

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号
特開2016-100705
(P2016-100705A)

(43) 公開日 平成28年5月30日 (2016.5.30)

(51) Int.Cl.			F I			テーマコード (参考)	
H04L	7/00	(2006.01)	H04L	7/00	Z	2F002	
H03L	7/00	(2006.01)	H03L	7/00	C	5J106	
H03L	7/14	(2006.01)	H03L	7/14	A	5K047	
H03L	7/26	(2006.01)	H03L	7/26			
G04R	40/00	(2013.01)	G04R	40/00			
審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 15 頁) 最終頁に続く							

(21) 出願番号	特願2014-235321 (P2014-235321)	(71) 出願人	000002369
(22) 出願日	平成26年11月20日 (2014.11.20)		セイコーエプソン株式会社
			東京都新宿区新宿四丁目1番6号
		(74) 代理人	100116665
			弁理士 渡辺 和昭
		(74) 代理人	100164633
			弁理士 西田 圭介
		(72) 発明者	牧 義之
			長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内
		Fターム(参考)	2F002 AA12 CB16 FA16
			5J106 BB02 CC01 CC07 CC21 CC41
			GG02 KK18 KK25
			5K047 AA03 AA18 GG56

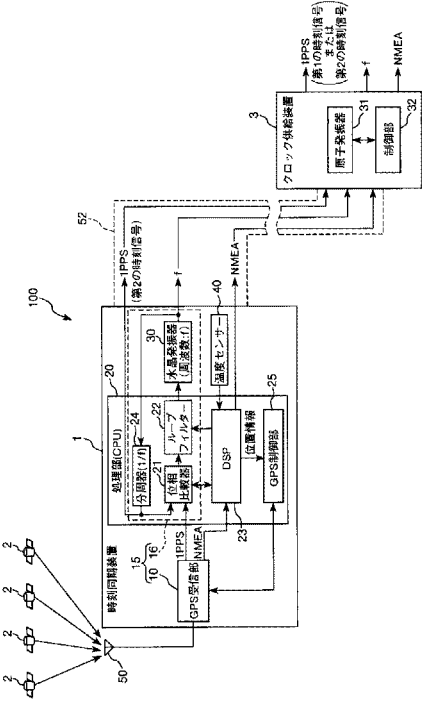
(54) 【発明の名称】時刻同期システム

(57) 【要約】

【課題】時刻信号の短期的な時刻精度（時刻同期精度）が高い時刻同期システムを提供すること。

【解決手段】時刻同期システムは、発振器を有し、第1の時刻信号を生成するクロック供給装置と、前記クロック供給装置の外に設けられた揺らぎ低減部を有し、衛星信号に基づいて第2の時刻信号を生成する受信機を備える時刻同期装置と、を含む。また、前記時刻同期システムは、従属同期方式を用いた網同期に用いられることが好ましい。また、前記発振器は、原子発振器であることが好ましい。また、前記受信機と前記クロック供給装置とが互いに離れた位置に配置されていることが好ましい。また、前記受信機と前記クロック供給装置とが光ファイバーで接続されていることが好ましい。

【選択図】図3



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

発振器を有し、第 1 の時刻信号を生成するクロック供給装置と、
前記クロック供給装置の外に設けられた揺らぎ低減部を有し、衛星信号に基づいて第 2 の時刻信号を生成する受信機を備える時刻同期装置と、を含むことを特徴とする時刻同期システム。

【請求項 2】

従属同期方式を用いた網同期に用いられる請求項 1 に記載の時刻同期システム。

【請求項 3】

前記発振器は、原子発振器である請求項 1 または 2 に記載の時刻同期システム。

10

【請求項 4】

前記受信機と前記クロック供給装置とが互いに離れた位置に配置されている請求項 1 ないし 3 のいずれか 1 項に記載の時刻同期システム。

【請求項 5】

前記受信機と前記クロック供給装置とが光ファイバーで接続されている請求項 1 ないし 4 のいずれか 1 項に記載の時刻同期システム。

【請求項 6】

前記揺らぎ低減部は、位相同期回路を有する請求項 1 ないし 5 のいずれか 1 項に記載の時刻同期システム。

【請求項 7】

20

前記位相同期回路は、フィルタを有しており、

前記フィルタの時定数は 1 秒以上 10 秒以下の範囲内に設定される請求項 6 に記載の時刻同期システム。

【請求項 8】

前記第 2 の時刻信号を生成できない場合は、前記第 1 の時刻信号を生成して前記第 1 の時刻信号を用いる請求項 1 ないし 7 のいずれか 1 項に記載の時刻同期システム。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、時刻同期システムに関するものである。

30

【背景技術】**【0002】**

複数の各局において、時刻信号（クロック信号）の同期をとる網同期が知られている。

例えば、光同期網は、従来、「Synchronaous-Ethernet（登録商標）」といわれるように、主局側から下位の局に向って、順に、「セシウム原子を用いた原子発振器」、「ルビジウム原子を用いた原子発振器」、「水晶発振器」、・・・が配置された階層構成を有しており、周波数同期を基本としている。しかし、今後は、携帯基地局とのシステム融合等の理由から、各局の高精度な時刻（位相）同期が必要となってくる。

【0003】

特許文献 1 には、GPS 受信機を各ノード（局）に設置し、発振器の異常を検知し、クロックパスを切り替えるシステムが記載されている。このシステムを実施することで、各ノードの時刻信号の周波数および位相（時刻）を高精度に維持できるという利点がある。

40

【先行技術文献】**【特許文献】****【0004】**

【特許文献 1】特開 2013 - 207526 号公報

【発明の概要】**【発明が解決しようとする課題】****【0005】**

しかしながら、特許文献 1 に記載されているような衛星信号を利用した時刻同期システ

50

ムは、衛星信号を受信できないときにホールドオーバーを補償する仕組みが必要であるが、特許文献 1 に記載のシステムでは、GPS 受信機がホールドオーバーを補償する仕組みと同一場所に置かれることになり、衛星信号の受信環境に制約を受けてしまう。また、GPS 受信機とホールドオーバーを補償する仕組みとを例えば配線などを介して互いの距離を離すと、衛星信号を含む電波の状態等により、1 P P S、すなわち、時刻信号の位相が揺らぎ、短期的な時刻（位相）精度が低下するという問題がある。前記 GPS 受信機で受信する電波の状態を左右する要因としては、例えば、電離層の影響、他の電波の影響、GPS 衛星の配置、GPS 衛星と GPS アンテナとの間の障害物等が挙げられる。

【0006】

本発明の目的は、時刻信号の短期的な時刻精度（時刻同期精度）が高い時刻同期システムを提供することにある。 10

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明は前述の課題の少なくとも一部を解決するためになされたものであり、以下の態様または適用例として実現することが可能である。

【0008】

[適用例 1]

本発明の時刻同期システムは、発振器を有し、第 1 の時刻信号を生成するクロック供給装置と、

前記クロック供給装置の外に設けられた揺らぎ低減部を有し、衛星信号に基づいて第 2 の時刻信号を生成する受信機を備える時刻同期装置と、を含むことを特徴とする。 20

【0009】

時刻同期装置に揺らぎ低減部を設けることにより、第 2 の時刻信号（時刻信号）の位相の揺らぎを低減することができ、第 2 の時刻信号の短期的な時刻（位相）精度を向上させることができ、これによって、網同期において、短期的な時刻（位相）同期精度を向上させることができる。

【0010】

[適用例 2]

本発明の時刻同期システムでは、従属同期方式を用いた網同期に用いられることが好ましい。 30

これにより、網同期において、短期的な時刻同期精度を向上させることができる。

【0011】

[適用例 3]

本発明の時刻同期システムでは、前記発振器は、原子発振器であることが好ましい。

これにより、高精度の第 1 の時刻信号が得られる。

【0012】

[適用例 4]

本発明の時刻同期システムでは、前記受信機と前記クロック供給装置とが互いに離れた位置に配置されていることが好ましい。

これにより、衛星信号を受信し易い位置に受信機を配置することができる。 40

【0013】

[適用例 5]

本発明の時刻同期システムでは、前記受信機と前記クロック供給装置とが光ファイバーで接続されていることが好ましい。

【0014】

これにより、受信機とクロック供給装置との通信の際の損失を削減することができ、また、通信速度を向上させることができる。

【0015】

[適用例 6]

本発明の時刻同期システムでは、前記揺らぎ低減部は、位相同期回路を有することが好 50

ましい。

【 0 0 1 6 】

これにより、位相同期回路により第 2 の時刻信号の位相の揺らぎを低減することができ、高精度の第 2 の時刻信号が得られる。

【 0 0 1 7 】

[適用例 7]

本発明の時刻同期システムでは、前記位相同期回路は、フィルターを有しており、前記フィルターの時定数は 1 秒以上 1 0 秒以下の範囲内に設定されることが好ましい。

【 0 0 1 8 】

これにより、フィルターにより第 2 の時刻信号の位相の揺らぎを低減することができ、高精度の第 2 の時刻信号が得られる。

【 0 0 1 9 】

[適用例 8]

本発明の時刻同期システムでは、前記第 2 の時刻信号を生成できない場合は、前記第 1 の時刻信号を生成して前記第 1 の時刻信号を用いることが好ましい。

【 0 0 2 0 】

これにより、ホールドオーバーが発生した場合でも、第 2 の時刻信号に代えて、第 1 の時刻信号を用いることができ、網同期において、短期的な時刻同期精度を高く維持することができる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 2 1 】

【 図 1 】 本発明の時刻同期システムを網同期に用いた場合の実施形態を示すブロック図である。

【 図 2 】 図 1 に示す時刻同期システムの時刻同期装置およびクロック供給装置の設置位置の 1 例を模式的に示す図である。

【 図 3 】 図 1 に示す時刻同期システムの概略構成を示す図である。

【 図 4 】 図 1 ~ 図 3 に示す時刻同期システムの G P S 受信部の構成例を示すブロック図である。

【 図 5 】 図 1 に示す時刻同期システムから位相同期回路を除去してなる比較用システムを用いて生成した第 1 の時刻信号および第 2 の時刻信号の位相のずれ量を縦軸、時間を横軸とした場合のグラフを示す図である。

【 図 6 】 図 1 に示す時刻同期システムを用いて生成した第 1 の時刻信号および第 2 の時刻信号の位相のずれ量を縦軸、時間を横軸とした場合のグラフを示す図である。

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 2 2 】

以下、本発明の時刻同期システムを添付図面に示す実施形態に基づいて詳細に説明する。

【 0 0 2 3 】

本発明の時刻同期システムの用途は、特に限定されないが、以下の実施形態では、G P S を利用した時刻同期システムを、網同期に用いる場合を例に挙げて説明する。G P S (Global Positioning System) とは、人工衛星を利用した全地球航法衛星システム (G N S S : Global Navigation Satellite System) の 1 つである。また、網同期の方式は、特に限定されず、例えば、独立同期方式、従属同期方式、相互同期方式等が挙げられるが、日本で採用されている従属同期方式を採用することが好ましく、以下の実施形態では、従属同期方式を採用した場合を例に挙げて説明する。なお、独立同期方式は、各局が精度の高い発振器を独立にもつ方式である。また、従属同期方式は、主局の精度の高い発振器のクロック信号に従属の発振器のクロック信号を同期させる方式であり、効率的に高精度のクロック信号が得られる。また、相互同期方式は、各局の可変発振器を相互制御する方式である。

【 0 0 2 4 】

図 1 は、本発明の時刻同期システムを網同期に用いた場合の実施形態を示すブロック図である。図 2 は、図 1 に示す時刻同期システムの時刻同期装置およびクロック供給装置の設置位置の 1 例を模式的に示す図である。図 3 は、図 1 に示す時刻同期システムの概略構成を示す図である。図 4 は、図 1 ~ 図 3 に示す時刻同期システムの GPS 受信部の構成例を示すブロック図である。図 5 は、図 1 に示す時刻同期システムから位相同期回路を除去してなる比較用システムを用いて生成した第 1 の時刻信号および第 2 の時刻信号の位相のずれ量を縦軸、時間を横軸とした場合のグラフを示す図である。図 6 は、図 1 に示す時刻同期システムを用いて生成した第 1 の時刻信号および第 2 の時刻信号の位相のずれ量を縦軸、時間を横軸とした場合のグラフを示す図である。なお、図 2 では、時刻同期装置およびクロック供給装置について、それぞれ、寸法が誇張されて（実際よりも大きく）図示されている。

10

【0025】

図 1 に示すように、主局（局）4 1 と 1 つまたは複数（図示の構成では 2 つ）の局 4 2 とは、それぞれ、伝送路 5 1 を介して接続され、各局 4 2 とそれよりも下位の 1 つまたは複数（図示の構成では 2 つ）の局 4 3 とは、それぞれ、伝送路 5 1 を介して接続され、各局 4 3 とそれよりも下位の 1 つまたは複数（図示の構成では 2 つ）の局 4 4（一部は図示せず）とは、それぞれ、伝送路 5 1 を介して接続されており、以下、同様に、各局同士（図示せず）がそれぞれ伝送路（図示せず）を介して接続されて、同期網（例えば、光同期網）が形成されている。そして、この同期網においては、従属同期方式により、時刻信号の位相（時刻）の同期（網同期）がとられている。また、各局間の通信方式は、特に限定されず、例えば、各局間の伝送路 5 1 として光ファイバーを使用した光信号を用いた方式を採用してもよく、また、電気信号を用いた方式を採用してもよいが、本実施形態では、前者の方式を採用した場合を例に挙げて説明する。なお、伝送方式の具体例としては、例えば、SONET（Synchronous Optical NETwork）、SDH（Synchronous Digital Hierarchy）等が挙げられる。

20

【0026】

図 1 ~ 図 3 に示すように、時刻同期システム 1 0 0 は、時刻同期装置 1 と、クロック供給装置 3 とを備え、局 4 2 に配置されている。

【0027】

時刻同期装置 1（GPS 受信機 1 5）とクロック供給装置 3 とは、互いに異なる位置に配置され、互いに所定距離離間している。時刻同期装置 1（GPS 受信機 1 5）とクロック供給装置 3 との離間距離は、特に限定されないが、具体例としては、例えば、数 1 0 m 以上である。

30

【0028】

また、時刻同期システム 1 0 0 の設置位置は、特に限定されないが、具体例としては、図 2 に示すように、局 4 2 がビル 6 に設けられている場合を例に挙げると、時刻同期装置 1 は、例えば、ビル 6 の電波状況の良い屋上 6 1 に配置され、クロック供給装置 3 は、例えば、ビル 6 の地下室 6 2 に配置される。この例のとおり、クロック供給装置 3 は、主局 4 1 や他の局 4 3 との接続の都合などにより、必ずしも電波状況（GPS 受信環境）が良好な場所に設置できない場合がある。このように、時刻同期装置 1 を、クロック供給装置 3 から離し、電波状況の良い屋上 6 1 等に配置することにより、局 4 2 がビル 6 の地下であったり山の奥地等の電波状況の悪い場所に設けられている場合でも、時刻同期装置 1 は、衛星信号を受信することができる。

40

【0029】

この時刻同期装置 1（GPS 受信機 1 5）とクロック供給装置 3 とは、光ファイバー 5 2 で接続されており、時刻同期装置 1 とクロック供給装置 3 との間で光ファイバー 5 2 を介して通信を行うことができるように構成されている。本実施形態では、時刻同期システム 1 0 0 のクロック供給装置 3 を 2 つの局 4 2 の一方に配置する場合を図示し、例に挙げて説明するが、本発明では、これに限らず、クロック供給装置 3 を、例えば、主局 4 1 に配置してもよく、また、他方の局 4 2 に配置してもよく、また、局 4 2 よりも下位の局 4

50

3、44等に配置してもよい。すなわち、クロック供給装置3は、所定の1つまたは複数の局(すべての局でもよい)に配置することができる。

【0030】

また、時刻同期装置1およびクロック供給装置3は、それぞれ、電気信号を光信号に変換する変換回路と、光信号を電気信号に変換する変換回路とを有しているが、前記各変換回路の図示は省略する。また、時刻同期装置1およびクロック供給装置3が、互いに通信を行う場合、主局41および局43と通信を行う場合は、それぞれ、電気信号を光信号に変換する処理、光信号を電気信号に変換する処理等を行うが、以下の説明では、前記処理の説明は、省略する。

【0031】

図3に示すように、クロック供給装置3は、原子発振器(発振器)31と、制御部32とを有している。なお、クロック供給装置3は、構成要素の一部または全部が物理的に分離されていてもよいし、一体化されていてもよい。

【0032】

このクロック供給装置3は、原子発振器31により、後述する時刻同期装置1が衛星信号に基づいて生成する1PPS(以下、「第2の時刻信号(時刻信号)(クロック信号)」とも言う)の代わりの信号である第1の時刻信号(時刻信号)(クロック信号)を生成し、外部に出力するものである。第1の時刻信号は、1秒毎に1パルスを含む、周波数が1Hzの信号である。なお、以下では、第1の時刻信号を「1PPS」とも言う。

【0033】

原子発振器31は、原子のエネルギー遷移を利用した周波数精度の高いクロック信号を出力可能な発振器であり、例えば、ルビジウム原子やセシウム原子を用いた原子発振器が広く知られている。原子発振器31として、例えば、EIT(Electromagnetically Induced Transparency)現象(CPT(Coherent Population Trapping)現象とも呼ばれる)を利用した原子発振器や、光マイクロ2重共鳴現象を利用した原子発振器等を利用することができる。

【0034】

なお、クロック供給装置3の発振器としては、原子発振器31に限らず、例えば、恒温槽型水晶発振器(OCXO)等の水晶発振器等を用いてもよい。

【0035】

制御部32は、時刻同期システム100から出力する1PPS(時刻信号)を、クロック供給装置3が生成する第1の時刻信号と、後述する時刻同期装置1が衛星信号に基づいて生成する第2の時刻信号とのいずれにするかを決定する機能を有している。以下、その機能を含め、時刻同期システム100から局43に1PPSを送信する際の動作について説明する。

【0036】

この時刻同期システム100では、後述するように、時刻同期装置1において、GPS衛星2から発せられた衛星信号(電波)をGPS受信部10で受信し、GPS受信機15は、その衛星信号に基づいて、1PPSとして第2の時刻信号を生成する。後述するように、時刻同期装置1は、位相同期回路16を有しているので、その位相同期回路16により、前記第2の時刻信号の位相の揺らぎが低減され、高精度の第2の時刻信号が生成される。この第2の時刻信号は、時刻同期装置1からクロック供給装置3に送信される。そして、クロック供給装置3の制御部32は、前記第2の時刻信号と、主局41から送信される1PPSとの位相を同期させ、同期後の第2の時刻信号を局43に送信する。GPS受信部10が前記衛星信号を受信できている場合は、このようにして、高精度の第2の時刻信号が得られ、その第2の時刻信号を用いる。すなわち、第1の時刻信号よりも優先して第2の時刻信号を用いる。

【0037】

また、GPS受信部10が前記衛星信号を受信できない等の状況(ホールドオーバー)が発生した場合は、第2の時刻信号を生成できないので、時刻同期装置1は、第2の時刻

10

20

30

40

50

信号の生成を中止し、時刻同期装置 1 からクロック供給装置 3 に、前記ホールドオーバーが発生したことを示す信号が送信される。クロック供給装置 3 の制御部 3 2 は、前記信号によりホールドオーバーが発生したことを把握し、原子発振器 3 1 により、1 P P S とし第 1 の時刻信号を生成する。そして、クロック供給装置 3 は、その第 1 の時刻信号と、主局 4 1 から送信される 1 P P S との位相を同期させ、同期後の第 1 の時刻信号を局 4 3 に送信する。このようにして、高精度の第 1 の時刻信号が得られ、前記第 2 の時刻信号に代えて、第 1 の時刻信号を用いる。このように、ホールドオーバーが発生した場合でも、網同期において、短期的な時刻同期精度を高く維持することができ、これによって、n 秒レベルの高精度の時刻同期を実現することができる。

【0038】

図 3 に示すように、時刻同期装置 1 は、GPS 受信部（衛星信号受信部）1 0、処理部（CPU）2 0、電圧制御発振器（VCO）としての水晶発振器（発振器）3 0、温度センサー 4 0 および GPS アンテナ 5 0 を有している。水晶発振器 3 0 としては、特に限定されず、例えば、恒温槽型水晶発振器（OCXO）等が挙げられる。また、処理部 2 0 の後述する位相比較器 2 1、ループフィルタ 2 2 および分周器 2 4 と、水晶発振器 3 0 とにより、位相同期回路（PLL：Phase Locked Loop）1 6 が構成される。この位相同期回路 1 6 は、揺らぎ低減部の 1 例であり、揺らぎ低減部は、第 2 の時刻信号の位相（時間）の揺らぎを低減または除去できるものであれば、他の回路で構成してもよい。また、前述したように、位相同期回路 1 6 は、クロック供給装置 3 から離間した位置、すなわち、クロック供給装置 3 の外に配置されている（位相同期回路 1 6 と原子発振器 3 1 とは同一基板上に配置されていない）。また、GPS 受信部 1 0 と、位相同期回路 1 6 とにより、GPS 受信機（受信機）1 5 が構成される。

【0039】

なお、時刻同期装置 1 は、構成要素の一部または全部が物理的に分離されていてもよいし、一体化されていてもよい。例えば、GPS 受信部 1 0 と処理部 2 0 はそれぞれ別個の IC で実現されていてもよいし、GPS 受信部 1 0 と処理部 2 0 は 1 チップの IC として実現されていてもよい。

【0040】

この時刻同期装置 1 は、GPS 衛星（位置情報衛星）2 から送信された衛星信号を受信し、高精度の 1 P P S（1 Pulse Per Second）（第 2 の時刻信号）を生成するものである。1 P P S とは、協定世界時（世界標準時）（UTC：Coordinated Universal Time）に同期したパルス信号（タイミング信号）（時刻信号）あり、1 秒毎に 1 パルスを含む。

【0041】

GPS 衛星 2 は、地球の上空の所定の軌道上を周回しており、搬送波である 1.575 42 GHz の電波（L1 波）に航法メッセージおよび C/A コード（Coarse/Acquisition Code）を重畳（搬送波を変調）させた衛星信号を地上に送信している。

【0042】

C/A コードは、現在約 30 個存在する GPS 衛星 2 の衛星信号を識別するためのものであり、各 chip が +1 または -1 のいずれかである 1023 chip（1 ms 周期）からなる固有のパターンである。したがって、衛星信号と各 C/A コードのパターンの相関をとることにより、衛星信号に重畳されている C/A コードを検出することができる。

【0043】

各 GPS 衛星 2 が送信する衛星信号（具体的には航法メッセージ）には、各 GPS 衛星 2 の軌道上の位置を示す軌道情報が含まれている。また、各 GPS 衛星 2 は原子時計を搭載しており、衛星信号には、原子時計で計時された極めて正確な時刻情報が含まれている。したがって、4 つ以上の GPS 衛星 2 からの衛星信号を受信し、各衛星信号に含まれている軌道情報および時刻情報を用いて測位計算を行うことで、受信点（GPS アンテナ 5 0 の設置場所）の位置と時刻の正確な情報を得ることができる。具体的には、受信点の 3 次元位置（x, y, z）および時刻 t を 4 つの変数とする 4 次元方程式を立ててその解を求めればよい。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 4 】

また、受信点の位置が既知である場合、1つ以上のGPS衛星2からの衛星信号を受信し、各衛星信号に含まれている時刻情報を用いて受信点の時刻情報を得ることができる。本実施形態では、時刻同期装置1の位置は既知であるので、前記のようにして、受信点の時刻情報を得ることができる。

【 0 0 4 5 】

また、各衛星信号に含まれている軌道情報を用いて、各GPS衛星2の時刻と受信点の時刻との差の情報を得ることができる。なお、地上のコントロールセグメントにより各GPS衛星2に搭載されている原子時計のわずかな時刻誤差が測定されており、衛星信号にはその時刻誤差を補正するための時刻補正パラメータも含まれており、この時刻補正パラメータを用いて受信点の時刻を補正することで極めて正確な時刻情報を得ることができる。

10

【 0 0 4 6 】

以上説明したような衛星信号は、GPSアンテナ50を介して、GPS受信部10で受信される。

【 0 0 4 7 】

GPSアンテナ50は、衛星信号を含む各種の電波を受信するアンテナであり、GPS受信部10に接続されている。

【 0 0 4 8 】

GPS受信部10は、GPSアンテナ50を介して受信した衛星信号に基づいて、各種の処理を行う。

20

【 0 0 4 9 】

具体的に説明すると、GPS受信部10は、通常測位モード（第1のモード）および位置固定モード（第2のモード）を有し、処理部（CPU）20からの制御コマンド（モード設定用の制御コマンド）に応じて通常測位モードと位置固定モードのいずれかに設定される。

【 0 0 5 0 】

GPS受信部10は、通常測位モードでは、「測位計算部」として機能し、複数（好ましくは4個以上）のGPS衛星2から送信された衛星信号を受信し、受信した衛星信号に含まれる軌道情報（具体的には、前述したエフェメリスデータやアルマナックデータ等）および時刻情報（具体的には、週番号データやZカウントデータ等）に基づいて測位計算を行う。

30

【 0 0 5 1 】

また、GPS受信部10は、位置固定モードでは、「1PPS（タイミング信号）（第2の時刻信号）生成部」として機能し、少なくとも1つのGPS衛星2から送信された衛星信号を受信し、受信した衛星信号に含まれる軌道情報および時刻情報と設定された受信点の位置情報とに基づいて、1PPS（第2の時刻信号）を生成する。このように、GPS受信部10が1PPSの生成に用いる衛星信号が軌道情報および時刻情報を含んでいることにより、高精度の1PPSを生成することができる。

【 0 0 5 2 】

以下、GPS受信部10の構成について詳述する。

40

図4に示すように、GPS受信部10は、SAW（Surface Acoustic Wave：表面弾性波）フィルタ11、RF処理部12、ベースバンド処理部13および温度補償型水晶発振器（TCXO：Temperature Compensated Crystal Oscillator）14を有している。

【 0 0 5 3 】

SAWフィルタ11は、GPSアンテナ50が受信した電波から衛星信号を抽出する処理を行う。このSAWフィルタ11は、1.5GHz帯の信号を通過させるバンドパスフィルタとして構成される。

【 0 0 5 4 】

RF処理部12は、位相同期回路（PLL：Phase Locked Loop）121、LNA（Low

50

Noise Amplifier) 1 2 2、ミキサー 1 2 3、I F アンプ 1 2 4、I F (Intermediate Frequency: 中間周波数) フィルター 1 2 5 および A D C (A / D 変換器) 1 2 6 を有している。

【0055】

位相同期回路 1 2 1 は、数十 MHz 程度で発振する T C X O 1 4 の発振信号を 1 . 5 GHz 帯の周波数に逡倍したクロック信号を生成する。なお、位相同期回路 1 2 1 が備える図示しないループフィルター (ローパスフィルター) の時定数は、例えば、0 . 1 m 秒以上、1 0 0 m 秒以下の範囲内に設定されることが好ましく、0 . 5 m 秒以上、5 0 m 秒以下の範囲内に設定されることがより好ましい。

【0056】

S A W フィルター 1 1 が抽出した衛星信号は、L N A 1 2 2 で増幅される。L N A 1 2 2 で増幅された衛星信号は、ミキサー 1 2 3 で位相同期回路 1 2 1 が出力するクロック信号とミキシングされて中間周波数帯 (例えば、数 MHz) の信号 (I F 信号) にダウンコンバートされる。ミキサー 1 2 3 でミキシングされた信号は、I F アンプ 1 2 4 で増幅される。

【0057】

ミキサー 1 2 3 でのミキシングにより、I F 信号とともに GHz オーダーの高周波信号も生成されるため、I F アンプ 1 2 4 は I F 信号とともにこの高周波信号も増幅する。I F フィルター 1 2 5 は、I F 信号を通過させるとともに、この高周波信号を除去する (正確には、所定のレベル以下に減衰させる)。I F フィルター 1 2 5 を通過した I F 信号は A D C (A / D 変換器) 1 2 6 でデジタル信号に変換される。

【0058】

ベースバンド処理部 1 3 は、D S P (Digital Signal Processor) 1 3 1、C P U (Central Processing Unit) 1 3 2、S R A M (Static Random Access Memory) 1 3 3 および R T C (リアルタイムクロック) 1 3 4 を含んで構成されており、T C X O 1 4 の発振信号をクロック信号として各種処理を行う。

【0059】

D S P 1 3 1 と C P U 1 3 2 は、協働しながら、I F 信号からベースバンド信号を復調し、航法メッセージに含まれる軌道情報や時刻情報を取得し、通常測位モードの処理あるいは位置固定モードの処理を行う。

【0060】

S R A M 1 3 3 は、取得された時刻情報や軌道情報、所定の制御コマンド (位置設定用の制御コマンド) に応じて設定された受信点の位置情報、位置固定モード等で用いる仰角マスク等を記憶するためのものである。R T C 1 3 4 は、ベースバンド処理を行うためのタイミングを生成するものである。この R T C 1 3 4 は、T C X O 1 4 からのクロック信号でカウントアップされる。

【0061】

具体的には、ベースバンド処理部 1 3 は、航法メッセージに含まれる軌道情報や時刻情報を取得し、S R A M 1 3 3 に記憶する処理を行う。

【0062】

また、ベースバンド処理部 1 3 は、位置固定モードでは、S R A M 1 3 3 に記憶されている 1 つ以上の G P S 衛星 2 の軌道情報と、S R A M 1 3 3 に記憶されている受信点の位置情報とを用いて高精度の 1 P P S を出力する。具体的には、ベースバンド処理部 1 3 は、R T C 1 3 4 の一部に 1 P P S の各パルスの発生タイミングをカウントする 1 P P S カウンターを備えており、G P S 衛星 2 の軌道情報と受信点の位置情報とを用いて、G P S 衛星 2 から送信された衛星信号が受信点まで到達するのに要する伝搬遅延時間を計算し、この伝搬遅延時間に基づき 1 P P S カウンターの設定値を最適値に変更する。

【0063】

なお、ベースバンド処理部 1 3 は、通常測位モードにおいて、測位計算で得られた受信点の時刻情報に基づき 1 P P S を出力してもよい。

10

20

30

40

50

【 0 0 6 4 】

また、ベースバンド処理部 1 3 は、測位計算の結果の位置情報や時刻情報、受信状況（GPS 衛星 2 の捕捉数、衛星信号の強度等）等の各種情報を含む NMEA データを出力する。

【 0 0 6 5 】

以上説明したように構成された GPS 受信部 1 0 の動作は、図 3 に示す処理部（CPU）2 0 により制御される。

【 0 0 6 6 】

処理部 2 0 は、GPS 受信部 1 0 に対して各種の制御コマンドを送信して GPS 受信部 1 0 の動作を制御し、GPS 受信部 1 0 が出力する 1 P P S や NMEA データを受け取って各種の処理を行う。なお、処理部 2 0 は、例えば、任意のメモリーに記憶されているプログラムにしたがって、各種処理を行ってもよい。

【 0 0 6 7 】

この処理部 2 0 は、位相比較器 2 1、ローパスフィルタであるループフィルタ（フィルタ）2 2、DSP（Digital Signal Processor）2 3、分周器 2 4 および GPS 制御部 2 5 を有している。前述したように、処理部 2 0 の位相比較器 2 1、ループフィルタ 2 2 および分周器 2 4 と、水晶発振器 3 0 とにより、位相同期回路 1 6 が構成される。なお、DSP 2 3 と GPS 制御部 2 5 とは一つの部品で構成されていてもよい。

【 0 0 6 8 】

DSP 2 3 は、GPS 受信部 1 0 から定期的に（例えば、1 秒毎に）NMEA データを取得し、NMEA データに含まれる位置情報（GPS 受信部 1 0 による通常測位モードでの測位計算の結果）を集めて所定時間における統計情報を作成し、その統計情報に基づいて、受信点の位置情報を生成する処理を行う。

【 0 0 6 9 】

GPS 制御部 2 5 は、GPS 受信部 1 0 に各種の制御コマンドを送信し、GPS 受信部 1 0 の動作を制御する。具体的には、GPS 制御部 2 5 は、GPS 受信部 1 0 にモード設定用の制御コマンドを送信する。これにより、GPS 受信部 1 0 の動作モードが設定される。

【 0 0 7 0 】

分周器 2 4 は、水晶発振器 3 0 が出力するクロック信号（周波数： f ）を f 分周し、1 Hz の分周クロック信号を出力する。なお、水晶発振器 3 0 として、クロック供給装置 3 の原子発振器 3 1 を共用することはできない。その理由は、原子発振器 3 1 は、時刻同期装置 1 の外部、すなわち、位相同期回路 1 6 の分周器 2 4 およびループフィルタ 2 2 から離間した位置に配置されており、時刻同期装置 1 に光ファイバ 5 2 を介して接続されているので、原子発振器 3 1 を用いて位相同期回路 1 6 を構成すると、許容できない時間の遅延が生じてしまうためである。

【 0 0 7 1 】

位相比較器 2 1 は、GPS 受信部 1 0 が出力する 1 P P S と分周器 2 4 が出力する 1 Hz の分周クロック信号とを位相比較する。位相比較器 2 1 の比較結果の位相差信号は、ループフィルタ 2 2 を介して水晶発振器 3 0 に入力される。ループフィルタ 2 2 のパラメータは、DSP 2 3 により設定される。

【 0 0 7 2 】

分周器 2 4 が出力する 1 Hz の分周クロック信号は、GPS 受信部 1 0 が出力する 1 P P S と同期しており、時刻同期装置 1 は、この分周クロック信号を UTC と同期した極めて周波数精度の高い 1 P P S、すなわち、第 2 の時刻信号として外部に出力する。また、時刻同期装置 1 は、1 P P S と同期して 1 秒毎に最新の NMEA データを外部に出力する。また、時刻同期装置 1 は、水晶発振器 3 0 が出力する周波数が f のクロック信号も外部に出力する。

【 0 0 7 3 】

また、水晶発振器 3 0 は、ループフィルタ 2 2 の出力電圧（制御電圧）に応じて周波

10

20

30

40

50

数を微調整可能に構成されており、前述のように、位相比較器 2 1、ループフィルタ 2 2、D S P 2 3 および分周器 2 4 により、水晶発振器 3 0 が出力するクロック信号は G P S 受信部 1 0 が出力する 1 P P S に完全に同期し、分周器 2 4 が出力する第 2 の時刻信号は G P S 受信部 1 0 が出力する 1 P P S に完全に同期する。すなわち、位相比較器 2 1、ループフィルタ 2 2、D S P 2 3 および分周器 2 4 による構成は、水晶発振器 3 0 が出力するクロック信号（分周器 2 4 が出力する第 2 の時刻信号）を 1 P P S に同期させる「同期制御部」として機能する。

【 0 0 7 4 】

また、ループフィルタ 2 2 の時定数を後述のように設定することで、そのループフィルタ 2 2（位相同期回路 1 6）により、G P S 受信部 1 0 で生成された 1 P P S（第 2 の時刻信号）に含まれるノイズ成分を除去または低減することができる。すなわち、第 2 の時刻信号の位相の揺らぎを低減することができ、第 2 の時刻信号の短期的な時刻（位相）精度を向上させることができ、これによって、網同期において、短期的な時刻（位相）同期精度を向上させることができる。

【 0 0 7 5 】

また、水晶発振器 3 0 の近傍には温度センサー 4 0 が配置されており、D S P 2 3 は、温度センサー 4 0 の検出値（検出温度）に応じて位相比較器 2 1 の出力電圧を調整することで、水晶発振器 3 0 の周波数温度特性を温度補償する処理も行う。なお、温度センサーを省略し、前記処理を省略してもよい。

【 0 0 7 6 】

なお、前記時刻同期装置 1 の位相同期回路 1 6 の発振器としては、水晶発振器 3 0 に限らず、例えば、原子発振器等を用いてもよい。

【 0 0 7 7 】

前記ループフィルタ 2 2 の時定数は、下記のように設定されることが好ましい。

まず、G P S 受信部 1 0 で生成される 1 P P S は、G P S 衛星 2 から発せられ、G P S アンテナ 5 0 を介して G P S 受信部 1 0 で受信する衛星信号を含む電波の状態等により、その位相が短期的にずれてしまうことがある。これは、前記電波の状態によって、G P S 受信部 1 0 で生成される 1 P P S に、ノイズ成分が含まれてしまうためである。なお、前記 G P S 受信部 1 0 で受信する電波の状態を左右する要因としては、例えば、電離層の影響、他の電波の影響、G P S 衛星 2 の配置、G P S 衛星 2 と G P S アンテナ 5 0 との間の障害物等が挙げられる。そこで、ループフィルタ 2 2 の時定数（遮断周波数）は、位相同期回路 1 6 から出力される第 2 の時刻信号に前記電波の状態による影響が現れないか、または、その影響を低減する値、すなわち、G P S 受信部 1 0 で生成される 1 P P S に含まれるノイズ成分を除去または低減する値に設定される。

【 0 0 7 8 】

具体的には、ループフィルタ 2 2 の時定数は、1 秒以上、1 0 秒以下の範囲内に設定されることが好ましく、1 秒以上、5 秒以下の範囲内に設定されることがより好ましい。

【 0 0 7 9 】

前記時定数が、前記上限値よりも大きいと、他の条件にもよるが、必要な信号成分を除去または低減させてしまう虞がある。

【 0 0 8 0 】

また、前記時定数が、前記下限値よりも小さいと、他の条件にもよるが、G P S 受信部 1 0 で生成される 1 P P S に含まれるノイズ成分を除去または低減できない虞がある。

【 0 0 8 1 】

ここで、前記時刻同期システム 1 0 0 と、時刻同期システム 1 0 0 から位相同期回路 1 6 を除去してなる比較用システムとを用意し、それぞれを作動させ、時刻精度についての比較を行った。すなわち、時刻同期システム 1 0 0 と比較用システムとのそれぞれについて、システムを作動させ、生成した第 1 の時刻信号および第 2 の時刻信号の位相（時刻）のずれ量を求め、そのずれ量を縦軸、時間を横軸としてグラフを記載した。図 5 が、比較用システムについての結果であり、図 6 が、同期システム 1 0 0 についての結果である。

【 0 0 8 2 】

位相同期回路 1 6 を有していない比較用システムの場合は、図 5 に示すように、衛星信号を受信できる時に、第 2 の時刻信号について、位相の揺らぎが発生し、また、突発的な大きな位相のずれが発生している。

【 0 0 8 3 】

これに対して、同期システム 1 0 0 の場合は、図 6 に示すように、衛星信号を受信できる時に、第 2 の時刻信号について、位相の揺らぎが低減または除去され、短期的な時刻精度が向上していることが判る。

【 0 0 8 4 】

以上説明したように、この時刻同期システム 1 0 0 によれば、GPS 受信機 1 5 が位相同期回路 1 6 を備えることにより、第 2 の時刻信号の位相の揺らぎを低減することができ、第 2 の時刻信号の短期的な時刻精度を向上させることができ、これによって、網同期において、短期的な時刻同期精度を向上させることができる。

10

【 0 0 8 5 】

また、GPS 受信部 1 0 が衛星信号を受信できる場合は、時刻同期装置 1 により、第 2 の時刻信号を生成し、出力することができ、また、ホールドオーバーが発生した場合は、第 2 の時刻信号に代えて、クロック供給装置 3 により、第 1 の時刻信号を生成し、出力することができる。これにより、ホールドオーバーが発生した場合でも、網同期において、短期的な時刻同期精度を高く維持することができる。これによって、n 秒レベルの高精度の時刻同期を実現することができる。

20

【 0 0 8 6 】

以上、本発明の時刻同期システムを、図示の実施形態に基づいて説明したが、本発明はこれに限定されるものではなく、各部の構成は、同様の機能を有する任意の構成のものに置換することができる。また、他の任意の構成物が付加されていてもよい。

【 0 0 8 7 】

また、前記実施形態では、GPS を利用した時刻同期システムを例に挙げたが、本発明では、GPS に限らず、GPS 以外の全地球的航法衛星システム (GNSS)、例えば、ガリレオ、GLONASS 等を利用してもよい。

【 0 0 8 8 】

また、前記実施形態では、時刻同期システムを網同期に用いる場合を例に挙げたが、本発明では、時刻同期システムの用途は、これに限定されず、例えば、時刻同期システムを単独で用いてもよい。

30

【 符号の説明 】

【 0 0 8 9 】

- 1 時刻同期装置
- 2 GPS 衛星
- 3 クロック供給装置
- 3 1 原子発振器
- 3 2 制御部
- 1 0 GPS 受信部
- 1 1 SAW フィルター
- 1 2 RF 処理部
- 1 3 ベースバンド処理部
- 1 4 TCXO
- 1 5 GPS 受信機
- 1 6 位相同期回路
- 2 0 処理部
- 2 1 位相比較器
- 2 2 ループフィルター
- 2 3 DSP

40

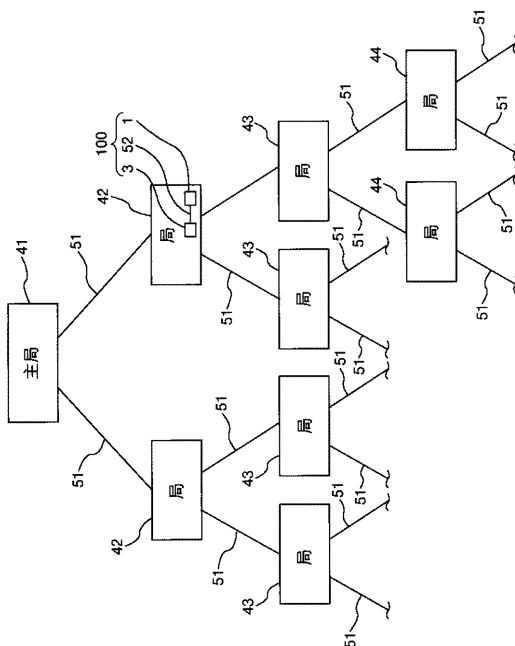
50

- 2 4 分周器
- 2 5 G P S 制御部
- 3 0 水晶発振器
- 4 0 温度センサー
- 4 1 主局
- 4 2、4 3、4 4 局
- 5 0 アンテナ
- 5 1 伝送路
- 5 2 光ファイバー
- 6 ビル
- 6 1 屋上
- 6 2 地下室
- 1 0 0 時刻同期システム
- 1 2 1 位相同期回路
- 1 2 2 L N A
- 1 2 3 ミキサー
- 1 2 4 I F アンプ
- 1 2 5 I F フィルター
- 1 2 6 A D C
- 1 3 1 D S P
- 1 3 2 C P U
- 1 3 3 S R A M
- 1 3 4 R T C

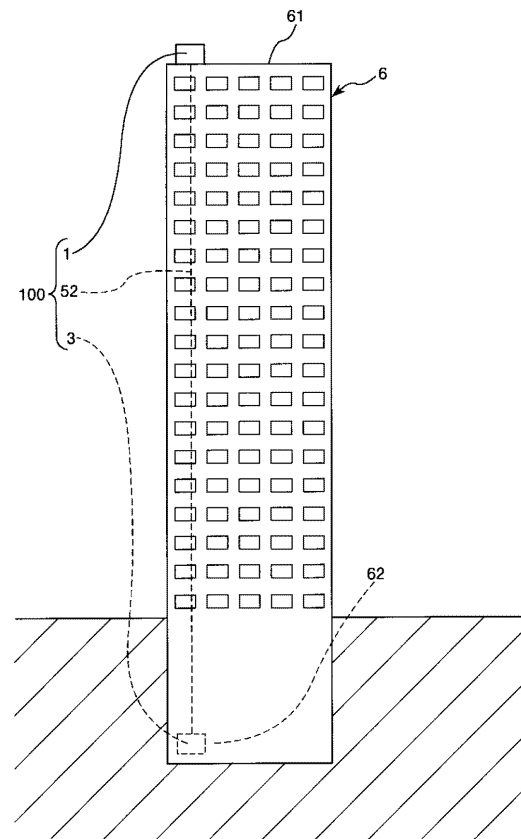
10

20

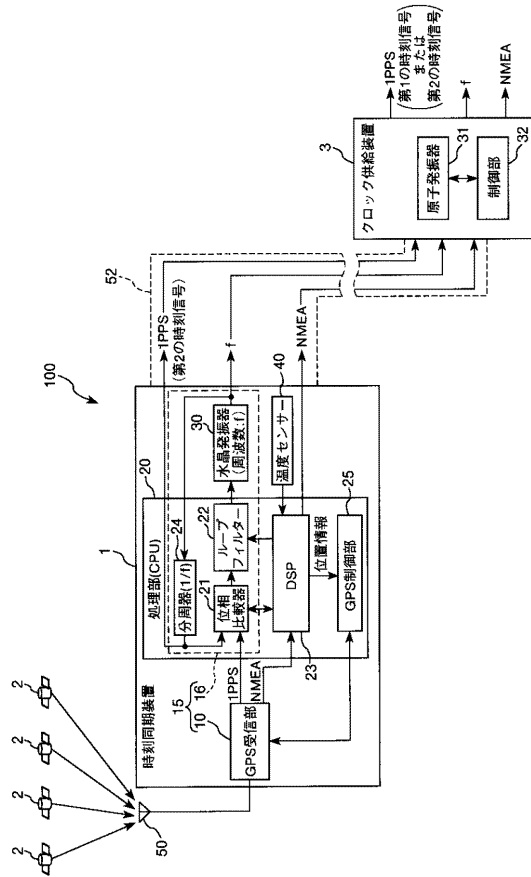
【図 1】



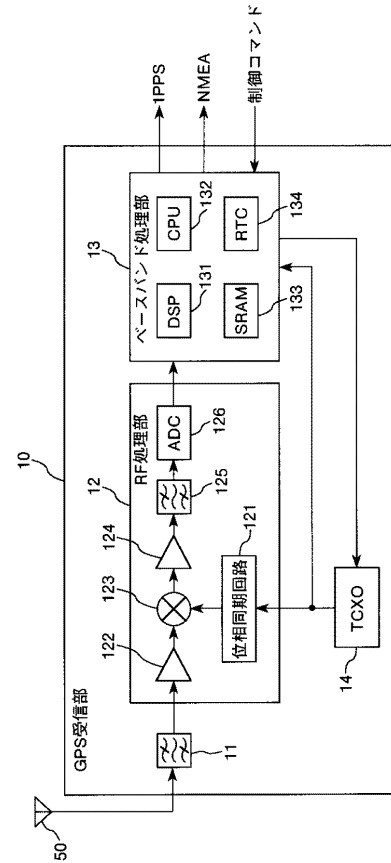
【図 2】



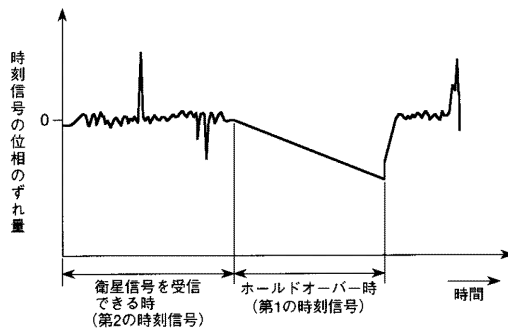
【図 3】



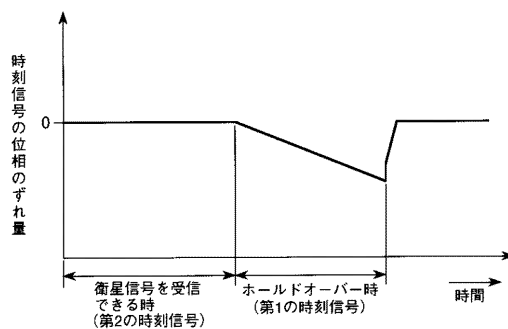
【図 4】



【図 5】



【図 6】



フロントページの続き

(51) Int. Cl.

G 0 4 R 20/00 (2013.01)

F I

G 0 4 G 7/02

テーマコード (参考)