(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第3789556号
(P3789556)
(45)発行日　平成18年6月28日(2006.6.28)　(24)登録日　平成18年4月7日(2006.4.7)

(51)Int.Cl.			F I		
G04G	7/02	(2006.01)	G04G	7/02	
G01S	5/14	(2006.01)	G01S	5/14	
G04G	5/00	(2006.01)	G04G	5/00	J

請求項の数 3　(全 14 頁)

(21)出願番号　特願平8-164103
(22)出願日　平成8年6月25日(1996.6.25)
(65)公開番号　特開平10-10251
(43)公開日　平成10年1月16日(1998.1.16)
審査請求日　平成14年9月20日(2002.9.20)

(73)特許権者　000166247
古野電気株式会社
兵庫県西宮市芦原町９番５２号
(74)代理人　100084548
弁理士　小森　久夫
(72)発明者　武地　美明
兵庫県西宮市芦原町９番５２号
古野電気株式会社内

審査官　鈴野　幹夫

(56)参考文献　特開昭６１－２２２８７（ＪＰ，Ａ）
特開平５－１１９１７０（ＪＰ，Ａ）
特開昭５６－１５０３８３（ＪＰ，Ａ）
特開平８－１０５９８３（ＪＰ，Ａ）
最終頁に続く

(54)【発明の名称】電子時計およびクロックタイミング調整方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

地球の周回軌道を航行する測位衛星が発信する正時タイミング信号を含む測位信号を受信する受信手段と、

前記測位信号の伝搬時間による遅延を補正する補正値データを、前記測位衛星に依らず自己の位置を参照せずに、地球上の１または複数のサンプリング地点と前記地球の周回軌道との平均的な距離の電波伝搬時間に基づいて算出し、または、前記測位衛星に依らず自己の位置を参照せずに地球上の１または複数のサンプリング地点と前記地球の周回軌道との平均的な距離の電波伝搬時間に基づいて算出して記憶する補正値発生手段と、

前記受信手段が正時タイミング信号を最低１つの測位衛星から受信すると、この受信したタイミングを前記補正値データで補正した補正正時タイミングに時刻情報を出力する時刻情報出力手段と、

を備えたことを特徴とする電子時計。

【請求項２】

前記時刻情報出力手段は、前記補正正時タイミングに正時パルスを出力し、これとともに時刻データを出力する手段である請求項１に記載の電子時計。

【請求項３】

地球の周回軌道を航行する測位衛星が発信する正時タイミング信号を受信し、

該正時タイミング信号を受信したタイミングを自己の位置を参照せずに、地球上の１または複数のサンプリング地点と前記地球の周回軌道との平均的な距離の電波伝搬時間に基

づいて算出した補正値データで補正し、
この補正された正時タイミングに正時信号を出力することを特徴とするクロックタイミング調整方法。
【発明の詳細な説明】
【０００１】
【産業上の利用分野】
この発明は、ＧＰＳ衛星などの測位用衛星から送信される電波を受信して現在の日付や時刻を求める電子時計およびクロックタイミング調整方法に関する。
【０００２】
【従来の技術】
従来より、ＧＰＳなどの測位システムにおいては、各測位用衛星から受信点までの距離を観測するための情報や各測位用衛星の位置を算出するための情報が送信されていて、受信機は３次元測位に要する数の測位用衛星からの測位用信号を用いて、各測位用衛星の位置と各測位用衛星から受信点までの距離とを求め、これらの各測位用衛星の位置と各測位用衛星から受信点までの距離とから受信点の位置（緯度，経度，高さ）を求めている。
【０００３】
このような測位システムでは、システムの中での時系を統一するための時系（ＧＰＳシステムではＧＰＳ時）を設定していて、その時系における時刻を求めるための情報が衛星から送信されている信号に含まれている。従って、このような信号を受信する受信機は、測位の目的以外に時計としての機能も有する。ＧＰＳシステムでは、衛星上の時計は原子時計であり、その１秒の長さは協定世界時（以下「ＵＴＣ」という。）と同じ原子時の１秒に略一致している。従って上記測位用衛星からの信号を受信することによって極めて高精度な電子時計を構成することができる。
【０００４】
【発明が解決しようとする課題】
従来は、設置場所（緯度，経度）が未知の場合には、少なくとも３衛星を捕捉しなければ正確な時刻を出力することができなかった。また、１衛星で正確な時刻を出力しようとすれば設置場所の概略でも場所を入力してやる必要があった。
【０００５】
この発明はメンテナンスフリーで正確な電子時計を提供するとともに、このような正確な電子時計を実現するためのクロックタイミング調整方法を提供することを目的とする。
【０００６】
【課題を解決するための手段】
この出願の請求項１の発明は、地球の周回軌道を航行する測位衛星が発信する正時タイミング信号を含む測位信号を受信する受信手段と、
前記測位信号の伝搬時間による遅延を補正する補正値データを、前記測位衛星に依らず自己の位置を参照せずに、地球上の１または複数のサンプリング地点と前記地球の周回軌道との平均的な距離の電波伝搬時間に基づいて算出し、または、前記測位衛星に依らず自己の位置を参照せずに地球上の１または複数のサンプリング地点と前記地球の周回軌道との平均的な距離の電波伝搬時間に基づいて算出して記憶する補正値発生手段と、
前記受信手段が正時タイミング信号を最低１つの測位衛星から受信すると、この受信したタイミングを前記補正値データで補正した補正正時タイミングに時刻情報を出力する時刻情報出力手段と、を備えたことを特徴とする。
【０００８】
この出願の請求項２の発明は、前記時刻情報出力手段を、前記補正正時タイミングに正時パルスを出力し、これとともに時刻データを出力する手段とすることを特徴とする。
【００１１】
この出願の請求項３の発明は、地球の周回軌道を航行する測位衛星が発信する正時タイミング信号を受信し、
該正時タイミング信号を受信したタイミングを自己の位置を参照せずに、地球上の１ま

たは複数のサンプリング地点と前記地球の周回軌道との平均的な距離の電波伝搬時間に基づいて算出した補正値データで補正し、

この補正された正時タイミングに正時信号を出力することを特徴とする。

【００１３】

以上の発明において、測位衛星としてＧＰＳ衛星を適用することができる。ＧＰＳ衛星を適用した場合、正時タイミング信号としては航法メッセージのサブフレーム開始タイミングの信号を正時タイミング信号として用いればよい。

【００１４】

請求項１の発明では、補正値データは自己の位置を参照せずに即ち測位演算をせずに算出・記憶されているものであるため、このＧＰＳ時計を地球上の何処に設置しても適正な範囲の補正をすることができ、また、内部的にこの補正値データを算出する場合であっても測位演算のような複雑な計算をする必要がないため、簡略な構成で補正が可能である。

【００１５】

測位衛星と該ＧＰＳ時計との距離は、衛星が周回軌道のどの位置にあるかによって異なるが、その距離の変動は極めて大きいものではない。

【００１６】

そこで、測位衛星（周回軌道）とＧＰＳ受信機が設置される点として選択した地球上のサンプリング地点との平均的な距離を求めてその距離の伝搬遅延を補正するようにする。これにより、１つの補正値データで全ての地点における全ての時刻の補正が可能になり、簡略であるとともに、実用上十分に高精度な時刻情報を得ることができる。ここで、サンプリング地点と衛星との平均的な距離の求め方としては、周回軌道とサンプリング地点との距離を時間積分して平均を求めてもよく、単純に最大距離と最小距離の平均値を求めてもよい。また、この平均値を求める範囲は周回軌道の全範囲であってもサンプリング地点の視野内の範囲であってもよい。さらに、ＧＰＳ衛星のように複数の衛星が異なる軌道を周回している場合には全ての軌道を総合した平均的な距離を求めればよい。

【００１７】

請求項２の発明では、時刻情報として正時タイミングに正時パルスを出力するとともに、この正時パルスが指示する時刻データを出力する。時刻データは、世界標準時であるＵＴＣ時刻を指示するデータであってもよく、地球上の各地域で用いられるローカル時刻であってもよい。これらの情報により、正確な時刻を刻むのみならず、現在時刻を出力・表示することができる電子時計を構成することができる。また、測位衛星としてＧＰＳ衛星を用いれば、航法メッセージに含まれるＧＰＳ時算出情報，ＵＴＣ時刻算出情報を用いてＵＴＣ時刻データを算出することができ、これとの時差を勘案することにより各ローカル時刻を算出することができる。

【００１８】

測位衛星が発信する測位信号はＳＨＦなど極めて波長の短い電磁波であり、光と同様に発信源が直接視野にないと受信することができない。また、測位衛星は一般的に周回軌道を航行しており、その周期は一定である。そこで、測位信号を受信できた履歴を履歴記憶手段に記憶しておき、以後測位信号を受信しようとするときには、衛星選択手段がこの受信履歴に基づいて受信できる衛星を割り出すようにすれば、該ＧＰＳ時計の天球に対する視野が限定されている場合でも、それまでの履歴に基づいて迅速・確実にいずれかの測位衛星の測位信号を受信することができる。

【００１９】

前記受信手段に複数チャンネルを設け、衛星選択手段が選択した衛星を受信する一部のチャンネルとその他の衛星を受信する他の一部のチャンネルとに分割すれば、衛星選択手段によって信号を受信できる衛星を確実に選択するとともに、新たに受信できた衛星で前記履歴記憶手段を更新することができ、また、継続して測位信号を受信する場合には、衛星選択手段で選択された衛星から信号を受信できなくなったとき、前記他の一部のチャンネルで受信されている信号に速やかに乗り換えることができる。

【００２０】

請求項３の発明では、請求項１の発明と同様に、補正値データを測位演算をせずに算出したものであるため、複雑な計算をすることなく簡略にＧＰＳ信号などの衛星クロックを補正することができる。

【００２１】

また、測位衛星（周回軌道）とＧＰＳ衛星が設置される点として選択した地球上のサンプリング地点との平均的な距離を求めてその距離の伝搬遅延を補正するようにする。これにより、１つの補正値データで全ての地点における全ての時刻の補正が可能になり、簡略であるとともに、実用上十分に高精度な時刻情報を得ることができる。

【００２２】

【発明の実施の形態】

この発明の実施形態であるＧＰＳ時計を図１～図６に基づいて説明する。このＧＰＳ時計はナノセカンド・マイクロセカンド単位の精度が要求されない家庭用機器として構成されており約２０ｍｓの精度を有する。用途としては、いわゆるクロック（置時計，掛時計）など単体の時計として用いることができるほか、スレーブとして接続されている他の時計やタイマを管理する家庭用マスタ時計として用いることもできる。また、テレビ受像機などの家電製品に内蔵してタイマ用時計として用いることもできる。

【００２３】

図１は同ＧＰＳ時計の構成を示すブロック図である。アンテナ１はマイクロストリップアンテナなど小型のものが用いられ、筐体外面や設置場所（家屋）の窓際などに設置される。アナログ信号処理回路２ａはアンテナ１から入力されたＬ１帯（１５７５．４２ＭＨｚを中心とする約２ＭＨｚの周波数帯）の高周波信号を数百ＭＨｚの中間周波に周波数変換する。Ａ／Ｄコンバータ２ｂはアナログ信号処理回路２ａから入力された中間周波信号をディジタルデータに変換する。Ａ／Ｄコンバータ２ｂのサンプリング周波数はＣ／Ａコードのチップ率の２倍程度でよい。このサンプリング周波数により後段の処理部は１／２μｓ以内のずれでＣ／Ａコードの同期をとることができる。信号処理ゲートアレイ３はＡ／Ｄコンバータ２ｂからディジタルデータを入力するとともに、ＣＰＵ５から捕捉すべきＧＰＳ衛星（ＧＰＳ信号）のＣ／Ａコードパターンデータ，Ｃ／Ａコード位相データなどを入力する。そして、このＣ／Ａコードを位相データに基づく位相で発生し、発生したＣ／Ａコードを前記ディジタルデータと論理関（排他的論理和）することによって相関係数を算出する。この相関係数データはＣＰＵ５に読み取られる。信号処理ゲートアレイ３には基準クロックにより時刻をカウントする時刻カウンタ３ａが内蔵されている。

【００２４】

ここで、同図（Ｂ）を参照して時刻カウンタ３ａの構成を説明する。フリーランカウンタ３１は上記基準クロックをカウントするフリーランのカウンタである。ラッチ回路３３はＣＰＵ５から与えられる設定値を保持する回路である。比較回路３２はフリーランカウンタ３１の値がラッチ回路３３の値に等しくなったとき１ＰＰＳの正時パルスを出力する回路である。ＣＰＵ５はラッチ回路３３に対してこの時刻カウンタ３ａのカウント誤差であるクロックバイアス値（図２（Ｂ）参照）をセットする。比較回路３２はフリーランカウンタ３１の値がこのクロックバイアス値に等しくなったとき１ＰＰＳの正時パルスを出力することにより、この正時パルスは後述の補正値，衛星時計誤差およびＧＰＳ→ＵＴＣ誤差を補正した正確な正時パルスとなっている。

【００２５】

ＲＯＭ６にはこのＧＰＳ時計の動作プログラムや補正値（６ａ）やこの電子時計の出荷先のローカル時刻とＵＴＣとの時差データなどが記憶されている。この補正値や時差データは、２００ビット程度の小型ＲＯＭに書き込むようにし、出荷時期や出荷地域に合わせて製作された小型ＲＯＭを本体にセットするようにしてもよい。また、ＲＡＭ７にはＧＰＳ衛星の受信履歴を記憶するアラートテーブル７ａが設定されている。このアラートテーブルは、過去のＧＰＳ衛星受信履歴を記憶することにより、それ以後、現在どの衛星を受信できるかを即座に割り出すことができるようにしたテーブルである。

【００２６】

時計回路４は水晶発振器などの基準発振器を内蔵しており、その基準発振信号を分周して時刻を計時する。この時計回路４はＣＰＵ５から入力される時刻データおよび正時パルスによってリセットされ、上記基準発振器の発振周波数周波数誤差が補償される。この時計回路４は、バッテリでバックアップされており、装置の電源が落とされている間自走して次の電源オン時にほぼ正確な時刻を装置に供給する。

【００２７】

表示インタフェース９は表示用メモリを備え、その表示用メモリの内容に応じて表示信号を発生し、表示器１０へ出力する。表示用メモリには、ＣＰＵ５により年月日，時分秒の時刻表示データが入力される。

【００２８】

ここで、ＣＰＵ５は、上述したように捕捉すべきＧＰＳ衛星を決定してそのＣ／Ａコードパターンを信号処理ゲートアレイ３に供給するとともに、信号処理ゲートアレイ３から読み取った相関係数データを所定の時定数で操作量を算出してこれをＣ／Ａコード位相データとして信号処理ゲートアレイ３に供給する。信号処理ゲートアレイ３から入力される相関係数データがほぼ１に近い値になったとき信号処理ゲートアレイ３が内部発生したＣ／ＡコードとＡ／Ｄコンバータ２ｂから入力したディジタルデータに含まれる目的のＧＰＳ信号のＣ／Ａコードとの位相同期がとれた（ＧＰＳ信号の受信に成功した）と判断する。そして、この受信されたＧＰＳ信号から航法メッセージデータを抽出する。航法メッセージデータには、ＧＰＳ時を求めるためのデータ（Ｚカウント，ＧＰＳ週番号など）やＵＴＣ時刻を求めるためのデータ（ＵＴＣパラメータなど）などが含まれている。ＣＰＵ５は、これらのデータに基づいてＵＴＣ時刻を求めるとともに正時パルス（１ＰＰＳ）を発生する。

【００２９】

ここで、図２を参照してこのＧＰＳ時計のＵＴＣ時刻算出の方法について説明する。同図（Ａ）はＧＰＳ信号に含まれる航法メッセージの概略構成を示す図である。同図（Ｂ）は航法メッセージに含まれるパラメータに基づくＵＴＣ時刻算出の手順を示す図である。航法メッセージは大小のフレームの組み合わせで構成されている。主フレームは３０秒・１５００ビットのデータであり、５つのサブフレームに分割されている。したがって、各サブフレームは６秒・３００ビットで構成される。なお、主フレームが２５個でマスタフレームとなる。航法メッセージは、常にこのマスタフレームを繰り返している。各主フレームはＧＰＳ時における毎分０秒または３０秒から開始する。第１サブフレームにはＧＰＳの週番号が書き込まれており、各サブフレームにはＺカウント値が書き込まれている。ＧＰＳ時はＵＴＣ時刻の１９８０年１月６日（日曜日）の０時をスタート時刻＝０秒とする時刻であり、６０４８００秒（＝７日）を１週間としている。上記ＧＰＳ週番号はスタート時刻から何週目であるかをカウントした値であり、Ｚカウントは各週のスタートから当該サブフレーム終了タイミング（次のサブフレーム開始タイミング）までの時刻カウント値である。ただし、この時刻カウント値は１．５秒を１単位としてカウントしたカウント値になっている。この週番号とＺカウントを積算することによって、現在（次のサブフレーム開始タイミング）の仮のＧＰＳ時（ＧＰＳ受信時刻）を算出することができる。

【００３０】

そして、同図（Ｂ）に示す方式でこれをＵＴＣの時刻データに変換する。ＵＴＣ時刻データは、年月日時分秒の時刻表示データおよび毎０秒のタイミングに出力される正時パルス（１ＰＰＳ）からなるが、年月日時分秒の時刻表示データは、前記週番号およびＺカウントの積算値にＵＴＣパラメータに含まれる累積閏秒を加算して算出する。累積閏秒について説明する。ＵＴＣ時刻は地球の自転周期とのずれを補償するため、１年に１度程度閏秒を挿入または削除している。したがって、この閏秒が挿入された週は６０４８０１秒となるが、ＧＰＳ時はこの閏秒を無視して必ず６０４８００秒で１週間を刻むようにしている。ＧＰＳ時がスタートしてから現在まで１１回の閏秒が挿入されたため、この累積閏秒によりＧＰＳ時とＵＴＣ時刻とは１１秒のずれが生じている。この累積閏秒がＵＴＣパラメータとして第４サブフレームの第１８ページ（マスタフレーム内の１８番目の主フレーム

に含まれる第４フレーム）に書き込まれている。
【００３１】
この累積閏秒を含むＵＴＣパラメータは、ＵＴＣパラメータ記憶エリア７ｂに記憶される。なおこの累積閏秒は１度取り込めば１年程度変化しないため、工場出荷時にあらかじめそのときの累積閏秒を書き込んでおくことで、ＧＰＳ時計の起動を円滑にすることができる。
【００３２】
一方、ＵＴＣ時刻の正時パルスは、ＧＰＳ受信時刻の正時タイミングを補正値，衛星時計誤差およびＧＰＳ→ＵＴＣ誤差で補正して出力される。ＧＰＳ信号はＧＰＳ衛星から発信され約２万～２．７万ｋｍの距離を伝搬してこの装置に受信されるため、ＧＰＳ受信時刻は、この伝搬時間（数十ｍｓ～１００ｍｓ程度）だけタイミングが遅れている。すなわち、サブフレーム開始タイミングは正確なＧＰＳシステム時刻よりも前記伝搬時間だけ過ぎた時刻になっている。そこでこの伝搬時間を補正値としてＲＯＭ６の補正値記憶エリア６ａに記憶している。
【００３３】
また、各ＧＰＳ衛星が搭載する原子時計は、極めて正確なものであるがそれでもＧＰＳシステムクロック（米国のＧＰＳ管制センタの原子時計）とは若干（数百μｓ程度）の誤差がある。この衛星時計誤差はエフェメリスデータとして航法メッセージに含まれている。さらに、ＵＴＣはフランスにある原子時計によって管理されているが、このＵＴＣ標準原子時計と上記ＧＰＳ管制センタの原子時計とも若干（約１μｓ程度）の誤差がある。このＧＰＳ→ＵＴＣ誤差はアルマナックデータ（ＵＴＣパラメータ）として航法メッセージに含まれている。
【００３４】
これら補正値，衛星時計誤差およびＧＰＳ→ＵＴＣ誤差をＧＰＳ受信時刻のタイミングであるサブフレーム開始タイミングから減算修正することによって正確なタイミングの正時パルスタイミングを割り出すことができる。なお、衛星時計誤差，ＧＰＳ→ＵＴＣ誤差は補正値に比べて極めて小さいものであり無視しても精度に殆ど影響しないが、今後これらの誤差が大きく変動する場合も想定されるため少なくとも衛星時計誤差については常時誤差補正を行うようにしておくことが好ましい。
【００３５】
上記の動作で求められたＵＴＣ時刻は必要に応じてローカル時刻に変換される。ローカル時刻はＵＴＣ時刻に対して所定の時差を有する時刻である。このＵＴＣ時刻またはローカル時刻の時刻表示データは上記正時パルスのタイミングに表示インタフェース９内の表示用メモリに書き込まれ、時刻が表示される。さらにＣＰＵ５は、この正確な時刻表示データおよび正時パルスで時計回路４を定期的にリセットしてその時刻を校正し、必要に応じてこの時刻のデータをデータ伝送インタフェース８を介して出力し、テレビ受像機のタイマなどを制御する。
【００３６】
ここで、上記補正値記憶エリア６ａに記憶されている補正値について説明する。このＧＰＳ時計は簡易な構成かつ無調整で、地球上の何処に設置しても殆ど正確な（±２０ｍｓ程度の誤差の）時刻を表示・出力できるものとして構成されている。このため、自己の設置場所の入力を要求することも複数のＧＰＳ衛星を同時受信して測位を行うこともせず、予め算出された補正値をＲＯＭ６に記憶している。
【００３７】
図３はこの補正値を求める手法を説明する図である。同図（Ａ）は現在地球上空を周回しているＧＰＳ衛星の配置を示す図である。ＧＰＳ衛星は高度約２００００ｋｍでほぼ１２時間の周期で地球のまわりを周回している。そして、６軌道上に９０度間隔で４個ずつ配置されており、合計２４個の衛星が周回している。なお、計画ではあと２軌道に８個の衛星を周回させる可能性があり、合計３２衛星の軌道が決定されている。このＧＰＳ時計が地球上の何処に設置され且つどのＧＰＳ衛星を受信しても実用的範囲で高精度な時刻を出

力できるよう、同図（Ｂ）に示すような手法で補正値を求める。
【００３８】
▲１▼　まず、南緯８０度～北緯８０度の１０度単位の緯線と東経０度～１８０度，西経１０度～１７０度の１０度単位の経線の交点、および、両極点の６１４地点をサンプル地点として抽出する。
▲２▼　各サンプル地点について、以下の演算を行う。
【００３９】
▲２▼－１　該サンプル地点から各ＧＰＳ衛星の軌道（軌道上の各点）までの最小距離と最大距離とを求める。最大距離は視野内の軌道の範囲で求める。
▲２▼－２　全ＧＰＳ衛星の最小距離の最小値および最大距離最大値を割り出す。
▲２▼－３　この最小値と最大値の平均値を求める。
▲３▼　そして全てのサンプル地点における上記平均値を再度平均して、補正値の根拠となる平均距離を算出する。この平均距離はほぼ２．３５万ｋｍとなり、この距離の伝搬時間である７８．４ｍｓが補正値となる。なお、全てのサンプル地点と全てのＧＰＳ衛星軌道との距離のなかで最小値は約２．０万ｋｍであり最大値は約２．７万ｋｍであるから上記平均距離は実際の距離と±約０．３５万ｋｍの範囲の誤差であり、これを時間に換算すると±約１２ｍｓとなり他の誤差要素を勘案しても±２０ｍｓ以下の誤差に納まることがわかる。すなわち、補正値を７８．４ｍｓとすることにより、地球上のどの地点にこのＧＰＳ時計が設置された場合でも、全く無調整で２０ｍｓの精度を実現することができる。
【００４０】
このように、このＧＰＳ時計では全く無調整且つ１衛星の信号を受信するのみの構成で、日常生活において十分高精度な時刻を求めることができる。
【００４１】
なお、最大距離を求める範囲は視野内に限定されない。たとえば、視野外の全軌道から最大距離を求めてもよく、また、実際に受信対象となる高度（たとえば仰角３０度以上）などの範囲に限定して求めてもよい。
【００４２】
また、上記補正値算出手法では、各サンプル地点において、軌道との最大距離の最大値および最小距離の最小値を割り出してこれを平均するようにしているが、各サンプル地点の最大距離，最小距離とも平均したのちこれらを再度平均するようにしてもよい。
【００４３】
さらに、このＧＰＳ時計では事前にこの平均距離を求め、ＲＯＭ６に記憶するようにしているが、ＧＰＳ時計自身がこれを算出するようにしてもよい。この場合には、ＧＰＳ衛星から受信するアルマナックデータに基づいて軌道を計算し、その平均距離を求めればよい。このようにすれば、ＧＰＳ衛星の軌道が変更になった場合でも精度を維持することができる。
【００４４】
また、受信しているＧＰＳ衛星のドップラ周波数に基づいて衛星の位置が水平線付近か天頂付近かを推測し、これに基づいて補正値を修正するようにしてもよい。
【００４５】
ところで、このＧＰＳ時計は、工場出荷時（設置当初）には現在時刻，設置場所やその環境などのプリセットの情報をなにも持っていないため、起動直後はどの衛星を受信できるかが全く不明である。また、一般家庭に設置される場合、遮蔽物や窓の大きさなどにより受信可能範囲は天球の視野よりはるかに狭くなるため、現在時刻が判明して衛星の軌道が計算できても、これに基づいてその衛星を受信できるか否かを判断することは不可能である。このような情報のない状態で衛星を捕捉し正確な時刻を出力しようとすれば、起動後数分～１０分の時間を必要とする。そこで、動作中に受信できた衛星の番号とその時刻をアラートテーブルに累積して記憶し、その後ＧＰＳ衛星を受信するときにはこのテーブルを参照して最適な衛星を選択するようにしている。
【００４６】

図４は設置当初のアラートテーブル作成動作を示すフローチャートである。図５はアラートテーブルの例を示す図である。

【００４７】

アラートテーブル作成動作は、装置設置当初に計時動作に先立ってまたは計時動作と並行して数時間（理想的には１日程度）繰り返し実行される。この動作は０分，８分，１６分，…と８分毎に起動される。まず、衛星番号ポインタに１をセットする（ｓ１，ｓ２）。そしてこの衛星のＣ／Ａコードパターンを信号処理ゲートアレイ３に入力し、入力された中間周波信号のなかから該当するＧＰＳ信号を検索する（ｓ３）。ノイズや他の衛星の信号を含む中間周波信号のなかからＧＰＳ信号を捕捉するためには３０秒程度の時間を要するため、捕捉できなくてもこの検索動作を３０秒継続する（ｓ４）。そして、捕捉できればｓ５以下の動作に進む。

【００４８】

ｓ５では捕捉したＧＰＳ信号のドップラ周波数を読み取るとともに（ｓ５）、航法データを収集する（ｓ６）。そして必要な内容をその時刻に対応させてアラートテーブルに書き込む（ｓ７）。そして、全ての衛星の検索が完了するまで（ｓ８）衛星番号に１を加算して（ｓ２）次の衛星の検索動作に進む。３０秒間検索を継続しても信号を捕捉できなかった場合にはｓ４から直接ｓ８に進む。

【００４９】

なお、このアラートテーブル作成動作中であっても受信されたＧＰＳ信号に基づいて後述の計時動作を実行することにより、正確な時間を出力することができる。

【００５０】

このアラートテーブル作成動作により、図５（Ａ）に示すようなアラートテーブルが作成される。このアラートテーブルはＲＡＭ７に設定される。テーブルのヘッダにはこのテーブルの作成日時（基準日時）が書き込まれ、１～８９のテーブル番号で識別される各欄には、テーブル作成動作開始時刻（０時０分）から終了時刻（１１時５２）までの時刻とＧＰＳ衛星の番号（ＳＶ番号）と受信された信号のドップラ周波数が対応して記憶されている。

【００５１】

ＧＰＳ衛星は約１２時間で地球を１周するため、天文学的には１つの衛星が約６時間視野内（天空内）にあるはずであり、どの時刻であっても１０程度の衛星が視野内に存在するはずである。しかし、図５（Ａ）のテーブルでは、各時刻に観測できた衛星の数は数個程度であり、同一の衛星が観測できる時間も数十分程度である。これは、このＧＰＳ時計が屋内に設置されているため、天空に向けて開口している窓などの角度が限定されるためである。このようにＧＰＳ装置が屋内に設置される場合には、アルマナックデータによって衛星の軌道が判明しても装置の実際の視野が分からないことからこの衛星の軌道データを有効に利用することができないため、このような信号が受信できた時刻の蓄積が非常に有効になる。

【００５２】

以後ＧＰＳ信号を受信しようとする場合には、その時刻（時計回路４が計時しているほぼ正確な時刻）に基づいてこのテーブルを参照し、最も条件のよい（継続して受信できそうな）衛星を選択して受信するようにすればよい。ＧＰＳ衛星は正確には１１時間５８分で軌道を一周するため、テーブルの受信時刻（年月日時分（秒））にこの周期×ｎを加えることにより、現在どの衛星を受信することができるかをいつでも割り出すことができる。

【００５３】

上記アラートテーブル作成動作を１２時間～２４時間継続受信すれば全ての衛星の受信を試みて、その結果を記録したアラートテーブルを作成することができる。なお、ＧＰＳシステムにおいては、同一軌道上を４つの衛星が約９０度の間隔で周回しているため、３時間継続して受信を試み、その結果を同一軌道面を周回する他のＧＰＳ衛星に適用すれば全ての衛星の受信可能時間をほぼ正確に把握することができる。また、図４のアラートテーブル作成動作が終了したのちも、通常の計時動作を行いながらこのテーブルを更新してゆ

くようにすればよい。

【００５４】

なお、図５（Ａ）のアラートテーブルを組み直して同図（Ｂ）に示すようなテーブルを作成してもよい。このテーブルは、各衛星毎に捕捉開始時刻および捕捉継続時間を記憶したものであり、このテーブルにより各時刻において最も長時間受信を継続できる衛星を簡略に選択することができる。

【００５５】

図６はウォームスタート、すなわち、アラートテーブルが作成されたのち一旦電源が落とされ再度スタートしたときの衛星選択動作を示すフローチャートである。まず、時計回路４から現在時刻を読み取る（ｓ２０）。この時刻からＧＰＳ衛星の周回周期である１１時間５８分のｎ倍を減算してアラートテーブルを参照し（ｓ２１）、最も条件のよい衛星を選択する（ｓ２２）。そして、その衛星の信号を受信して（ｓ２３）、航法データを解読する（ｓ２５）。この衛星の信号が受信できなくなるまでｓ２３，ｓ２５の動作を継続する。受信できなくなればｓ２０に戻って次の衛星を選択する。受信できることが確実な衛星の捕捉は約５秒で可能であり、その後約７．２秒で受信したＧＰＳ信号から航法メッセージを解読することができるため、後述の計時動作を含めても、電源投入後約１３秒で正確なＵＴＣ時刻を出力することができる。

【００５６】

図７は計時動作を示すフローチャートである。上述したようにＧＰＳ信号を受信し、航法メッセージを収集できれば正確なＵＴＣ時刻を割り出すことが可能であるためこの動作を実行する。まず、航法メッセージに含まれるＺカウント，週番号に基づいてＧＰＳ受信時刻を算出する（ｓ３０）。このＧＰＳ受信時刻と閏秒データにに基づいて時刻表示データを算出して（ｓ３１）、時計回路４に出力する（ｓ３２）。この時刻表示データはＵＴＣ時刻を時分秒で表示するためのデータであってもよく、予め設定されているローカル時刻を表示するためのデータであってもよい。ローカル時刻はＵＴＣ時刻に対して±１２時間の時差を有する時刻である。ＧＰＳ受信時刻（仮のＧＰＳ時）と上記補正値，衛星時計誤差，ＧＰＳ→ＵＴＣ誤差とに基づいてクロックバイアスを算出して（ｓ３３）、時刻カウンタ３ａに出力する（ｓ３４）。この時刻カウンタ３ａが正時パルス（１ＰＰＳ）を出力するまで回帰し（ｓ３５）、正時パルスが出力されると、表示バッファに時分秒の時刻表示データを書き込む（ｓ３６）。また、この時刻データは必要に応じてデータ伝送インタフェース８にも出力される。

【００５７】

なお上記動作では１衛星のみを受信してＵＴＣ時刻を算出しているが、複数の衛星を並行して受信できる場合には、各ＧＰＳ信号のサブフレーム開始タイミングを平均化して正時パルスタイミングを求めるようにしてもよく、複数の衛星のうち最も受信状態のよいものを１つ選択してこのＧＰＳ信号のサブフレーム開始タイミングに基づいて正時パルスタイミングを求めるようにしてもよい。

【００５８】

たとえば、ＧＰＳ受信チャンネルを８チャンネル備えている場合、すなわち、信号処理ゲートアレイ３が８つのＣ／Ａコード同期処理動作を並行して処理できる場合には、４チャンネルを前記アラートテーブルに基づいて選択された衛星の受信に用い、他の４チャンネルを選択から外れた衛星の受信（試行）に用いるようにすればよい。この選択から外れた衛星の受信試行により、アラートテーブルが更新される。

【００５９】

上記のような信号処理ゲートアレイ３がマルチチャンネルの場合のＣＰＵ５の動作を図８のフローチャートを用いて説明する。同図（Ａ）は最初にアラートテーブルから選択された４つの衛星をチャンネルに割り当てる動作である。まず、時計回路４から現在時刻を読み取り（ｓ４０）、この時刻とアラートテーブルの日付の差を算出し（ｓ４１）、この日付の差による時刻のズレを換算して対応時刻を割り出す（ｓ４２）。この対応時刻のテーブルナンバ（図５（Ａ）参照）の欄を検索して（ｓ４３）、最も受信の条件のよい４つの

ＧＰＳ衛星を選択する（ｓ４４）。そして、これらのＧＰＳ衛星を受信するためのチャンネルを割り当てる（ｓ４５）。この割り当ては、信号処理ゲートアレイ３のそのチャンネルに対してＣ／Ａコードパターンなどのデータを送信することによって行われる。このＣ／Ａコードにより当該衛星を検索し（ｓ４６）、衛星の信号を受信して（ｓ４７）、航法データを収集する（ｓ４８）。この衛星の信号が受信できなくなるまでｓ４７，ｓ４８の動作を継続する。この衛星が視野から外れるなどして受信できなくなった場合には後述の動作で検出されている他の衛星に信号を切り換えるため受信チャンネル（航法データを読み取るチャンネル）を切り換える（ｓ４９）。

【００６０】

同図（Ｂ）はアラートテーブルで選択された衛星以外の衛星の受信を他チャンネルで試行する動作を示している。この動作はアラートテーブル作成動作と同様に８分毎に起動される。まず、衛星番号ポインタに１をセットする（ｓ５０，ｓ５１）。そしてこの衛星のＣ／Ａコードパターンを信号処理ゲートアレイ３の所定チャンネルに入力し、入力された中間周波信号のなかから該当するＧＰＳ信号を検索する（ｓ５２）。ノイズや他の衛星の信号を含む中間周波信号のなかからＧＰＳ信号を捕捉するためには３０秒程度の時間を要するため、捕捉できなくてもこの検索動作を３０秒継続する（ｓ５３）。そして、捕捉できればｓ５４以下の動作に進む。ｓ５４では捕捉したＧＰＳ信号のドップラ周波数を読み取るとともに、航法データを解読する（ｓ５５）。そして必要な内容をその時刻に対応させてアラートテーブルに書き込む（ｓ５６）。そして、このチャンネルではこの衛星の受信を継続する（ｓ５７）。この動作は１チャンネル分のみを記載しているが、実際には４チャンネル分が並行して処理されており、４つの衛星の受信試行が並行して行われる。そして、衛星を捕捉したチャンネルはそのままその衛星の受信を継続する。そして、アラートテーブルで選択された衛星が受信されなくなったとき、この受信継続中の衛星にチャンネルが切り換えられる。

【００６１】

【発明の効果】

請求項１の発明によれば、この時計を地球上のどこに設置しても複雑な操作や処理なしに速やかに正確な時刻を出力することができるため、メンテナンスフリーの正確な時計として家庭用に適用することができる。

【００６２】

また、周回軌道と地球上のサンプリング地点との平均的な距離を求めてその距離の伝搬遅延を補正するようにしたことにより、１つの補正値データで全ての地点における全ての時刻の補正が可能になり、簡略であるとともに、実用上十分に高精度な時刻情報を得ることができる。

【００６３】

請求項２の発明によれば、時刻情報として正時タイミングに正時パルスを出力するとともに、この正時パルスが指示する時刻データを出力するようにしたことにより、そのままの構成で電子時計を構成することができる。

【００６６】

請求項３の発明によれば、地球上のどの地点でも複雑な操作や処理なしに衛星クロックを補正することができるため、この方法を採用することによってメンテナンスフリーで実用上十分な精度のタイマーや時計を実現することができる。

【００６７】

また、周回軌道と地球上のサンプリング地点との平均的な距離を求めてその距離の伝搬遅延を補正するようにしたことにより、１つの補正値データで全ての地点においてクロックの補正が可能になり、簡略であるとともに、実用上十分に高精度なクロック信号を得ることができる。

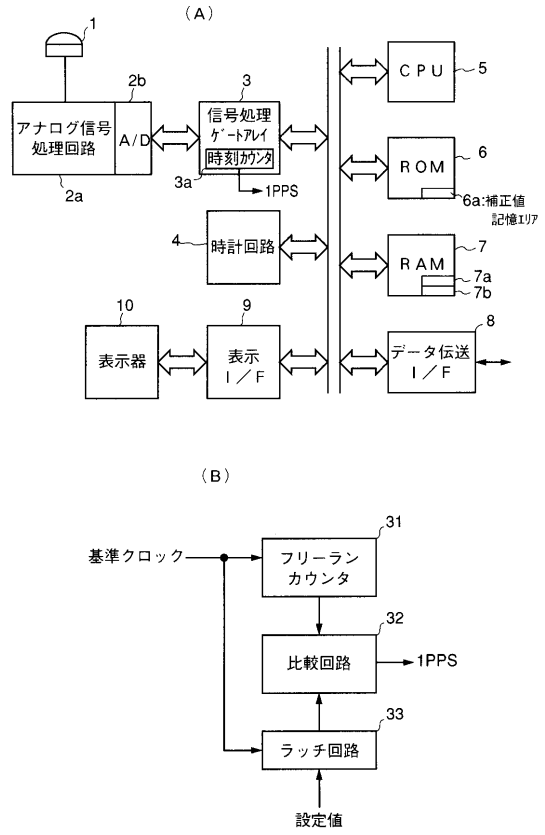
【図面の簡単な説明】

【図１】この発明の実施例であるＧＰＳ時計の構成を示すブロック図である。

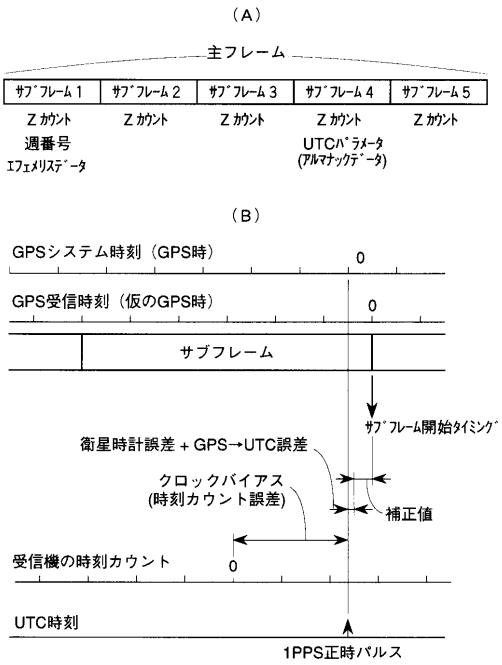
【図２】ＧＰＳ信号に含まれている航法メッセージの構成および該航法メッセージに基づ

いてＵＴＣ時刻，正時パルスを生成する手順を説明する図である。
【図３】衛星から同ＧＰＳ時計までの電波伝搬による遅延を補正する補正値を求める手法を説明するための図である。
【図４】同ＧＰＳ時計のＣＰＵのアラートテーブル作成動作を示すフローチャートである。
【図５】前記アラートテーブルの例を示す図である。
【図６】前記ＣＰＵの衛星選択動作を示すフローチャートである。
【図７】前記ＣＰＵの計時動作を示すフローチャートである。
【図８】前記ＣＰＵの衛星選択動作の他の例を示すフローチャートである。
【符号の説明】
１…アンテナ
６ａ…補正値記憶エリア
７ａ…アラートテーブル
７ｂ…ＵＴＣパラメータ記憶エリア

【図１】

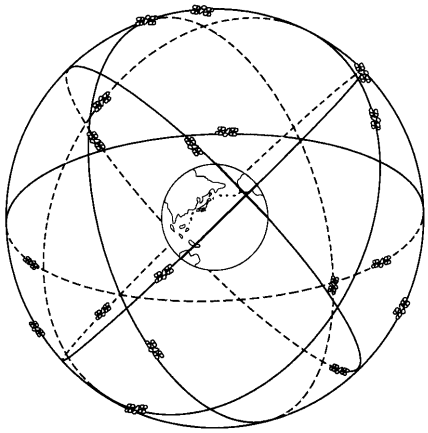


【図２】



【図３】

(A)

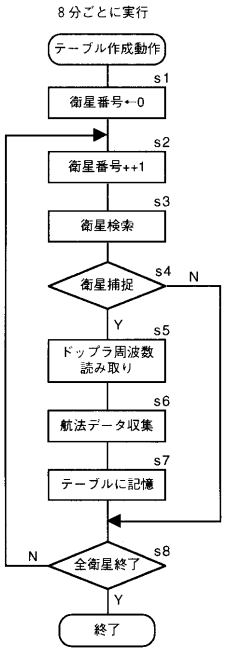


GPS衛星の軌道

(B)

位置 緯度・経度	衛星までの距離 最小値	最大値	平均値
（３０、３０）	２．０万Km	２．７万Km	２．35万Km
（４０、３０）	２．０万Km	２．５万Km	２．25万Km
・ ・			

【図４】



【図５】

（A）

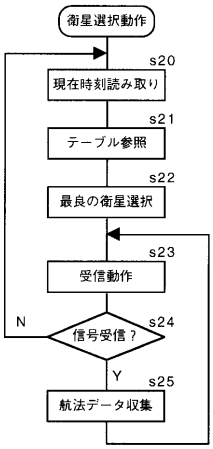
基準日付96. 04. 02

ﾃｰﾌﾞﾙ番号	時刻	視野内衛星番号およびﾄﾞｯﾌﾟﾗｰ周波数
0	00:00	SV1(-2KHz),SV3(+5KHz),・・
1	00:08	SV1(-3KHz),SV3(+3KHz),・・
2	00:16	・
・	・	・
・	・	・
89	11:52	・

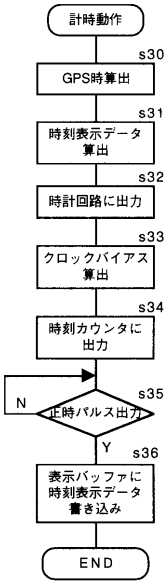
（B）

衛星番号	捕捉開始時刻(GPS時刻)	捕捉継続時間
0	年月日時分	秒
1		
2		
・		
・		
32		

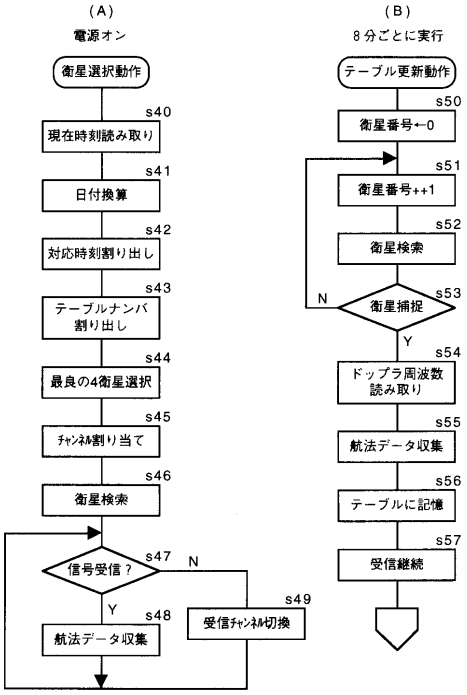
【図６】



【図７】


計時動作
s30
GPS時算出
s31
時刻表示データ算出
s32
時計回路に出力
s33
クロックバイアス算出
s34
時刻カウンタに出力
N
s35
正時パルス出力
Y
s36
表示バッファに時刻表示データ書き込み
END

【図８】


(A)
電源オン
衛星選択動作
s40
現在時刻読み取り
s41
日付換算
s42
対応時刻割り出し
s43
テーブルナンバ割り出し
s44
最良の4衛星選択
s45
ﾁｬﾝﾈﾙ割り当て
s46
衛星検索
s47
信号受信？
N
s49
受信ﾁｬﾝﾈﾙ切換
Y
s48
航法データ収集
(B)
8分ごとに実行
テーブル更新動作
s50
衛星番号←0
s51
衛星番号++1
s52
衛星検索
N
s53
衛星捕捉
Y
s54
ドップラ周波数読み取り
s55
航法データ収集
s56
テーブルに記憶
s57
受信継続

フロントページの続き

(58)調査した分野(Int.Cl., ＤＢ名)
G04G 1/00～19/12
G01S 5/14