

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2015年3月12日(12.03.2015)



(10) 国際公開番号
WO 2015/033532 A1

- (51) 国際特許分類:
G04G 5/00 (2013.01) *G04R 20/08* (2013.01)
G04R 20/02 (2013.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2014/004359
- (22) 国際出願日: 2014年8月25日(25.08.2014)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2013-183127 2013年9月4日(04.09.2013) JP
- (71) 出願人: 富士電機株式会社(FUJI ELECTRIC CO., LTD.) [JP/JP]; 〒2109530 神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号 Kanagawa (JP).
- (72) 発明者: 木代 雅巳(KISHIRO, Masami); 〒2109530 神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号 富士電機株式会社内 Kanagawa (JP).
- (74) 代理人: 廣瀬 一, 外(HIROSE, Hajime et al.); 〒1056032 東京都港区虎ノ門四丁目3番1号 城

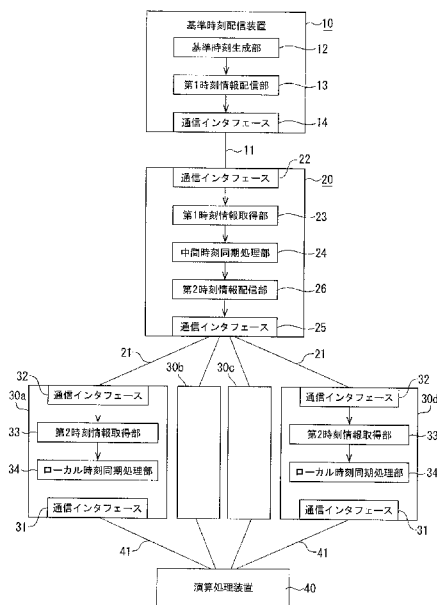
山トラストタワー32階 特許業務法人日栄国際特許事務所 Tokyo (JP).

- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR),

[続葉有]

(54) Title: TIME SYNCHRONIZATION SYSTEM

(54) 発明の名称: 時刻同期システム



(57) Abstract: A time synchronization system is provided that is capable of suppressing the occurrence of time synchronization errors and enhancing time synchronization accuracy. The time synchronization system is provided with a reference time transmission device (10) for transmitting a reference time as first time information, an intermediate time master device (20) for synchronizing intermediate time information with the first time information transmitted from the reference time transmission device and transmitting the intermediate time information as second time information, and a plurality of terminal devices (30a to 30d) for synchronizing the local time of the device itself with the second time information transmitted from the intermediate time master device and carrying out processing on the basis of the local time. The intermediate time master device and the plurality of terminal devices are provided with a common time period for the transmission of the second time information, in which the second time information is transmitted between the intermediate time master device and the plurality of terminal devices. The intermediate time master device is set so that a time period for intermediate time synchronization, in which the first time information is acquired and the intermediate time information is synchronized, and the time period for the transmission of the second time information, in which the second time information is transmitted, are separate.

(57) 要約:

[続葉有]

- 10 Reference time transmission device
12 Reference time generation unit
13 First time information transmission unit
14 22, 25, 31, 32. Communication interface
23 First time information acquisition unit
24 Intermediate time synchronization processing unit
26 Second time information transmission unit
33 Second time information acquisition unit
34 Local time synchronization processing unit
40 Calculation processing device

WO 2015/033532 A1



OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

時刻同期誤差の発生を抑制して時刻同期精度を向上させることができる時刻同期システムを提供する。基準時刻を第 1 時刻情報として配信する基準時刻配信装置(10)と、該基準時刻配信装置から配信された第 1 時刻情報に対して中間時刻情報を同期させ、該中間時刻情報を第 2 時刻情報として配信する中間時刻マスタ機器(20)と、該中間時刻マスタ機器から配信された第 2 時刻情報に対して自己のローカル時刻を同期させ、当該ローカル時刻に基づいて処理を行う複数の端末機器(30a)~(30d)とを備え、前記中間時刻マスタ機器及び前記複数の端末機器は、前記中間時刻マスタ機器及び前記複数の端末機器間で前記第 2 時刻情報を配信する共通の第 2 時刻情報配信時間帯を設け、前記中間時刻マスタ機器は、前記第 1 時刻情報を取得して中間時刻情報を同期させる中間時刻同期時間帯と前記第 2 時刻情報を配信する第 2 時刻情報配信時間帯とを分離して設定した。

明 細 書

発明の名称：時刻同期システム

技術分野

[0001] 本発明は、複数の端末機器間で時刻を同期させて処理を実行する時刻同期システムに関する。

背景技術

[0002] 例えば、建屋や橋梁等の構造物に複数の加速度センサ等の物理量を検出する物理量センサを取付けて時刻同期して振動を計測し、健全性を診断する構造物ヘルスマニタリングシステムが提案されている。この構造物ヘルスマニタリングシステムを構築する場合には、構造物が図8に示すように高層ビル101であるときには、所定階数毎に加速度センサ102を配置して、同時刻における各加速度センサ102で検出した加速度に基づいて高層ビルの各階の移動量、振動周期等を検出して構造物の健全性を診断する。

[0003] また、構造物が、図9に示すように、橋梁103である場合には、加速度を測定したい複数の個所に加速度センサ102を配置して、同時刻における各加速度センサ102で検出した加速度に基づいて橋梁の各部の移動量、振動周期等を検出して構造物の健全性を診断する。

さらには、図10に示すように、橋梁103に、加速度センサ102以外に、温度センサ104、変位センサ105、歪みセンサ106等の物理量センサを配置して、時刻同期して構造物の状態を計測し、計測した物理量データを構造物ヘルスマニタリングシステムを構成する演算処理装置に送信して構造物の健全性を診断する。

[0004] このような構造物ヘルスマニタリングシステムを構築する際には、同時刻の計測データを収集することが重要であり、1つ又は複数のセンサを備えた端末機器107の一つ一つに図11に示すように、電波時計や全地球測位システム（以下、GPSと称す）の受信機能を設けて基準時刻を取得することにより、時刻同期させるか、図12に示すように、複数の端末機器114と

基準時刻配信装置 110 とを例えばインターネットで NTP (Network Time Protocol) サーバ／クライアント機能を使用して接続し基準時刻を配信・取得することにより時刻同期させている。

[0005] 具体的には、多地点にて計測する環境データを任意のタイミングでデータを回収処理するときに、それらのデータ間の時刻同期を取るようにした自律型データロガーが提案されている（例えば、特許文献 1 参照）。

この自律型データロガーでは、電波時計で受信した時刻に基づいて、センサの信号を入力装置で取り込み、A/D変換器でデジタル化して、該時刻（タイムスタンプ）付で記憶装置に格納する。データロガーは、必要に応じて通信手段を介して、自発的あるいは他発的に外部PCとの通信によりタイムスタンプ付きデータを外部に発信するようにしている。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特開2007-18211号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] ところで、上記特許文献 1 に記載された従来例にあつては、自律型データロガーに電波時計の受信機能を有しており、この電波時計の受信機能によって基準時刻を取得することにより、複数の自律型データロガーで基準時刻に時刻同期させることができる。

しかしながら、上述した構造物ヘルスマニタリングシステムのように構造物に配置するセンサ数が多い用途では、電波時計の電波を受信できない場所も多く、適用できない場合が多い。また、電波時計に代えてGPS機能によって基準時刻を取得することも考えられるが、この場合でもGPS衛星からの電波を受信できない場所が生じる。

[0008] この電波を受信できない環境にセンサを有する端末機器を配置する場合には、高精度な原子時計を各端末機器に配置することが考えられるが、原子時

計は近年値段が下がってきたとはいえまだまだ高価であり、端末機器が高価となり、全体のシステムも高価となる。このことは各端末機器にGPS機能を付加する場合にも言える。

[0009] これらの課題を解決するために、上述した図12に示すように、NTPサーバ、GPS機能、電波時計機能、原子時計等の基準時刻を生成する基準時刻生成部を備えた一つの基準時刻配信装置110を設けることが考えられている。この基準時刻配信装置110にインターネット、イントラネット等のネットワーク111を介してルーター112を接続し、ルーター112に無線ローカルエリアネットワーク（無線LAN）等の通信手段113を介して複数の端末機器114を接続する。そして、端末機器114で基準時刻配信装置110から配信される基準時刻に基づく第1時刻情報を受信して端末機器114内のローカル時刻を第1時刻情報に同期させることが考えられている。

[0010] しかしながら、ネットワークを介して第1時刻情報を配信する場合には、ネットワークの通信トラフィックの込み具合や、ルーター112を介することにより、基準時刻配信装置110から端末機器114に基準時刻を配信するのに掛かる時間が変化し、多い場合には数秒ほどの同期誤差が発生することが知られている。

この同期誤差を解消するために、図13に示すように、基準時刻配信装置110と複数の端末機器114との間に複数の端末機器114に近い位置に中間時刻マスタ機器120を配置することが考えられている。この中間時刻マスタ機器120は基準時刻配信装置110から配信される基準時刻に基づく第1時刻情報を受信し、自己の中間時刻を受信した第1の時刻情報に同期させ、同期させた中間時刻を第2時刻情報として無線LAN等の通信手段を介して複数の端末機器114に配信することが考えられている。

[0011] この中間時刻マスタ機器120を使用した時刻同期手法によると、中間時刻マスタ機器120で中間時刻を第1時刻情報に同期させる際には、一般的に一気に時刻を同期させず、じわじわと時刻を合わせていく手法が取られる

ので、上述した図 1 2 のようなルーター 1 1 2 を使用する場合は、図 1 2 のような数秒という大きな誤差なく時刻同期を行うことができる。

[0012] ところが、中間時刻マスタ機器 1 2 0 を使用する場合でも、図 1 4 に示すように、中間時刻マスタ機器と複数の端末機器 1 1 4 との間で中間時刻としての第 2 時刻情報の配信を行う時間帯が、中間時刻マスタ機器 1 2 0 が第 1 時刻情報を受信して中間時刻を同期させる時間帯と重なる場合がある。この場合には、端末機器 1 1 4 a, 1 1 4 b とが第 1 時刻情報と同期させる前の中間時刻が配信され、端末機器 1 1 4 c 及び 1 1 4 d には、第 1 時刻情報と同期させた後の中間時刻が配信されることになり、両者の端末機器間で時刻ずれが発生する。

[0013] 他の同期誤差を解消する方法として、図 1 5 に示すように、中間時刻マスタ機器 1 2 0 に GPS、電波時計、原子時計といった基準時刻を配信する基準時刻配信装置を内蔵させ、この中間時刻マスタ機器 1 2 0 から各端末機器 1 1 4 に時刻を配信して各端末機器の時刻同期を行う手法もある。この場合には、システムに、一つの GPS、電波時計、原子時計等の基準時刻を配信する基準時刻配信装置があれば良く、各端末機器に GPS、電波時計、原子時計等を個別に設置する場合に比較してシステムのコストを下げるができる。しかも、GPS や電波時計を内蔵する場合には、中間時刻マスタ機器一台のみを電波が受信できる場所に置くか、アンテナを延長して繋げればよく、設置の制約が大幅に緩和される。

[0014] このような時刻同期を行う場合の規定として IEEE 1588 がある。この IEEE 1588 は汎用的に使える時刻同期プロトコルであり、図 1 6 に示すように、時刻要求、時刻配信の 2 種類のパケットをやり取りし、 t_0 から t_3 の時刻を時刻配信を受ける側の機器に集める。更に、前提として伝送遅延時間 t が上流（図 1 3 の場合には中間時刻マスタ機器 1 2 0 から端末機器 1 1 4 への伝送）の場合と下流（図 1 3 の場合には端末機器 1 1 4 から中間時刻マスタ機器 1 2 0 への伝送）の場合とで等しいものとしている。

[0015] ここで、中間時刻マスタ機器 1 2 0 と端末機器間の時刻ずれを d とすると

、

$$t_1 = t_0 + t - d \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$t_3 = t_2 + t + d \quad \dots\dots\dots (2)$$

が成り立つ。上記(1)式及び(2)式を t 及び d について解くと、

$$t = (t_3 - t_2 + t_1 - t_0) / 2 \quad \dots\dots\dots (3)$$

$$d = (t_3 - t_2 + t_0 - t_1) / 2 \quad \dots\dots\dots (4)$$

となり、伝送遅延時間 t の影響を取り除いた形で時刻ずれ d が求められるので、この d を用いて端末機器114のローカル時刻を補正すれば、中間時刻マスタ機器120の中間時刻に同期させることができる。

[0016] ただし、このIEEE1588の手法で精度良く時刻同期するためには、前提である上流と下流との伝送遅延時間 t が等しくないといけない。LAN上を前記2つのパケット以外のデータが流れていると、この前提条件が崩れて、時刻同期誤差を生じる場合がある。図17においては、ある端末機器114aに対する第2時刻情報の配信と、端末機器114bにおける第2時刻情報の配信とが同じ時間帯に行われるため、IEEE1588の前提が崩れ、時刻同期誤差を生じる可能性がある。

そこで、本発明は、上記従来例の未解決の課題に着目してなされたものであり、時刻同期誤差の発生を抑制して時刻同期精度を向上させることができる時刻同期システムを提供することを目的としている。

課題を解決するための手段

[0017] 上記の目的を達成するために、本発明の一態様に係る時刻同期システムは、基準時刻を配信する基準時刻配信装置と、該基準時刻配信装置から配信された第1時刻情報を取得し、該第1時刻情報に対して中間時刻を同期させ、該中間時刻を第2時刻情報として配信する中間時刻マスタ機器と、該中間時刻マスタ機器から通信手段を介して第2時刻情報の配信を受け、且つ自己のローカル時刻を当該第2時刻情報に同期させ、当該ローカル時刻に基づいて処理を行う複数の端末機器とを備えている。そして、前記中間時刻マスタ機器及び前記複数の端末機器は、前記中間時刻マスタ機器及び前記複数の端末

機器間で前記第 2 時刻情報を配信する共通の第 2 時刻配信時間帯を設け、前記中間時刻マスタ機器は、前記第 1 時刻情報を取得して中間時刻を同期させる中間時刻同期時間帯と前記第 2 時刻情報を配信する第 2 時刻情報配信時間帯とを分離して設定している。

発明の効果

[0018] 本発明によれば、中間時刻マスタ機器から中間時刻として第 2 時刻情報を複数の端末機器に配信する際に、各端末機器との間の時刻情報配信時間帯を時刻情報の配信専用とすることにより、時刻同期誤差の発生を抑制して時刻同期精度を向上させることができる。

図面の簡単な説明

[0019] [図1]本発明に係る時刻同期システムの第 1 の実施形態を示すブロック図である。

[図2]図 1 の端末機器の通信時間帯の説明に供する説明図である。

[図3]本発明の第 1 の実施形態の動作の説明に供するタイミングチャートである。

[図4]本発明の第 2 の実施形態を示すブロック図である。

[図5]本発明の第 3 の実施形態における通信時間帯の説明に供する説明図である。

[図6]本発明の第 3 の実施形態の他の例における通信時間帯の説明に供する説明図である。

[図7]第 3 の実施形態のさらに他の例を示す通信時間帯の説明に供する説明図である。

[図8]建屋に加速度センサを配置したヘルスマニタシステムを示す概略構成図である。

[図9]橋梁に加速度センサを配置したヘルスマニタシステムを示す概略構成図である。

[図10]橋梁に各種センサを配置したヘルスマニタシステムを示す概略構成図である。

[図11]従来例の時刻同期システムを示す説明図である。

[図12]従来例の他の時刻同期システムを示す説明図である。

[図13]従来例の中間時刻マスタ機器を備えた時刻同期システムを示すブロック図である。

[図14]図 1 3 の時刻同期処理を示すタイムチャートである。

[図15]従来例の中間時刻マスタ機器を備えた他の時刻同期システムを示すブロック図である。

[図16] I E E E 1 5 8 8 の時刻同期処理原理を示す図である。

[図17]図 1 3 の時刻同期の別の問題点を説明する説明図である。

発明を実施するための形態

[0020] 以下、本発明の実施の形態について図面を伴って説明する。

図 1 は、本発明の第 1 の実施形態を示す時刻同期システムを示すブロック図である。

本発明に係る時刻同期システムは、図 1 に示すように、基準時刻配信装置 1 0 と、中間時刻マスタ機器 2 0 と、複数の端末機器 3 0 a ~ 3 0 d とを備えている。中間時刻マスタ機器 2 0 は、基準時刻配信装置 1 0 にインターネット、イントラネット、無線 L A N 等の通信手段としての通信ネットワーク 1 1 を介して接続されている。複数の端末機器 3 0 a ~ 3 0 d は、中間時刻マスタ機器 2 0 に無線 L A N、有線 L A N 等の通信手段としての通信ネットワーク 2 1 を介して接続されている。

[0021] 基準時刻配信装置 1 0 は、基準時刻を生成する基準時刻生成部 1 2 と、この基準時刻生成部 1 2 で生成した基準時刻を第 1 時刻情報として配信する第 1 時刻情報配信部 1 3 とを備えている。

基準時刻生成部 1 2 は、上位の N T P (Network Time Protocol) サーバから基準時刻を取得する N T P サーバ、全地球測位システム (G P S) 衛星からの時刻情報を受信して基準時刻を取得する全地球測位システム (G P S) 受信装置、標準電波を受信して基準時刻を取得する電波時計、自ら基準時刻を生成する原子時計等の何れかを備えており、生成した基準時刻を第 1 時刻

情報配信部 13 に受け渡す。

[0022] 第 1 時刻情報配信部 13 は、通信ネットワーク 11 を介して情報を送受信する通信インタフェース 14 を備えており、中間時刻マスタ機器 20 から第 1 時刻情報の送信要求を受信したときに、基準時刻生成部 12 で生成されている基準時刻を読み込んでこれを第 1 時刻情報として通信インタフェース 14 及び通信ネットワーク 11 を介して中間時刻マスタ機器 20 へ送信する。

中間時刻マスタ機器 20 は、第 1 時刻情報を通信インタフェース 22 を介して取得する第 1 時刻情報取得部 23 と、この第 1 時刻情報取得部 23 で取得した第 1 時刻情報に対して内部の中間時刻情報を同期させる同期処理を行う中間時刻同期処理部 24 とを備えている。

[0023] また、中間時刻マスタ機器 20 は、各端末機器 30a～30d から中間時刻送信要求があったときに中間時刻同期処理部 24 で同期処理を行った中間時刻情報を第 2 時刻情報として端末機器 30a～30d に通信ネットワーク 21 に対応する通信インタフェース 25 を介して送信する第 2 時刻情報配信部 26 を備えている。

ここで、中間時刻マスタ機器 20 は、図 3 に示すように、第 1 時刻情報取得部 23 による第 1 時刻情報を取得してから中間時刻同期処理部 24 で中間時刻情報を同期させるまでの中間時刻同期時間帯 T_a と、第 2 時刻情報配信部 26 で第 2 時刻情報を配信する第 2 時刻情報配信時間帯 T_b とが重ならないように分離して設定している。

[0024] 端末機器 30a～30d のそれぞれは、前述した建屋や橋梁に分散配置される加速度センサ、温度センサ、変位センサ、歪みセンサ等の物理量センサを内蔵するか外付けされている。そして、端末機器 30a～30d は、内部のローカル時刻に基づいて物理量センサの検出データを取得し、取得した検出データにローカル時刻を付加して例えば構造物ヘルスマニタリングシステムを構成する演算処理装置 40 に前述した通信ネットワーク 21 を介して送信する。

また、端末機器 30a～30d のそれぞれは、通信インタフェース 32 を

介して中間時刻マスタ機器 20 から配信される第 2 時刻情報を取得する第 2 時刻情報取得部 33 と、この第 2 時刻情報取得部 33 で取得した第 2 時刻情報に対して自己のローカル時刻を同期させるローカル時刻同期処理部 34 とを備えている。

[0025] 第 2 時刻情報取得部 33 は、中間時刻マスタ機器 20 の第 2 時刻情報配信部 26 に設定された第 2 時刻情報配信時間帯 T b と同一の時間帯で第 2 時刻情報配信部 26 に対して第 2 時刻情報の送信要求を行って、通信ネットワーク 21 及び通信インタフェース 32 を介して第 2 時刻情報を取得する。

ローカル時刻同期処理部 34 は、第 2 時刻情報取得部 33 から取得した第 2 時刻情報が入力されると、この第 2 時刻情報に対して自己のローカル時刻を同期させるローカル時刻同期処理を行う。

また、各端末機器 30 a ~ 30 d では、第 2 時刻情報配信時間帯 T b 内での第 2 時刻情報の受信処理以外の通信処理が禁止され、第 2 時刻情報配信時間帯 T b 以外の時間帯で通信ネットワーク 21 を介する演算処理装置 40 に対する通信等の任意の通信処理が許可される。

[0026] 次に、上記実施形態の動作を図 3 のタイムチャートを伴って説明する。

基準時刻配信装置 10 は、基準時刻生成部 12 で、常時、基準時刻を生成している。この基準時刻の生成は、上位の NTP サーバから基準情報を取得するか、GPS 衛星からの時刻情報を受信するか、標準電波を受信するかによって基準時刻を生成するか、あるいは自己の原子時計で基準時刻を生成している。

一方、中間時刻マスタ機器 20 では、予め設定された中間時刻同期時間帯 T a で、基準時刻配信装置 10 の第 1 時刻情報配信部 13 に対して第 1 時刻情報の配信を要求する。これにより、第 1 時刻情報配信部 13 は基準時刻生成部 12 で生成している基準時刻を取り込み、この基準時刻を第 1 時刻情報として中間時刻マスタ機器 20 の第 1 時刻情報取得部 23 へ通信インタフェース 14、通信ネットワーク 11 及び通信インタフェース 22 を介して配信する。

[0027] 第1時刻情報取得部23で第1時刻情報を取得すると、この第1時刻情報を中間時刻同期処理部24へ出力し、この中間時刻同期処理部24で内部の中間時刻情報を第1時刻情報に同期させる同期処理を行う。

この同期処理を行っている中間時刻同期時間帯Taでは、図3に示すように、端末機器30a～30dとの間の第2時刻情報配信処理が実行されることは物理的にないので、前述した従来例のように第2時刻情報の配信途中に中間時刻情報が変更されて、端末機器30a～30d間で時刻ずれが発生することを確実に防止することができる。

[0028] そして、中間時刻マスタ機器20での中間時刻同期時間帯Taが経過して中間時刻情報の同期処理が終了すると、第2時刻情報配信部26での第2時刻情報配信処理が有効となる第2時刻情報配信時間帯Tbとなる。このため、各端末機器30a～30dは個別に第2時刻情報の配信要求を行い、これら第2時刻情報の配信要求を中間時刻マスタ機器20の第2時刻情報配信部26で受信すると、この第2時刻情報配信部26によって中間時刻同期処理部24で同期処理を終了した中間時刻情報を読み込み、この中間時刻情報を第2時刻情報として各端末機器30a～30dに配信する。

[0029] したがって、各端末機器30a～30dでは、配信される第2時刻情報を第2時刻情報取得部33で受信し、受信した第2時刻情報をローカル時刻同期処理部34に出力する。このため、ローカル時刻同期処理部34では、入力された第2時刻情報に対してローカル時刻を同期処理する。

このとき、各端末機器30a～30dは、第2時刻情報配信時間帯Tbでは第2時刻情報の受信処理以外の通信処理が禁止されており、この第2時刻情報配信時間帯Tb内で第2時刻情報の受信を行うので、第2時刻情報の受信漏れが生じることはない。したがって、各端末機器30a～30dのローカル時刻が時刻ずれを生じることなく正確に同期することになる。

[0030] このように、上記第1の実施形態によると、基準時刻配信装置10と、中間時刻マスタ機器20と、複数の端末機器30a～30dとで、時刻同期システムを構築し、中間時刻マスタ機器20で基準時刻配信装置10から配信

される第1時刻情報に対して中間時刻情報を同期させ、この中間時刻情報を同期させる中間時刻同期時間帯T_aとは重ならず分離された第2時刻情報配信時間帯T_bで各端末機器30a～30dへの第2時刻情報の配信を行う。このため、各端末機器30a～30dで時刻ずれが発生することなくローカル時刻を確実に同期させることができる。

[0031] しかも、各端末機器30a～30dでは第2時刻情報配信時間帯T_bでは第2時刻情報の受信処理以外の他の通信処理が禁止されるので、第2時刻情報の取得漏れが発生することを確実に防止することができる。すなわち、センサ機器におけるデータ送信のようなその他の通信が第2時刻情報の配信と同一通信ネットワーク上で同じ時間帯に通信されることがなくなる。したがって、図14で説明したようなデータ通信の上流と下流の伝送遅延時間が異なる値となって、IEEE1588の前提条件が崩れて時刻同期誤差を生じることが抑制され、より精度良く安定的に複数端末機器間の時刻同期を行うことができる。

さらに、上記時刻同期システムを利用して建屋や橋梁等の構造物の任意の複数位置の加速度、温度、変位、歪み等の物理量を検出して、構造物ヘルスマニタリングシステムを構築する場合に、時刻同期を確実に行うことができるで、構造物の健全性の診断をより高精度に行うことができる。

[0032] 次に、本発明の第2の実施形態について図4を伴って説明する。

この第2の実施形態では、中間時刻マスタ機器20に基準時刻配信装置を内蔵させたものである。

すなわち、第2の実施形態では、図4に示すように、前述した第1の実施形態における基準時刻配信装置10が省略され、これに代えて中間時刻マスタ機器20に基準時刻配信装置が内蔵されていることを除いては図1と同様の構成を有し、図1との対応部分には同一符号を付しその詳細説明はこれを省略する。

したがって、中間時刻マスタ機器20は、第1時刻情報取得部23が省略され、これに代えて前述した基準時刻配信装置10の基準時刻生成部12に

相当する基準時刻生成部 27 を内蔵しており、この基準時刻生成部 27 で生成される基準時刻に対して中間時刻同期処理部 24 で中間時刻情報の同期処理を行う。

[0033] この第 2 の実施形態によると、前述した第 1 の実施形態の効果に加えて、中間時刻マスタ機器 20 で基準時刻を生成するので、前述した第 1 の実施形態のように基準時刻配信装置 10 との間の基準時刻の配信処理を行う必要がなく、時刻同期システムを構成する機器数を減少させることができる。

このとき、中間時刻マスタ機器 20 が基準時刻生成部 27 を内蔵している関係で、基準時刻生成部 27 を GPS 受信装置、電波時計で構成する場合には、中間時刻マスタ機器 20 のみを GPS 信号や標準電波を受信可能な位置に配置するか電波を受信可能な位置に配置したアンテナを繋げるだけで良く、設置に対する制約を大幅に緩和することができる。

[0034] さらに、図 9 に示す従来例のように個々の端末機器に高価な原子時計や GPS 受信装置を搭載する必要がなく、中間時刻マスタ機器 20 に基準時刻生成部を一つ搭載するだけでよいので、時刻同期システムのコストを低減することができる。

その他の時刻同期動作については前述した第 1 の実施形態と同様の動作で、中間時刻マスタ機器 20 から中間時刻同期時間帯 T a と重ならない第 2 時刻情報配信時間帯 T b で各端末機器 30 a ~ 30 d に第 2 時刻情報を配信し、各端末機器 30 a ~ 30 d では配信された第 2 時刻情報に対してローカル時刻同期処理部 34 でローカル時刻を同期させることができる。

[0035] 次に、本発明の第 3 の実施形態を図 5 を伴って説明する。

この第 3 の実施形態では、全体のシステム構成は、前述した第 1 の実施形態及び第 2 の実施形態の何れか一方の構成とするが、中間時刻マスタ機器 20 と各端末機器 30 a ~ 30 d との間の第 2 時刻情報の配信を、図 5 に示すように、第 2 時刻情報配信時間帯 T b 内で異なるタイミングとなるように設定している。

このように、中間時刻マスタ機器 20 から各端末機器 30 a ~ 30 d に対

する第2時刻情報の配信タイミングをずらすためには、各端末機器30a～30dに固有に設定される識別記号を基に配信タイミングをずらすことが好ましい。すなわち、識別記号として端末機器30a～30dの通信アドレスを使用して、アドレスが“1”なら1ms、“4”なら4msずらすように設定すれば、通信アドレスは全ての端末機器30a～30dに必ず割当てられ、且つ重複しないので、確実に配信タイミングをずらすことができ、タイミングずらし量を端末機器30a～30d毎に一台一台設定する手間を省くことができる。

[0036] また、第2時刻情報受信処理以外のセンサ機器におけるデータ送信のようなその他の通信は第2時刻情報配信時間帯Tbとは重ならないその他の通信処理時間帯Tcで行うようにしている。

この第3の実施形態によると、各端末機器30a～30dの第2時刻情報の受信処理と、その他の通信処理とが重なることがないとともに、各端末機器30a～30dへの第2時刻情報の配信同士も端末機器30a～30d間で重なることがなく行うことができ、時刻同期精度をより一層向上させることができる。

[0037] なお、上記第3の実施形態では、第2時刻情報の配信タイミングを各端末機器30a～30dで重ならないようにずらす場合について説明したが、第2時刻情報以外のセンサ機器におけるデータ送信のようなその他の通信についても図6に示すように送信タイミングをずらすようにしてもよい。

また、上記第3の実施形態では、第2時刻情報配信時間帯Tbとその他の通信処理時間帯Tcとを分離している場合について説明したが、これに限定されるものではなく、中間時刻情報が更新されてから次に中間時刻情報が更新されるまでの時間範囲であれば、図7に示すように、第2時刻情報配信時間帯Tbとその他の通信処理時間帯Tcとを分離することなく、第2時刻情報の配信タイミングをずらすだけでよい。

[0038] また、上記第1～第3の実施形態においては、端末機器数が4台である場合について説明したが、これに限定されるものではなく、端末機器数は任意

に設定することができる。

また、上記第1～第3の実施形態においては、端末機器30a～30dが加速度、温度、変位及び歪みの少なくとも1つを検出する物理量センサを内蔵または外付けしている場合について説明したが、これに限定されるものではなく、上記以外の他の物理量を検出する物理量センサを内蔵する場合でもよく、要は時刻同期して取得したデータを送信する必要がある機器を内蔵又は外付けしていればよいものである。

符号の説明

[0039] 10…基準時刻配信装置、11…通信ネットワーク、12…基準時刻生成部、13…第1時刻情報配信部、14…通信インタフェース、20…中間時刻マスタ機器、21…通信ネットワーク、22…通信インタフェース、23…第1時刻情報取得部、24…中間時刻同期処理部、25…通信インタフェース、26…第2時刻情報配信部、30a～30d…端末機器、31, 32…通信インタフェース、33…第2時刻情報取得部、34…ローカル時刻同期処理部、40…演算処理装置

請求の範囲

[請求項1]

基準時刻を配信する基準時刻配信装置と、

該基準時刻配信装置から配信された第1時刻情報を取得し、該第1時刻情報に対して中間時刻情報を同期させ、該中間時刻情報を第2時刻情報として配信する中間時刻マスタ機器と、

該中間時刻マスタ機器から通信手段を介して第2時刻情報の配信を受け、且つ自己のローカル時刻を当該第2時刻情報に同期させ、当該ローカル時刻に基づいて処理を行う複数の端末機器とを備え、

前記中間時刻マスタ機器及び前記複数の端末機器は、前記中間時刻マスタ機器及び前記複数の端末機器間で前記第2時刻情報を配信する共通の第2時刻情報配信時間帯を設け、

前記中間時刻マスタ機器は、前記第1時刻情報を取得して中間時刻情報を同期させる中間時刻同期時間帯と前記第2時刻情報を配信する第2時刻情報配信時間帯とを分離して設定した

ことを特徴とする時刻同期システム。

[請求項2]

前記複数の端末機器は、前記第2時刻情報の時刻受信処理とは異なる通信処理を行う通信処理時間帯を前記第2時刻情報配信時間帯と分離して設定した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]

基準時刻を配信する基準時刻配信装置と、

該基準時刻配信装置から配信された第1時刻情報を取得し、該第1時刻情報に対して中間時刻情報を同期させ、該中間時刻情報を第2時刻情報として配信する中間時刻マスタ機器と、

該中間時刻マスタ機器から通信手段を介して第2時刻情報の配信を受け、且つ自己のローカル時刻を当該第2時刻情報に同期させ、当該ローカル時刻に基づいて処理を行う複数の端末機器とを備え、

前記中間時刻マスタ機器及び前記複数の端末機器は、前記中間時刻マスタ機器及び前記複数の端末機器間で前記第2時刻情報を配信する

共通の第2時刻情報配信時間帯を設け、

前記複数の端末機器は、前記第2時刻情報の時刻情報配信とは異なる通信処理を行う通信処理時間帯を前記第2時刻情報配信時間帯と分離させた

ことを特徴とする時刻同期システム。

[請求項4]

基準時刻を配信する基準時刻配信装置と、

該基準時刻配信装置から配信された第1時刻情報を取得し、該第1時刻情報に対して中間時刻情報を同期させ、該中間時刻情報を第2時刻情報として配信する中間時刻マスタ機器と、

該中間時刻マスタ機器から通信手段を介して第2時刻情報の配信を受け、且つ自己のローカル時刻を当該第2時刻情報に同期させ、当該ローカル時刻に基づいて処理を行う複数の端末機器とを備え、

前記中間時刻マスタ機器と前記複数の端末機器との間で、前記第2時刻情報を配信する際に、前記複数の端末機器間で配信タイミングをずらして行うことを特徴とする時刻同期システム。

[請求項5]

前記複数の端末機器に固有の識別記号を付加し、該識別記号に基づいて配信タイミングのずらし量を決定することを特徴とする請求項4に記載の時刻同期システム。

[請求項6]

前記基準時刻配信装置は、通信手段を介して第1時刻情報を前記中間時刻マスタ機器に配信することを特徴とする請求項1から5の何れか1項に記載の時刻同期システム。

[請求項7]

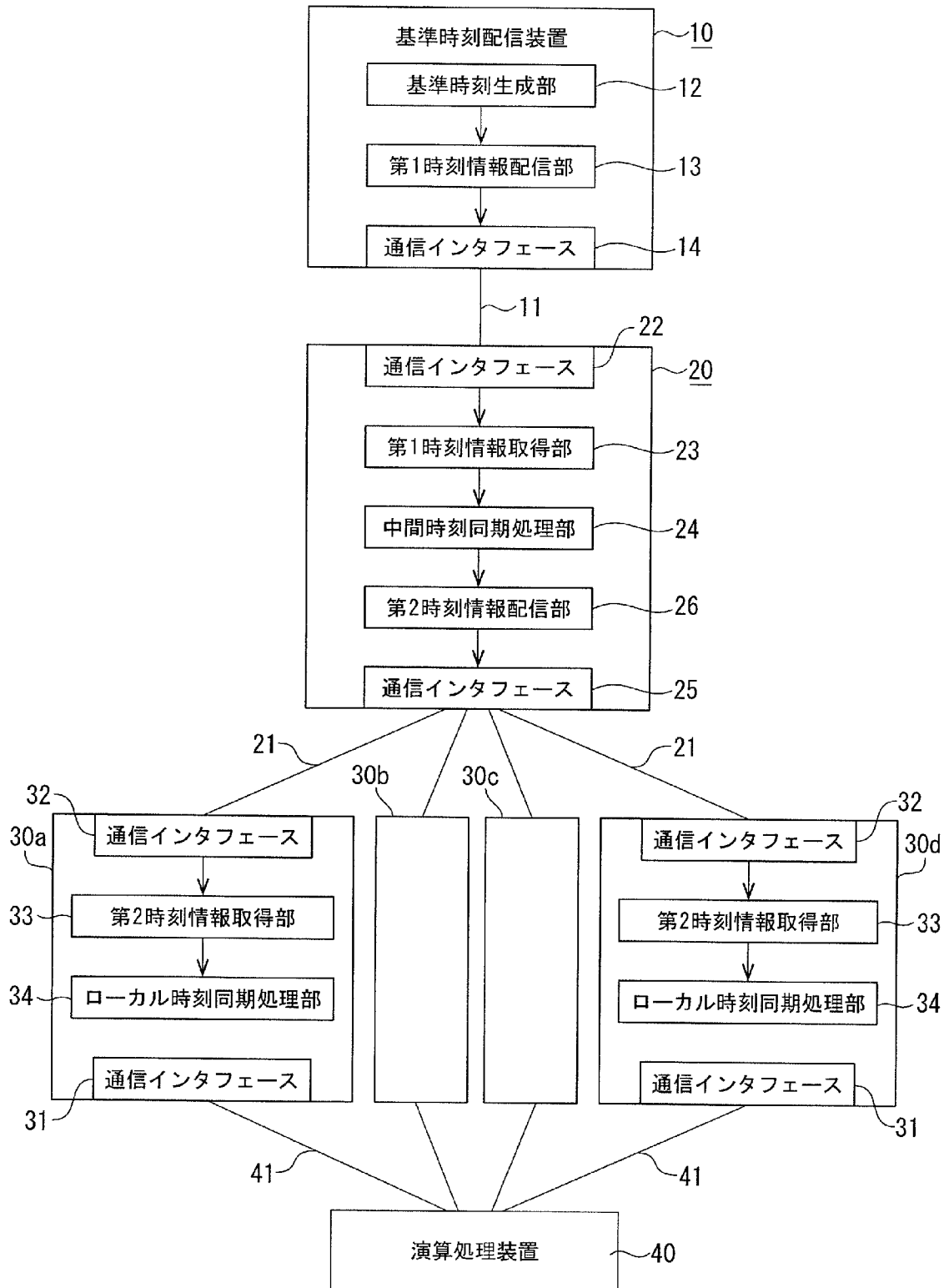
前記基準時刻配信装置は、前記中間時刻マスタ機器に内蔵されていることを特徴とする請求項1から5の何れか1項に記載の時刻同期システム。

[請求項8]

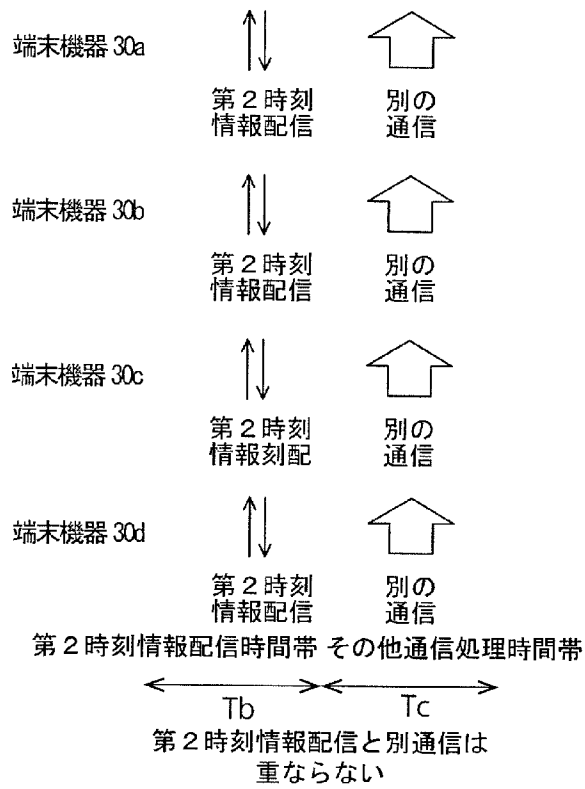
前記基準時刻配信装置は、全地球測位システム衛星から送信される送信信号を受信する全地球測位システム受信装置を有し、前記送信信号に含まれる時刻情報に基づいて基準時刻を求めることを特徴とする請求項1から7の何れか1項に記載の時刻同期システム。

- [請求項9] 前記基準時刻配信装置は、電波時計により基準時刻を求めることを特徴とする請求項 1 から 7 の何れか 1 項に記載の時刻同期システム。
- [請求項10] 前記基準時刻配信装置は、原子時計により基準時刻を求めることを特徴とする請求項 1 から 7 の何れか 1 項に記載の時刻同期システム。
- [請求項11] 前記複数の端末機器は、物理量を検出する物理量センサで構成され、時刻同期して物理量データを検出することを特徴とする請求項 1 から 10 の何れか 1 項に記載の時刻同期システム。
- [請求項12] 前記物理量センサは、加速度、温度、変位及び歪みの少なくとも 1 つを検出することを特徴とする請求項 11 に記載の時刻同期システム。
- [請求項13] 前記複数の端末機器は、建屋、橋梁を含む構造物に分散配置したことを特徴とする請求項 1 から 12 の何れか 1 項に記載の時刻同期システム。

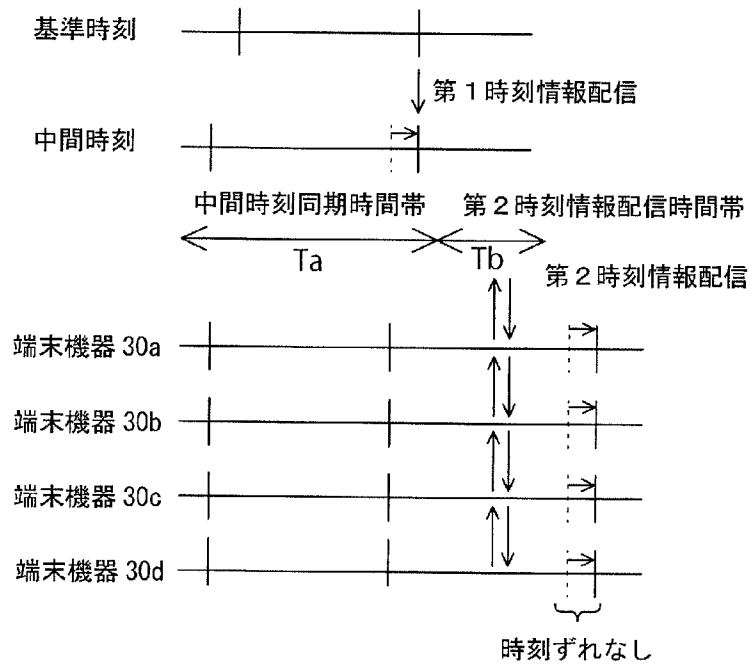
[図1]



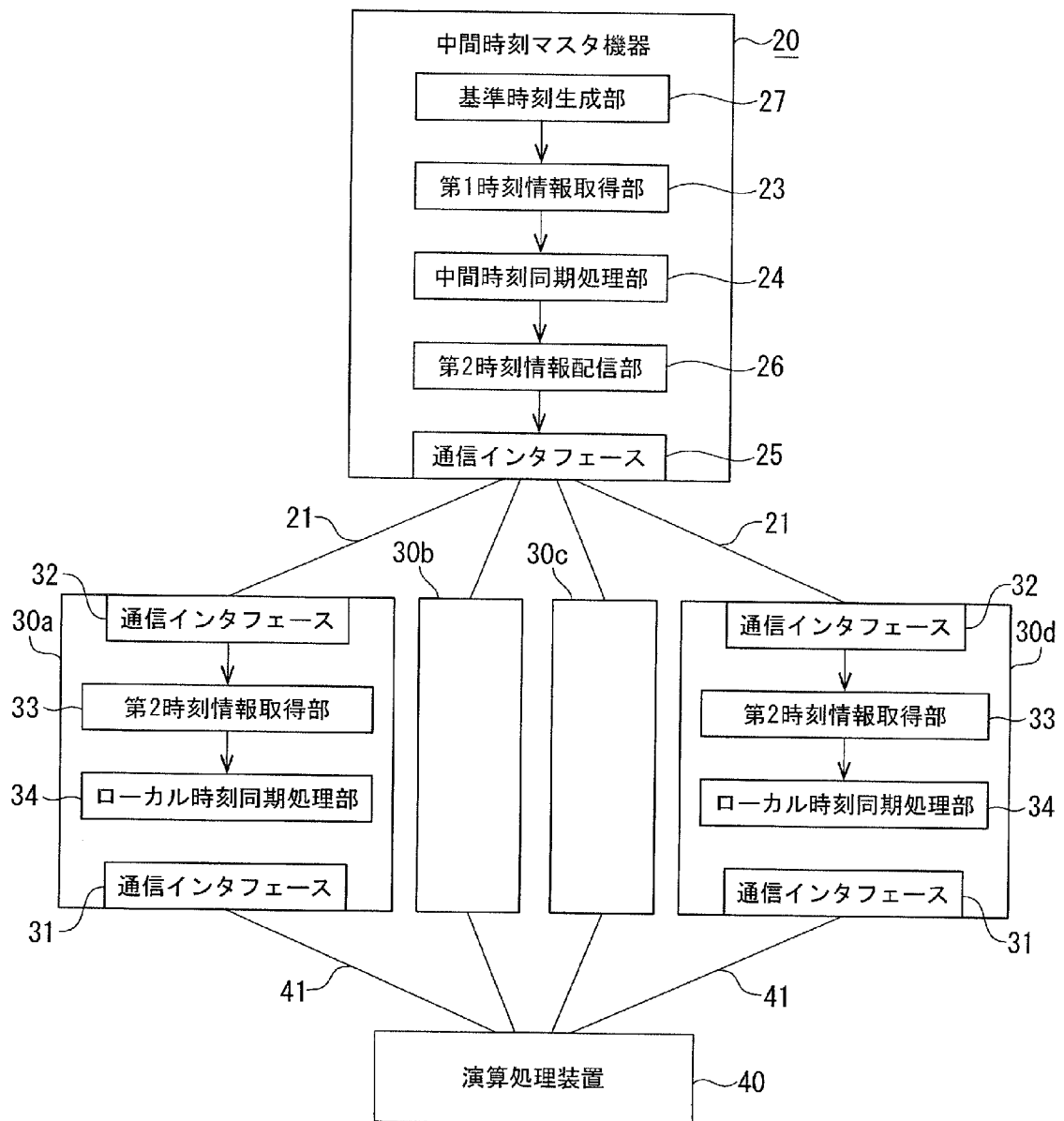
[図2]



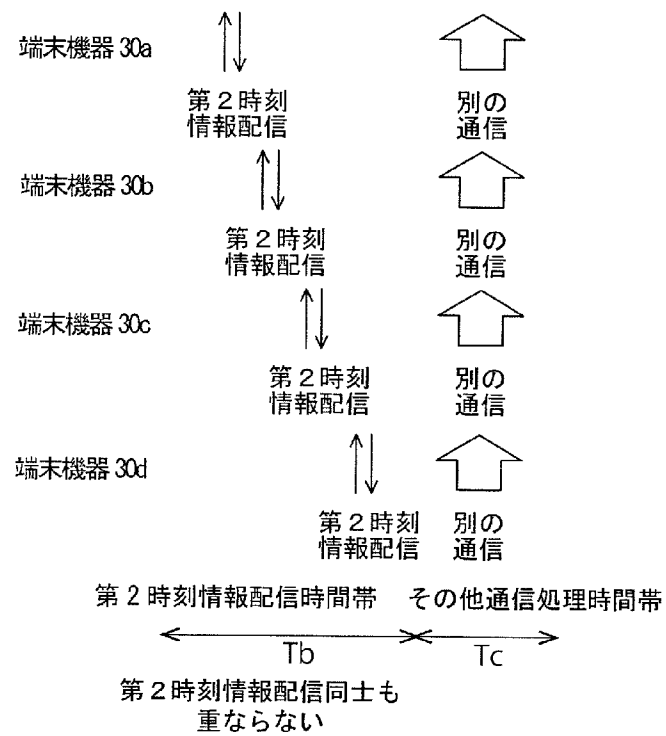
[図3]



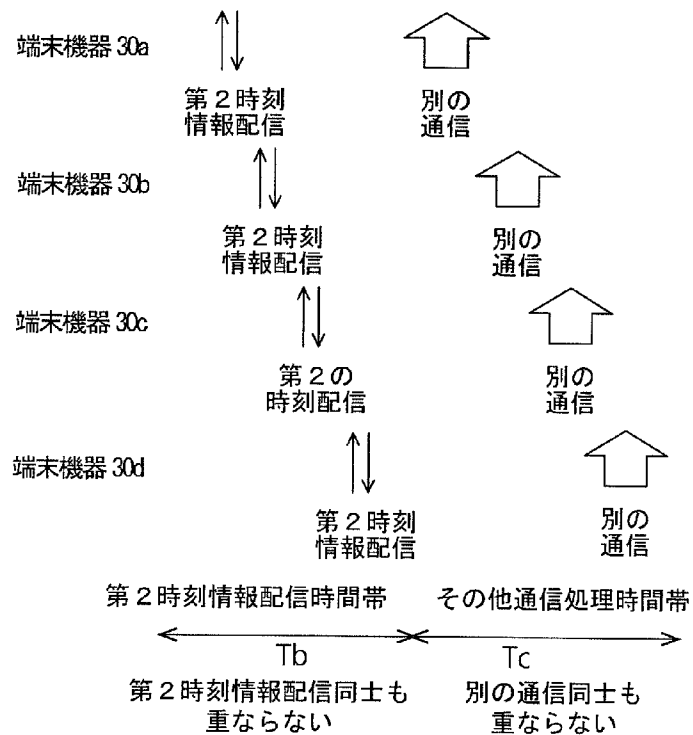
[図4]



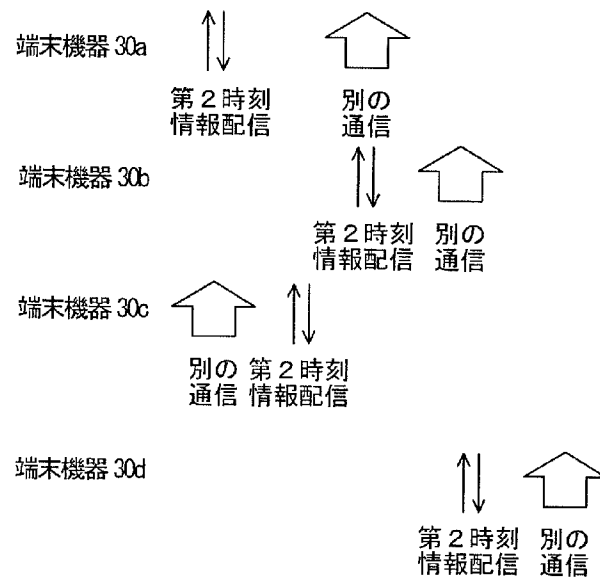
[図5]



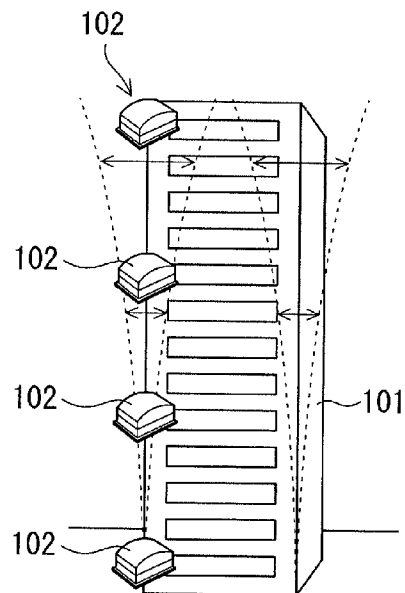
[図6]



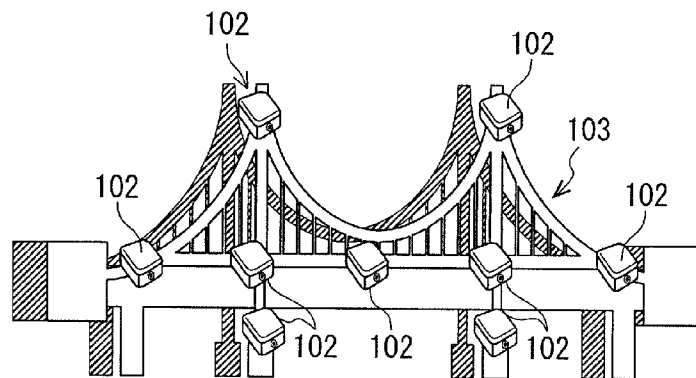
[図7]



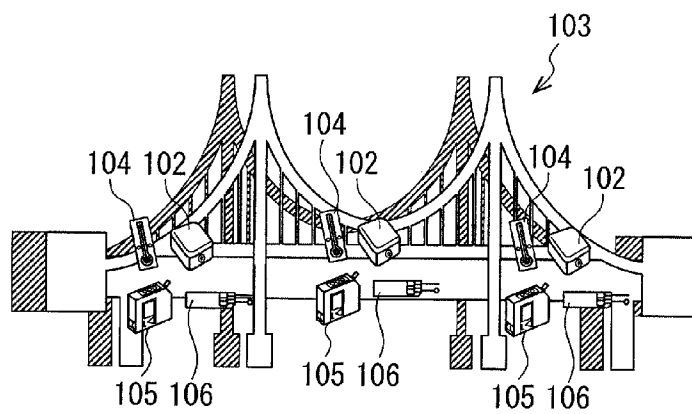
[図8]



[図9]

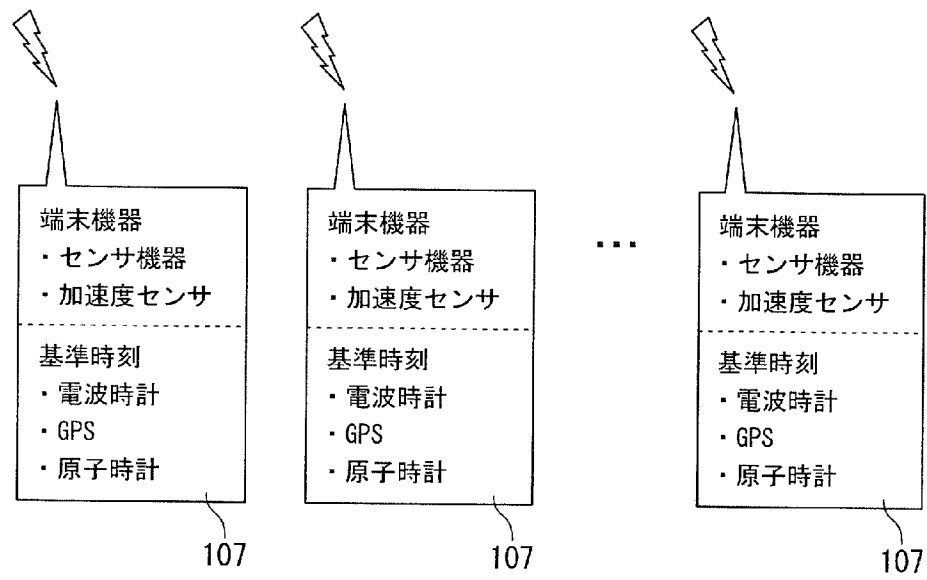


[図10]

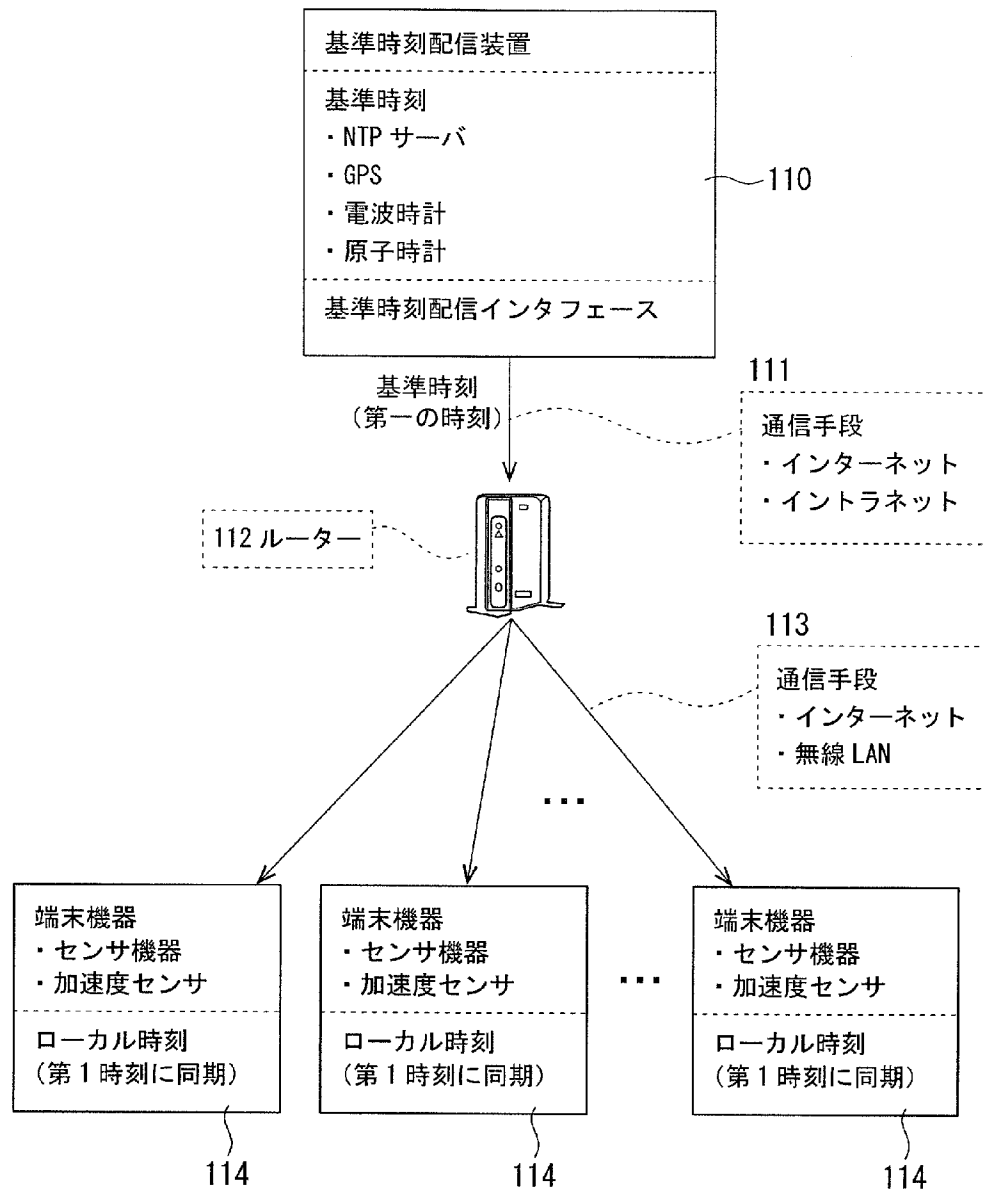


-  加速度センサ
-  温度センサ
-  変位センサ
-  歪センサ

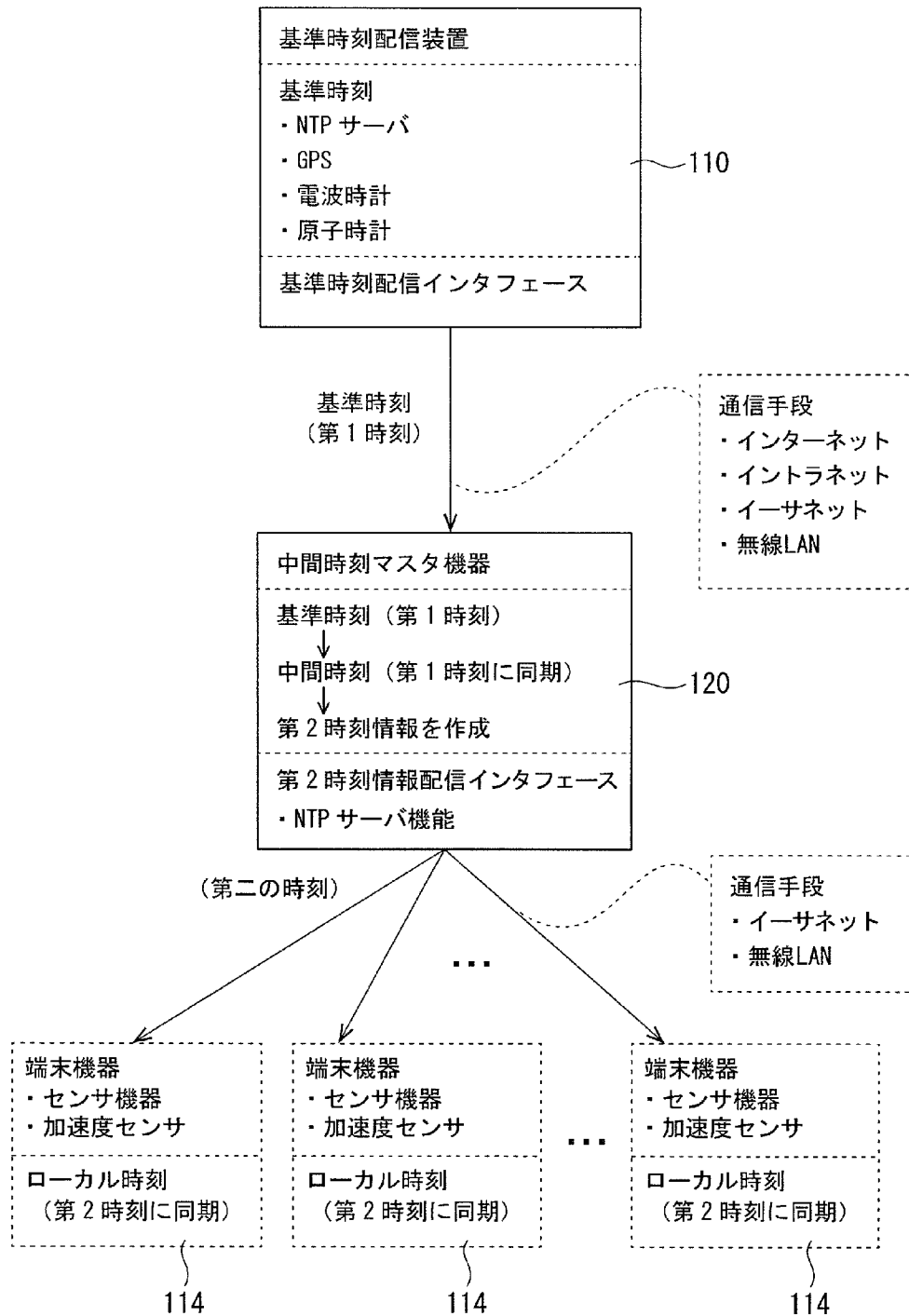
[図11]



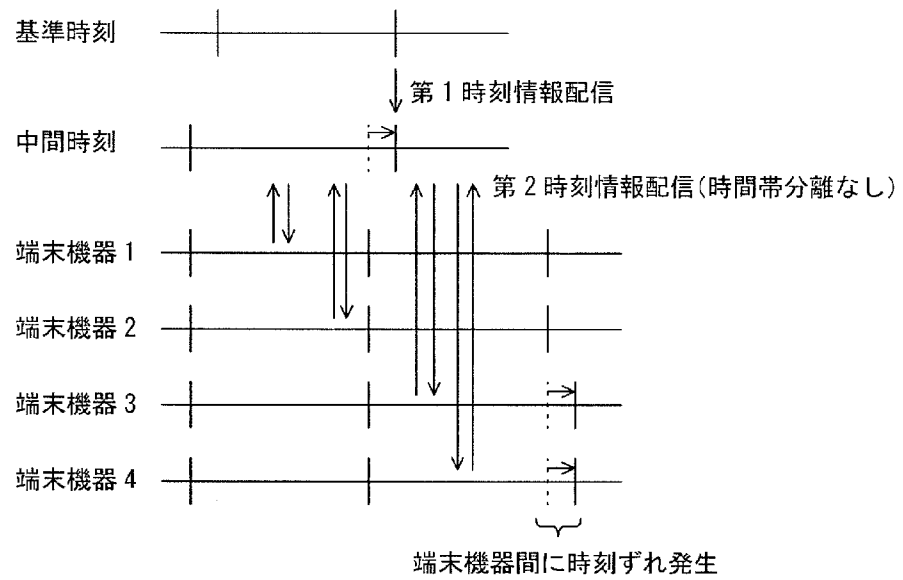
[図12]



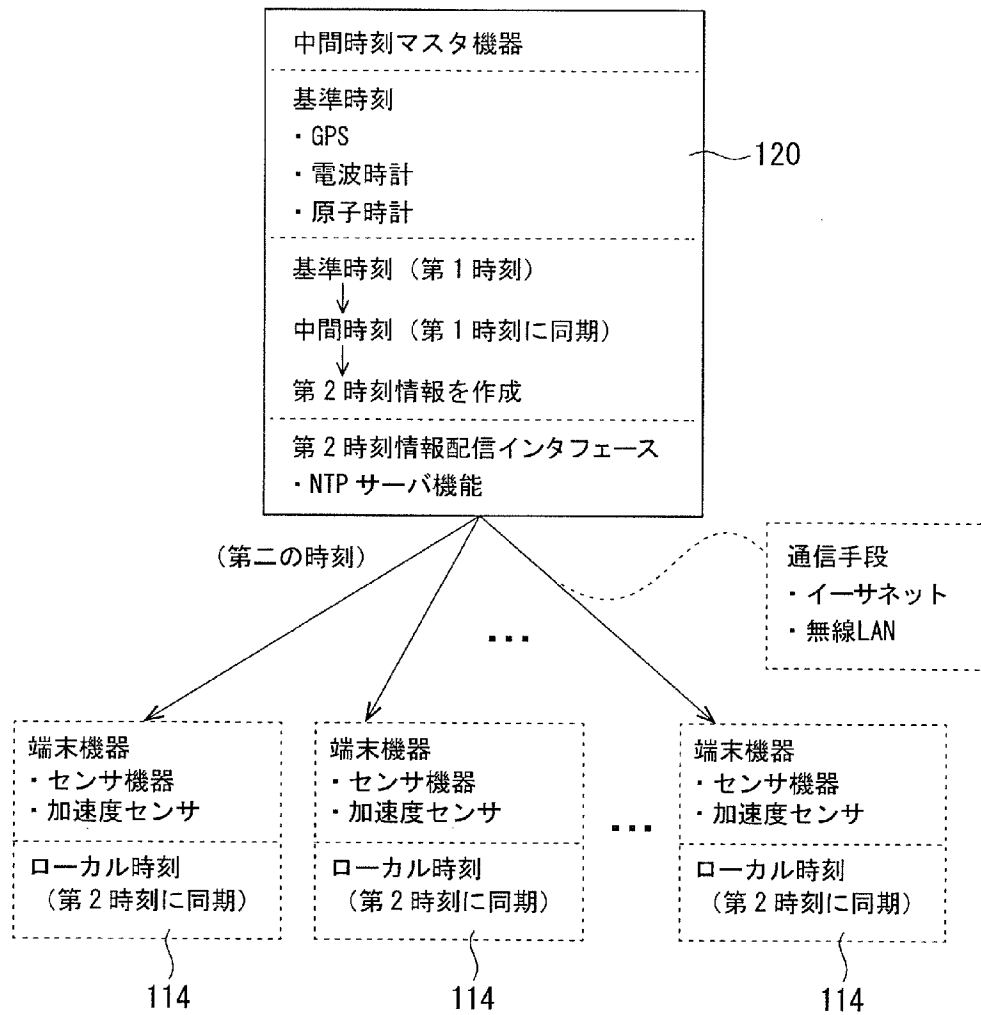
[図13]



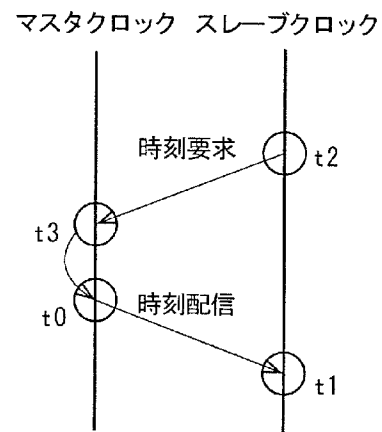
[図14]



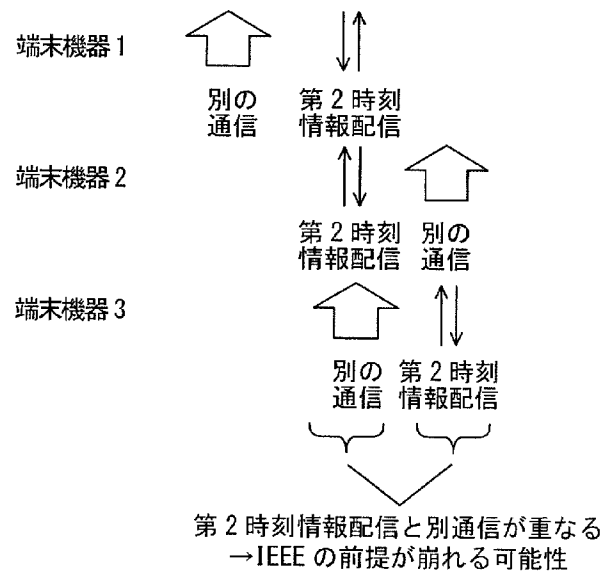
[図15]



[図16]



[図17]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/004359

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G04G5/00(2013.01)i, G04R20/02(2013.01)i, G04R20/08(2013.01)i

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)

G04G5/00, G04G7/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2014
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2014	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2014

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2005-351634 A (Seiko Precision Inc.), 22 December 2005 (22.12.2005), paragraphs [0021] to [0045]; fig. 1, 2, 7, 8 (Family: none)	1-13
X	JP 2009-188929 A (The Kansai Electric Power Co., Inc., Oi Electric Co., Ltd., NEC Corp., Hitachi, Ltd.), 20 August 2009 (20.08.2009), paragraphs [0001], [0004] to [0007], [0019], [0061] to [0065]; fig. 8, 9 (Family: none)	4-7

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ 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
 "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
 "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
 "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
 "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
 "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
 "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
 "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
30 October, 2014 (30.10.14)

Date of mailing of the international search report
11 November, 2014 (11.11.14)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/004359

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2004-198434 A (Texas Instruments Inc.), 15 July 2004 (15.07.2004), entire text; all drawings & US 2004/0119639 A1 & US 2005/0078032 A1 & EP 1431848 A2 & KR 10-2004-0054565 A	1-13
A	JP 2002-156479 A (Hakusan Corp., Minoru YOSHIDA), 31 May 2002 (31.05.2002), entire text; all drawings (Family: none)	1-13

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G04G5/00(2013.01)i, G04R20/02(2013.01)i, G04R20/08(2013.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G04G5/00, G04G7/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 4 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 4 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 4 年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X	JP 2005-351634 A（セイコープレシジョン株式会社）2005.12.22, 段落 2 1 - 4 5, 図 1, 2, 7, 8（ファミリーなし）	1-13
X	JP 2009-188929 A（関西電力株式会社, 大井電気株式会社, 日本電気株式会社, 株式会社日立製作所）2009.08.20, 段落 1, 4 - 7, 1 9, 6 1 - 6 5, 図 8, 9（ファミリーなし）	4-7
A	JP 2004-198434 A（テキサス インストルメンツ インコーポレイテッド）2004.07.15, 全文全図 & US 2004/0119639 A1 & US 2005/0078032 A1 & EP 1431848 A2 & KR 10-2004-0054565 A	1-13

☒ C 欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の 1 以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

3 0 . 1 0 . 2 0 1 4

国際調査報告の発送日

1 1 . 1 1 . 2 0 1 4

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

東京都千代田区霞が関三丁目 4 番 3 号

特許庁審査官（権限のある職員）

櫻井 仁

2 F

9 0 0 8

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 1 6

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2002-156479 A (白山工業株式会社, 吉田稔) 2002.05.31, 全文 全図 (ファミリーなし)	1-13