

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4512775号  
(P4512775)

(45) 発行日 平成22年7月28日 (2010. 7. 28)

(24) 登録日 平成22年5月21日 (2010. 5. 21)

(51) Int. Cl.		F I			
HO4L	7/00	(2006.01)	HO4L	7/00	Z
GO4G	5/00	(2006.01)	GO4G	5/00	J
GO4G	7/00	(2006.01)	GO4G	7/00	

請求項の数 11 (全 14 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2005-370028 (P2005-370028)</p> <p>(22) 出願日 平成17年12月22日 (2005.12.22)</p> <p>(65) 公開番号 特開2007-174330 (P2007-174330A)</p> <p>(43) 公開日 平成19年7月5日 (2007.7.5)</p> <p>審査請求日 平成19年2月1日 (2007.2.1)</p> <p>(出願人による申告) 平成17年度独立行政法人情報通信研究機構、研究テーマ「日常行動・状況理解に基づく知識共有システムの研究開発」に関する委託研究、産業活力再生特別措置法第30条の適用を受ける特許出願</p> <p>特許権者において、実施許諾の用意がある。</p>	<p>(73) 特許権者 393031586 株式会社国際電気通信基礎技術研究所 京都府相楽郡精華町光台二丁目2番地2</p> <p>(74) 代理人 100112715 弁理士 松山 隆夫</p> <p>(74) 代理人 100085213 弁理士 鳥居 洋</p> <p>(72) 発明者 納谷 太 京都府相楽郡精華町光台二丁目2番地2 株式会社国際電気通信基礎技術研究所内</p> <p>(72) 発明者 野間 春生 京都府相楽郡精華町光台二丁目2番地2 株式会社国際電気通信基礎技術研究所内</p>
--	---

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 通信システムおよびその通信システムにおける時刻同期方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

複数の通信デバイスと、  
基準時刻を前記複数の通信デバイスへ送信する送信機とを備え、  
前記複数の通信デバイスの各々は、前記基準時刻を受信すると、振動媒体の振動検知を開始して前記振動媒体の振動を検知し、前記振動媒体の振動検知を開始したときの内部時刻を前記受信した基準時刻に設定する、通信システム。

【請求項2】

前記複数の通信デバイスの各々は、前記基準時刻を受信すると、前記振動媒体の振動を所定のサンプリング周期でサンプリングして前記振動媒体の振動を検知し、  
前記設定された内部時刻の精度は、前記複数の通信デバイス間において前記所定のサンプリング周期以下に設定される、請求項1に記載の通信システム。

【請求項3】

前記送信機は、前記基準時刻を無線通信により前記複数の通信デバイスへ送信する、請求項1または請求項2に記載の通信システム。

【請求項4】

前記送信機は、前記基準時刻とともに時刻同期コマンドを前記複数の通信デバイスへ送信し、

前記複数の通信デバイスの各々は、前記時刻同期コマンドを受信すると、時刻同期モードに設定され、その設定された時刻同期モードにおいて前記振動媒体の振動検知および前

記内部時刻の前記基準時刻への設定を行なう、請求項 2 または請求項 3 に記載の通信システム。

【請求項 5】

前記送信機は、前記基準時刻および前記時刻同期コマンドとともに前記時刻同期モードの継続時間を前記複数の通信デバイスへ送信し、

前記複数の通信デバイスの各々は、前記時刻同期モードの継続時間内に前記振動媒体の振動検知および前記内部時刻の前記基準時刻への設定を行なう、請求項 4 に記載の通信システム。

【請求項 6】

前記複数の通信デバイスの各々は、前記振動媒体の振動を前記所定のサンプリング周期でサンプリングしたときの隣接する 2 つのサンプリングタイミングにおける振動信号の差分の絶対値の累積値がしきい値以上になると、前記振動媒体の振動を検知する、請求項 2 から請求項 5 のいずれか 1 項に記載の通信システム。

【請求項 7】

複数の通信デバイスが基準時刻を受信する第 1 のステップと、

前記基準時刻の受信に応じて、前記複数の通信デバイスが振動媒体の振動検知を開始して前記振動媒体の振動を検知する第 2 のステップと、

前記振動媒体の振動が検知されると、前記複数の通信デバイスが前記振動媒体の振動検知を開始したときの内部時刻を前記受信された基準時刻に設定する第 3 のステップとを備える時刻同期方法。

【請求項 8】

前記第 2 のステップは、前記基準時刻の受信に応じて、前記複数の通信デバイスが前記振動媒体の振動を所定のサンプリング周期でサンプリングして前記振動媒体の振動を検出し、

前記設定された内部時刻の精度は、前記複数の通信デバイス間において前記所定のサンプリング周期以下に設定される、請求項 7 に記載の時刻同期方法。

【請求項 9】

前記第 1 のステップにおいて、前記複数の通信デバイスは、無線通信により前記基準時刻を受信する、請求項 7 または請求項 8 に記載の時刻同期方法。

【請求項 10】

前記第 1 のステップにおいて、前記複数の通信デバイスは、前記基準時刻とともに時刻同期コマンドを受信し、

前記第 2 のステップは、

前記時刻同期コマンドに応じて前記複数の通信デバイスの各々が時刻同期モードに設定される第 1 のサブステップと、

前記設定された時刻同期モードにおいて前記複数の通信デバイスの各々が前記振動媒体の振動を検知する第 2 のサブステップとを含み、

前記第 3 のステップは、前記時刻同期モードにおいて前記内部時刻の前記基準時刻への設定を行なう、請求項 8 または請求項 9 に記載の時刻同期方法。

【請求項 11】

前記第 1 のステップにおいて、前記複数の通信デバイスは、前記基準時刻および前記時刻同期コマンドとともに前記時刻同期モードの継続時間を受信し、

前記第 2 のサブステップは、前記時刻同期モードの継続時間内に前記振動媒体の振動を検知し、

前記第 3 のステップは、前記時刻同期モードの継続時間内に前記内部時刻の前記基準時刻への設定を行なう、請求項 10 に記載の時刻同期方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、複数の通信デバイス間で内部時刻を同期させる通信システムおよびその通

10

20

30

40

50

信システムにおける時刻同期方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

各々がセンサーを搭載した複数のセンシングデバイスにおいて、各センサーが信号を検出するタイミングを同期させるには、各センサーが信号をサンプリングするとき用いるセンシングデバイス内の内部時刻を複数のセンシングデバイス間で同期させる必要がある。

【0003】

このような、PC(Personal Computer)などの複数の通信機器間で内部時刻を同期させる方法として、従来、NTP(Network Time Protocol)を用いた方法が知られている(非特許文献1)。

10

【0004】

この方法は、複数の通信機器が相互に接続されたネットワークにおいて、1つの通信機器から時刻情報を他の通信機器へ同時送信して複数の通信機器における時刻を同期させる方法である。

【0005】

従って、複数のセンシングデバイスを相互に接続してネットワークを構成し、その構成したネットワークにおいて、1つのセンシングデバイスから時刻情報を他のセンシングデバイスへ同時送信することにより、複数のセンシングデバイスにおける時刻を同期させることが可能である。

20

【非特許文献1】David L. Mills, "Internet Time Synchronization: the Network Time Protocol", IEEE Trans. Communications 39, 10 (October 1991), 1482 - 1493.

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかし、従来の時刻同期方法においては、通信機器間の通信による遅延が各通信機器において設定する時刻に誤差として含まれ、複数の通信機器における時刻を同期させるときの誤差が大きくなるという問題がある。

30

【0007】

そこで、この発明は、かかる問題を解決するためになされたものであり、その目的は、通信による遅延を除外して複数の通信デバイス間で時刻を同期させることができる通信システムを提供することである。

【0008】

また、この発明の別の目的は、通信による遅延を除外して複数の通信デバイス間で時刻を同期させることができる通信システムにおける時刻同期方法を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0009】

この発明によれば、通信システムは、複数の通信デバイスと、送信機とを備える。送信機は、基準時刻を複数の通信デバイスへ送信する。そして、複数の通信デバイスの各々は、基準時刻を受信すると、振動媒体の振動検知を開始して振動媒体の振動を検知し、振動媒体の振動検知を開始したときの内部時刻を受信した基準時刻に設定する。

40

【0010】

好ましくは、複数の通信デバイスの各々は、基準時刻を受信すると、振動媒体の振動を所定のサンプリング周期でサンプリングして振動媒体の振動を検知する。そして、設定された内部時刻の精度は、複数の通信デバイス間において所定のサンプリング周期以下に設定される。

【0011】

好ましくは、送信機は、基準時刻を無線通信により複数の通信デバイスへ送信する。

50

## 【 0 0 1 2 】

好ましくは、送信機は、基準時刻とともに時刻同期コマンドを複数の通信デバイスへ送信する。そして、複数の通信デバイスの各々は、時刻同期コマンドを受信すると、時刻同期モードに設定され、その設定された時刻同期モードにおいて振動媒体の振動検知および内部時刻の基準時刻への設定を行なう。

## 【 0 0 1 3 】

好ましくは、送信機は、基準時刻および時刻同期コマンドとともに時刻同期モードの継続時間を複数の通信デバイスへ送信する。そして、複数の通信デバイスの各々は、時刻同期モードの継続時間内に振動媒体の振動検知および内部時刻の基準時刻への設定を行なう。

10

## 【 0 0 1 4 】

好ましくは、複数の通信デバイスの各々は、振動媒体の振動を所定のサンプリング周期でサンプリングしたときの隣接する2つのサンプリングタイミングにおける振動信号の差分の絶対値の累積値がしきい値以上になると、振動媒体の振動を検知する。

## 【 0 0 1 5 】

また、この発明によれば、時刻同期方法は、複数の通信デバイスが基準時刻を受信する第1のステップと、基準時刻の受信に応じて、複数の通信デバイスが振動媒体の振動検知を開始して振動媒体の振動を検知する第2のステップと、振動媒体の振動が検知されると、複数の通信デバイスが振動媒体の振動検知を開始したときの内部時刻を受信された基準時刻に設定する第3のステップとを備える。

20

## 【 0 0 1 6 】

好ましくは、第2のステップは、基準時刻の受信に応じて、複数の通信デバイスが振動媒体の振動を所定のサンプリング周期でサンプリングして振動媒体の振動を検知する。そして、設定された内部時刻の精度は、複数の通信デバイス間において所定のサンプリング周期以下に設定される。

## 【 0 0 1 7 】

好ましくは、第1のステップにおいて、複数の通信デバイスは、無線通信により基準時刻を受信する。

## 【 0 0 1 8 】

好ましくは、第1のステップにおいて、複数の通信デバイスは、基準時刻とともに時刻同期コマンドを受信する。第2のステップは、時刻同期コマンドに応じて複数の通信デバイスの各々が時刻同期モードに設定される第1のサブステップと、設定された時刻同期モードにおいて複数の通信デバイスの各々が振動媒体の振動を検知する第2のサブステップとを含む。第3のステップは、時刻同期モードにおいて内部時刻の基準時刻への設定を行なう。

30

## 【 0 0 1 9 】

好ましくは、第1のステップにおいて、複数の通信デバイスは、基準時刻および時刻同期コマンドとともに時刻同期モードの継続時間を受信する。第2のサブステップは、時刻同期モードの継続時間内に振動媒体の振動を検知する。第3のステップは、時刻同期モードの継続時間内に内部時刻の基準時刻への設定を行なう。

40

## 【 発明の効果 】

## 【 0 0 2 0 】

この発明においては、複数の通信デバイスが基準時刻を受信した後に、振動媒体の振動検知を開始し、振動媒体の振動を検知すると、振動媒体の振動検知を開始したときの時刻を基準時刻に設定する。即ち、基準時刻が複数の通信デバイスへ到着するまでの通信時間（通信による遅延）に関係なく、基準時刻を受信した時刻が基準となって振動媒体の振動検知が開始され、複数の通信デバイスにおける複数の時刻が同期される。

## 【 0 0 2 1 】

従って、この発明によれば、通信による遅延を除外して複数の通信デバイス間で時刻を同期させることができる。

50

## 【発明を実施するための最良の形態】

## 【0022】

本発明の実施の形態について図面を参照しながら詳細に説明する。なお、図中同一または相当部分には同一符号を付してその説明は繰返さない。

## 【0023】

図1は、この発明の実施の形態による通信システム10の概念図である。この発明の実施の形態による通信システム10は、ホストPC(Personal Computer)1と、通信デバイス2~5とを備える。

## 【0024】

ホストPC1および通信デバイス2~5は、振動媒体20上に設置される。振動媒体20は、音の伝搬速度が1950m/s~6420m/sの範囲である振動媒体からなり、例えば、音の伝搬速度が2000m/sである材質を用いた机からなる。音の伝搬速度が1950m/sである材質は、プラスチックであり、音の伝搬速度が6420m/sである材質は、アルミニウムである。

## 【0025】

そして、振動媒体20は、例えば、人間の手によって振動を与えられると、振動源30から振動を伝搬させる。

## 【0026】

振動源30は、人の手もしくは電子制御された振動デバイスによって起こされた振動を振動媒体20中へ伝搬させる。

## 【0027】

ホストPC1は、通信デバイス2~5に設定される時刻T<sub>adjust</sub>、時刻同期コマンドおよび時刻同期モードの継続時間を通信デバイス2~5へ同時に送信する。通信デバイス2~5の各々は、加速度センサーを備える。そして、通信デバイス2~5の各々は、ホストPC1から時刻T<sub>adjust</sub>、時刻同期コマンドおよび時刻同期モードの継続時間を受信する。

## 【0028】

通信デバイス2~5の各々は、時刻同期コマンドを受信すると、時刻同期モードに入り、後述する方法によって、振動媒体20を伝搬する振動を検知するとともに、振動を検知すると、内部時刻T<sub>internal</sub>を時刻T<sub>adjust</sub>に設定する。

## 【0029】

図2は、図1に示す通信デバイス2の構成を示す概略ブロック図である。通信デバイス2は、アンテナ11と、送受信手段12と、プロセスユニット13と、加速度センサー14とを含む。

## 【0030】

アンテナ11は、ホストPC1から時刻T<sub>adjust</sub>、時刻同期コマンドおよび時刻同期モードの継続時間を受信し、その受信した時刻T<sub>adjust</sub>、時刻同期コマンドおよび時刻同期モードの継続時間を送受信手段12へ出力する。また、アンテナ11は、送受信手段12から受けた信号をホストPC1へ送信する。

## 【0031】

送受信手段12は、アンテナ11から受けた時刻T<sub>adjust</sub>、時刻同期コマンドおよび時刻同期モードの継続時間を復調等してプロセスユニット13へ出力する。また、送受信手段12は、プロセスユニット13から受けた信号に変調等を施し、その変調等を施した信号をアンテナ11を介してホストPC1へ送信する。

## 【0032】

プロセスユニット13は、時刻T<sub>adjust</sub>、時刻同期コマンドおよび時刻同期モードの継続時間を送受信手段12から受ける。そして、プロセスユニット13は、時刻同期コマンドに応じて、通信デバイス2を時刻同期モードに設定する。

## 【0033】

また、プロセスユニット13は、ホストPC1から受信した時刻同期モードの継続時間

10

20

30

40

50

を自己が保持する最大時間と比較し、いずれが長い時間を時刻同期モードの最大継続時間として設定する。

【0034】

そうすると、プロセスユニット13は、最大継続時間内において、加速度センサー14から受けた加速度センサーデータ値に基づいて、後述する方法によって振動を検知し、振動を検知したときの内部時刻  $T\_internal$  を時刻  $T\_adjust$  に設定する。

【0035】

そして、プロセスユニット13は、最大継続時間内において、内部時刻  $T\_internal$  を時刻  $T\_adjust$  に設定したとき、ACK (Acknowledge) 信号を送受信手段12およびアンテナ11を介してホストPC1へ送信する。

10

【0036】

加速度センサー14は、 $n$  ( $n$ は正の整数)軸の加速度センサーからなり、振動媒体20の振動を検出して加速度センサーデータ値をプロセスユニット13へ出力する。

【0037】

なお、図1に示す通信デバイス3~5の各々も、図2に示す通信デバイス2と同じ構成を有する。

【0038】

図3は、図1に示す振動媒体20の振動を検知する方法を説明するための図である。図3において、縦軸は、加速度センサー14が検出した加速度センサーデータ値を表し、横軸は、時間を表す。また、図3における曲線  $k_1 \sim k_3$  は、加速度センサーデータ値を示す。加速度センサー14は、 $n$ 軸の加速度センサーからなるので、加速度センサーデータ値は、本来、 $n$ 個の加速度センサーデータ値からなるが、図3においては、図を見易くするために3個の加速度センサーデータ値のみを示す。

20

【0039】

プロセスユニット13は、時刻  $T$  で時刻同期モードに入る。そうすると、プロセスユニット13は、サンプリング周期を速め、例えば、 $0.1 \text{ msec}$  のサンプリング周期  $T$  で加速度センサー14からの加速度センサーデータ値  $k_1 \sim k_3$  をサンプリングする。振動源30は、例えば、通信デバイス2~5から  $10 \text{ cm}$  の地点に存在する場合、振動が振動源30から通信デバイス2~5の各々へ伝搬する伝搬時間は、 $0.1 \text{ m} / 2000 \text{ m/s} = 0.05 \text{ msec}$  である。従って、プロセスユニット13は、サンプリング周期  $T$  毎に加速度センサーデータ値を必ずサンプリングできる。

30

【0040】

時刻  $T$  における  $n$  軸の加速度センサーデータを  $A_n(T)$  とし、全加速度データをベクトル表現したものを加速度ベクトル  $\langle A(T) \rangle = [A_1(T), A_2(T), \dots, A_n(T)]$  とする。なお、この明細書において、表記  $\langle X \rangle$  は、ベクトル  $X$  を表す。

【0041】

そして、プロセスユニット13は、時刻  $T - T$  において加速度センサーデータ値をサンプリングして得られた加速度ベクトル  $\langle A(T - T) \rangle$  と、時刻  $T$  において加速度センサーデータ値をサンプリングして得られた加速度ベクトル  $\langle A(T) \rangle$  との差分 ( $= \langle A(T) \rangle - \langle A(T - T) \rangle$ ) の絶対値 ( $= |\langle A(T) \rangle - \langle A(T - T) \rangle|$ ) を演算し、その演算した絶対値 ( $= |\langle A(T) \rangle - \langle A(T - T) \rangle|$ ) がしきい値  $threshold$  以上であるか否かを判定する。

40

【0042】

絶対値 ( $= |\langle A(T) \rangle - \langle A(T - T) \rangle|$ ) がしきい値  $threshold$  以上であるとき、プロセスユニット13は、加速度センサー14が振動媒体20の振動を検知したと判定し、時刻  $T$  を時刻  $T\_adjust$  に設定する。

【0043】

一方、絶対値 ( $= |\langle A(T) \rangle - \langle A(T - T) \rangle|$ ) がしきい値  $threshold$  よりも小さいとき、プロセスユニット13は、時刻  $T$  において加速度センサーデータ値をサンプリングして得られた加速度ベクトル  $\langle A(T) \rangle$  と、時刻  $T + T$  において加

50

速度センサーデータ値をサンプリングして得られた加速度ベクトル $\langle A(T+T) \rangle$ との差分(= $\langle A(T+T) \rangle - \langle A(T) \rangle$ )の絶対値(= $|\langle A(T+T) \rangle - \langle A(T) \rangle|$ )を演算し、その演算した絶対値(= $|\langle A(T+T) \rangle - \langle A(T) \rangle|$ )と、既に演算した絶対値 $|\langle A(T) \rangle - \langle A(T-T) \rangle|$ との和である累積値 $S_1$ を演算し、その演算した累積値 $S_1$ がしきい値 $threshold$ 以上であるか否かを更に判定する。

【0044】

累積値 $S_1$ がしきい値 $threshold$ 以上であるとき、プロセスユニット13は、加速度センサー14が振動媒体20の振動を検知したと判定し、時刻 $T$ を時刻 $T\_adjust$ に設定する。

10

【0045】

一方、累積値 $S_1$ がしきい値 $threshold$ よりも小さいとき、プロセスユニット13は、時刻 $T+T$ において加速度センサーデータ値をサンプリングして得られた加速度ベクトル $\langle A(T+T) \rangle$ と、時刻 $T+2T$ において加速度センサーデータ値をサンプリングして得られた加速度ベクトル $\langle A(T+2T) \rangle$ との差分(= $\langle A(T+2T) \rangle - \langle A(T+T) \rangle$ )の絶対値(= $|\langle A(T+2T) \rangle - \langle A(T+T) \rangle|$ )を演算し、その演算した絶対値(= $|\langle A(T+2T) \rangle - \langle A(T+T) \rangle|$ )と、累積値 $S_1$ との和である累積値 $S_2$ (= $|\langle A(T+T) \rangle - \langle A(T) \rangle| + S_1$ )を演算し、その演算した累積値 $S_2$ がしきい値 $threshold$ 以上であるか否かを更に判定する。

20

【0046】

そして、累積値 $S_2$ がしきい値 $threshold$ 以上であるとき、プロセスユニット13は、加速度センサー14が振動媒体20の振動を検知したと判定し、時刻 $T$ を時刻 $T\_adjust$ に設定する。

【0047】

一方、累積値 $S_2$ がしきい値 $threshold$ よりも小さいとき、プロセスユニット13は、時刻 $T+2T$ において加速度センサーデータ値をサンプリングして得られた加速度ベクトル $\langle A(T+2T) \rangle$ と、時刻 $T+3T$ において加速度センサーデータ値をサンプリングして得られた加速度ベクトル $\langle A(T+3T) \rangle$ との差分(= $\langle A(T+3T) \rangle - \langle A(T+2T) \rangle$ )の絶対値(= $|\langle A(T+3T) \rangle - \langle A(T+2T) \rangle|$ )を演算し、その演算した絶対値(= $|\langle A(T+3T) \rangle - \langle A(T+2T) \rangle|$ )と累積値 $S_2$ との和である累積値 $S_3$ (= $|\langle A(T+3T) \rangle - \langle A(T+2T) \rangle| + S_2$ )を演算し、その演算した累積値 $S_3$ がしきい値 $threshold$ 以上であるか否かを更に判定する。

30

【0048】

一般に、プロセスユニット13は、 $m$ ( $m=0, 1, 2, \dots, k$ ;  $k$ は、2以上の整数)個のサンプリングタイミングで加速度センサーデータ値をサンプリングしたとき、時刻 $T+(m-1)T$ において加速度センサーデータ値をサンプリングして得られた加速度ベクトル $\langle A(T+(m-1)T) \rangle$ と、時刻 $T+mT$ において加速度センサーデータ値をサンプリングして得られた加速度ベクトル $\langle A(T+mT) \rangle$ との差分(= $\langle A(T+mT) \rangle - \langle A(T+(m-1)T) \rangle$ )の絶対値(= $|\langle A(T+mT) \rangle - \langle A(T+(m-1)T) \rangle|$ )を演算し、その演算した絶対値(= $|\langle A(T+mT) \rangle - \langle A(T+(m-1)T) \rangle|$ )と累積値 $S_{m-1}$ との和である累積値 $S_m$ (= $|\langle A(T+mT) \rangle - \langle A(T+(m-1)T) \rangle| + S_{m-1}$ )を演算し、その演算した累積値 $S_m$ がしきい値 $threshold$ 以上であるか否かを判定する。

40

【0049】

そして、累積値 $S_m$ がしきい値 $threshold$ 以上であるとき、プロセスユニット13は、振動媒体20の振動を検知したと判定し、時刻 $T$ を時刻 $T\_adjust$ に設定する。

50

## 【0050】

一方、累積値  $S_m$  がしきい値  $threshold$  よりも小さいとき、プロセスユニット 13 は、上述した動作を繰り返し、累積値  $S_m$  がしきい値  $threshold$  以上になると、時刻  $T$  を時刻  $T\_adjust$  に設定する。

## 【0051】

このように、プロセスユニット 13 は、次式を満たす累積値  $S_m$  を検出することにより、振動媒体 20 の振動を検知し、時刻  $T$  を時刻  $T\_adjust$  に設定する。

## 【0052】

## 【数 1】

$$sum = \sum_{m=0}^{m=k-1} |A(T+m\Delta T) - A(T+(m-1)\Delta T)| \geq threshold \quad \dots(1)$$

10

## 【0053】

なお、図 3 は、 $k$  回目のサンプリングを行なったときに振動媒体 20 の振動を検知することを示すために、時刻  $T + k \quad T$  が表記されている。

## 【0054】

このように、プロセスユニット 13 が時刻同期モードに入った時刻  $T$  の後、時間  $k \quad T$  が経過した後に、プロセスユニット 13 は、振動媒体 20 の振動を検知し、時刻  $T$  を時刻  $T\_adjust$  に設定するのであるから、時間  $k \quad T$  がホスト PC 1 における時刻  $T\_adjust\_H$  と通信デバイス 2 ~ 5 において設定された時刻  $T\_adjust\_D$  との誤差になる。即ち、通信デバイス 2 ~ 5 において設定される時刻  $T\_adjust\_D$  は、時間  $k \quad T$  の精度でホスト PC 1 における時刻  $T\_adjust\_H$  と同期を取ることができる。

20

## 【0055】

この場合、例えば、 $k$  を  $k = 10$  に設定すれば、サンプリング周期  $T$  は、上述したように  $0.1 \text{ msec}$  であるので、 $k \quad T = 1 \text{ msec}$  になり、通信デバイス 2 ~ 5 の時刻  $T\_adjust\_D$  を  $1 \text{ msec}$  の精度でホスト PC 1 の時刻  $T\_adjust\_H$  に同期させることができる。即ち、通信デバイス 2 ~ 5 の時刻  $T\_adjust\_D$  をサンプリング周期  $T$  の整数倍  $k$  の精度でホスト PC 1 の時刻  $T\_adjust\_H$  に同期させることができる。

30

## 【0056】

また、通信デバイス 2 ~ 5 の相互間においては、振動媒体 20 の振動を検知する時刻は、サンプリング周期  $T$  の単位でずれるので、通信デバイス 2 ~ 5 は、サンプリング周期  $T$  以下の精度で相互の時刻を同期させることができる。

## 【0057】

図 4 は、この発明による時刻同期方法を説明するためのフローチャートである。一連の動作が開始されると、ホスト PC 1 は、コマンドを無線通信により通信デバイス 2 ~ 5 へ送信し、通信デバイス 2 ~ 5 の各々は、ホスト PC 1 からコマンドを無線通信により受信する (ステップ S1)。

40

## 【0058】

そして、通信デバイス 2 ~ 5 の各々において、プロセスユニット 13 は、受信したコマンドが時刻同期コマンド  $TapSync$  であるか否かを判定し (ステップ S2)、受信したコマンドが時刻同期コマンド  $TapSync$  でないとき、一連の動作はステップ S1 へ移行する。

## 【0059】

ステップ S2 において、受信したコマンドが時刻同期コマンド  $TapSync$  であると判定されると、プロセスユニット 13 は、コマンドパラメータ処理を実行する (ステップ S3)。即ち、プロセスユニット 13 は、時刻同期コマンド  $TapSync$  に含まれている  $T\_adjust, m, threshold, duration$  を検出し、 $T\_adj$

50

ustを通信デバイス2～5において設定する時刻とし、mを加速度データ平均回数とし、thresholdを加速度差分値の累積値における閾値とし、durationを時刻同期モード(TapSync mode)を継続する時間(msec)とする。

【0060】

そして、プロセスユニット13は、TapSync継続最大時間調整を行なう(ステップS4)。即ち、プロセスユニット13は、durationを自己が保持している最大時間MAX\_TIMEと比較し、durationおよび最大時間MAX\_TIMEのうち、長い方の時間を時刻同期モードを継続する継続最大時間T\_tapsync(TapSync継続最大時間)として設定する。この場合、プロセスユニット13は、通常、durationを継続最大時間T\_tapsyncとして設定する。

10

【0061】

その後、プロセスユニット13は、TapSyncループ前処理を行なう(ステップS5)。即ち、プロセスユニット13は、通信デバイス2～5の内部クロック値をT\_internalとし、サンプリング周期Tを0.1msecに設定し、kのカウント値を“0”に設定し、閾値判定用変数sumを“0”に設定し、Flg\_adjustedをFalseに設定(Flg\_adjusted=False)する。

【0062】

そうすると、プロセスユニット13は、k・Tを演算し、その演算したk・Tがduration以上であるか否かを判定する(ステップS6)。そして、k・Tがdurationよりも小さいとき、プロセスユニット13は、k番目のサンプリングを行なって加速度ベクトル $\langle A(T\_internal + k \cdot T) \rangle$ を検出し、式(1)を用いて閾値判定用変数 $sum = sum + |\langle A(T\_internal + k \cdot T) \rangle - \langle A(T\_internal + (k - 1) \cdot T) \rangle|$ を演算し、更に、 $k = k + 1$ を設定する(ステップS7)。

20

【0063】

その後、プロセスユニット13は、演算した閾値判定用変数sumがしきい値threshold以上であるか否かを判定し(ステップS8)、閾値判定用変数sumがしきい値thresholdよりも小さいとき、一連の動作は、ステップS6へ移行する。そして、ステップS8において、閾値判定用変数sumがしきい値threshold以上であると判定されるまで、上述したステップS6～ステップS8が繰り返し実行される。

30

【0064】

その後、ステップS8において、閾値判定用変数sumがしきい値threshold以上であると判定されると、プロセスユニット13は、内部クロック値T\_internalを時刻T\_adjus tに設定するとともに(ステップS9)、Flg\_adjustedをTrueに設定する(ステップS10)。そして、一連の動作は、ステップS6へ移行する。

【0065】

ステップS6において、k・Tがduration以上であると判定されると、プロセスユニット13は、Flg\_adjustedがTrueであるか否かを更に判定する(ステップS11)。そして、Flg\_adjustedがTrueであると判定されたとき、プロセスユニット13は、ACK信号をホストPC1へ送信し、コマンド待機モードに戻る(ステップS12)。

40

【0066】

一方、ステップS11において、Flg\_adjustedがTrueでない判定されたとき、プロセスユニット13は、NACK信号をホストPC1へ送信し、コマンド待機モードに戻る(ステップS13)。そして、ステップS12またはステップS13の後、一連の動作が終了する。

【0067】

ステップS8において、閾値判定用変数sumがしきい値thresholdよりも小さいと判定された後に(即ち、“NO”と判定された後に)、ステップS6が実行され、

50

ステップS6において、 $k \cdot T$ が $duration$ 以上であると判定され、更に、ステップS11において、 $Flag\_adjusted$ が $True$ でないと判定されたとき、通信デバイス2～5において内部クロック値 $T\_internal$ が時刻 $T\_adjust$ に設定されない状態で一連の動作が終了するが、プロセスユニット13は、 $NACK$ 信号をホストPC1へ送信するので(ステップS13参照)、ホストPC1は、通信デバイス2～5において内部クロック値 $T\_internal$ が時刻 $T\_adjust$ に設定されていないことを検知でき、再度、 $TapSync$ からなるコマンドを通信デバイス2～5へ送信することにより、通信デバイス2～5において内部クロック値 $T\_internal$ を時刻 $T\_adjust$ に設定する動作(図4に示すフローチャート)が行なわれることになる。

10

**【0068】**

また、ステップS9が実行された後に、ステップS6において、 $k \cdot T$ が $duration$ 以上であると判定されたとき、通信デバイス2～5の内部クロック値 $T\_internal$ を最小の誤差で同期させることができる。

**【0069】**

上述したように、この発明による時刻同期方法によれば、通信デバイス2～5は、ホストPC1から時刻 $T\_adjust$ を受信した時刻 $T\_internal$ の後に振動媒体20の振動を検知し始め、時刻 $T\_internal$ から時間 $k \cdot T$ が経過した後に振動媒体20の振動を検知して時刻 $T\_internal$ を時刻 $T\_adjust$ に設定するので、時刻 $T\_adjust$ がホストPC1から通信デバイス2～5へ送信されるまでの時間(即ち、時刻 $T\_adjust$ が通信デバイス2～5へ到着するまでの通信による遅延)を除外して通信デバイス2～5間で内部クロック値 $T\_internal$ を同期させることができる。

20

**【0070】**

また、通信デバイス2～5間で同期させた内部クロック値 $T\_internal$ の精度は、サンプリング周期 $T$ 以下になる。通信デバイス2～5の各々において、振動の検知は、サンプリング周期 $T$ ごとに行なわれ、閾値判定用変数 $sum$ がしきい値 $threshold$ 以上になるときの $k$ 回目のサンプリングタイミングの通信デバイス2～5間におけるずれ量は、サンプリング周期 $T$ 以下となるからなるのである。

**【0071】**

従って、サンプリング周期 $T$ を $0.1\text{ msec}$ に設定することにより、通信デバイス2～5の内部クロック値 $T\_internal$ を $0.1\text{ msec}$ 以下の精度で同期させることができる。

30

**【0072】**

なお、時刻 $T\_adjust$ は、「基準時刻」を構成し、ホストPC1は、「送信機」を構成する。

**【0073】**

また、通信デバイス2～5がコマンド $TapSync$ を受信した場合、コマンド $TapSync$ には、設定する時刻 $T\_adjust$ 、加速度データ平均回数 $m$ 、閾値 $threshold$ および時刻同期モード( $TapSync\ mode$ )を継続する時間 $duration$ が含まれているので、ステップS1、ステップS2の“ $YES$ ”およびステップS3は、複数の通信デバイス2～5が基準時刻を同時に受信するステップ、複数の通信デバイス2～5が基準時刻とともに時刻同期コマンドを同時に受信するステップ、および複数の通信デバイス2～5が基準時刻および時刻同期コマンドとともに時刻同期モードの継続時間を同時に受信するステップを構成する。

40

**【0074】**

更に、複数の通信デバイス2～5がコマンド $TapSync$ を受信(ステップS1参照)した後に、コマンドパラメータ処理(ステップS3参照)、 $TapSync$ 継続最大時間調整(ステップS4参照)および $TapSync$ ループ前処理(ステップS5参照)が実行され、その後、振動媒体20の振動検知(ステップS6、S7参照)および内部クロ

50

ック値  $T\_internal$  の時刻  $T\_adjust$  への設定 (ステップ S 8, S 9 参照) が実行されるので、ステップ S 6 および S 7 は、時刻同期コマンドに応じて複数の通信デバイス 2 ~ 5 の各々が時刻同期モードに設定されるステップを構成し、ステップ S 8 および S 9 は、設定された時刻同期モードにおいて複数の通信デバイス 2 ~ 5 の各々が振動媒体 20 の振動を検知するステップを構成する。

【0075】

更に、振動媒体 20 の振動検知が  $TapSync$  継続最大時間  $T\_tap\_sync$  (=  $duration$ ) を超えて行なわれることはない (ステップ S 6 参照)、ステップ S 6 の “NO” およびステップ S 7 は、時刻同期モードの継続時間内に振動媒体 20 の振動を検知するステップを構成する。

10

【0076】

更に、ステップ S 7 および S 8 は、基準時刻の受信に応じて、複数の通信デバイス 2 ~ 5 が振動媒体 20 の振動検知を開始して振動媒体 20 の振動を検知するステップを構成する。

【0077】

更に、ステップ S 9 は、振動媒体 20 の振動が検知されると、複数の通信デバイス 2 ~ 5 が振動媒体 20 の振動検知を開始したときの内部時刻  $T\_internal$  を受信された基準時刻  $T\_adjust$  に設定するステップを構成する。

【0078】

図 4 に示すフローチャートに従って通信デバイス 2 ~ 5 間で時刻を同期させた後、複数の通信デバイス 2 ~ 5 は、例えば、服に装着される。そして、複数の通信デバイス 2 ~ 5 は、プロセスユニット 13 および加速度センサー 14 によって人の各部の動きを検出する。この場合、複数の通信デバイス 2 ~ 5 間においては、時刻が msec のオーダーで同期されているので、服に装着された複数の通信デバイス 2 ~ 5 は、ほぼ同時に人の各部の動きを検出できる。

20

【0079】

上記においては、ホスト PC 1 は、無線通信によりコマンド  $TapSync$  (設定する時刻  $T\_adjust$ 、加速度データ平均回数  $m$ 、閾値  $threshold$  および時刻同期モード ( $TapSync\ mode$ ) を継続する時間  $duration$  を含む) を通信デバイス 2 ~ 5 へ送信すると説明したが、この発明においては、これに限らず、ホスト PC 1 は、通信デバイス 2 ~ 5 とケーブルによって接続され、コマンド  $TapSync$  (設定する時刻  $T\_adjust$ 、加速度データ平均回数  $m$ 、閾値  $threshold$  および時刻同期モード ( $TapSync\ mode$ ) を継続する時間  $duration$  を含む) をケーブルを介した通信により通信デバイス 2 ~ 5 へ送信するようにしてもよい。

30

【0080】

また、上記においては、通信デバイス 2 ~ 5 は、加速度センサー 14 を内蔵すると説明したが、この発明においては、これに限らず、通信デバイス 2 ~ 5 は、時刻を同期させて使用するセンサーであれば、どのようなセンサーを内蔵していてもよい。

【0081】

今回開示された実施の形態はすべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は、上記した実施の形態の説明ではなくて特許請求の範囲によって示され、特許請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

40

【産業上の利用可能性】

【0082】

この発明は、通信による遅延を除外して複数の通信デバイス間で時刻を同期させることができる通信システムに適用される。また、この発明は、通信による遅延を除外して複数の通信デバイス間で時刻を同期させることができる通信システムにおける時刻同期方法に適用される。

【図面の簡単な説明】

50

【0083】

【図1】この発明の実施の形態による通信システムの概念図である。

【図2】図1に示す通信デバイスの構成を示す概略ブロック図である。

【図3】図1に示す振動媒体の振動を検知する方法を説明するための図である。

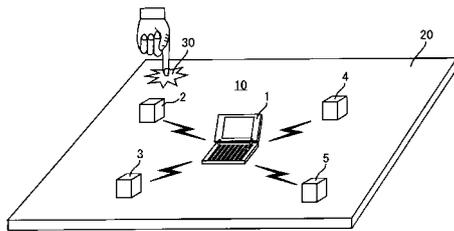
【図4】この発明による時刻同期方法を説明するためのフローチャートである。

【符号の説明】

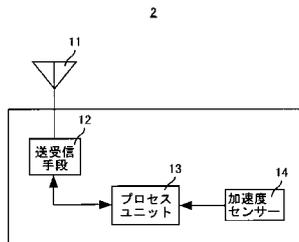
【0084】

1 ホストPC、2~5 通信デバイス、10 通信システム、11 アンテナ、12 送受信手段、13 プロセスユニット、14 加速度センサー、20 振動媒体、30 振動源。

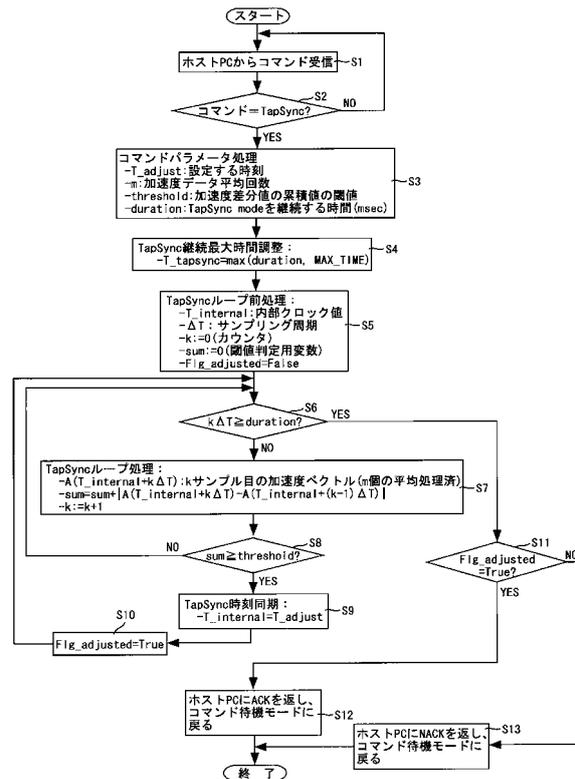
【図1】



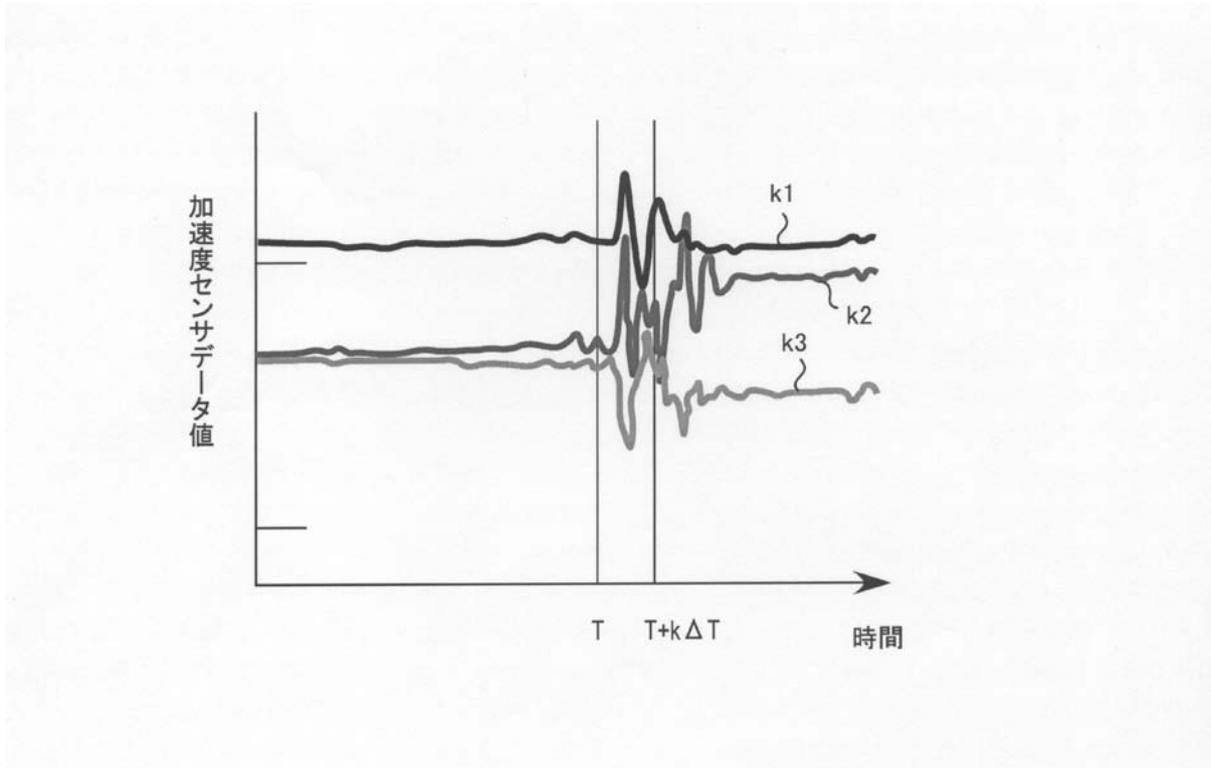
【図2】



【図4】



【図3】



---

フロントページの続き

- (72)発明者 ロバート・ウィリアム・リンデマン  
京都府相楽郡精華町光台二丁目2番地2 株式会社国際電気通信基礎技術研究所内
- (72)発明者 大村 廉  
京都府相楽郡精華町光台二丁目2番地2 株式会社国際電気通信基礎技術研究所内
- (72)発明者 小暮 潔  
京都府相楽郡精華町光台二丁目2番地2 株式会社国際電気通信基礎技術研究所内

審査官 白井 亮

- (56)参考文献 特開平05-165792(JP,A)  
特開平04-294413(JP,A)  
特開昭60-254364(JP,A)  
特開2000-101508(JP,A)  
特開2005-012245(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
H04L 7/00 - 7/10