されている。

全軌道暦データを得るために、3つ以上の追跡ステーション104が必要である。

【0012】

40

28個の衛星の各々は、地球の赤道から55度傾斜した軌道をとる。従って、衛星は、軌道球上で±55度の範囲の外側を移動することはない。その結果、地球の赤道の真上や120度離れた位置にある3つのステーションは、全衛星を視界内に捕らえることができる。しかしながら、その赤道上の正確な位置やその近辺に基準ステーションを配置することは現実的ではない。世界中の大都市に基準ステーションを配置するためには、視野に入れられる衛星106数の最少数は現実的には4個である。

【0013】

各追跡ステーション104には、視野内の全衛星106からの衛星信号を捕捉、追従するGPS受信機126が備わっている。追跡ステーション104は、各衛星の位置と衛星クロック情報をユニークに識別するための軌道暦情報、例えば、GPS信号を含む900ビットのパケットを抽出する。軌道暦情報は、例えば、地上の陸線ネットワーク105を介

50

して中央処理サイト 108 に伝えられる。中央処理サイト 108 は、全てもしくは一部の軌道暦情報を 1 台以上の移動 GPS 受信機 114、118 に送る。中央処理サイトが移動 GPS 受信機の大体の位置を把握している場合、中央処理サイト 108 は、移動 GPS 受信機 114 や 118 の視野内に現在存在する（もしくは、視野内に入ろうとしている）衛星にだけに軌道暦情報を送ることができる。軌道暦情報は、陸線 110 またはその他の通信経路（例えば、インタ - ネット、電話線、光ファイバケーブルなど）を経由して伝えられる。別 の方法では、軌道暦情報は、携帯電話や無線インターネットや無線機やテレビジョンなどの無線システム 116 を介して移動 GPS 受信機 118 に伝えられる。軌道暦情報の処理と利用については、以下（「軌道暦データ処理」と「信号検出」の節を参照）で説明する。

10

【0014】

（グローバル追従ネットワーク）

グローバル GPS 基準ネットワーク 102 には、ネットワーク 102 内の追跡ステーション 104 によって全衛星が常に視界内にあるように配置されたステーション 104 が含まれる。従って、ネットワークでは、各衛星 106 の軌道暦情報をリアルタイムで利用できるため、ネットワークによって、軌道暦情報、もしくは導出された擬似距離モデルを必要とする移動受信機はそれらを利用することができる。

【0015】

基準ステーションの最小規模の完全なネットワークには、地球の周囲や赤道上や赤道近辺にほぼ均等に配置された 3 つのステーションが含まれている。図 2 には、地球 204 を取り囲む GPS 軌道球 202 と全衛星の軌道の図示 206 が示されている。図 3 には、GPS 軌道球で、（A、B、C で示された）3 つの追跡ステーションの水平面が交差する状態が示される。図 3 では、追跡ステーションの水平面上の軌道球の領域にはグレーの網掛けが施されている。2 つの追跡ステーションの水平面上の軌道球上の領域には、少し濃い網掛けがなされている。GPS 衛星が存在しない 55 度以上とそれ以下の軌道球の領域は白くなっている。図 3 から、GPS の軌道上の点は、基準ステーション A、B、C の少なくとも 1 つの水平面上に常にあることが明らかである。

20

【0016】

赤道付近に基準ステーションを配置することは、商業的にも技術的にも現実的ではない。軌道暦情報を信頼性の高いネットワークを介して制御処理サイトに伝えるためには、優れた通信インフラの備わった大都市にサイトを配置することが好ましい。基準ステーションを赤道から離れた所に移すと、全ての衛星に常時対応するために 3 つ以上のステーションが必要になる。しかしながら、大都市もしくはその近辺に配置され、完璧に常時全 GPS 衛星に対応する 4 つ基準ステーションだけのネットワークを構築することは可能である。例えば、ハワイ（米国）のホノルルとブエノスアイレス（アルゼンチン）とテルアビブ（イスラエル）とパース（オーストラリア）にステーションを配置することも可能である。図 4 A と図 4 B は、GPS 軌道球とそれらのステーションの水平面の交差状態を示す。GPS 軌道上の点は、常に少なくとも 1 つの基準ステーションの水平面上に存在する。図 4 A と図 4 B には、宇宙の 2 点から見た軌道球が示されており、1 点はスペインのほぼ上方（図 4 A）、もう 1 点は、球の反対側であってニュージーランドのほぼ上方（図 4 B）にある。図面には、図 3 と同様に網掛けが施されている。少なくとも 1 つの追跡ステーションの水平面上の GPS 軌道球の領域にはグレーの網掛けが施され、濃グレー領域は、2 ステーションの水平面が接する軌道球の部分を示す。

30

【0017】

（軌道暦データ処理）

軌道暦データは、衛星の擬似距離と擬似速度のモデルを計算するために使用される。擬似速度から、移動 GPS 受信機は衛星信号のドップラー周波数のオフセットを計算することができる。擬似距離モデルの計算は、移動受信機もしくは中央処理サイトで行われる。好適な実施形態の擬似距離モデルは、次のように中央サイトで計算される。

40

図 5 は、擬似距離モデルを生成する方法 500 のフロー図を示す。

50

ステップ 502 では、全ての追跡ステーションからの軌道暦データが中央処理サイトに集められる。軌道暦データは、全衛星から絶え間なく、送られる。このデータは大抵繰り返し送られ、新しい軌道暦データは通常 2 時間おきに送られる。軌道暦データには、T O E として表わされる「軌道暦時刻」のタグが付加されている。このタグによって、軌道暦データの有効時間が示される。軌道暦データの計算内容は T O E から 2 時間以内であれば非常に正確である。衛星は最初に T O E での 2 時間前の軌道暦データを送るので、軌道暦データは最大 4 時間まで非常に正確である。

【 0018 】

ステップ 506 では、中央処理サイトは、移動受信機が軌道暦データ（もしくは擬似距離モデル）を要求した時間 T に最も近い T O E 付きの全軌道暦データを維持する。ステップ 504 では、時間 T は移動受信機から提供される。通常、時間 T は実際の現在時刻であるが、移動受信機が軌道暦データや擬似距離モデルを必要とする前にそれらを収集するために、移動受信機は最大 4 時間先までの時間が許される。また、移動受信機が以前に記憶したデータを処理する場合には、時間 T を過去の時間とすることもできる。

次に、ステップ 508 では、中央処理サイトは、時刻 T での衛星の位置を計算する。好適な実施形態では、その位置は、G P S インタフェース制御に関する文書 I C D - G P S - 200 - B で与えられた計算式を用いて計算される。

【 0019 】

ステップ 512 で、中央処理サイトは移動 G P S 受信機の大体の位置を把握する。好適な実施形態の移動 G P S 受信機は、双方向ペーディングネットワークや移動電話ネットワークや同様の双方向無線ネットワークなどの無線通信リンクを介して中央処理サイトと通信する。そのような双方向無線ネットワークには、数マイルにわたる地域の信号を受信する通信塔がある。中央処理サイトは、移動 G P S から最新の通信内容を受け取るために使用される無線塔の参照 I D を獲得する。そして、中央処理サイトは、データベースからこの無線塔の位置を把握する。この位置は、移動 G P S の大体の位置として使われる。

別の一実施形態での移動 G P S 受信機の大体の位置は、本発明を実現する際に利用される特定の通信ネットワークが対応する地域の単純に中央の地点であってよい。

【 0020 】

その他の別の実施形態での移動 G P S 受信機の大体の位置は、中央処理サイトのデータベースに保持された、最近判明した移動 G P S 受信機の位置であってもよい。

移動 G P S 受信機の大体の位置を推定するために、上述の方法の多くの様々な組み合せを用いることができることを理解されたい。

衛星の位置を計算してユーザの大体の位置を把握すると、中央処理サイトは、移動 G P S 受信機の水平面上に存在しているか、もしくは、そこに入ってくるのはどの衛星であるかを計算する（ステップ 510）。ステップ 514 では、軌道暦データの再送を単に必要とするアプリケーションの中央処理サイトは、水平面上に存在するか、もしくは、そこに入ってくる衛星に関する軌道暦データを出力する。

【 0021 】

好適な実施形態では、水平面上に存在するか、もしくは、そこに入ってくる各衛星の時間 T と衛星 P R N 番号と擬似距離と擬似速度と擬似距離加速度を含む擬似距離モデルが計算される。

擬似距離モデルを計算するために、まず、ステップ 516 では、中央処理サイトは、移動 G P S 受信機の水平面上に存在するか、もしくは、そこに入ってくる全衛星の擬似距離を計算する。擬似距離とは、大体の G P S の位置と衛星の間の幾何学的な距離と、軌道暦データに示された衛星クロックのオフセットである。

【 0022 】

ステップ 518 では、擬似速度を衛星の速度とクロックの時差から計算することができる。衛星の速度は、衛星の位置の（I C D - G P S - 200 - B に記載の）方程式を時間で微分することによって得られる。別の一実施形態では、衛星の速度は、2 つの異なる時間における衛星の位置を計算してその 2 つの位置の差を計算することによって間接的に算出

10

20

30

40

50

可能である。

その他の一実施形態では、擬似速度は2つの異なる時間における擬似距離を計算してその2つの擬似距離の差を計算することによって間接的に算出可能である。

ステップ520では、擬似距離加速度が同様の方法で（衛星速度とクロック時差を時間で微分するか、もしくは、擬似速度の差分をとることによって）計算される。

【0023】

次に、ステップ522では、完全な擬似距離モデルを構造に組込み、移動GPS受信機に出力する。

移動GPS受信機は、軌道暦データが有効な間、そのデータから導出される擬似距離モデルを利用することができる。

時間Tからしばらく経過後に擬似距離モデルを適用するために、移動受信機は、擬似距離モデルに含まれる擬似速度と擬似距離加速度の情報を使って擬似距離と擬似速度を繰返し伝搬させる。

別の一実施形態では、中央処理サイトは、未変更の軌道暦データ519を伝搬し、移動GPS受信機は、擬似距離モデルと擬似速度の微分を計算する。

【0024】

Krasnerの特許（米国特許第6,064,336号）では、ドップラー情報の有用性により周波数の不確かさが低減されるので、移動GPS受信機の手助けとなることを教示している。米国特許第6,064,336号には、ドップラーが見出される衛星暦情報を移動受信機に送る方法とシステムや、衛星暦データから見出される等価な情報を送る方法とシステムや、移動受信機に近い基地ステーションからドップラー測定値自体を送る方法とシステムが記述されている。本発明の別の一実施形態では、ドップラー情報を導出するために軌道暦データを利用することができます。次の節（「信号検出」）では、ドップラー情報を使用することによって擬似速度の不確かさ、即ち、探索する周波数ビン数が削減されるので信号捕捉の助けにはなるが、ドップラー情報によって擬似距離の不確かさ（即ちコード遅延）は削減されないことが理解される。

【0025】

（信号検出）

後述するが、軌道暦データ（もしくは、導出された擬似距離モデル）を利用して移動GPS受信機の信号捕捉と感度を向上させる方法が幾つかある。

軌道暦データもしくは擬似距離モデルによって衛星との仰角を予測することができるので、受信機は高度の高い衛星の信号を捕捉するように焦点が合わされて、一般的に、信号は障害物にぶつかることがなくなる。水平面以下（仰角がマイナス）に存在すると計算された衛星は無視される。また、このような衛星の選択は衛星軌道情報の衛星暦データを利用して行われるが、モデルや、モデルを生成する軌道暦データを提供することによって、移動受信機内に衛星暦データ用不揮発性記憶装置を組み込む必要がない。従って、この点において軌道暦データによって幾つかの利点がもたらされるが、後述するように、本発明の主な利点は信号捕捉と受信機の感度が改善されることである。

【0026】

「再送信される」もしくは「再同報通信される」軌道暦情報によって、2つの点で移動受信機の動作が改善される。

まず、移動受信機が衛星から軌道暦データを収集することが不要となる。軌道暦情報は、衛星から30秒おきに同報通信され、送信には18秒間要する。本発明を利用せずに軌道暦情報を受信するには、軌道暦情報が送信されている18秒の間、クリアで遮断のない情報を衛星から受け取ることが移動受信機にとって必要となる。環境と受信機の使用状態によっては、軌道暦情報を収集するまでに数分を要することがあるかもしれない、例えば、室内で利用するなどの多くのアプリケーションでは、移動受信機から衛星を見ることが困難であるかもしれない。

データ収集遅延を減らすために、本発明では、軌道暦データが直接移動受信機に提供される。

10

20

30

40

50

【0027】

次に、軌道暦データを上述したように利用することによって移動受信機で受信される衛星信号の擬似距離モデルが形成される。これらのモデルによって、幾つかの点で信号捕捉処理を速めることができる。

モデルを使って受信信号の擬似距離と擬似速度が予測される。ユーザの推定位置がかなり正確な場合には、擬似距離と擬似速度を推定することにとって、これらのモデルは非常に正確である。モデルを利用することによって、受信機は、予想信号に関する相関処理に専念することができる。

【0028】

図6は、移動GPS受信機の通常の周波数とタイミングの不確かさを描いたグラフ601を示す。y軸602の各行には異なる擬似速度が示されており、x軸の604の各列にはそれぞれ異なる擬似距離が示されている。衛星が広範囲にわたって移動することがあるので、本発明で利用できるような正確なモデルがないと速度の推定範囲は広くなり、また、PNコードの多数のサイクルにわたってもその範囲は変動する。黒いセル606で示されているように、軌道暦情報から得られる正確なモデルを利用して不確かさの範囲を狭めることができる。ここで、多くの受信機では1回のパスでこの狭範囲を探索できるので、時間のかかる逐次探索が不要となって、優れた感度を得るために総時間を長くとれることを説明する。

【0029】

優れた感度は次のように得られる。GPS受信機の感度は、受信機が相関器の出力を統合する時間の関数で表わされる。感度と総時間の関係は、グラフ608に示されている。探索すべきピンが多く存在する場合には、総時間610は、利用可能な探索総時間を探索ピン数で割った値に等しい。探索すべきピンが1つだけである場合には、総時間612は、利用可能な探索総時間に等しいため、608で示されているように感度が向上する。

【0030】

受信機の中には、ローカルクロックと同期がとれていないために擬似距離モデルから予測される擬似距離と擬似速度が正確でないものがあることに留意されたい。この場合、不確かな広い領域を探索することがまず必要になるが、それは最も強い信号を発する衛星に対してのみ行えばよい。ローカルクロックがGPS時間からほぼ1秒内に納まるように補正されることが分かっている場合は、1つの衛星だけをローカルな相関器のオフセットに同期させれば充分である。それ以降、残りの衛星の擬似距離の期待値と予想擬似速度を正確に計算することができる。ローカルクロックがほぼ1秒内（のずれである）と判明していない場合には、2つの衛星を使って、必要な2つのクロックパラメータ、即ち、ローカルクロックと相関器のオフセットを計算しなければならない。2つの衛星が必要であるという点は、誤解されることが多い。GPSに関する文献では、判明していないクロックのオフセットを把握するには1つの衛星で充分であると言われているが、ローカルクロックがすでにGPS時間とほぼ同期がとれているシステムに対してのみそのことが該当するということが認識されていない。GPS信号を常に追従する従来のGPS受信機のローカルクロックは、1秒よりずっと精密なGPS時間に同期している。最近の実施形態（例えば、米国特許第6,064,336号）の中には、GPS時間と同期させたネットワーク時間基準にローカルクロックを同期させることもある。しかしながら、本発明は、特に、ローカルクロックがGPS時間と同期してない実施形態で機能することに関する。このようなクロックパラメータの問題を解決する方法を以下に述べる。

【0031】

一旦判明していないクロックパラメータが計算されると、そのパラメータを使って残りの信号の弱い衛星の擬似距離モデルを調整して不確かさの範囲を狭領域に絞り込むことによって、まさに高感度を必要とする時に、即ち、弱い衛星信号を検出する場合に感度を高めることができる。

その他の受信機では、ローカルクロックとクロックレートがかなり正確である場合がある。例えば、クロック信号がGPSタイミング（例えば、双方向ページングネットワーク）

10

20

30

40

50

に同期する無線媒体から得られた場合は、通常、そのクロックパラメータは正確である。この場合、クロック効果はなく、始めから狭い探索領域を利用することができる。

【0032】

本発明の利点を定量化するために、ユーザの位置が双方向ページャ塔の受信エリア（2マイル）内にあると判明している場合を検討する。この場合、（ミリ秒で表わされた）擬似距離は100分の1ミリ秒の精度まで事前に計算可能である。本発明を使用しないと、衛星から送られたコードを追跡するために、GPS受信機は可能性のある全てのコード遅延1ミリ秒にわたって探索することになる。本発明を使用すると、探索ウィンドーが100倍にまで削減されGPS受信機が高速化し、さらに重要なことは、（上述したように）長い総時間を使って受信機が、例えば、室内で発生する弱い信号も検出できることである。

移動受信機に軌道暦データもしくは導出された擬似距離モデルが備わることによるその他の利点は、上述したように総時間が長くなることを除けば、予想距離内で生じる相関性のみを検討することによって「偽ピーク」を識別することが大幅に減るので、真の相関性を識別する処理がより確固としたものになることである。

【0033】

感度を高めるために軌道暦データ（もしくは、導出された擬似距離モデル）を利用する実施形態の1つを図7でさらに説明する。

図7は、信号探索方法700のフロー図である。この方法は、ステップ702で擬似距離モデルを入力することから始まる。前述したように、この擬似距離モデルは、移動受信機自体あるいは中央処理サイトで軌道暦データから計算される。ステップ704では、モデルは移動装置の現時刻で適用され、GPS衛星信号の現在の予想周波数と予想タイミング、ならびに、これらの値の不確かさの期待値を推定するために利用されて、各衛星の周波数／コード遅延探索ウィンドーが形成される。周波数と遅延の最適な推定値にこのウィンドー中心が置かれるが、大体のユーザ位置や無線搬送波からの時間／周波数転送エラーなどを含むモデリング処理エラーのために、実際は最適な推定値ではない可能性がある。さらに、周波数の不確かさは多数の周波数探索ビンに分けられて、周波数探索ウィンドーが網羅される。図6に示されるように、探索ビンの数は、擬似距離モデルを利用することによって劇的に削減される。

【0034】

ステップ706では、第1の探索周波数に対する搬送波補正をプログラムするように、検出と測定の処理が設定される。ステップ708では、遅延ウィンドーの遅延範囲内の信号相関性を探索するためにコード相関器を動作させる。そのコード相関器は当技術分野では一般的なものであるが、本発明によって、相関器が探索する必要のあるコード遅延数が劇的に削減されるので、各コード遅延の総時間が長くなり、よって受信機の感度が向上する。

ステップ710では、方法700によって信号が検出されたかどうかが問い合わせられる。信号が未検出の場合には、ステップ712では、次の探索周波数に搬送波補正がセットされ、この探索は、信号が検出されるかあるいは周波数探索ビンがなくなるまで続けられる。

【0035】

本方法700のステップ710では、問い合わせに対して肯定回答が得られた場合、ステップ714でその信号を利用してクロック時間の遅延とクロック周波数のオフセットについての推定値をさらに改善する。ステップ716では、この情報をを利用して残りの未検出の衛星の周波数／遅延探索ウィンドーを再度計算する。ステップ718では、全ての衛星が検出されるかあるいは探索ウィンドーがなくなるまでこの処理が続けられる。

図7の方法は、時間と周波数を推定するGPS信号処理機能に基づいて探索処理をガイドするために使用される様々なアルゴリズムのうちの1つの例である。さらに、信号自体が衰弱したり、遮断される場合があるので、様々な再試行メカニズムを含むようにアルゴリズムを変更することが可能である。

10

20

30

40

50

【0036】

(感度向上)

(図6で説明したように)受信機の感度を高めるために、本発明では、移動装置の大体の位置を利用して擬似距離の期待値が計算されるので、擬似距離の不確かさが低減する。しかしながら、本発明の受信機で擬似距離の期待値を計算するには次の3つのデータが必要である。

1. 移動装置の大体の位置(真の位置から数マイル以内)。

2. 移動装置の大体の時間(真の時間から約1秒以内)。

3. 移動装置の相関器クロックのオフセット(真のオフセットから数ミリ秒の範囲内)。

【0037】

3つのデータが正確であるほど、本発明によって擬似距離の不確かさがより的確に削減されるので、感度が改善される(図6参照)。好適な実施形態では、移動装置が最後に利用した無線塔の既知の位置から移動装置の大体の位置が判断される。通常、双方向ページャや携帯電話の無線塔からの受信エリアは3キロメートルである。従って、移動装置の大体の位置は3キロメートル以内であるとわかり、擬似距離の推定値に生じる誤差は3キロメートル以下となる。図6を参照すると、支援のないGPS受信機の擬似距離の最大の不確かさは1コード・エポック、即ち、約300キロメートルに匹敵することに留意されたい。従って、わかったことが3キロメートルもの大まかな位置であっても、擬似距離の不確かさは100分の1に低減させることができる。

【0038】

また、タイミング誤差によって擬似距離の期待値に誤差が生じる。擬似距離の期待値を計算するためには、受信機で衛星の宇宙での位置を計算する必要がある。

地上のある地点から衛星までの距離は1秒につき±800メートルの割合で変わる。従って、1秒毎の時間の誤差が、最長800メートルに及ぶ誤差距離(擬似距離)となる。

GPSに関する文献で既に公知のように、移動装置の相関器の遅延オフセットによって擬似距離の測定値に直接的な誤差が生じる。

未知の相関器遅延オフセットが1ミリ秒あると、距離の測定値に300メートルもの誤差が生じる。

【0039】

従って、(図6で示されているように)擬似距離の推定値を数キロメートル以内におさめるためには、本発明の受信機では上記の擬似距離に関する位置と時間と相関器の遅延オフセットの推定値が必要になる。

移動装置の実時間が数秒レベルより正確に把握されていない実施形態や、相関器遅延オフセットが判明していない実施形態では、2つの衛星の測定値を利用して次のように解決される。

【0040】

擬似距離の誤差と2つのクロック誤差の関係を示す方程式は、

$$y = c \times d_{t_c} - \text{rangeRate} \times d_{t_s} \quad (1)$$

上式では、yは「擬似距離残差」、即ち、擬似距離の期待値と測定擬似距離の差であり、cは光の速度、 d_{t_c} は相関器の遅延オフセット、 d_{t_s} は実時間の推定値の誤差である。

図8は、クロックパラメータを改善して受信機の感度を高める方法800のフロー図を示したものである。方法800は次のステップからなる。

ステップ802では、既知の最適なクロックパラメータを利用して全衛星の擬似距離の期待値を計算する。

【0041】

ステップ802では、最も強い信号強度を用いて、2つの最も信号の強い衛星の擬似距離を測定する。

ステップ806では、それらの2つの測定値を使って、未知の d_{t_c} と d_{t_s} の2つの値を方程式(1)で解く。

10

20

30

40

50

ステップ 808 では、 $d t_c$ と $d t_s$ を使って、(信号の弱い) 残りの衛星に関する擬似距離の期待値の推定値を改善する。

ステップ 810 では、図 6 に示されるように、これらの改善された擬似距離の期待値を使って、擬似距離の不確かさを低減させ、受信機の感度を向上させる。

本明細書で本発明の教示を包含する様々な実施形態を詳細に示し説明してきたが、当業者であればそのような教示を包含するその他の多くの変形形態を容易に考案することができる。

【0042】

【図面の簡単な説明】

【図 1】図 1 は、本発明のワイドエリア基準ステーションネットワークの構成を示す。 10

【図 2】図 2 は、GPS 軌道球を示す。

【図 3】図 3 は、GPS 軌道球と 3 つの基準ステーションの水平面の交差状態を示す。

【図 4】図 4 A と 4 B は、GPS 軌道球と 4 つの基準ステーションの水平面の交差状態を示す。

【図 5】図 5 は、擬似距離モデルを生成する方法のフロー図を示す。

【図 6】図 6 は、移動 GPS 受信機のタイミング(擬似距離)と周波数(擬似速度)の不確かさ、ならびに、それら 2 つの不確かさを低減することによって感度が向上したことを見示すグラフである。

【図 7】図 7 は、時間(擬似距離) / 周波数(擬似距離割合) ウィンドーによって探索する方法のフロー図を示す。 20

【図 8】図 8 は、強信号強度の衛星の擬似距離情報を利用して、低信号強度の衛星から受信された信号に対する受信機感度を向上させる方法のフロー図を示す。

【図 1】

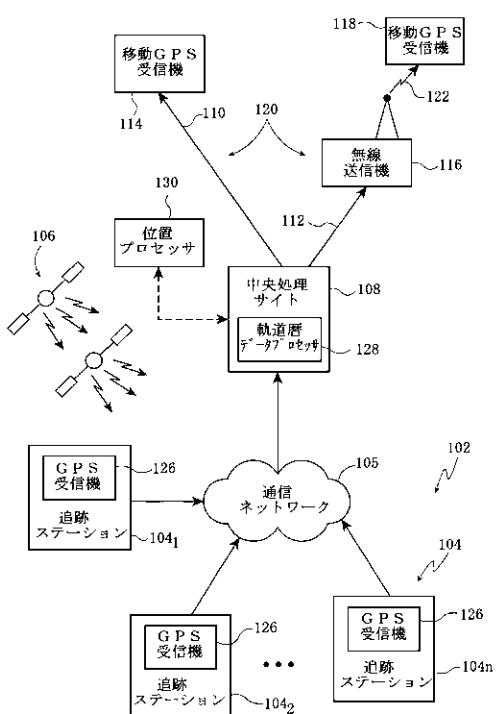


図 1

【図 3】

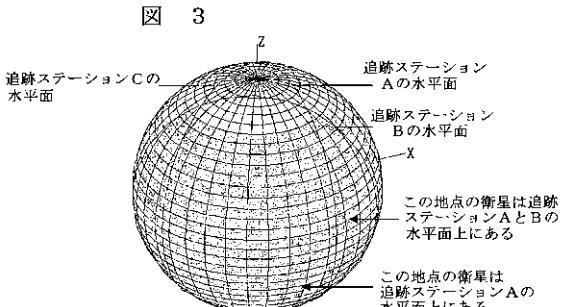


図 3

【図4】

図 4 A

【図6】

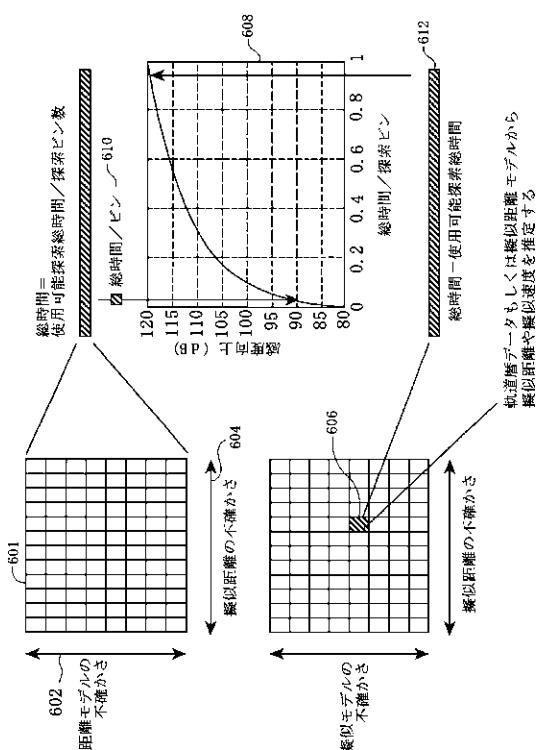


図 4 B

【図5】

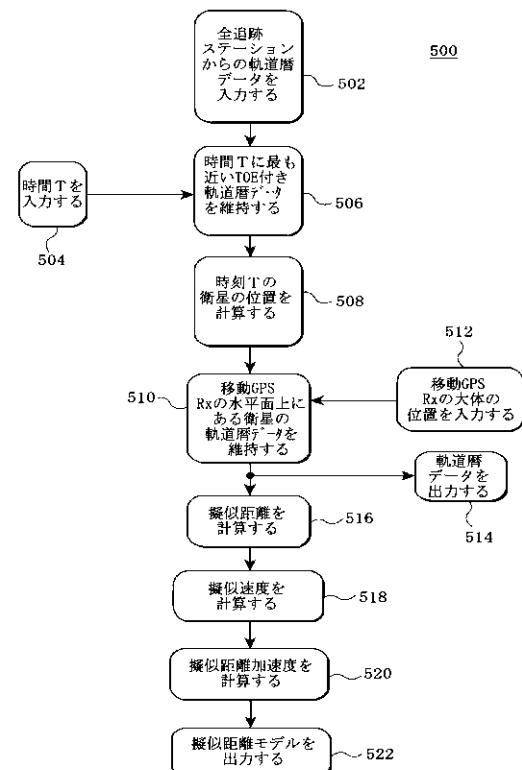


図 5

6

【図7】

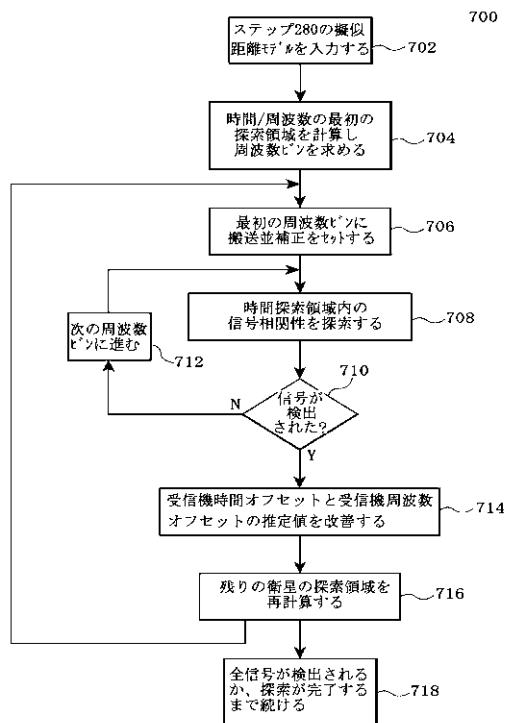


図 7

【図 8】

800

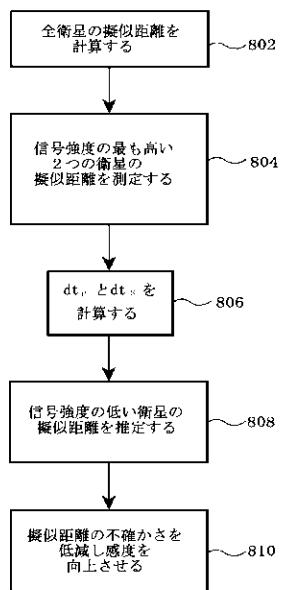


図 8

【国際公開パンフレット】

(12) INTERNATIONAL APPLICATION PUBLISHED UNDER THE PATENT COOPERATION TREATY (PCT)

(19) World Intellectual Property Organization
International Bureau(43) International Publication Date
24 January 2002 (24.01.2002)

PCT

(10) International Publication Number
WO 02/06987 A1

(51) International Patent Classification: G06F 17/00 (74) Agent: PATTERSON, William, B., Thompson, Moser & Patterson LLP, 3040 Post Oak Boulevard, Suite 1500, Houston, TX 77056 (US).

(21) International Application Number: PCT/US01/21852

(22) International Filing Date: 11 July 2001 (11.07.2001)

(23) Filing Language: English

(26) Publication Language: English

(30) Priority Date: 09/01/5,105 (13 July 2000 (13.07.2000)) US

(71) Applicant: GLOBAL LOCATE, INC. (US/US); 208 Harristown Road, Glen Rock, NJ 07452 (US).

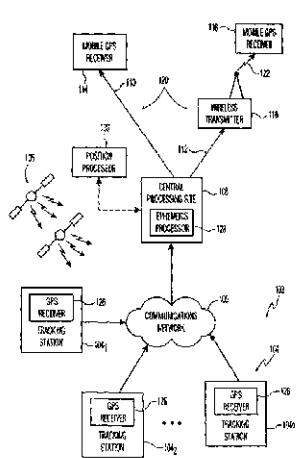
(72) Inventor: DIGKEYEN, Frank, Yeo; 1005 Almaden Creek Drive, San Jose, CA 95120 (US).

{Continued on next page}

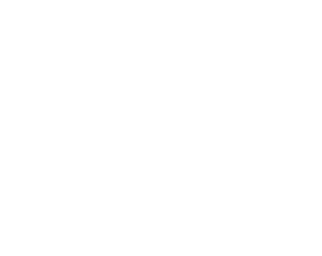
(54) Title: METHOD AND APPARATUS FOR LOCATING MOBILE RECEIVERS USING A WIDE AREA REFERENCE NETWORK FOR PROPAGATING EPHemeris



WO 02/06987 A1



(57) Abstract: A method and apparatus for distribution and delivery of global positioning system (GPS) satellite (106) telemetry data using a communication link between a central site (106) and a mobile GPS receiver (114,118). The central site (106) is coupled to a network of reference satellite receivers that send telemetry data from all satellites to the central site. The mobile GPS receiver (114,118) uses the delivered telemetry data to aid its acquisition of the GPS satellite signal. The availability of the satellite telemetry data enhances the mobile receiver's signal reception sensitivity.



WO 02/06987 A1

Published:
— with international search report

For two-letter codes and other abbreviations, refer to the "Guidance Notes on Codes and Abbreviations" appearing at the beginning of each regular issue of the PCT Gazette.

WO 02/06987

PCT/US01/21852

-1-

METHOD AND APPARATUS FOR LOCATING MOBILE RECEIVERS
USING A WIDE AREA REFERENCE NETWORK FOR PROPAGATING
EPEHMERIS5 BACKGROUND OF THE INVENTION

1. Field of Invention

The present invention relates to signal processing in GPS receivers. In particular, the present invention relates to a method and apparatus for delivering satellite 10 data to GPS receivers to enable a GPS receiver to acquire and lock on to GPS satellite signals in low signal strength environments (e.g., indoors).

15 2. Description of the Background Art

Conventional GPS receivers require an inordinate amount of time to acquire and lock onto the satellite signals. Then, once locked, a GPS receiver extracts telemetry data (almanac and ephemeris) from the signal. 20 From these data the GPS receiver can calculate information that enhances its ability to lock onto the satellite signal. A relatively high signal strength satellite signal is necessary to enable the system to achieve an initial lock. Once the GPS signal is acquired, the signal strength 25 must remain high while the almanac and/or ephemeris data is extracted from the satellite signal. Any severe attenuation of the signal can cause a loss of lock and the signal will require re-acquisition. As such, the system has an inherent circularity that makes it difficult or 30 impossible for GPS receivers to acquire signals in low signal strength environments.

To aid initial acquisition of the satellite signal, many GPS receivers store a copy of the almanac data, from which the expected Doppler frequency of the satellite

WO 02/06987

PCT/US01/21852

-2-

signal can be calculated. Several techniques have been developed to calculate useful information at a separate GPS receiver and then transmit this data to another GPS receiver. US patent 6,064,336, issued May 16, 2000, 5 collects almanac data at a separate GPS receiver, then transmits the almanac data to a mobile receiver. The mobile receiver then uses the almanac data to compute the expected Doppler frequency of the satellite signal, thus aiding in initial signal acquisition.

10 The advantage of receiving the almanac is that each GPS satellite repeatedly transmits a complete almanac containing orbit information for the complete GPS constellation, thus a single GPS receiver, tracking any satellite, can collect and propagate the almanac for all 15 satellites in the constellation. The disadvantage of using the almanac is that it is a fairly rough model of the satellite orbit and satellite clock errors, thus the almanac is only useful in reducing the frequency uncertainty and cannot be used to enhance receiver 20 sensitivity by reducing the search window of code-delay uncertainties.

If a GPS receiver had a complete set of ephemeris data for all satellites in view, before said receiver attempted to lock onto those satellites, the receiver would have 25 significantly improved acquisition times and enhanced sensitivity. This is because the ephemeris data contains an accurate description of the satellite position, velocity, and clock errors; and the GPS receiver can use this data to increase its sensitivity by reducing significantly the 30 search windows for frequency uncertainty and code-delay uncertainty. The disadvantage of the ephemeris is that each satellite only transmits its own ephemeris; thus a single

WO 02/06987

PCT/US01/21852

-3-

GPS receiver cannot collect and propagate ephemeris for all the satellites in the constellation.

Therefore there is a need in the art for a GPS receiver system that propagates satellite ephemeris for all 5 satellites in the constellation, thereby enhancing the speed of acquisition and signal sensitivity of mobile receivers.

SUMMARY OF THE INVENTION

10

The invention comprises a method and apparatus for distribution and delivery of the Global Positioning System (GPS) satellite ephemeris using a communication link between a central site and a wide area network of GPS 15 receivers. The wide area network of GPS receivers collects the ephemeris data that is transmitted by the satellites and communicates the data to the central site. The central site delivers the ephemeris to the mobile receiver. The mobile GPS receiver uses the delivered data to enhance its 20 sensitivity in two ways. First, the data allows the receiver to detect very weak signals that the receiver would not ordinarily be able to detect, and second, the GPS receiver does not have to track the satellite signals for very long before a position can be calculated.

25 In one embodiment of the invention, the satellite ephemeris data is retransmitted without manipulating the data in any way. The GPS receiver may then use this data exactly as if the receiver had received the data from the satellite. In another embodiment, a satellite pseudo-range 30 model is computed at the central site from the ephemeris data, and this pseudo-range model is transmitted to the GPS receiver. The pseudo-range model has the characteristic that the model is more concise than the complete ephemeris.

As such, the GPS receiver does not have to perform as many calculations when using the pseudo-range model as when using the complete ephemeris.

5

BRIEF DESCRIPTION OF DRAWINGS

The teachings of the present invention may be readily understood by considering the following detailed description in conjunction with the accompanying drawings,
10 in which:

FIG. 1 depicts an architecture for a wide area reference station network in accordance with the present invention;

FIG. 2 depicts a GPS orbital sphere;

15 FIG. 3 depicts the intersection of the GPS orbital sphere and the horizon planes of three reference stations;

FIGS. 4A and 4B depict the intersection of the GPS orbital sphere and the horizon planes of four reference stations;

20 FIG. 5 depicts a flow diagram of a method of generating pseudo-range models;

FIG. 6 is a graph illustrating the timing (pseudo-range) and frequency (pseudo-range rate) uncertainty for a mobile GPS receiver, and the improvement in sensitivity
25 that is gained by reducing both these uncertainties;

FIG. 7 depicts a flow diagram of a method of searching through the time (pseudo-range) and frequency (pseudo-range rate) windows; and

FIG. 8 depicts a flow diagram of a method for using
30 pseudo-range information of satellites having high signal strength to improve receiver sensitivity for signals received from satellites having low signal strength.

DETAILED DESCRIPTION OF THE INVENTION

To facilitate understanding, the description has been
5 organized as follows:

Overview, introduces each of the components of the invention, and describes their relationship to one another.

Global Tracking Network, describes how a worldwide network of tracking stations is constructed and deployed to ensure that all satellites are tracked at all times.

Ephemeris Processing, describes an embodiment of the invention that provides a more compact, and simpler, 15 model of the satellite ephemeris.

Signal Detection, describes how the retransmitted satellite ephemeris data is used in a GPS receiver to detect signals that would otherwise be undetectable.

Sensitivity Enhancement, describes how the two 20 strongest satellite signals may be used to compute the time and correlator offset at the mobile receiver. This information is, in turn, used to enhance sensitivity for weaker GPS signals that are received by the mobile receiver.

25

OVERVIEW

FIG. 1 depicts one embodiment of a global positioning system (GPS) satellite data distribution system 100 comprising:

- a) A reference station network 102 comprising a plurality of tracking stations 104₁, 104₂, ...104_n coupled to one another through a communications

network 105. The reference stations 104 are deployed over a wide area and contain GPS receivers 126 so that ephemeris may be collected from all satellites 106 within a global network of satellites e.g., the 5 global positioning system (GPS). Ephemeris information comprises a 900 bit packet containing satellite position and clock information.

10 b) A central processing site 108 that collects the ephemeris from the tracking stations 104 comprises an ephemeris processor 128 that removes duplicate occurrences of the same ephemeris, and provides the latest ephemeris data for redistribution to mobile GPS receivers 114 and 118.

15 c) A communications link 120 from the central processing site to the mobile GPS receiver 114. The link 120 may be a landline 110, or other direct communications path, that couples the mobile GPS receiver 114 directly to the central processing site 108. Alternatively, this link may have several parts, for 20 example: a landline 112 to a wireless transmitter 116, and a wireless link 122 from the transmitter 116 to a mobile receiver 118.

25 d) A mobile GPS receiver 114 or 118 that uses the redistributed ephemeris data (or a modified form thereof) to aid the receiver in detecting GPS signals from satellites 106 in a satellite constellation.

30 e) A position processor 130, where the position of a GPS receiver 114 or 118 is calculated. This could be the GPS receiver itself, the central processing site 108, or some other site to which the mobile GPS receivers send the measurement data that has been obtained from the satellites 106.

In operation, each of the satellites 106 continually broadcast ephemeris information associated with a particular satellite. To comprehensively and simultaneously capture the ephemeris data of all the 5 satellites 106 in the constellation, the network 106 is spread worldwide.

To obtain all the ephemeris data, three or more tracking stations 104 are needed. Each of the 28 satellites has an orbit inclined at 55 degrees relative to 10 the equator of the earth. As such, no satellite ever travels outside of a plus or minus 55 degree range on an orbital sphere. Consequently, three stations placed 120 degrees apart and lying exactly on the equator of the earth, would have all the satellites in view. However, 15 placing reference stations at or close to those exact locations on the equator is impractical. To place reference stations in large cities around the world, a realistic, minimum number that will achieve viewing of all the satellites 106 is four.

20 Each of the tracking stations 104 contains a GPS receiver 126 that acquires and tracks satellite signals from all satellites 106 that are in view. The stations 104 extract the ephemeris information that uniquely identifies the position of each satellite as well as satellite clock 25 information e.g., a 900 bit packet with a GPS signal. The ephemeris information is coupled to the central processing site 108 via, for example, a terrestrial land line network 105.

The central processing site 108 sends all or part of 30 the ephemeris information to one or more mobile GPS receivers 114 and 118. If the central processing site knows the approximate position of the mobile GPS receiver, the central processing site 108 may only send the ephemeris

WO 02/06987

PCT/US01/21852

-8-

information for satellites that are presently (or about to be) in view of the mobile GPS receiver 114 or 118. The ephemeris information can be coupled directly through a land line 110 or other communication path (e.g., internet, telephone, fiber optic cable, and the like).

Alternatively, the ephemeris information can be coupled to a mobile GPS receiver 118 through a wireless system 116 such as a cell phone, wireless Internet, radio, television, and the like. The processing and utilization of the 10 ephemeris information is described below (see EPHEMERIS PROCESSING and SIGNAL DETECTION).

GLOBAL TRACKING NETWORK

The global GPS reference network 102 has stations 104 arranged such that all satellites are in view all the time by the tracking stations 104 in the network 102. As such, the ephemeris for each satellite 106 is available to the network in real time, so that the network, in turn, can make the ephemeris, or derived pseudo-range models, 20 available to any mobile receiver that needs them.

The minimum, complete network of reference stations comprises three stations, approximately equally placed around the earth, on or close to the equator. FIG. 2 shows the GPS orbital sphere 202 surrounding the earth 204, and 25 an indication 206 of all orbits of the satellites. FIG. 3 shows the intersection of the horizon planes of 3 tracking stations, (denoted A, B, and C), with the GPS orbital sphere. In FIG. 3, the orbital sphere is shaded gray in any region above the horizon of a tracking station. Regions 30 on the orbital sphere above the horizons of two tracking stations are shaded slightly darker. The orbital sphere is white in the regions, above and below 55 degrees, where there are no GPS satellites. From FIG. 3, it is clear that

WO 02/06987

PCT/US01/21852

-9-

any point on any GPS orbit is always above the horizon of at least one reference station A, B or C.

It is not commercially or technically practical to place reference stations around the equator. Preferred sites are major cities with good communications infrastructure to enable the ephemeris to be coupled to the control processing site via a reliable network. When the reference stations are moved away from the equator, more than three stations are needed to provide coverage of all satellites all the time. However, it is possible to create a network of only four reference stations with complete coverage of all GPS satellites all the time, and with the four stations located in or near major cities. For example, the stations may be placed in Honolulu, Hawaii (USA), Buenos Aires (Argentina), Tel Aviv (Israel) and Perth (Australia). FIG. 4A and 4B show the intersection of the horizon planes of these stations with the GPS orbital sphere. Any point of any GPS orbit is always above the horizon of at least one of the reference stations. FIG. 4A and 4B show the orbital sphere viewed from two points in space, one point (FIG. 4A) in space approximately above Spain, and the other (FIG. 4b) from the opposite side of the sphere, approximately above New Zealand. The figure is shaded in a similar way to FIG 3. Gray shading shows regions of the GPS orbital sphere above the horizon of at least one tracking station and darker gray regions represent portions of the orbital sphere accessible to two stations.

30 EPHemeris Processing

The ephemeris is used to compute a model of the satellite pseudo-range and pseudo-range rate. From the pseudo-range rate the mobile GPS receiver can calculate the

WO 02/06987

PCT/US01/21852

-10-

Doppler frequency offset for the satellite signal. The computation of the pseudo-range model can be done at the mobile receiver, or at the central processing site. In the preferred embodiment the pseudo-range model is computed at 5 the central site as follows.

FIG. 5 depicts a flow diagram of a method 500 for generating a pseudo-range model. At step 502, the ephemeris data from all the tracking stations is brought to the central processing site. Ephemeris data is transmitted 10 continually by all satellites, mostly this is repeated data; new ephemeris is typically transmitted every 2 hours. The ephemeris is tagged with a "Time of Ephemeris", denoted TOE. This tag indicates the time at which the ephemeris is valid. Ephemeris calculations are highly accurate within 2 15 hours of TOE. A satellite first transmits an ephemeris 2 hours ahead of the TOE, thus any ephemeris is highly accurate for a maximum of four hours.

At step 506, the central processing site keeps all the ephemeris data with TOE closest to the time T at which the 20 mobile receiver requires ephemeris (or a pseudo-range model). Time T is provided by the mobile receiver at step 504. Usually T will be the current real time, however, it could be a time up to 4 hours in the future for mobile receivers that are collecting ephemeris/pseudo-range models 25 in advance of when they need them. T could also be a time in the past, for mobile receivers processing previously stored data.

At step 508, the central processing site then calculates the satellite positions at time T. In the 30 preferred embodiment, this is performed using the equations provided in the GPS Interface Control Document, ICD-GPS-200-B.

WO 02/06987

PCT/US01/21852

-11-

At step 512, the central processing site obtains the approximate position of the mobile GPS Receiver. In the preferred embodiment, the mobile GPS receiver communicates with the central processing site over a wireless communications link, such as a 2-way paging network, or a mobile telephone network, or similar 2-way radio networks. Such 2-way radio networks have communication towers that receive signals over a region of a few miles. The central processing site obtains the reference ID of the radio tower used to receive the most recent communication from the mobile GPS. The central processing site then obtains the position of this radio tower from a database. This position is used as the approximate mobile GPS position.

In an alternative embodiment, the approximate position of the mobile GPS receiver may be simply the center of the region served by a particular communications network used to implement this invention.

In another alternate embodiment, the approximate position of the mobile GPS receiver may be the last known point of said receiver, maintained in a database at the central processing site.

It is understood that many combinations and variants of the above methods may be used to approximate the mobile GPS receiver position.

Having calculated the satellite positions, and obtained the approximate user position, the central processing site computes (at step 510) which satellites are, or will soon be, above the horizon at the mobile GPS receiver. For applications requiring simply the redistribution of the ephemeris data, at step 514, the central processing site now outputs the ephemeris for those satellites above, or about to rise above, the horizon.

In the preferred embodiment, a pseudo-range model is computed that comprises: time T, and, for each satellite above, or about to rise above, the horizon: the satellite PRN number, pseudo-range, pseudo-range rate, and pseudo-range acceleration.

5 To compute a pseudo-range model, the central processing site first computes at step 516 the pseudo-ranges of all satellites above, or about to rise above, the mobile GPS receiver horizon. The pseudo-range is the geometric range between the satellite and the approximate GPS position, plus the satellite clock offset described in the ephemeris.

10 At step 518, the pseudo-range rate may be computed from the satellite velocity and clock drift. Satellite velocity may be obtained directly by differentiating the satellite position equations (in ICD-GPS-200-R) with respect to time. In an alternative embodiment, satellite velocity may be computed indirectly by computing satellite positions at two different times, and then differencing the 15 positions.

15 In another alternative embodiment, the pseudo-range rates may be computed indirectly by computing the pseudo-ranges at two different times, and then differencing these pseudo-ranges.

20 25 At step 520, the pseudo-range acceleration is then computed in a similar fashion (by differentiating satellite velocity and clock drift with respect to time, or by differencing pseudo-range rates).

25 The complete pseudo-range model is then packed into a 30 structure and output to the mobile GPS receiver at step 522.

30 The mobile GPS receiver may use the pseudo-range model for the period of validity of the ephemeris from which it

WO 02/06987

PCT/US01/21852

-13-

was derived. To apply the pseudo-range model at some time after time T, the mobile receiver propagates the pseudo-ranges and range rates forward using the rate and acceleration information contained in the pseudo-range model.

In an alternative embodiment, the central processing site propagates the unaltered ephemeris 519 and the derivation of the pseudo-range model and pseudo-range rate is performed at the mobile GPS receiver.

10 Kraemer (US Patent 6,064,336) has taught that the availability of Doppler information can aid the mobile GPS receiver by reducing the frequency uncertainty. U.S. patent 6,064,336 describes a system and method for delivering to a mobile receiver Almanac information from 15 which Doppler may be derived; or for delivering equivalent information, derived from the Almanac; or for delivering the Doppler measurement itself from a base station near to the mobile receiver. In another alternative embodiment of the current invention, the Ephemeris may be used to derive 20 Doppler information. In the section that follows (SIGNAL DETECTION) it will be appreciated that the use of this Doppler information will aid in signal acquisition to the extent of reducing the Pseudo-range rate uncertainty, i.e., the number of frequency bins to search, but the Doppler 25 information will not reduce the Pseudo-range uncertainty (i.e. the code delays).

SIGNAL DETECTION

There are several ways in which the availability of 30 ephemeris data (or the derived pseudo-range model) aid the signal acquisition and sensitivity of the mobile GPS receiver, described below.

The ephemeris or pseudo-range models can predict the elevation angle to the satellite, allowing the receiver to focus on acquiring high elevation satellite signals, which are generally less subject to obstruction. Satellites that 5 are calculated to be below the horizon (negative elevation angles) can be ignored. This satellite selection can also be performed using an almanac of satellite orbital information, but providing models, or ephemeris from which models can be created, eliminates the need for non-volatile 10 storage for the almanac within the mobile receiver. Thus, the ephemeris provides some advantage in this respect, however the main advantage of the invention is in the improvement in signal acquisition and receiver sensitivity, described below.

15 The "re-transmitted" or "re-broadcast" ephemeris information improves the operation of the mobile receiver in two ways.

First, the mobile receiver does not need to collect the ephemeris from the satellite. The ephemeris is 20 broadcast from a satellite every 30 seconds and requires 18 seconds to transmit. In order to receive ephemeris without the use of the present invention, a mobile receiver needs clear, unobstructed satellite reception for the entire 18-second interval during which the ephemeris is being 25 transmitted. Depending on the environment and usage of the receiver, it may be minutes before the situation allows the ephemeris to be collected and in many applications, for example, indoor use, the mobile receiver may never have an unobstructed view of a satellite. To eliminate the data 30 collection delay, the present invention provides the ephemeris data directly to the mobile receiver.

Second, the ephemeris is used, as described above, to form the pseudo-range models of the satellite signals being

WO 02/06987

PCT/US01/21852

-15-

received at the mobile receiver. These models can accelerate the acquisition process in several ways.

The models predict the pseudo-range and pseudo-range rate of the received signals. If the approximate user 5 position is fairly accurate, these models will be very accurate in estimating the pseudo-range and pseudo-range rate. Using the models, the receiver can focus the correlation process around an expected signal.

FIG. 6 shows a graph 601 that illustrates the usual 10 frequency and timing uncertainty for a mobile GPS receiver. On the y-axis 602, the various rows show different pseudo range rates, and on the x-axis 604 the various columns show different pseudo ranges. Without an accurate model, such 15 as available using the present invention, the possibilities for range rates will vary considerably because a wide range of satellite motions are possible, and the possibilities for ranges will also vary over many cycles of the PN codes. With an accurate model provided by the ephemeris 20 information, the uncertainties can be reduced to a small range, depicted by the black cell 606. Many receivers will be able to search this small range in a single pass that eliminates a time consuming sequential search and allows the use of longer integration times for better sensitivity, 25 as will now be described.

Better sensitivity is achieved as follows: The 25 sensitivity of a GPS receiver is a function of the amount of time that the receiver can integrate the correlator outputs. The relationship between sensitivity and integration time is shown by the graph 608. With many bins 30 to search, the integration time 610 equals the total available search time divided by the number of search bins. With only a single bin to search, the integration time 612

WO 02/06987

PCT/US01/21852

-16-

equals the total available search time, increasing the sensitivity as shown 608.

It should be noted that in some receivers, the pseudo-ranges and pseudo-range rates that can be predicted from the pseudo-range models will not be accurate because of a lack of synchronization of the local clock. In this case, a search over a wide range of uncertainties will still be initially required, but only for the strongest satellite(s). If the local clock is known to be correct to 10 within approximately one second of GPS time then any one satellite will be enough to synchronize the local correlator offset. Thereafter, the expected pseudo-range and pseudo-range rates can be accurately computed for the remaining satellites. If the local clock is not known to 15 within approximately one second, then two satellites must be used to compute the two required clock parameters: the local clock and the correlator offset. The fact that two satellites are required is an often misunderstood point. In the GPS literature, it is often mentioned that one 20 satellite is enough to solve for an unknown clock offset without realizing that this is only true for systems where the local clock is already approximately synchronized with GPS time. In traditional GPS receivers that continuously track the GPS signals, the local clock is synchronized to 25 GPS time to much better than one second accuracy. In some more modern implementations (e.g., US patent 6,064,336), the local clock is synchronized to a network time reference, which is synchronized to GPS time. However, the current invention is specifically intended to operate in 30 implementations where the local clock is not synchronized to GPS time. The manner in which one solves for these clock parameters is described in detail below.

WO 02/06987

PCT/US01/21852

-17-

Once the unknown clock parameters have been computed, the parameters can then be used to adjust the pseudo-range models for the remaining, weaker satellites to reduce the range of uncertainty back to a narrow region; thus 5 enhancing sensitivity precisely when high sensitivity is needed, i.e., for detecting the weaker satellite signals.

In other receivers, the local clock and clock rate may be quite accurate. For example, if the clock signals are derived from a wireless media that is synchronized to GPS 10 timing (e.g., a two-way paging network), then the clock parameters are typically accurate. In this case, there is no clock effect and a narrow search region can be used from the outset.

To quantify the benefits of the invention, consider an 15 example where the user position is known to within the radius of reception of a 2-way pager tower (2-miles). In this case the pseudo-range (expressed in milliseconds) can be pre-calculated to an accuracy of one-hundredth of a millisecond. Without the invention, a GPS receiver would 20 search over a full millisecond of all possible code delays to lock onto the code transmitted by the satellite. Using the invention the search window is reduced by up to one hundred times, making the GPS receiver faster, and, more importantly, allowing the use of longer integration times 25 (as described above), making the receiver capable of detecting weaker signals, such as occur indoors.

An additional advantage of having ephemeris, or the 30 derived pseudo-range model, at the mobile receiver is that the process of identifying the true correlation is more robust, since, apart from increasing the integration time as described above, the chance that a "false peak" would be identified is greatly reduced by considering only correlations that occur within the expected range.

WO 02/06987

PCT/US01/21852

-18-

One embodiment of the use of ephemeris (or derived pseudo-range models) to enhance sensitivity is described further with respect to FIG 7.

FIG. 7 is a flow diagram of a method 700 of signal search. The method begins at step 702 with an input of the pseudo-range model. As noted earlier this pseudo-range model is calculated from the ephemeris, either at the mobile receiver itself, or at the central processing site. At step 704, the model is applied at the current time in the mobile device and is used to estimate the expected current frequency and timing of GPS satellite signals, as well as the expected uncertainties of these quantities, to form a frequency and code delay search window for each satellite. This window is centered on the best estimates of frequency and delay but allows for actual variations from the best estimates due to errors in the modeling process including inaccuracies in the rough user position, errors in the time and frequency transfer from the wireless carrier etc. In addition, the frequency uncertainty is divided into a number of frequency search bins to cover the frequency search window. As shown in FIG 6, the number of search bins is dramatically reduced by using the pseudo-range model.

In step 706, the detection and measurement process is set to program the carrier correction to the first search frequency. At step 708, a code correlator is invoked to search for signal correlations within the delay range of the delay window. Such a code correlator is standard in the art, but the present invention dramatically reduces the number of possible code delays over which the correlator must search thereby increasing the integration time for each code delay, and thus the sensitivity of the receiver.

WO 02/06987

PCT/US01/21852

-19-

At step 710, the method 700 queries whether a signal is detected. If no signal is detected, the carrier correction is set, at step 712, to the next search frequency and the search continues until a signal is found 5 or the frequency search bins are exhausted.

If, at step 710, the method 700 affirmatively answers the query, the signal is used at step 714 to further improve the estimate of clock time delay and clock frequency offset. This information is utilized at step 716 10 to re-compute the frequency and delay search windows for the remaining undetected satellites. In step 718, the process continues until all satellites have been detected or the search windows have been exhausted.

The method of FIG. 7 is illustrative of one of a 15 variety of algorithms that can be used to guide the search process based on the GPS signal processing's ability to estimate time and frequency. Additionally, the algorithms could be altered to include various retry mechanisms since the signals themselves may be fading or blocked.

20

SENSITIVITY ENHANCEMENT

To enhance the sensitivity of the receiver (as described with respect to FIG. 6), the invention uses the 25 approximate position of the mobile device to compute expected pseudo-range, this reduces the pseudo-range uncertainty. However, before the inventive receiver can compute the expected pseudo-range the following three items are required:

- 30 1. the approximate position of the mobile device (to within a few miles of a true position)
2. the approximate time at the mobile device (to within approximately one second of the true time)
3. the correlator clock offset at the mobile device (to 35 within a few microseconds of the true offset).

The more accurately each of the three terms is known, the more precisely the invention can bound the pseudo-range uncertainty, and thus the greater the sensitivity (see FIG. 6). In the preferred embodiment, the approximate position 5 of the mobile device is determined from the known location of the radio tower last used by the device. The radius of reception of radio towers for 2-way pagers and cell-phones is typically 3 kilometers. Thus the approximate position of the mobile device is known to within 3 kilometers, and 10 the induced error on the pseudo-range estimate will be no more than 3 kilometers. With reference to FIG 6., note that the full pseudo-range uncertainty for an unaided GPS receiver is equal to one code epoch, which is approximately 300 kilometers. Thus, even knowing an approximate position 15 as roughly as 3 kilometers can reduce the pseudo-range uncertainty one hundred times.

The timing errors also induce errors on the expected pseudo-range. To compute expected pseudo-range, the receiver must calculate the satellite position in space. 20 The satellite range from any location on earth varies at a rate between plus and minus 800 meters per second. Thus each second of time error will induce a range error (and pseudo-range error) of up to 800 meters.

The mobile device correlator delay offset induces a 25 direct error in the pseudo-range measurement, as is well known in the GPS literature. Each microsecond of unknown correlator delay offset induces 300 meters of error in the range measurement.

Thus, to keep the pseudo-range estimate within a range 30 of a few kilometers (as illustrated in FIG. 6), the receiver of the present invention requires estimates of position, time and correlator delay offset in the ranges shown above.

In an implementation where the real time at the mobile 35 device is not known to better than a few seconds, and the correlator delay offset is not known, one solves for both using two satellite measurements, as follows.

WO 02/06987

PCT/US01/21852

-21-

The equation relating pseudo-range errors to the two clock errors is:

$$y = c*dt_e - rangeRate*dt_s \quad (1)$$

5

where:

y is the "pseudo-range residual", i.e., the difference between the expected pseudo-range and the measured pseudo-range;

10 c is the speed of light;

dt_e is the correlator delay offset; anddt_s is the offset of the real time estimate.

FIG. 8 depicts a flow diagram of a method 800 for 15 improving the clock parameters, and then improving the receiver sensitivity. Method 800 comprises:

Step 802. Using the best known clock parameters, compute expected pseudo-ranges for all the satellites.

Step 804. Measure the pseudo-ranges for the two strongest 20 satellites with the highest signal strength.

Step 806. Using these two measurements, solve equation (1) for the two unknowns: dt_e and dt_s.

Step 808. Use dt_e and dt_s to improve the estimate of the 25 expected pseudo-ranges for the remaining (weaker) satellites.

Step 810. Use these improved expected pseudo-ranges to reduce the pseudo-range uncertainty, thus improving the sensitivity of the receiver, as shown in FIG. 6.

30 Although various embodiments which incorporate the teachings of the present invention have been shown and described in detail herein, those skilled in the art can readily devise many other varied embodiments that still incorporate these teachings.

What is claimed is:

- 5 1. A method for locating position comprising:
 - receiving satellite telemetry data from all of the satellites in a global positioning system constellation of satellites;
 - communicating the received satellite telemetry data to 10 a central processing site;
 - propagating selected satellite telemetry data to a mobile receiver; and
 - acquiring at least one satellite signal at said mobile receiver using said selected satellite data.
- 15 2. The method of claim 1 wherein the selected satellite telemetry data comprises the ephemeris data for each satellite in view of the mobile receiver.
- 20 3. The method of claim 2 wherein the selected satellite data comprises a pseudo-range model, derived from the ephemeris data, that represents a relative position of each satellite in view of the mobile receiver.
- 25 4. The method of claim 2 wherein the selected satellite telemetry data comprises a Doppler measurement derived from the satellite ephemeris data.
5. The method of claim 1 wherein said acquiring step 30 further comprises:
 - using the selected satellite telemetry data to narrow a frequency uncertainty and a code uncertainty.
6. The method of claim 1 wherein said receiving step is 35 accomplished using four satellite signal receivers.

7. The method of claim 1 further comprising:
computing a position of said mobile receiver using
said selected satellite data.
- 5 8. The method of claim 7 wherein said computing step is
performed within the mobile receiver.
9. The method of claim 7 wherein said computing step is
10 performed at a location that is remote from said mobile
receiver.
10. The method of claim 1 wherein said at least one
satellite signal is a signal having a high signal strength
15 and said acquiring step further comprises:
using the at least one acquired satellite signal to
aid in receiving other satellite signals having low signal
strength.
- 20 11. The method of claim 10 wherein said at least one
acquired satellite signal is used to generate a clock and a
correlator delay offset.
12. The method of claim 10 wherein said at least one
25 acquired satellite signal is used to improve an estimated
pseudo-range computation for satellite signals having low
signal strength.
13. A method for locating position comprising:
30 receiving satellite telemetry data from a plurality of
the satellites in a global positioning system constellation
of satellites;
communicating the received satellite telemetry data to
a central processing site;
35 deriving a pseudo-range model comprising a pseudo-
range, a pseudo-range rate and a pseudo-range acceleration;
propagating the pseudo-range model to a mobile
receiver; and

WO 02/06987

PCT/US01/21852

-24-

acquiring at least one satellite signal at said mobile receiver using said pseudo-range model.

14. The method of claim 13 wherein said acquiring step further comprises computing Doppler from said pseudo-range model.

15. The method of claim 13 wherein said satellite telemetry data comprises a satellite clock signal and satellite position information.

16. The method of claim 13 wherein the pseudo-range model is derived from satellite telemetry data comprising ephemeris data for each satellite in view of the mobile receiver.

17. The method of claim 16 wherein the satellite telemetry data comprises a Doppler measurement derived from the satellite ephemeris data.

18. The method of claim 13 wherein said acquiring step further comprises:
using the pseudo-range model to narrow a frequency uncertainty and a code uncertainty.

19. The method of claim 13 wherein said receiving step is accomplished using four satellite signal receivers.

20. The method of claim 13 further comprising:
computing a position of said mobile receiver using said pseudo-range model.

21. The method of claim 20 wherein said computing step is performed within the mobile receiver.

22. The method of claim 20 wherein said computing step is performed at a location that is remote from said mobile receiver.

23. The method of claim 13 wherein said at least one satellite signal is a signal having a high signal strength and said acquiring step further comprises:

5 using the at least one acquired satellite signal to aid in receiving other satellite signals having low signal strength.

24. The method of claim 13 wherein said at least one acquired satellite signal is used to generate a clock and a correlator delay offset.

25. The method of claim 13 wherein said at least one acquired satellite signal is used to improve an estimated 15 pseudo-range computation for satellite signals having low signal strength.

26. Apparatus for locating a position of a mobile receiver comprising:

20 a plurality of satellite signal receivers for receiving satellite signals from all satellites in a constellation of global positioning satellites;

25 a communications network, coupled to each of said satellite signal receivers in said plurality of satellite signal receivers;

30 a satellite data processor, coupled to said communications network; and

35 a mobile receiver, coupled to said satellite data processor.

27. The apparatus of claim 26 wherein said communications network comprises three or more satellite signal receivers.

28. The apparatus of claim 26 further comprising

35 a wireless network for communicating said satellite data to said mobile receiver.

29. The apparatus of claim 26 wherein said satellite data processor generates a pseudo-range model for each mobile receiver and communicates the pseudo-range model to the mobile receiver.

5

30. The apparatus of claim 26 wherein said plurality of satellite signal receivers are positioned to receive telemetry data from each and every satellite in a satellite constellation.

10

31. The apparatus of claim 23 wherein said satellite constellation is a global positioning system (GPS) satellite constellation.

15

32. Apparatus for providing satellite data to a mobile receiver comprising:
a plurality of tracking stations for receiving telemetry data from satellites; and
a communication network for propagating the telemetry data from all the satellites to a data processor.

33. The apparatus of claim 32 wherein said data processor transmits said data to a mobile receiver.

25

34. The apparatus of claim 32 wherein said data processor produces a pseudo-range model using said telemetry data.

35. The apparatus of claim 32 wherein the plurality of tracking stations comprise at least three stations.

30

36. A method of receiving global positioning system (GPS) satellite signals comprising:
receiving satellite ephemeris at a first location;
communicating the satellite ephemeris to a mobile GLS receiver at a second location; and
processing satellite signals received at the mobile GPS receiver using the ephemeris to reduce code and

WO 02/06987

PCT/US01/21852

-27-

frequency uncertainty in the mobile GPS receiver to improve acquisition sensitivity of the mobile GPS receiver.

37. The method of claim 36 wherein said communicating step 5 is performed through a wireless path.

38. The method of claim 36 further comprising generating a pseudo-range model from said satellite ephemeris and communicating the pseudo-range model to the mobile 10 receiver.

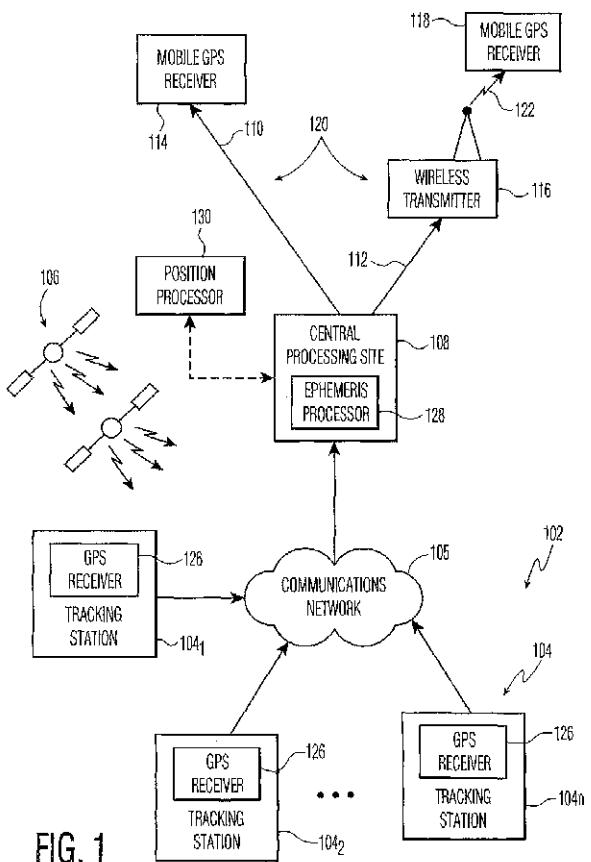
...

WO 02/06987

1/7

PCT/US01/21852

FIG. 1



SUBSTITUTE SHEET (RULE 26)

FIG. 2

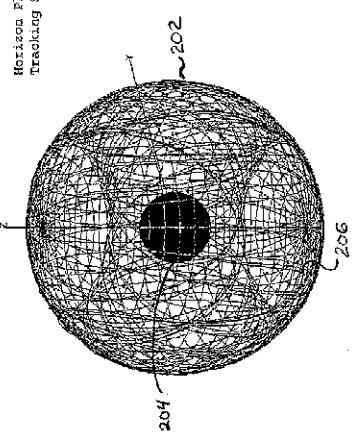
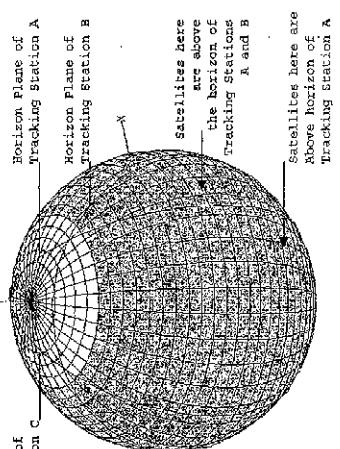
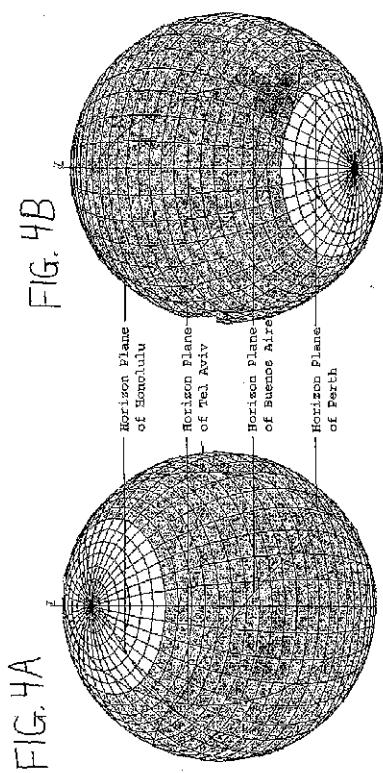
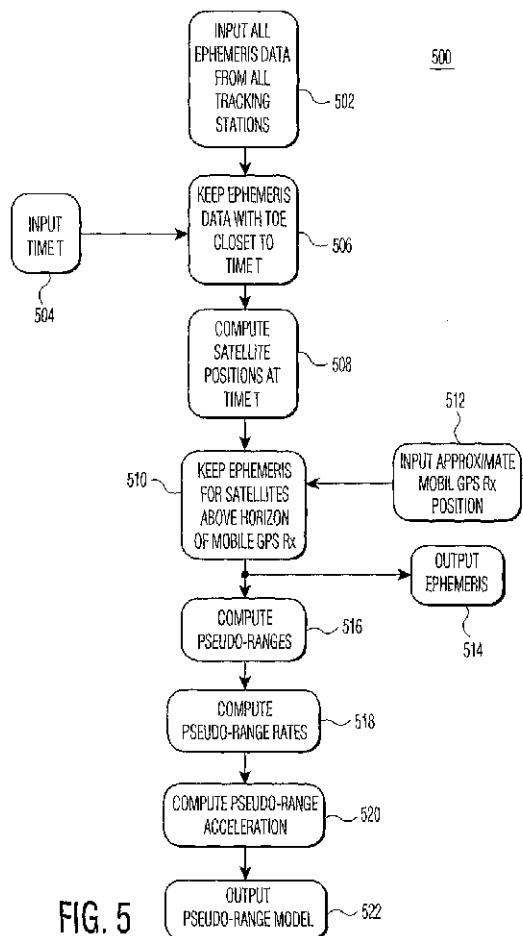


FIG. 3





SUBSTITUTE SHEET (RULE 26)



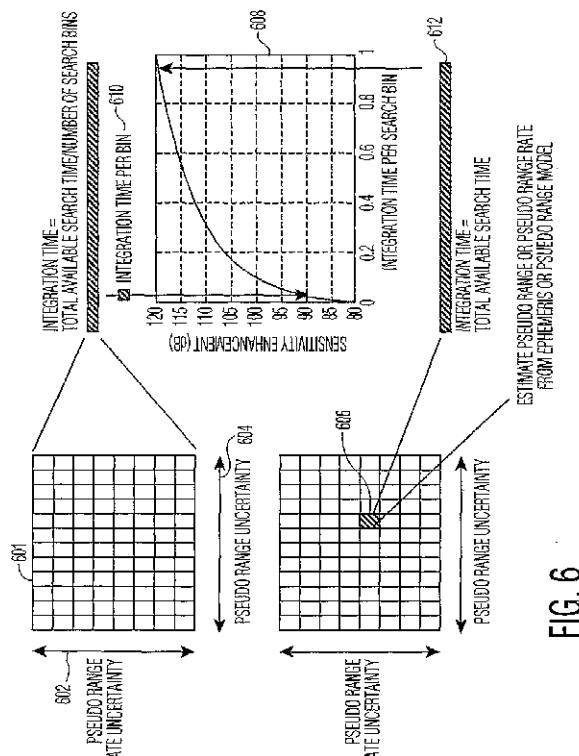


FIG. 6

SUBSTITUTE SHEET (RULE 26)

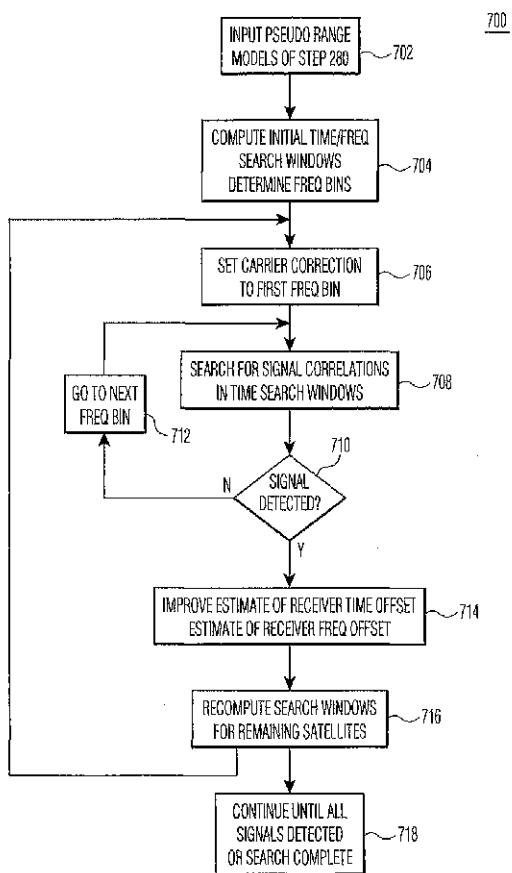


FIG. 7

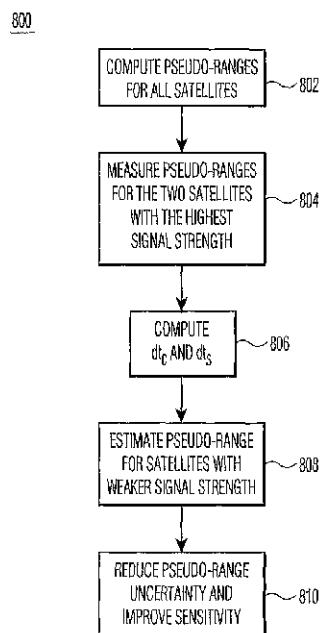


FIG. 8

【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/US01/21852						
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC(7): G06F 17/00 US CL.: Please See Exam Sheet 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) U.S. : 701/207, 213, 214, 215, 342/352, 357.01-357.06, 357.09, 357.12, 357.15								
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 practicable, search terms used)								
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">Category*</th> <th style="width: 80%;">Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages</th> <th style="width: 10%;">Relevant to claim No.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X, P</td> <td>US 6,215,441 B1 (MOEGLEIN et al.) 10 April 2001, abstract.</td> <td>1-38</td> </tr> </tbody> </table>			Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.	X, P	US 6,215,441 B1 (MOEGLEIN et al.) 10 April 2001, abstract.	1-38
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.						
X, P	US 6,215,441 B1 (MOEGLEIN et al.) 10 April 2001, abstract.	1-38						
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> 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 "B" earlier document published on or after the international filing date "C" document which uses prior rights or priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "D" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "E" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed								
Date of the actual completion of the international search 29 SEPTEMBER 2001		Date of mailing of the international search report 01 NOV 2001						
Name and mailing address of the ISA/US Comptroller of Patents and Trademarks Box PCT Washington, D.C. 20231 Facsimile No. (703) 305-3230		Authorized officer WILLIAM CUCHLINSKI <i>Diane Smith</i> Telephone No. (703) 306-1113						

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 1998)*

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/US01/21852

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER:

US CL.:

701/207, 213, 214, 215; 342/352, 357.01- 357.06, 357.09, 357.12, 357.15

フロントページの続き

(81)指定国 AP(GH,GM,KE,LS,MW,MZ,SD,SL,SZ,TZ,UG,ZW),EA(AM,AZ,BY,KG,KZ,MD,RU,TJ,TM),EP(AT,BE,CH,CY,DE,DK,ES,FI,FR,GB,GR,IE,IT,LU,MC,NL,PT,SE,TR),OA(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA,GN,GW,ML,MR,NE,SN,TD,TG),AE,AG,AL,AM,AT,AU,AZ,BA,BB,BG,BR,BY,BZ,CA,CH,CN,CR,CU,CZ,DE,DK,DM,DZ,EE,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,MZ,NO,NZ,PL,PT,RO,RU,SD,SE,SG,SI,SK,SL,TJ,TM,TR,TT,TZ,UA,UG,UZ,VN,YU,ZA,ZW

F ターム(参考) 5K072 AA29 BB02 BB13 BB18 CC35 DD19