

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6879235号  
(P6879235)

(45) 発行日 令和3年6月2日(2021.6.2)

(24) 登録日 令和3年5月7日(2021.5.7)

(51) Int. Cl.			F I		
<b>GO4G</b>	<b>7/00</b>	<b>(2006.01)</b>	GO4G	7/00	301
<b>GO4G</b>	<b>5/00</b>	<b>(2013.01)</b>	GO4G	5/00	J
<b>GO4R</b>	<b>20/02</b>	<b>(2013.01)</b>	GO4R	20/02	
<b>HO4L</b>	<b>7/00</b>	<b>(2006.01)</b>	HO4L	7/00	990

請求項の数 7 (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2018-45224 (P2018-45224)	(73) 特許権者	000004226
(22) 出願日	平成30年3月13日 (2018.3.13)		日本電信電話株式会社
(65) 公開番号	特開2019-158571 (P2019-158571A)		東京都千代田区大手町一丁目5番1号
(43) 公開日	令和1年9月19日 (2019.9.19)	(74) 代理人	110001807
審査請求日	令和2年2月28日 (2020.2.28)		特許業務法人磯野国際特許商標事務所
		(72) 発明者	久島 孝昭
			東京都千代田区大手町一丁目5番1号 日 本電信電話株式会社内
		(72) 発明者	佐久間 大樹
			東京都千代田区大手町一丁目5番1号 日 本電信電話株式会社内
		(72) 発明者	新井 薫
			東京都千代田区大手町一丁目5番1号 日 本電信電話株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】時刻同期システム、管理装置、時刻同期方法およびプログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

測位用衛星からの電波を受信し、受信した電波に含まれる時刻情報を時刻源として時刻同期を取り時刻を配信する時刻同期装置を複数備える時刻同期システムであって、

各前記時刻同期装置の時刻変動情報および位置情報を取得する時刻変動情報取得手段と

、  
取得した前記位置情報をもとに、前記時刻同期装置を所定カテゴリに分類するカテゴリ分類手段と、

同じカテゴリに属する各前記時刻同期装置の時刻変動の挙動について、当該挙動が同一か否かで多数決判定し、判定結果をもとに時刻変動を解析する解析手段と、

異常な時刻変動を有する前記時刻同期装置に対して、前記測位用衛星から受信した時刻情報を遮断する指示を出力する出力手段と、を有する管理装置、を備え、

前記時刻同期装置は、

前記管理装置から遮断指示を受信した場合、前記測位用衛星から受信した時刻情報を遮断するフィルタ手段を備える

ことを特徴とする時刻同期システム。

【請求項2】

前記カテゴリ分類手段は、前記時刻変動が類似する環境要因が同一となるようにカテゴリ分けする

ことを特徴とする請求項1に記載の時刻同期システム。

**【請求項 3】**

前記解析手段は、多数側を正常な時刻変動と判定するとともに、少数側を異常な時刻変動と判定し、

前記出力手段は、多数側を正常な時刻変動と判定した場合に追従OKを多数側の前記時刻同期装置に送信し、少数側を異常な時刻変動と判定した場合に追従NGを少数側の前記時刻同期装置に送信する

ことを特徴とする請求項1に記載の時刻同期システム。

**【請求項 4】**

高精度周波数源を備え、

前記時刻同期装置は、

時刻情報の遮断に伴い、測位用衛星からの電波に含まれる時刻情報に時刻同期していない状態に遷移し、前記高精度周波数源の高精度周波数を基準時刻源として時刻同期を取り時刻配信を行う

ことを特徴とする請求項1に記載の時刻同期システム。

**【請求項 5】**

測位用衛星からの電波を受信し、受信した電波に含まれる時刻情報を時刻源として時刻同期を取り時刻を配信する時刻同期装置を複数備える時刻同期システムの管理装置であって、

各前記時刻同期装置の時刻変動情報および位置情報を取得する時刻変動情報取得手段と

取得した前記位置情報をもとに、前記時刻同期装置を所定カテゴリに分類するカテゴリ分類手段と、

同じカテゴリに属する各前記時刻同期装置の時刻変動の挙動について、当該挙動が同一か否かで多数決判定し、判定結果をもとに時刻変動を解析する解析手段と、

異常な時刻変動を有する前記時刻同期装置に対して、前記測位用衛星から受信した時刻情報を遮断する指示を出力する出力手段と、を備える

ことを特徴とする管理装置。

**【請求項 6】**

測位用衛星からの電波を受信し、受信した電波に含まれる時刻情報を時刻源として時刻同期を取り時刻を配信する時刻同期装置を複数備える時刻同期システムの管理装置における時刻同期方法であって、

各前記時刻同期装置の時刻変動情報および位置情報を取得するステップと、

取得した前記位置情報をもとに、前記時刻同期装置を所定カテゴリに分類するステップと、

同じカテゴリに属する各前記時刻同期装置の時刻変動の挙動について、当該挙動が同一か否かで多数決判定し、判定結果をもとに時刻変動を解析するステップと、

異常な時刻変動を有する前記時刻同期装置に対して、前記測位用衛星から受信した時刻情報を遮断する指示を出力するステップと、

を実行することを特徴とする時刻同期方法。

**【請求項 7】**

測位用衛星からの電波を受信し、受信した電波に含まれる時刻情報を時刻源として時刻同期を取り時刻を配信する時刻同期装置を複数備えるサーバ装置としてのコンピュータを

各前記時刻同期装置の時刻変動情報および位置情報を取得する時刻変動情報取得手段と

取得した前記位置情報をもとに、前記時刻同期装置を所定カテゴリに分類するカテゴリ分類手段、

同じカテゴリに属する前記時刻同期装置の時刻変動の挙動について、当該挙動が同一か否かで多数決判定し、判定結果をもとに時刻変動を解析する解析手段、

異常な時刻変動を有する前記時刻同期装置に対して、前記測位用衛星から受信した時刻

10

20

30

40

50

情報を遮断する指示を出力する出力手段、として機能させるためのプログラム。

【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、管理装置、時刻同期方法およびプログラムに関する。

【背景技術】

【0002】

マイクロ秒オーダあるいはサブマイクロ秒オーダの時刻同期精度が必要なシステムを実現するためには、UTC (Coordinated Universal Time: 協定世界時) に対して同等以上の誤差精度の時刻配信が必要となる。一般的な高精度時刻配信システムは、GNSS (Global Navigation Satellite System: 全地球航法衛星システム) あるいはPTP (Precision Timing Protocol IEEE1588: 高精度時間プロトコル) を使って正確な時刻を生成している。また、PTPは、有線ネットワーク内のクライアントに対して、GMC (Grandmaster Clock) サーバから正確な時刻を配信するためのプロトコルであり、GMCに対して1マイクロ秒程度の時刻同期精度が得られる。

10

【0003】

昨今、モバイル系サービスの高速化に向けた対応として、高精度な時刻同期が求められている。高精度な時刻同期を行う方法として、基準である時刻同期をGPS (Global Positioning System) 衛星から受信する方法が一般的に知られている。

20

測位を行う場合、GPS受信装置は最低4機のGPS衛星(測位用衛星)からの信号を捕捉する必要がある。ただし、GPS受信装置の正確な位置(緯度/経度/高度)が既知であることを前提として最低1機のGPS衛星からの信号を捕捉できていればUTC同期時刻を得ることが可能である。GPS衛星からの信号は微弱であり、かつ民生利用される信号(C/Aコード)は非暗号化された状態で送信されることから、電磁ノイズや妨害電波による影響を受けやすいものの、安価なGPS受信装置があれば高精度な時刻が得られる点が大きな利点である(非特許文献1参照)。

【0004】

一方、ネットワーク内での高精度な時刻同期を必要とするシステムが多く存在する。例えば、金融の高頻度取引において、タイムスタンプを用いた取引データの記録や証券取引所と証券会社等との間の遅延計測のためにサーバの基準時刻を一致させる必要がある。また、移動体システムの基地局において、基地局間で送受信タイミングを同期し、複数キャリアを束ねることで広帯域化することが可能になる。また、また、電力システムにおいて、電力線の複数地点において時刻同期された計測器によって同一タイミングで電圧値を取得することで周波数や位相のズレを検知することが可能になる。

30

【0005】

GPS衛星からの信号を用いる時刻同期方法は、民生利用される信号(C/Aコード)が非暗号化された状態で送信されることから、下記のセキュリティリスクをはらんでいる。すなわち、攻撃者がGPS信号を擬似的に生成し、生成した信号に同期させる(ジャミング)ことで、意図的に時刻情報を擾乱させることができる。

40

【0006】

図7Aおよび図7Bは、GPS衛星からの信号を用いる時刻同期方法のセキュリティリスクを説明する図である。

図7Aに示すように、時刻同期装置10は、基準時刻を提供するグランドマスタークロック(Grandmaster Clock)装置(以下、GMという)11を備える。時刻同期装置10は、GPS衛星1からの電波をアンテナ10aを介して受信し、高精度な時刻情報をGM11に入力する。GM11は、GPS衛星1が持つ高精度な時刻を時刻源とし、GPS衛星1の高精度な時刻に常に同期する。GM11は、GPS信号を用いることで、高精度な基準時刻が得られるだけでなく、定期的な時刻校正の必要がない。しかし、GM11は、GPS信号が何らかの理由で途切れた状態(例えば、妨害波や落雷によるアンテナ故障な

50

ど) (時刻Holdover状態)でも高精度な基準時刻を維持しなければならない。

【0007】

図7Bの符号aに示すように、攻撃者がGPS信号を擬似的に生成し、生成した信号に同期させる(ジャミング)攻撃が考えられる。時刻同期装置10は、ジャミング信号を受信すると、GM11は、このジャミング信号の時刻を時刻源とし、誤った時刻に同期するおそれがある。

【0008】

図7(b)に示すジャミング信号による時刻情報の擾乱に対する対処方法として、GPS-FW(Firewall)を設置する技術がある(非特許文献2参照)。

【0009】

図8は、セキュリティ対策のためにGPS-FWを設置した時刻同期装置10を示す図である。

図8に示すように、時刻同期装置10-1, 10-2は、GM11の前段(入力側)に、GPS信号を識別するGPS-FW12を備える。また、時刻同期装置10-1, 10-2の外部には、高精度周波数を発振する高精度周波数源20が設置されており、GM11には、高精度周波数源20からの高精度周波数が入力される。高精度周波数源20は、例えばOCXO(Oven Controlled Crystal Oscillator: 恒温槽付水晶発振器)を周波数基準源とする、位相ノイズが小さい10MHzの周波数標準器モジュールである。

【0010】

GPS-FW12は、図8の符号aに示すジャミングを検知し、ジャミングを検知した場合、ジャミングの時刻情報を遮断する(図8の符号b参照)。GPS-FW12が、適用する信号識別のアルゴリズムは、単位時間における時刻変動量が閾値以上であった場合に追従しないようにする閾値判定方式である。

GM11は、時刻情報の遮断に伴い、時刻Holdover状態に遷移し、高精度周波数源20の高精度周波数を基準時刻源として時刻同期を取り時刻配信を行う。

【先行技術文献】

【非特許文献】

【0011】

【非特許文献1】「JAXA | 今いる場所・時間がわかる測位とは?」, [online], [平成30年2月1日検索], インターネット URL: [http://www.jaxa.jp/countdown/f18/overview/GPS\\_j.html](http://www.jaxa.jp/countdown/f18/overview/GPS_j.html)

【非特許文献2】「BlueSky GPS Firewall | Microsemi」, [online], [平成30年2月1日検索], インターネット URL: [http://web116.jp/shop/annai/gisanshi/analog/pdf/analog\\_gisanshi.pdf](http://web116.jp/shop/annai/gisanshi/analog/pdf/analog_gisanshi.pdf)

【非特許文献3】ITU-T SG15 contribution C651 Orange, Nokia, Microsemi. Geneva, January, 2018 "GNSS-TR, Error magnitude for major sources of GNSS time error"

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0012】

しかしながら、従来技術のGPS-FWは、閾値による時刻変動のフィルタであり、閾値の範囲内で長期的に継続するようなGPSジャミングには対応できない。また、閾値を小さくした場合には通常の時刻変動をGPSジャミングと誤判定するリスクがある。

【0013】

図9は、従来技術のGPS-FWの検知アルゴリズムを説明する図である。横軸に時間を取り、縦軸に時刻変動量をとる。実線は時刻変動量を示し、破線はその閾値を示す。

GPS-FWは、単位時間における時刻変動量が閾値以上であるとき異常と判定する。上記閾値は、GPS要因での変動や天候要因による変動があり、閾値を小さくすると誤検知のリスクある。このため、適度な閾値を設定する必要がある。GPS-FWの検知アルゴリズムでは、閾値内の変動は検知できない課題がある。

なお、図9の破線に示すように、時刻変動は、元のレベルに戻らずに変化した時刻変動

10

20

30

40

50

量が継続する。このため、時刻変動の場合、時刻同期装置 10 (図 8 参照) は、レベルシフトにより変化した時刻変動量を補正する必要がある。

【0014】

このような背景に鑑みて本発明がなされたのであり、本発明は、微小な擾乱を継続させるジャミングに対してフィルタが可能となる時刻同期システム、管理装置、時刻同期方法およびプログラムを提供することを課題とする。

【課題を解決するための手段】

【0015】

前記した課題を解決するため、請求項 5 に記載の発明は、測位用衛星からの電波を受信し、受信した電波に含まれる時刻情報を時刻源として時刻同期を取り時刻を配信する時刻同期装置を複数備える時刻同期システムの管理装置であって、各前記時刻同期装置の時刻変動情報および位置情報を取得する時刻変動情報取得手段と、取得した前記位置情報をもとに、前記時刻同期装置を所定カテゴリに分類するカテゴリ分類手段と、同じカテゴリに属する各前記時刻同期装置の時刻変動の挙動について、当該挙動が同一か否かで多数決判定し、判定結果をもとに時刻変動を解析する解析手段と、異常な時刻変動を有する前記時刻同期装置に対して、前記測位用衛星から受信した時刻情報を遮断する指示を出力する出力手段と、を備えることを特徴とする管理装置とした。

10

【0016】

また、請求項 6 に記載の発明は、測位用衛星からの電波を受信し、受信した電波に含まれる時刻情報を時刻源として時刻同期を取り時刻を配信する時刻同期装置を複数備える時刻同期システムの管理装置における時刻同期方法であって、各前記時刻同期装置の時刻変動情報および位置情報を取得するステップと、取得した前記位置情報をもとに、前記時刻同期装置を所定カテゴリに分類するステップと、同じカテゴリに属する各前記時刻同期装置の時刻変動の挙動について、当該挙動が同一か否かで多数決判定し、判定結果をもとに時刻変動を解析するステップと、異常な時刻変動を有する前記時刻同期装置に対して、前記測位用衛星から受信した時刻情報を遮断する指示を出力するステップと、を実行することを特徴とする時刻同期方法とした。

20

【0017】

また、請求項 7 に記載の発明は、測位用衛星からの電波を受信し、受信した電波に含まれる時刻情報を時刻源として時刻同期を取り時刻を配信する時刻同期装置を複数備えるサーバ装置としてのコンピュータを、各前記時刻同期装置の時刻変動情報および位置情報を取得する時刻変動情報取得手段と、取得した前記位置情報をもとに、前記時刻同期装置を所定カテゴリに分類するカテゴリ分類手段、同じカテゴリに属する前記時刻同期装置の時刻変動の挙動について、当該挙動が同一か否かで多数決判定し、判定結果をもとに時刻変動を解析する解析手段、異常な時刻変動を有する前記時刻同期装置に対して、前記測位用衛星から受信した時刻情報を遮断する指示を出力する出力手段、として機能させるためのプログラムとした。

30

【0018】

このようにすることで、閾値による時刻変動のフィルタを用いることなく、GPS ジャミングを検知できるので、微小な擾乱を継続させるジャミングに対してのフィルタが可能となる。また、閾値を用いないので、ジャミングの検知精度を上げることができる。

40

【0019】

また、請求項 1 に記載の発明は、測位用衛星からの電波を受信し、受信した電波に含まれる時刻情報を時刻源として時刻同期を取り時刻を配信する時刻同期装置を複数備える時刻同期システムであって、各前記時刻同期装置の時刻変動情報および位置情報を取得する時刻変動情報取得手段と、取得した前記位置情報をもとに、前記時刻同期装置を所定カテゴリに分類するカテゴリ分類手段と、同じカテゴリに属する各前記時刻同期装置の時刻変動の挙動について、当該挙動が同一か否かで多数決判定し、判定結果をもとに時刻変動を解析する解析手段と、異常な時刻変動を有する前記時刻同期装置に対して、前記測位用衛星から受信した時刻情報を遮断する指示を出力する出力手段と、を有する管理装置、を備

50

え、前記時刻同期装置は、前記管理装置から遮断指示を受信した場合、前記測位用衛星から受信した時刻情報を遮断するフィルタ手段を備えることを特徴とする時刻同期システムとした。

【0020】

このようにすることで、閾値による時刻変動のフィルタを用いることなく、GPSジャミングを検知できるので、微小な擾乱を継続させるジャミングに対してのフィルタが可能となる。また、閾値を用いないので、ジャミングの検知精度を上げることができる。

また、時刻同期装置は、GPS信号の時刻情報を遮断することができる。

【0021】

また、請求項2に記載の発明は、前記カテゴリ分類手段は、前記時刻変動が類似する環境要因が同一となるようにカテゴリ分けすることを特徴とする請求項1に記載の時刻同期システムとした。

10

【0022】

このようにすることで、同一環境の時刻変動は一樣となるので、環境要因に起因する誤差を排除することが可能になる。

【0023】

また、請求項3に記載の発明は、前記解析手段は、多数側を正常な時刻変動と判定するとともに、少数側を異常な時刻変動と判定し、前記出力手段は、多数側を正常な時刻変動と判定した場合に追従OKを多数側の前記時刻同期装置に送信し、少数側を異常な時刻変動と判定した場合に追従NGを少数側の前記時刻同期装置に送信することを特徴とする請求項1に記載の時刻同期システムとした。

20

【0024】

このようにすることで、少数側の時刻同期装置は、GPS信号の時刻情報を遮断することができる。また、多数側の時刻同期装置は、GPS衛星が持つ高精度な時刻を時刻源とし、高精度な時刻同期を継続することができる。

【0025】

また、請求項4に記載の発明は、高精度周波数源を備え、前記時刻同期装置が、時刻情報の遮断に伴い、測位用衛星からの電波に含まれる時刻情報に時刻同期していない状態に遷移し、前記高精度周波数源の高精度周波数を基準時刻源として時刻同期を取り時刻配信を行うことを特徴とする請求項1に記載の時刻同期システムとした。

30

【0026】

このようにすることで、時刻同期装置は、閾値を設定することなく、GPSジャミングに対してのフィルタが可能となる。時刻情報の遮断に伴い、時刻Holdover状態に遷移することができる。

【発明の効果】

【0027】

本発明によれば、微小な擾乱を継続させるジャミングに対してフィルタが可能となる時刻同期システム、管理装置、時刻同期方法およびプログラムを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0028】

40

【図1】本発明の実施形態に係る管理装置を備える時刻同期システムを示す図である。

【図2】上記実施形態に係る時刻同期システムの管理装置とGPS-FWの機能を示すブロック図である。

【図3A】上記実施形態に係る時刻同期システムの時刻同期装置においてGPS-FWの時刻同期動作の通常時処理のフローチャートである。

【図3B】上記実施形態に係る時刻同期システムの時刻同期装置においてGPS-FWの時刻同期動作の管理装置との通信時の定期処理を示すフローチャートである。

【図4】上記実施形態に係る時刻同期システムの管理装置の動作を示すフローチャートである。

【図5】GPSの精度誤差を示す図である。

50

【図 6 A】本実施形態の誤差要因の定量比較を説明する説明図である。

【図 6 B】従来技術の誤差要因の定量比較を説明する説明図である。

【図 7 A】従来技術の G P S 衛星からの信号を用いる時刻同期方法のジャミングがない場合のセキュリティリスクの説明図である。

【図 7 B】従来技術の G P S 衛星からの信号を用いる時刻同期方法のジャミング攻撃がある場合のセキュリティリスクの説明図である。

【図 8】従来技術のセキュリティ対策のために G P S - F W を設置した時刻同期装置を示す図である。

【図 9】従来技術の G P S - F W の検知アルゴリズムを説明する図である。

【発明を実施するための形態】

10

【 0 0 2 9 】

以下、図面を参照して本発明を実施するための形態（以下、「本実施形態」という）における時刻同期システム等について説明する。

本実施形態は、測位用衛星として G P S 衛星を用いる G P S システムに適用した例である。

（実施形態）

図 1 は、本発明の実施形態に係る管理装置を備える時刻同期システムを示す図である。図 8 と同一構成部分には同一符号を付している。

図 1 に示すように、時刻同期システム 1 0 0 0 は、管理装置 1 0 0 と、時刻同期装置 2 0 0 - 1 ~ 2 0 0 - 3 と、を備え、管理装置 1 0 0 と時刻同期装置 2 0 0 - 1 ~ 2 0 0 - 3 とは、無線または有線の通信手段（図 1 破線参照）により通信可能に接続される。通信手段は、どのような方式のものでもよい。

20

【 0 0 3 0 】

時刻同期装置 2 0 0 - 1 ~ 2 0 0 - 3 は、G P S 衛星 1（測位用衛星）からの電波を受信し、受信した電波に含まれる時刻情報を時刻源として時刻同期を取り時刻を配信する。

時刻同期装置 2 0 0 - 1 ~ 2 0 0 - 3 は、G P S アンテナ 2 0 0 a と、G P S - F W 2 1 0 - 1 ~ 2 1 0 - 3 と、G M 1 1 と、を備える。G M 1 1 には、高精度周波数を発振する高精度周波数源 2 0 が接続されている。高精度周波数源 2 0 は、時刻同期装置 2 0 0 が時刻 Holdover 状態で、高精度周波数を供給する。

なお、時刻同期装置 2 0 0 - 1 ~ 2 0 0 - 3 を総称する場合は、時刻同期装置 2 0 0 と呼ぶ。また、G P S - F W 2 1 0 - 1 ~ 2 1 0 - 3 を特に区別しない場合は、G P S - F W 2 1 0 と呼ぶ。

30

【 0 0 3 1 】

G P S - F W 2 1 0 は、管理装置 1 0 0 に時刻変動情報と自身の位置情報を送信し、管理装置 1 0 0 から時刻同期の追従可否回答を受信するとともに、時刻同期の追従 N G を受信した場合には、G P S 信号からの時刻情報を遮断する。G P S - F W 2 1 0 は、時刻情報の遮断に伴い、時刻 Holdover 状態となり、高精度周波数源 2 0 の高精度周波数を基準時刻源として時刻同期を取り時刻配信を行う。

【 0 0 3 2 】

本実施形態では、時刻同期システム 1 0 0 0 は、高精度周波数源 2 0 を備え、時刻同期装置 2 0 0 - 1 ~ 2 0 0 - 3 は、時刻情報の遮断に伴い、時刻 Holdover 状態に遷移し、高精度周波数源 2 0 の高精度周波数を基準時刻源として時刻同期を取り時刻配信を行う。

40

【 0 0 3 3 】

なお、G P S - F W 2 1 0 は、図 8 の G P S - F W 1 2 と同様な閾値判定方式の検知アルゴリズムも併用して備える態様でもよい。

【 0 0 3 4 】

図 2 は、時刻同期システムの管理装置 1 0 0 と G P S - F W 2 1 0 の機能を示すブロック図である。

図 2 に示すように、G P S - F W 2 1 0 - 1 ~ 2 1 0 - 3 は、時刻変動情報取得部 2 1 1 と、フィルタ判定部 2 1 2（フィルタ手段）と、を備える。

50

時刻変動情報取得部 2 1 1 は、受信した G P S 信号から時刻変動情報を取得し、取得した時刻変動情報と自身の位置情報を管理装置 1 0 0 に送信する。

フィルタ判定部 2 1 2 は、管理装置 1 0 0 から遮断指示を受信した場合、G P S 衛星 1 から受信した時刻情報を遮断する。フィルタ判定部 2 1 2 は、管理装置 1 0 0 から時刻同期の追従可否回答を受信するとともに、時刻同期の追従 N G を受信した場合には、G P S 信号からの時刻情報を遮断する。

#### 【 0 0 3 5 】

管理装置 1 0 0 は、データ蓄積部 1 1 0 と、位置情報設定部 1 2 0 と、時刻変動情報受信部 1 3 0 と、位置情報分類部 1 4 0 (カテゴリ分類手段) と、時刻変動解析 1 5 0 (解析手段) と、フィルタ配信部 1 6 0 (出力手段) と、を備える。

データ蓄積部 1 1 0 は、解析した時刻変動情報を蓄積するメモリである。このメモリは、どのような記憶手段でもよい。

位置情報設定部 1 2 0 は、蓄積した時刻変動情報をもとに、同じ時刻変動を示すカテゴリとして位置情報のカテゴリを設定する。上記時刻変動は、環境要因 (例えば気象) が主要なものである。本実施形態では、環境要因として、時刻同期装置 2 0 0 (G P S - F W 2 1 0) が設置されている場所 (位置) をカテゴリとして設定する。

なお、データ蓄積部 1 1 0 による時刻変動情報の蓄積と、位置情報設定部 1 2 0 によるカテゴリ設定は、後記時刻同期処理の実行に先立って既に設定されているものとする。

#### 【 0 0 3 6 】

時刻変動情報受信部 1 3 0 は、各時刻同期装置 2 0 0 - 1 ~ 2 0 0 - 3 の時刻変動情報および位置情報を取得する。

位置情報分類部 1 4 0 は、取得した位置情報をもとに、各時刻同期装置 2 0 0 - 1 ~ 2 0 0 - 3 を所定カテゴリに分類する。位置情報分類部 1 4 0 は、時刻変動による環境要因が同一となるようにカテゴリ分けする。

#### 【 0 0 3 7 】

時刻変動解析 1 5 0 は、同じカテゴリに属する時刻同期装置 2 0 0 の時刻変動の挙動について、当該挙動が同一か否かで多数決判定し、判定結果をもとに時刻変動を解析する。時刻変動解析 1 5 0 は、多数側を正常な時刻変動と判定するとともに、少数側を異常な時刻変動 (G P S ジャミング) と判定する。

フィルタ配信部 1 6 0 は、異常な時刻変動を有する時刻同期装置 2 0 0 に対して、測位衛星から受信した時刻情報を遮断する指示を出力する。フィルタ配信部 1 6 0 は、多数側を正常と判定した場合に追従 O K を多数側の時刻同期装置 2 0 0 に送信し、少数側を異常と判定した場合に追従 N G を少数側の時刻同期装置 2 0 0 に送信する。

#### 【 0 0 3 8 】

なお、本実施形態では、G P S - F W 2 1 0 - 1 ~ 2 1 0 - 3 が時刻変動情報取得部 2 1 1 およびフィルタ判定部 2 1 2 を備える構成例で説明したが、時刻同期装置 2 0 0 が備えていればよい。

#### 【 0 0 3 9 】

以下、上述のように構成された時刻同期システム 1 0 0 0 の動作について説明する。

まず、時刻同期装置 2 0 0 (G P S - F W 2 1 0) の動作について述べる。

#### [ G P S - F W 2 1 0 の時刻同期動作 ]

図 3 A および図 3 B は、時刻同期装置 2 0 0 の G P S - F W 2 1 0 の時刻同期動作を示すフローチャートであり、図 3 A はその通常時処理のフローチャート、図 3 B はその管理装置 1 0 0 との通信時の定期処理を示すフローチャートである。

#### 【 0 0 4 0 】

##### <通常時の時刻同期動作>

図 3 A に示すように、通常時には、ステップ S 1 で時刻変動情報取得部 2 1 1 は、G P S 衛星 1 (図 1 参照) から受信した G P S 信号から時刻変動情報を取得する。

ステップ S 2 でフィルタ判定部 2 1 2 は、ジャミングフラグの判定を行う。すなわち、管理装置 1 0 0 は、ジャミング判定を行った場合、該当の G P S - F W 2 1 0 に対して、

10

20

30

40

50

追従可否判定として追従NGを送信する。追従NGが送信されたGPS-FW210のフィルタ判定部212は、ジャミングフラグを立てる。

【0041】

上記ステップS2でジャミングフラグがない場合、ステップS3で時刻同期装置200のGM11(図1参照)は、GPS衛星1(図1参照)が持つ高精度な時刻を時刻源とし、時刻同期を実行して本フローの処理を終了する。また、GM11は、GPS信号を用いることで、定期的な時刻校正の必要がない。

【0042】

上記ステップS2でジャミングフラグがある場合、ステップS4でフィルタ判定部212は、GPS信号の時刻情報を遮断して本フローの処理を終了する。GM11は、時刻情報の遮断に伴い、時刻Holdover状態に遷移し、高精度周波数源20の高精度周波数を基準時刻源として時刻同期を取り時刻配信を行う。

10

【0043】

ここで、管理装置100は、時刻同期装置200に追従可否回答を行うタイミングと、時刻同期装置200がGPS信号の時刻情報をもとに、時刻同期を行うタイミングとは非同期である。そこで、本実施形態では、GPS-FW210は、管理装置100からの追従NGを受信した場合、ジャミングフラグを立てておき、適切なタイミングで時刻情報を遮断するようにする。

【0044】

<通信時の定期処理動作>

20

図3Bに示すように、通常時には、ステップS11で時刻変動情報取得部211は、GPS衛星1(図1参照)のGPS信号から取得した時刻変動情報およびPS-FW210の位置情報を、定期的に管理装置100に送信する。なお、この時刻変動情報および位置情報は、管理装置100の時刻変動情報受信部130(図2参照)が受信する。

【0045】

ステップS12でフィルタ判定部212は、管理装置100のフィルタ配信部160(図2参照)が送信した追従NGに付されたジャミングフラグを受信する。すなわち、管理装置100は、ジャミング判定を行った場合、該当のGPS-FW210に対して、ジャミングフラグを付した追従NGを送信する。

ステップS13でフィルタ判定部212は、ジャミングフラグを確認する。ジャミングフラグに変更がない場合、ステップS14でフィルタ判定部212は、処理を継続して本フローを終了する。

30

【0046】

ジャミングフラグに変更がある場合、ステップS15でフィルタ判定部212は、ジャミングの判定を行う。ジャミングフラグがない場合、ジャミングフラグをメモリに格納し、ステップS16で時刻同期装置200のGM11(図1参照)は、GPS衛星1(図1参照)が持つ高精度な時刻を時刻源とし、時刻同期を実行して本フローの処理を終了する。

上記ステップS15でジャミングフラグがある場合、ステップS17でフィルタ判定部212は、GPS信号の時刻情報を遮断して本フローの処理を終了する。GM11は、時刻情報の遮断に伴い、時刻Holdover状態に遷移し、高精度周波数源20の高精度周波数を基準時刻源として時刻同期を取り時刻配信を行う。

40

【0047】

[管理装置100の動作]

次に、管理装置100の動作について述べる。

図4は、時刻同期システム1000の管理装置100の動作を示すフローチャートである。

ステップS21で時刻変動情報受信部130は、各GPS-FW210-1~210-3から時刻変動情報・位置情報を受信する。各GPS-FW210-1~210-3は、それぞれ、定期的(例えば、10分毎)に時刻変動情報・位置情報を送信している。時刻

50

変動情報受信部 130 は、各 GPS-FW 210 - 1 ~ 210 - 3 から時刻変動情報・位置情報を受信する。

【0048】

ステップ S 2 2 で位置情報分類部 140 は、受信した各 GPS-FW 210 - 1 ~ 210 - 3 の位置情報をもとに、各 GPS-FW 210 - 1 ~ 210 - 3 からの時刻変動情報を、カテゴリ毎に分類する。位置情報設定部 120 は、分類するカテゴリを事前に設定している。本実施形態では、上記カテゴリを、各 GPS-FW 210 - 1 ~ 210 - 3 が設置された「位置(地域) A, B, ..., X」で分類する。この「位置(地域) A, B, ..., X」は、例えば、気象庁の「気象警報・注意報や天気予報の発表区域」である。この場合、気象特性の類似する各都道府県をいくつかに分けた一次細分区域単位や、それよりも広範囲の地方予報区を用いる。すなわち、位置情報分類部 140 は、時刻変動が類似するようにカテゴリ分けする。

同じカテゴリに属する GPS-FW 210 は、同じような気象特性(気象条件)の環境下にあると想定される。同じカテゴリ(「位置(地域) A, B, ..., X」)で、GPS-FW 210 - 1 ~ 210 - 3 からの時刻変動情報を分類すれば、カテゴリ内の各 GPS-FW 210 の電波受信状況は、ほぼ同じとなる。このため、天候要因変動のために設定していた閾値をなくす、または極小にすることができる。

【0049】

管理装置 100 は、ステップ S 2 3 のループ始端とステップ S 2 9 のループ終端間で、カテゴリ毎に下記処理を繰り返す。

ステップ S 2 4 で位置情報分類部 140 は、同じカテゴリに複数の時刻変動情報が格納されているか否かを判定する。同じカテゴリに複数の時刻変動情報が格納されている場合の例としては、同じ位置(地域) A に、複数の GPS-FW 210 (例えば、GPS-FW 210 - 1 と GPS-FW 210 - 2) が存在する場合がある。この場合、同じ位置(地域) A から GPS-FW 210 - 1 と GPS-FW 210 - 2 の時刻変動情報がメモリ(図示省略)に格納される。

【0050】

複数の時刻変動情報が格納されていない場合(ステップ S 2 4 : No)、多数決判定の実行条件にないと判断してステップ S 2 9 に進む。

複数の時刻変動情報が格納されている場合(ステップ S 2 4 : Yes)、ステップ S 2 6 で時刻変動解析 150 は、同じカテゴリに属する複数の GPS-FW 210 の時刻変動情報をもとに、これら GPS-FW 210 の時刻変動の挙動について多数決判定を行う。同じカテゴリに属する複数の GPS-FW 210 の時刻変動情報からは、天候要因変動が排除されているので、GPS-FW 210 の時刻変動は、同じ挙動を示す。例えば、複数の GPS-FW 210 の時刻変動情報の定期(10分毎)期間における変動量を求め、その変動量が所定範囲内で一致するものを多数側、しないものを少数側とする。多数決判定を行い、その判定結果が多数側であれば正常と判断できる。

【0051】

ここで、多数決判定のメカニズムについて説明する。

天候等の外部要因が同一の場合で、かつジャミング等の影響がない場合の GPS アンテナ間の誤差は、(1)アンテナの個体差(レシーバノイズ)、(2)マルチパス影響の2つが考えられる。上記(1)に関しては対応が困難であり、最大値である 7 ns(標準化寄書提案)を採用する。上記(2)については、基本的にアンテナ設置の場所の工夫で対応可能であることから、最小値の 4 ns(標準化寄書提案)を採用し、11 ns 以内で同一なものを多数側、しないものを少数側とみなすようにする。また、所定範囲内(GPS レシーバ誤差を考慮し、約 10 ns 以内を範囲内)とみなすように判断してもよい。

【0052】

また、多数決が同数であった場合には、その比較においては異常判定せず、次の収集タイミング(例えば 10分周期)にて、再度多数決判定を行う。

【0053】

10

20

30

40

50

図4のフローに戻って、ステップS27で時刻変動解析150は、多数側を「正常」とする判定結果をフィルタ配信部160に出力する。

ステップS28で時刻変動解析150は、少数側を「異常」とする判定結果をフィルタ配信部160に出力する。

ステップS29でカテゴリをすべて繰り返したか否かを判定し、カテゴリをすべて繰り返していない場合は、ステップS23に戻って上記処理を繰り返す。

ステップS29でカテゴリをすべて繰り返した場合は、ステップS30でフィルタ配信部160は、ジャミング判定結果を該当GPS-FW210に送付して本フローの処理を終了する。具体的には、フィルタ配信部160は、ジャミング判定結果(正常)のGPS-FW210には、追従OKを送信し、ジャミング判定結果(異常)のGPS-FW210には、追従NGを送信する。したがって、ジャミングがない場合には、フィルタ配信部160は、ジャミング判定結果(正常)：追従OKをすべてのGPS-FW210に送信することになる。

#### 【0054】

##### [GPSの精度誤差]

次に、本実施形態の時刻同期システム1000とGPSの精度誤差との関係について説明する。

図5は、GPSの精度誤差を示す図である。

GPS誤差要因としては、下記のようなものがあり、環境等の要因により数十nsの時刻誤差が生じる。

図5の符号cに示すように、太陽フレアによる変動がある。太陽活動の規模によって変動が変わる。非特許文献3には、太陽フレアによる変動が、2017年9月に最大50nsになったことが報告されている。

図5の符号dに示すように、電離層では、電離層遅延により20-25nsの時刻誤差が生じる。

図5の符号eに示すように、対流圏では、対流圏遅延により約2nsの時刻誤差が生じる。

#### 【0055】

上記天候気象などの環境要因による時刻誤差とは別に、下記がある。

図5の符号fに示すように、地上構造物に電波が反射してマルチパスが発生し、4-7nsの時刻誤差が生じる場合がある。

図5の符号gに示すように、GPS信号を受信する受信機のレシーバノイズにより、4-7nsの時刻誤差が生じる。

#### 【0056】

さらに、GPSシステムの時刻誤差がある。

図5の符号hに示すように、GPS衛星1の原子時計誤差4-7nsがある。

図5の符号iに示すように、GPS衛星1が周回する衛星軌道(エフェメリス)の差異による誤差があり、5-10nsの時刻誤差が生じる。

#### 【0057】

上述したように、本実施形態では、位置情報設定部120(図2参照)は、同じ時刻変動を示すカテゴリとして位置情報のカテゴリを設定している。位置情報のカテゴリは、天候気象などの環境要因であり、雨天・晴天などの天候のほか、図5の符号dに示す電離層遅延や、図5の符号eに示す対流圏遅延も、位置情報に含まれる。

#### 【0058】

##### [本実施形態と従来技術との定量比較]

図6Aおよび図6Bは、本実施形態と従来技術との誤差要因の定量比較を説明する図であり、図6Aは本実施形態の時刻同期システム1000の説明図、図6Bは従来技術の説明図である。図1および図8と同一構成部分には同一符号を付している。

図6Bに示すように、時刻同期装置10は、ジャミング対策用のGPS-FW12を備える。図5で述べたように、GPSには環境等の要因による時刻誤差がある。このため、

10

20

30

40

50

従来技術のGPS-FW12は、微小な時刻誤差（数十ns以内）を許容する必要があり、そのための閾値を設けている（図8参照）。上述したように、GPS-FW12は、閾値内の変動は検知できないので、閾値の範囲内で長期的に継続するジャミングには対応できない。

#### 【0059】

これに対し、本実施形態では、各GPS-FW210-1～210-3が、管理装置100に定期的に時刻変動情報・位置情報を送信する（図6Aの符号j参照）。管理装置100は、図4のフローに示すカテゴリ分類・多数決判定を行って、ジャミング判定結果（正常）の場合にはGPS-FW210-1～210-3に追従可否回答を送信し、ジャミング判定結果（異常）の場合にはジャミングを受けたGPS-FW210に追従NGを送信する。このため、GPS-FW210は、従来技術のように閾値を設定することなく、時刻情報の遮断に伴い、時刻Holdover状態に遷移することができる。

10

#### 【0060】

以上説明したように、時刻同期システム1000は、管理装置100を備え、管理装置100は、各時刻同期装置200-1～200-3の時刻変動情報および位置情報を取得する時刻変動情報受信部130と、取得した位置情報をもとに、時刻同期装置を所定カテゴリに分類する位置情報分類部140と、同じカテゴリに属する時刻同期装置200の時刻変動の挙動について、当該挙動が同一か否かで多数決判定し、判定結果をもとに時刻変動を解析する時刻変動解析150と、異常な時刻変動を有する時刻同期装置に対して、測位用衛星から受信した時刻情報を遮断する指示を出力するフィルタ配信部160と、を備える。また、時刻同期装置200のGPS-FW210は、受信したGPS信号から時刻変動情報を取得し、取得した時刻変動情報と自身の位置情報を管理装置100に送信する時刻変動情報取得部211と、管理装置100から遮断指示を受信した場合、GPS衛星1から受信した時刻情報を遮断するフィルタ判定部212と、を備える。

20

#### 【0061】

この構成により、同一環境の時刻変動情報、すなわち位置情報のカテゴリが同じ時刻変動情報を集約してその時刻変動を解析（例えば多数決判定）し、挙動の異なる時間変動（GPSジャミング）を判定する。この場合、同一環境の時刻変動であるため、環境要因の誤差を排除することが可能になる。また、微小な時刻誤差（数十ns以内）を許容するための閾値の設定が不要になる。このように、閾値による時刻変動のフィルタを用いることなく、GPSジャミングを検知できるので、微小な擾乱を継続させるGPSジャミング（閾値の範囲内で長期的に継続するジャミング）に対してのフィルタが可能となる。また、閾値を用いないので、レシーバ誤差（図5の符号g参照）の数ns以内までジャミングの検知精度を上げることができる。

30

#### 【0062】

また、位置情報分類部140は、各時刻同期装置200-1～200-3の環境要因が同一となるようにカテゴリ分けする。これにより、同一環境の時刻変動は一樣となるので、環境要因に起因する誤差を排除することが可能になる。

#### 【0063】

また、時刻変動解析150は、多数側を正常な時刻変動と判定するとともに、少数側を異常な時刻変動と判定する。フィルタ配信部160は、多数側を正常と判定した場合に追従OKを多数側の時刻同期装置200に送信し、少数側を異常と判定した場合に追従NGを少数側の時刻同期装置200に送信する。これにより、少数側の時刻同期装置200のフィルタ判定部212は、GPS信号の時刻情報を遮断する。GM11は、時刻情報の遮断に伴い、時刻Holdover状態に遷移し、高精度周波数源20の高精度周波数を基準時刻源として時刻同期をとり時刻配信を行う。また、多数側の時刻同期装置200は、GPS衛星1が持つ高精度な時刻を時刻源とし、GPS衛星1の高精度な時刻同期を継続することができる。

40

#### 【0064】

時刻同期システム1000は、高精度周波数源20を備え、時刻同期装置200-1～

50

200-3は、時刻情報の遮断に伴い、時刻Holdover状態に遷移し、高精度周波数源20の高精度周波数を基準時刻源として時刻同期を取り時刻配信を行う。これにより、GPS-FW210は、従来技術のように閾値を設定することなく、GPSジャミングに対してのフィルタが可能となる。時刻情報の遮断に伴い、時刻Holdover状態に遷移することができる。

#### 【0065】

なお、管理装置100は、多数側を正常と判定した場合や、正常判定が所定以上継続する場合、多数側の時刻同期装置200については、時刻変動情報と位置情報の取得タイミングをより長くする制御を行ってもよい。このようにすれば、時刻同期システム1000のリソースを削減することができる。

10

#### 【0066】

以上、本発明の実施形態について説明したが、本発明は前記実施形態に限定されず、本発明の要旨を逸脱しない範囲で適宜変更可能である。

例えば、時刻同期装置200は、時刻変動情報取得部211とフィルタ判定部212をGPS-FW210-1~210-3内に設置する構成例を示したが、GPS-FW210の外部に設置されていてもよい。

#### 【0067】

また、上記実施形態において説明した各処理のうち、自動的に行われるものとして説明した処理の全部または一部を手動的に行うこともでき、あるいは、手動的に行われるものとして説明した処理の全部または一部を公知の方法で自動的に行うこともできる。この他、上述文書中や図面中に示した処理手順、制御手順、具体的名称、各種のデータやパラメータを含む情報については、特記する場合を除いて任意に変更することができる。

20

また、図示した各装置の各構成要素は機能概念的なものであり、必ずしも物理的に図示の如く構成されていることを要しない。すなわち、各装置の分散・統合の具体的形態は図示のものに限られず、その全部または一部を、各種の負荷や使用状況などに応じて、任意の単位で機能的または物理的に分散・統合して構成することができる。

#### 【0068】

また、上記の各構成、機能、処理部、処理手段等は、それらの一部または全部を、例えば集積回路で設計する等によりハードウェアで実現してもよい。また、上記の各構成、機能等は、プロセッサがそれぞれの機能を実現するプログラムを解釈し、実行するためのソフトウェアで実現してもよい。各機能を実現するプログラム、テーブル、ファイル等の情報は、メモリや、ハードディスク、SSD(Solid State Drive)等の記録装置、または、IC(Integrated Circuit)カード、SD(Secure Digital)カード、光ディスク等の記録媒体に保持することができる。また、本明細書において、時系列的な処理を記述する処理ステップは、記載された順序に沿って時系列的に行われる処理はもちろん、必ずしも時系列的に処理されなくとも、並列的あるいは個別に実行される処理(例えば、並列処理あるいはオブジェクトによる処理)をも含むものである。

30

#### 【符号の説明】

#### 【0069】

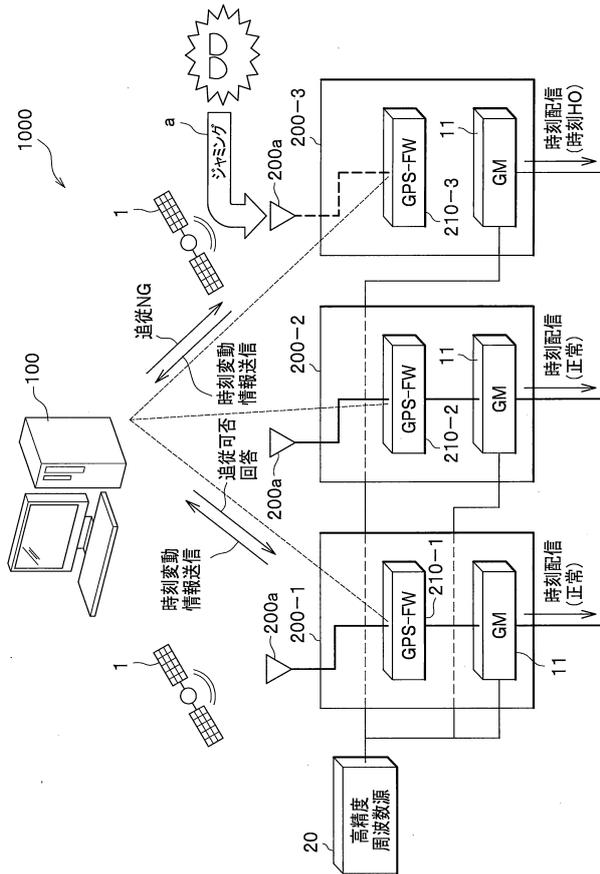
- 11 GM
- 20 高精度周波数源
- 100 管理装置
- 110 データ蓄積部
- 120 位置情報設定部
- 130 時刻変動情報受信部
- 140 位置情報分類部(カテゴリ分類手段)
- 150 時刻変動解析(解析手段)
- 160 フィルタ配信部(出力手段)
- 200, 200-1~200-3 時刻同期装置
- 200a GPSアンテナ

40

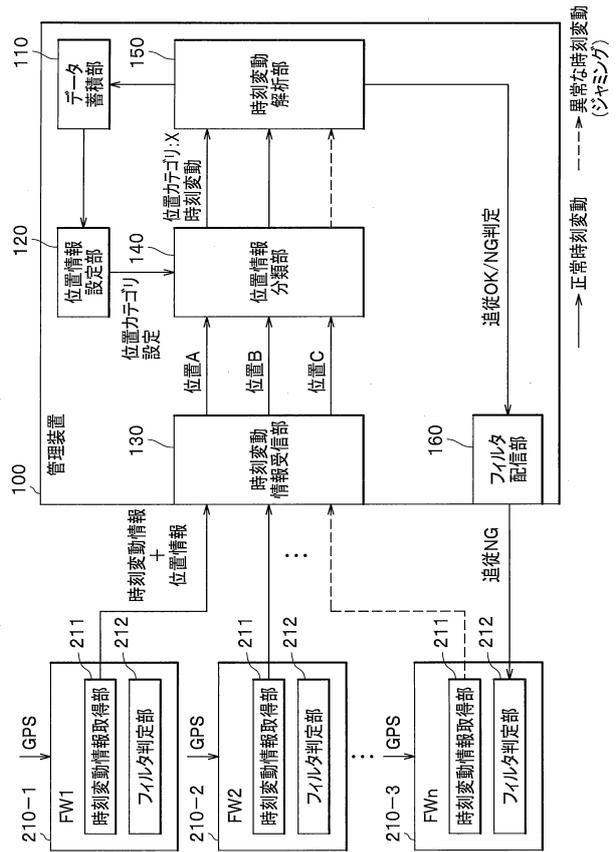
50

- 2 1 1 時刻変動情報取得部
- 2 1 2 フィルタ判定部（フィルタ手段）
- 1 0 0 0 時刻同期システム

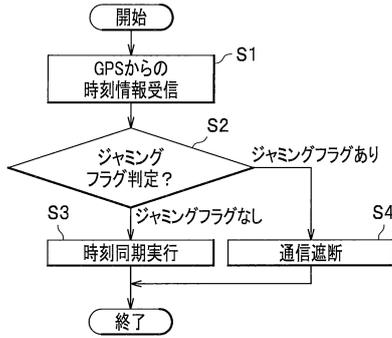
【図 1】



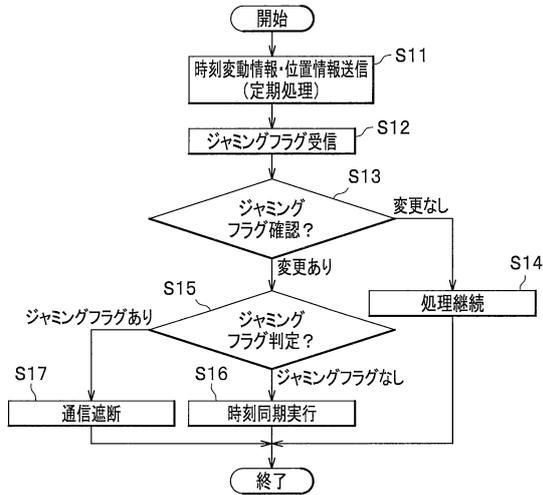
【図 2】



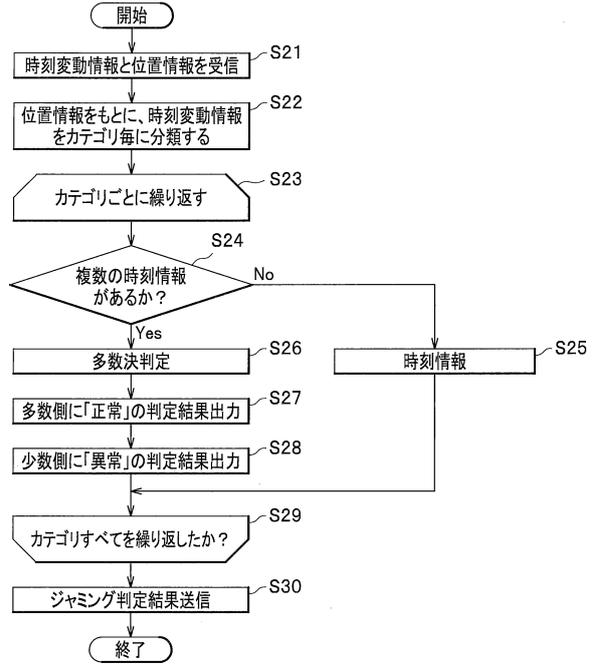
【図3A】



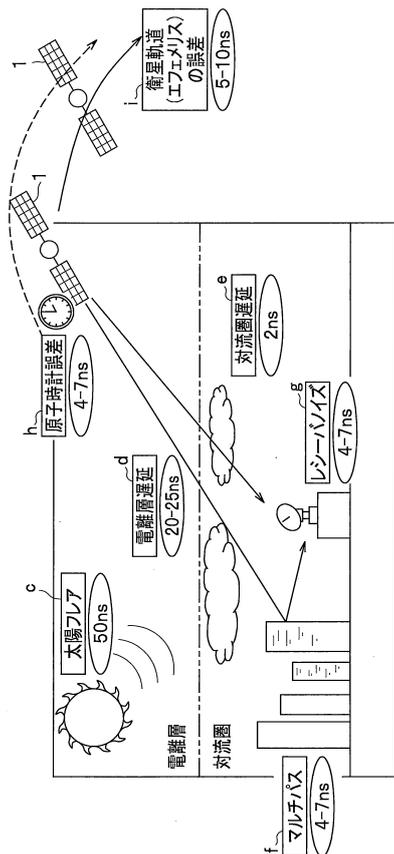
【図3B】



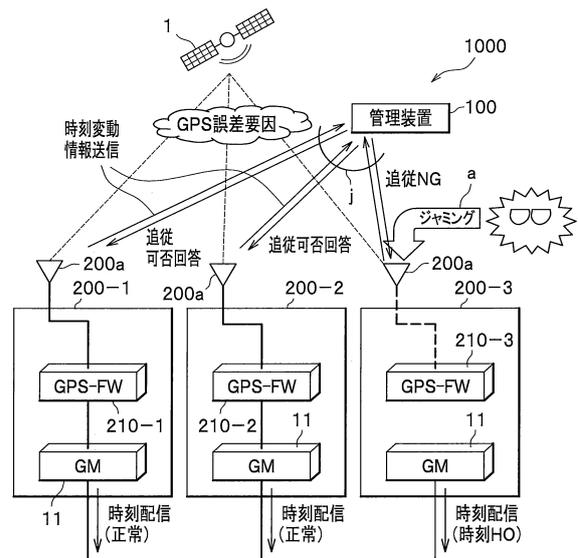
【図4】



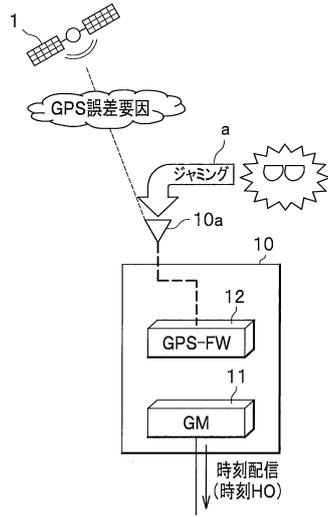
【図5】



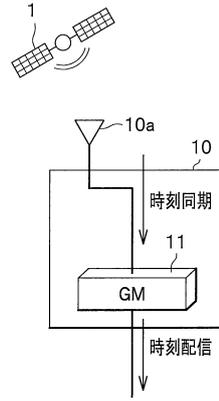
【図6A】



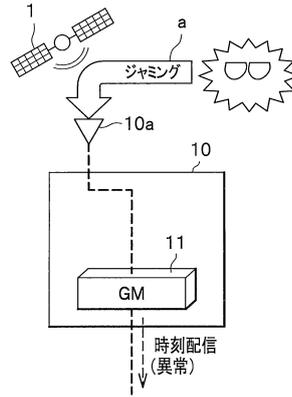
【図6B】



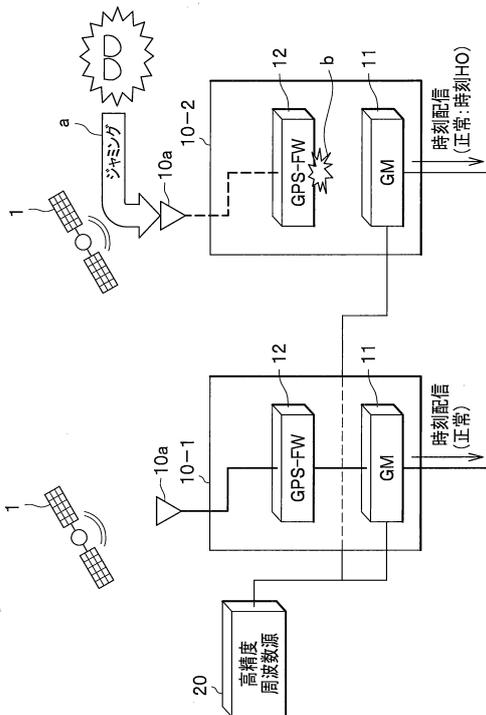
【図7A】



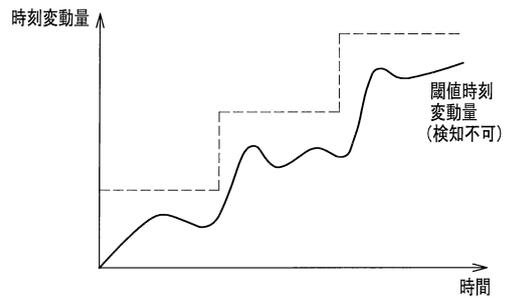
【図7B】



【図8】



【図9】



## フロントページの続き

- (72)発明者 杉山 隆太  
東京都千代田区大手町一丁目5番1号 日本電信電話株式会社内
- (72)発明者 坪井 俊一  
東京都千代田区大手町一丁目5番1号 日本電信電話株式会社内
- (72)発明者 黒川 修  
東京都千代田区大手町一丁目5番1号 日本電信電話株式会社内
- (72)発明者 松村 和之  
東京都千代田区大手町一丁目5番1号 日本電信電話株式会社内

審査官 榮永 雅夫

- (56)参考文献 特開2000-199792(JP,A)  
特開2009-49591(JP,A)  
米国特許第6999027(US,B1)

## (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G04G 5/00  
G04G 7/00  
G04R 20/02 - 20/06  
H04L 7/00