

(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.

H04L	7/00	(2006.01)
H03L	7/00	(2006.01)
H03L	7/14	(2006.01)
H03L	7/26	(2006.01)
GO4R	40/00	(2013.01)

F 1

H04L	7/00
H03L	7/00
H03L	7/14
H03L	7/26
GO4R	40/00

テーマコード(参考)

Z	2FOO2
C	5J106
A	5KO47

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)

(22) 出願日

平成26年11月20日 (2014.11.20)

(71) 出願人 000002369

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搖らぎ低減部を有し、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

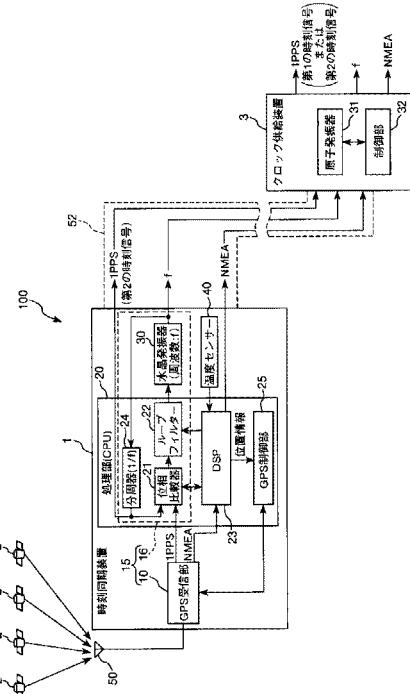
同期システムは、従属同期方式を用いた網同期に用いられることが好ましい。また、前記

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】

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。

20

【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、「Synchronous-Ethernet（登録商標）」といわれるよう¹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れ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、1PPS、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、20

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。

【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。

【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。

【0016】

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。

【0017】

[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10秒以下の範囲内に設定されることが好ましい。

【0018】

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。

【0019】

[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。

【0020】

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】

【0021】

【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GPS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】

【0022】

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。

【0023】

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、GPS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。GPS(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(GNSS: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局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。

【0024】

10

20

30

40

50

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）41と1つまたは複数（図示の構成では2つ）の局42とは、それぞれ、伝送路51を介して接続され、各局42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43とは、それぞれ、伝送路51を介して接続され、各局43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44（一部は図示せず）とは、それぞれ、伝送路51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51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100は、時刻同期装置1と、クロック供給装置3とを備え、局42に配置されている。

【0027】

時刻同期装置1（GPS受信機15）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15）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、具体例としは、例えば、数10m以上である。

30

【0028】

また、時刻同期システム100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42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61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62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41や他の局43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61等に配置することにより、局42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15）とクロック供給装置3とは、光ファイバー52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52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100のクロック供給装置3を2つの局42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41に配置してもよく、また、他方の局42に配置してもよく、また、局42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

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 として第 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】

10

図 3 に示すように、時刻同期装置 1 は、G P S 受信部（衛星信号受信部）1 0 、処理部（C P U ）2 0 、電圧制御発振器（V C O ）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 G P S 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（O C X O ）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 、ループフィルター 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（P L L : 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、G P S 受信部 1 0 と、位相同期回路 1 6 とにより、G P S 受信機（受信機）1 5 が構成される。

20

【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、G P S 受信部 1 0 と処理部 2 0 はそれぞれ別個の I C で実現されていてもよいし、G P S 受信部 1 0 と処理部 2 0 は 1 チップの I C として実現されていてもよい。

【0040】

30

この時刻同期装置 1 は、G P S 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）（U T C : 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】

G P S 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 . 5 7 5 4 2 G H z の電波（L 1 波）に航法メッセージおよび C / A コード（Coarse/Acquisition Code ）を重畠（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 3 0 個存在する G P S 衛星 2 の衛星信号を識別するためのものであり、各 c h i p が + 1 または - 1 のいずれかである 1 0 2 3 c h i p （1 m s 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、衛星信号に重畠されている C / A コードを検出することができる。

40

【0043】

各 G P S 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 G P S 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 G P S 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 G P S 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（G P S 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。

50

【0044】

また、受信点の位置が既知である場合、1つ以上のG P S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。

【0045】

また、各衛星信号に含まれている軌道情報を用いて、各G P S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G P S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ーも含まれており、この時刻補正パラメーター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

【0046】

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

【0047】

G P S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、G P S受信部10に接続されている。

【0048】

G P S受信部10は、G P S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

【0049】

具体的に説明すると、G P S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（C P U）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。

30

【0050】

G P S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G P S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。

【0051】

また、G P S受信部10は、位置固定モードでは、「1 P P S（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G P S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に基づいて、1 P P S（第2の時刻信号）を生成する。このように、G P S受信部10が1 P P S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1 P P Sを生成することができる。

40

【0052】

以下、G P S受信部10の構成について詳述する。

図4に示すように、G P S受信部10は、S A W（Surface Acoustic Wave：表面弾性波）フィルター11、R F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（T C X O：Temperature Compensated Crystal Oscillator）14を有している。

【0053】

S A Wフィルター11は、G P S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S A Wフィルター11は、1.5 G H z帯の信号を通過させるバンドパスフィルターとして構成される。

【0054】

R F処理部12は、位相同期回路（P L L：Phase Locked Loop）121、L N A（Low

50

Noise Amplifier) 122、ミキサー 123、IF アンプ 124、IF (Intermediate Frequency: 中間周波数) フィルター 125 および ADC (A/D 変換器) 126 を有している。

【0055】

位相同期回路 121 は、数十 MHz 程度で発振する TCXO 14 の発振信号を 1.5 GHz 帯の周波数に遅倍したクロック信号を生成する。なお、位相同期回路 121 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、0.1m 秒以上、100m 秒以下の範囲内に設定されることが好ましく、0.5m 秒以上、50m 秒以下の範囲内に設定されることがより好ましい。

【0056】

SAW フィルター 11 が抽出した衛星信号は、LNA 122 で増幅される。LNA 122 で増幅された衛星信号は、ミキサー 123 で位相同期回路 121 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（IF 信号）にダウンコンバートされる。ミキサー 123 でミキシングされた信号は、IF アンプ 124 で増幅される。

【0057】

ミキサー 123 でのミキシングにより、IF 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、IF アンプ 124 は IF 信号とともにこの高周波信号も増幅する。IF フィルター 125 は、IF 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）。IF フィルター 125 を通過した IF 信号は ADC (A/D 変換器) 126 でデジタル信号に変換される。

【0058】

ベースバンド処理部 13 は、DSP (Digital Signal Processor) 131、CPU (Central Processing Unit) 132、SRAM (Static Random Access Memory) 133 および RTC (リアルタイムクロック) 134 を含んで構成されており、TCXO 14 の発振信号をクロック信号として各種処理を行う。

【0059】

DSP 131 と CPU 132 は、協働しながら、IF 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】

SRAM 133 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。RTC 134 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 RTC 134 は、TCXO 14 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 13 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、SRAM 133 に記憶する処理を行う。

【0062】

また、ベースバンド処理部 13 は、位置固定モードでは、SRAM 133 に記憶されている 1 つ以上の GPS 衛星 2 の軌道情報と、SRAM 133 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 1PPS を出力する。具体的には、ベースバンド処理部 13 は、RTC 134 の一部に 1PPS の各パルスの発生タイミングをカウントする 1PPS カウンターを備えており、GPS 衛星 2 の軌道情報と受信点の位置情報とを用いて、GPS 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 1PPS 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 13 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 1PPS を出力してもよい。

10

20

30

30

40

50

【0064】

また、ベースバンド処理部13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。

【0065】

以上説明したように構成されたGPS受信部10の動作は、図3に示す処理部(CPU)20により制御される。

【0066】

処理部20は、GPS受信部10に対して各種の制御コマンドを送信してGPS受信部10の動作を制御し、GPS受信部10が送出する1PPSやNMEAデータを受け取って各種の処理を行う。なお、処理部20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。10

【0067】

この処理部20は、位相比較器21、ローパスフィルターであるループフィルター(フィルター)22、DSP(Digital Signal Processor)23、分周器24およびGPS制御部25を有している。前述したように、処理部20の位相比較器21、ループフィルター22および分周器24と、水晶発振器30とにより、位相同期回路16が構成される。なお、DSP23とGPS制御部25とは一つの部品で構成されていてもよい。

【0068】

DSP23は、GPS受信部10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10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。20

【0069】

GPS制御部25は、GPS受信部10に各種の制御コマンドを送信し、GPS受信部10の動作を制御する。具体的には、GPS制御部25は、GPS受信部10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10の動作モードが設定される。

【0070】

分周器24は、水晶発振器30が送出するクロック信号(周波数:f)をf分周し、1Hzの分周クロック信号を送出する。なお、水晶発振器30として、クロック供給装置3の原子発振器31を共用することはできない。その理由は、原子発振器31は、時刻同期装置1の外部、すなわち、位相同期回路16の分周器24およびループフィルター22から離間した位置に配置されており、時刻同期装置1に光ファイバー52を介して接続されているので、原子発振器31を用いて位相同期回路16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。30

【0071】

位相比較器21は、GPS受信部10が送出する1PPSと分周器24が送出する1Hzの分周クロック信号とを位相比較する。位相比較器21の比較結果の位相差信号は、ループフィルター22を介して水晶発振器30に入力される。ループフィルター22のパラメーターは、DSP23により設定される。40

【0072】

分周器24が送出する1Hzの分周クロック信号は、GPS受信部10が送出する1PPS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1PPS、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、1PPS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30が送出する周波数がfのクロック信号も外部に出力する。

【0073】

また、水晶発振器30は、ループフィルター22の出力電圧(制御電圧)に応じて周波

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 21、ループフィルター 22、DSP23 および分周器 24 により、水晶発振器 30 が出力するクロック信号は GPS 受信部 10 が出力する 1PPS に完全に同期し、分周器 24 が出力する第 2 の時刻信号は GPS 受信部 10 が出力する 1PPS に完全に同期する。すなわち、位相比較器 21、ループフィルター 22、DSP23 および分周器 24 による構成は、水晶発振器 30 が出力するクロック信号（分周器 24 が出力する第 2 の時刻信号）を 1PPS に同期させる「同期制御部」として機能する。

【0074】

また、ループフィルター 22 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ー 22（位相同期回路 16）により、GPS 受信部 10 で生成された 1PPS（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。

10

【0075】

また、水晶発振器 30 の近傍には温度センサー 40 が配置されており、DSP23 は、温度センサー 40 の検出値（検出温度）に応じて位相比較器 21 の出力電圧を調整することで、水晶発振器 30 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。

20

【0076】

なお、前記時刻同期装置 1 の位相同期回路 16 の発振器としては、水晶発振器 30 に限らず、例えば、原子発振器等を用いてもよい。

【0077】

前記ループフィルター 22 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、GPS 受信部 10 で生成される 1PPS は、GPS 衛星 2 から発せられ、GPS アンテナ 50 を介して GPS 受信部 10 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、GPS 受信部 10 で生成される 1PPS に、ノイズ成分が含まれてしまうためである。なお、前記 GPS 受信部 10 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 2 の配置、GPS 衛星 2 と GPS アンテナ 50 との間の障害物等が挙げられる。そこで、ループフィルター 22 の時定数（遮断周波数）は、位相同期回路 16 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、GPS 受信部 10 で生成される 1PPS 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。

30

【0078】

具体的には、ループフィルター 22 の時定数は、1秒以上、10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。

40

【0079】

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。

【0080】

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、GPS 受信部 10 で生成される 1PPS 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。

【0081】

ここで、前記時刻同期システム 100 と、時刻同期システム 100 から位相同期回路 16 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 100 と比較用システムとのそれについて、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 100 についての結果である。

50

【 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、G P S 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、G P S 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、G P S 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、G P S に限らず、G P S 以外の全地球的航法衛星システム (G N S S) 、例えば、ガリレオ、G L O N A S S 等を利用してもよい。

30

【 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。

40

【 符号の説明 】**【 0 0 8 9 】**

- 1 時刻同期装置
- 2 G P S 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 G P S 受信部
- 1 1 S A W フィルター
- 1 2 R F 処理部
- 1 3 ベースバンド処理部
- 1 4 T C X O
- 1 5 G P S 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 D S P

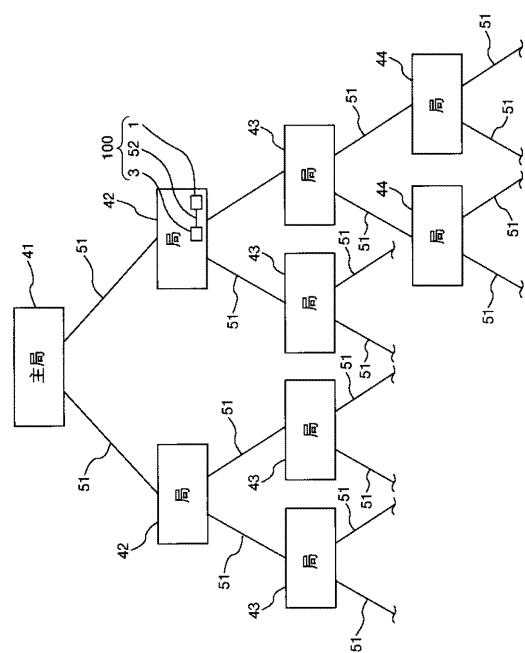
50

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

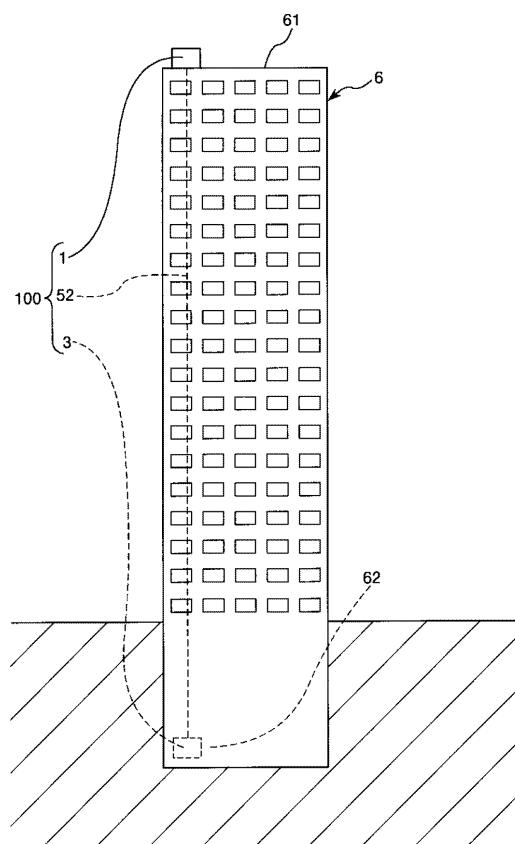
10

20

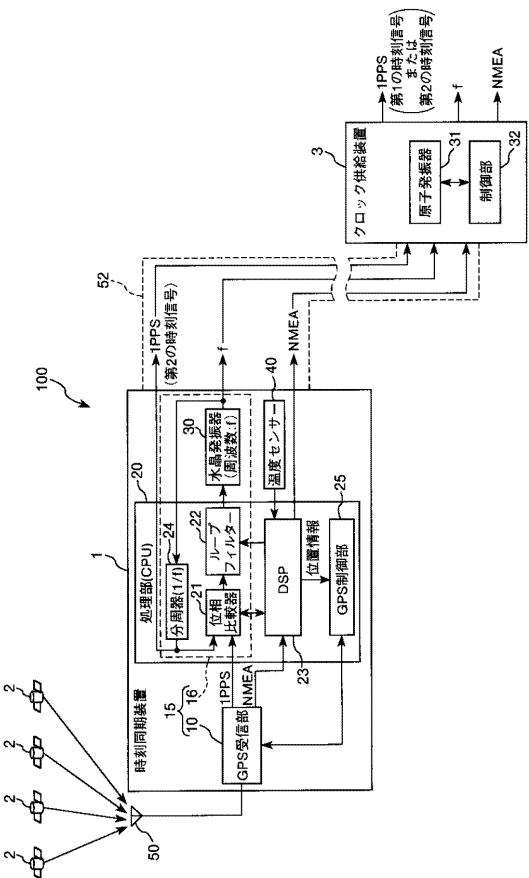
【図 1】



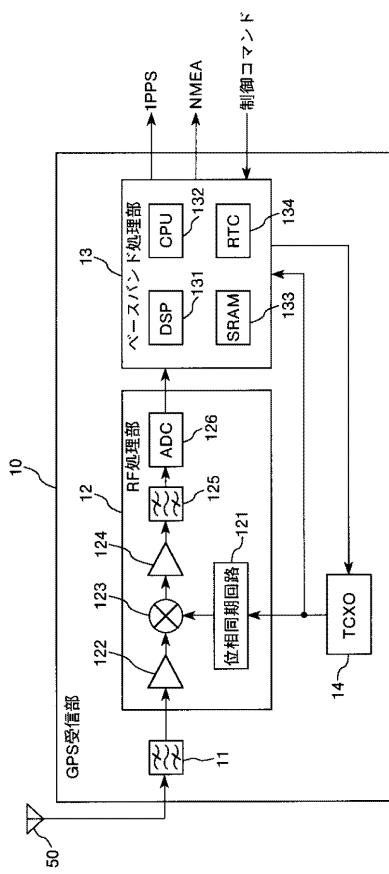
【図 2】



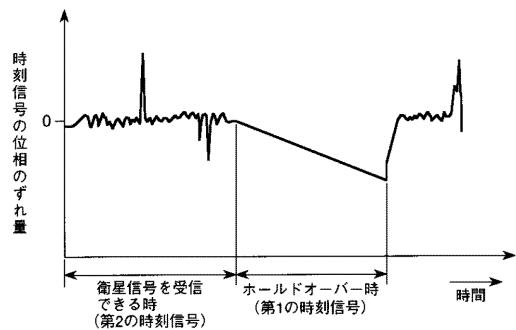
【図3】



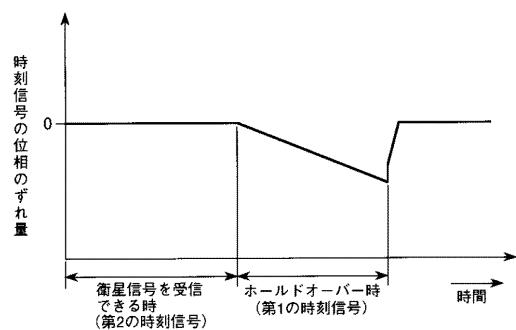
【図4】



【図5】



【図6】



フロントページの続き

(51) Int.Cl.

G 0 4 R20/00
(2013.01)

F I

G 0 4 G

7/02

テーマコード(参考)