

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6981026号
(P6981026)

(45) 発行日 令和3年12月15日(2021.12.15)

(24) 登録日 令和3年11月22日(2021.11.22)

(51) Int. Cl.		F I			
HO4W 52/02	(2009.01)	HO4W 52/02	110		
HO4W 56/00	(2009.01)	HO4W 56/00	130		
HO4W 84/18	(2009.01)	HO4W 84/18			
HO4L 7/00	(2006.01)	HO4L 7/00	990		

請求項の数 8 (全 20 頁)

(21) 出願番号	特願2017-63900 (P2017-63900)	(73) 特許権者	000005223 富士通株式会社
(22) 出願日	平成29年3月28日(2017.3.28)		神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号
(65) 公開番号	特開2018-166315 (P2018-166315A)	(74) 代理人	110002147 特許業務法人酒井国際特許事務所
(43) 公開日	平成30年10月25日(2018.10.25)	(72) 発明者	大迫 周平 福岡県福岡市早良区百道浜2丁目2番1号 富士通九州ネットワークテクノロジーズ株式会社内
審査請求日	令和1年12月12日(2019.12.12)	(72) 発明者	木下 勝也 福岡県福岡市早良区百道浜2丁目2番1号 富士通九州ネットワークテクノロジーズ株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 通信装置、通信方法、通信プログラムおよび通信システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

通信装置において、

対向装置と前記通信装置との間の時刻差を用いて、前記対向装置のクロック周波数と前記通信装置のクロック周波数との誤差であるクロック誤差を類推する類推部と、

類推された前記クロック誤差にしたがって、無線フレームを用いたデータ通信を行うための準備時間を決定する決定部と、

前記対向装置との間の前記無線フレーム内の同期単位で指定される複数の通信タイミングのうち、報知信号を受信する通信タイミングに対して、前記対向装置との通信を抑制する省電力状態から、前記対向装置との通信を実行する通常状態へ復帰する復帰時間を、前記準備時間分前に設定することで前記復帰時間を補正し、前記複数の通信タイミングのうち、前記報知信号を受信する通信タイミング以外については、前記準備時間に基づく前記復帰時間の補正を抑制する設定部と

を有することを特徴とする通信装置。

【請求項2】

前記対向装置から受信した報知信号の受信時刻と前記報知信号の送信時刻とに基づいて、前記対向装置と前記通信装置との間の時刻差を算出する算出部と、

前記対向装置とのデータ通信が終了した後に前記省電力状態に遷移し、次の前記報知信号を受信する通信タイミングの開始時刻から前記準備時間分前に、前記省電力状態から前記通常状態に復帰する状態遷移部をさらに有することを特徴とする請求項1に記載の通信

装置。

【請求項 3】

前記算出部は、前記対向装置が送信時刻を報知する前記報知信号から前記送信時刻を取得し、取得した送信時刻と、前記報知信号のサイズと、前記対向装置と前記通信装置との間の通信速度とを用いて、前記報知信号を受信する受信理論時刻を算出し、前記受信理論時刻と前記報知信号の受信時刻とから前記時刻差を算出し、

前記類推部は、前記時刻差を前記報知信号の間隔を示す時刻情報で除算した値を前記クロック誤差と類推することを特徴とする請求項 2 に記載の通信装置。

【請求項 4】

前記類推部は、前記報知信号を複数回受信した場合に、各報知信号に基づく前記時刻差のうち最大の時刻差を特定し、前記最大の時刻差を用いて前記クロック誤差を類推することを特徴とする請求項 3 に記載の通信装置。

【請求項 5】

対向装置から受信した報知信号の受信時刻と、予め設定された前記報知信号の受信予定時刻とから、前記対向装置と前記通信装置との間の前記時刻差を算出する算出部をさらに有し、

前記設定部は、前記データ通信の開始に伴って、前記省電力状態から前記通常状態への復帰を開始する時刻を、前記準備時間分早める指示を前記対向装置に送信することを特徴とする請求項 1 に記載の通信装置。

【請求項 6】

通信装置が、

対向装置と前記通信装置との間の時刻差を用いて、前記対向装置のクロック周波数と前記通信装置のクロック周波数との誤差であるクロック誤差を類推し、

類推された前記クロック誤差にしたがって、無線フレームを用いたデータ通信を行うための準備時間を決定し、

前記対向装置との間の前記無線フレーム内の同期単位で指定される複数の通信タイミングのうち、報知信号を受信する通信タイミングに対して、前記対向装置との通信を抑制する省電力状態から、前記対向装置との通信を実行する通常状態へ復帰する復帰時間を、前記準備時間分前に設定することで前記復帰時間を補正し、前記複数の通信タイミングのうち、前記報知信号を受信する通信タイミング以外については、前記準備時間に基づく前記復帰時間の補正を抑制する

処理を実行することを特徴とする通信方法。

【請求項 7】

通信装置に、

対向装置と前記通信装置との間の時刻差を用いて、前記対向装置のクロック周波数と前記通信装置のクロック周波数との誤差であるクロック誤差を類推し、

類推された前記クロック誤差にしたがって、無線フレームを用いたデータ通信を行うための準備時間を決定し、

前記対向装置との間の前記無線フレーム内の同期単位で指定される複数の通信タイミングのうち、報知信号を受信する通信タイミングに対して、前記対向装置との通信を抑制する省電力状態から、前記対向装置との通信を実行する通常状態へ復帰する復帰時間を、前記準備時間分前に設定することで前記復帰時間を補正し、前記複数の通信タイミングのうち、前記報知信号を受信する通信タイミング以外については、前記準備時間に基づく前記復帰時間の補正を抑制する

処理を実行させることを特徴とする通信プログラム。

【請求項 8】

管理装置と通信装置とを含む通信システムにおいて、

前記管理装置は、

予め定められた送信契機になると、送信時刻を含む報知信号を前記通信装置に送信する送信部を有し、

10

20

30

40

50

前記通信装置は、

前記報知信号を受信した場合に、前記報知信号に含まれる前記送信時刻と、前記報知信号のサイズと、前記管理装置と前記通信装置と間の通信速度とを用いて、前記報知信号を受信する受信理論時刻を算出する算出部と、

前記受信理論時刻と前記報知信号の受信時刻とから時刻差を算出し、前記時刻差を用いて、前記管理装置のクロック周波数と前記通信装置のクロック周波数との誤差であるクロック誤差を類推する類推部と、

類推された前記クロック誤差にしたがって、無線フレームを用いたデータ通信を行うための準備時間を決定する決定部と、

前記管理装置との間の無線フレーム内の同期単位で指定される複数の通信タイミングのうち、前記報知信号を送信する通信タイミングについて、前記管理装置との通信を抑制する省電力状態から、前記管理装置との通信を実行する通常状態へ復帰する復帰時間を、前記準備時間分前に設定することで前記復帰時間を補正し、前記複数の通信タイミングのうち、前記報知信号を受信する通信タイミング以外については、前記準備時間に基づく前記復帰時間の補正を抑制する設定部と、

前記管理装置とのデータ通信が終了した後に、前記データ通信を抑制する省電力状態に遷移し、次の前記報知信号を受信する通信タイミングの開始時刻から前記準備時間分前に、前記省電力状態から通常状態へ復帰する状態遷移部と

を有することを特徴とする通信システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、通信装置、通信方法、通信プログラムおよび通信システムに関する。

【背景技術】

【0002】

従来から、IoT (Internet of Things) に代表されるように、様々な「モノ」に対して通信機能を持たせることが増加している。例えば、水位、ガスの使用量、電気の使用量などをセンシングするセンサ装置に通信機能を持たせて、周期的にセンシングデータをゲートウェイ (GW) などの対向装置に送信することで、クラウドサーバで一括管理することが行われている。

【0003】

通信機能を持たせる対象の装置は、安定して給電される電源駆動に限らず、電力が有限である電池駆動の場合やエネルギーハーベスティングにより生成される電力で動作する場合もある。このような場合、装置は、限られた電力の中で動作することになるので、通信機能に対して低消費電力化が行われている。近年では、BAN (Body Area Network) などのように、通信や処理を行わない期間は装置をスリープ状態に遷移させる近距離無線技術が知られている。

【0004】

例えば、ハブであるGWとノードである装置との間での通信が完了すると、装置はタイマに設定された時間だけ、スリープ状態となる。このスリープ時間は、Guard Time (以下、GTと記載する場合がある) と呼ばれる「装置の立ち上がり時間や処理オーバーヘッド等を考慮した上で確実に通信できるまでの時間」を考慮して設定される。具体的には、装置は、センシングデータの送信処理の完了時に、次のセンシングデータの送信処理が発生する時刻よりもGTだけ前に復帰 (Wake up) するようにタイマを設定してスリープ状態となる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2010-28503号公報

【特許文献2】特開2011-29918号公報

10

20

30

40

50

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかしながら、上記技術では、スリープ期間中は電力を消費しないので、消費電力の削減が期待できるが、装置ごとに適切なGTを算出することが難しく、省電力の効果が小さい。

【0007】

具体的には、タイマに設定するGTの算出時には、装置の通信モジュールで用いるMCU (Micro Control Unit) のクロック誤差も考慮されるが、通信モジュール毎にクロック誤差の幅に個体差がある。このため、各装置に用いられる通信モジュールが同じであっても、すべてが同じクロック周波数で動作するとは限らない。

10

【0008】

したがって、各装置に用いられる全通信モジュールのクロック周波数のズレを網羅できるGTを設定することになるので、結果としてスリープ状態の時間が短くなり、期待するほどの省電力効果が得られない可能性がある。なお、管理者等が、各装置の通信モジュールが保証する最大のクロック誤差を一つずつ確認して、装置ごとにGTを設定することも考えられるが、非常に作業時間がかかり、装置の数が膨大な場合は現実的ではない。

【0009】

一つの側面では、省電力の効果を向上させることができる通信装置、通信方法、通信プログラムおよび通信システムを提供することを目的とする。

20

【課題を解決するための手段】

【0010】

第1の案では、通信装置は、対向装置と前記通信装置との間の時刻差を用いて、前記対向装置のクロック周波数と前記通信装置のクロック周波数との誤差であるクロック誤差を類推する類推部を有する。通信装置は、類推された前記クロック誤差にしたがって、データ通信を行うための準備時間を決定する決定部と、前記対向装置との通信を抑制する省電力状態から、前記対向装置との通信を実行する通常状態へ復帰する時間を、前記準備期間分前に設定する設定部とを有する。

【発明の効果】

【0011】

一実施形態によれば、省電力の効果を向上させることができる。

30

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図1】図1は、実施例1にかかるシステムの全体構成例を示す図である。

【図2】図2は、ノードのセンシング例を示す図である。

【図3】図3は、BANのフレーム構成を説明する図である。

【図4】図4は、実施例1にかかる各装置の機能構成を示す機能ブロック図である。

【図5】図5は、ノードの補正幅DBに記憶される情報の例を示す図である。

【図6】図6は、BANによる時刻同期を説明する図である。

【図7】図7は、実施例1にかかるGT設定処理の流れを示すフローチャートである。

40

【図8】図8は、実施例1にかかる同期処理の流れを示すフローチャートである。

【図9】図9は、実施例1にかかるデータ送信処理の流れを示すフローチャートである。

【図10】図10は、効果試算時の前提条件を示す図である。

【図11】図11は、効果試算時の無線条件を示す図である。

【図12】図12は、効果試算の結果を示す図である。

【図13】図13は、実施例2の時刻誤差の類推を説明する図である。

【図14】図14は、実施例2にかかる各装置の機能構成を示す機能ブロック図である。

【図15】図15は、BANのフレーム構成を説明する図である。

【図16】図16は、実施例2にかかるデータ送信処理の流れを示すフローチャートである。

50

【図17】図17は、実施例2にかかるGT算出処理の流れを示すフローチャートである。

【図18】図18は、GW装置のハードウェア構成例を示す図である。

【図19】図19は、ノードのハードウェア構成例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0013】

以下に、本願の開示する通信装置、通信方法、通信プログラムおよび通信システムの実施例を図面に基づいて詳細に説明する。なお、この実施例によりこの発明が限定されるものではない。

【実施例1】

10

【0014】

[全体構成]

図1は、実施例1にかかるシステムの全体構成例を示す図である。図1に示すように、このシステムは、管理サーバ5、GW装置10、複数のノード30を有する。GW装置10と複数のノード30は、ネットワークNを介して、相互に通信可能に接続される。なお、ネットワークNは、有線や無線を問わず、インターネットや専用線など各種通信網を採用することができる。

【0015】

管理サーバ5は、GW装置10を介して、各ノード30からセンシングデータを取得し、一括管理するサーバ装置の一例である。例えば、管理サーバ5は、水位、ガスの使用量、電気の使用量などを一括管理する。

20

【0016】

GW装置10は、各ノード30と管理サーバ5との通信を集約するネットワーク装置の一例である。例えば、GW装置10は、各ノード30から定期的に送信されたセンシングデータを受信して、管理サーバ5に送信する。

【0017】

各ノード30は、無線などの通信機能を有し、水位、ガスの使用量、電気の使用量などをセンシングして、管理サーバ5に送信するセンサ装置の一例である。各ノード30は、定期的にセンシングを実行して、センシングデータを送信する。

【0018】

30

ここで、各ノードのセンシング例を説明する。図2は、ノードのセンシング例を示す図である。図2に示すように、各ノード30は、通信モジュールAと水位センサBとを有し、マンホールなどに設置される。そして、各ノード30は、GW装置10から指定された間隔で水位データを測定して、指定された帯域を使用してGW装置10に送信する。

【0019】

次に、GW装置10と各ノード30の無線通信について説明する。GW装置10と各ノード30の間では、BAN (Body Area Network) を用いて、センシングデータのやり取りが実行される。図3は、BANのフレーム構成を説明する図である。図3に示すように、GW装置10と各ノード30の間では、無線フレーム内でsuperframeと呼ばれる同期単位が設定されており、この同期単位内でセンシングデータの送信が実行される。GW装置10と各ノード30の間では、各superframeの開始タイミング(時刻)が共通情報として設定されている。

40

【0020】

具体的には、superframe内は、1つのBeaconと、複数のEAP (Exclusive Access Phase) とRAP (Random Access Phase) とMAP (Managed Access Phase) とから構成される。Beaconは、報知信号(報知パケット)を送信する領域である。EAPとRAPは、どのノードでも通信可能な共有領域であり、衝突の可能性があるためCSMA (Carrier Sense Multiple Access) / CA (Collision Avoidance) 方式で制御される。MAPは、帯域を割り当てられたノードのみが通信可能な領域であり、GW装置10 (Hub) との接続時にノードからの要求に応じて、GW装置10がノード毎の帯域(通信タイミング)を割り当てる。す

50

なわち、MAPの中で、ノード毎の通信帯域が固定的に割当てられる。

【 0 0 2 1 】

一方で、各ノード 3 0 は、superframe内において、GW装置 1 0 とデータ通信を実行しない状態ではスリープ状態となり、データ通信が発生するタイミングで復帰する。具体的には、T 0 のsuperframe内のBeaconの開始タイミングで復帰し、その後スリープ状態に移した後、MAP内で自ノードに割当てられた送信タイミングになると復帰し、データ送信の完了後にスリープ状態となり、次のT 1 のsuperframe内のBeaconの開始タイミングで再度復帰する。

【 0 0 2 2 】

このように、各ノード 3 0 は、データ送信を行うときだけ通常状態となり、それ以外はデータ送信などを抑制するスリープ状態となることで、電力消費を抑制する。ここで、各ノード 3 0 は、Beaconの開始タイミングよりも、装置の立ち上がり時間や処理オーバーヘッド等を考慮した上で確実に通信できるまでの時間を考慮したGTだけ早く復帰する。すなわち、各ノード 3 0 は、Beaconの開始時間 t 、GTが30秒である場合、 t よりも30秒早く復帰する。

【 0 0 2 3 】

一般的に、このGTには、各ノード 3 0 に用いられる全通信モジュールのクロック周波数（動作クロック）のズレを網羅できる期間を設定することになるので、結果としてスリープ状態の時間が短くなり、省電力の効果が小さい。

【 0 0 2 4 】

そこで、実施例 1 では、各ノード 3 0 は、GW装置 1 0 と自ノードとの間の時刻差を用いて、GW装置 1 0 のクロック周波数と自ノードのクロック周波数との誤差であるクロック誤差を類推する。そして、各ノード 3 0 は、類推されたクロック誤差にしたがって、データ通信を行うための準備時間であるGTを決定して設定する。すなわち、各ノード 3 0 は、通信モジュール毎に違うクロック誤差の傾向を把握し、通信モジュール毎に最適なGTを動的に設定するので、省電力の効果を向上させることができる。

【 0 0 2 5 】

[機能構成]

図 4 は、実施例 1 にかかる各装置の機能構成を示す機能ブロック図である。ここでは、GW装置 1 0 の機能構成とノード 3 0 の機能構成について説明する。

【 0 0 2 6 】

(GW装置の構成)

図 4 に示すように、GW装置 1 0 は、通信部 1 1、記憶部 1 2、制御部 2 0 を有する。なお、記憶部 1 2 は、メモリやハードディスクなどの記憶装置の一例であり、制御部 2 0 は、プロセッサなどの一例である。

【 0 0 2 7 】

通信部 1 1 は、各ノード 3 0 との間の通信を制御する処理部であり、例えば通信インタフェースなどである。例えば、通信部 1 1 は、各ノード 3 0 に報知信号（Beacon）を送信し、各ノード 3 0 からセンシングデータを受信する。

【 0 0 2 8 】

記憶部 1 2 は、プログラムやデータを記憶する記憶部であり、センサ値 DB 1 3 を記憶する。センサ値 DB 1 3 は、ノード毎に、各ノード 3 0 から受信したセンサ値を記憶するデータベースである。例えば、センサ値 DB 1 3 は、ノードを識別する識別子、ノードが測定したセンサ値、センサ値を取得した日時などを対応付けて記憶する。

【 0 0 2 9 】

制御部 2 0 は、GW装置 1 0 全体を司る処理部であり、報知部 2 1 とデータ受信部 2 2 とを有する。なお、報知部 2 1 とデータ受信部 2 2 は、プロセッサが有する電子回路の一例やプロセッサが実行するプロセスの一例である。また、制御部 2 0 は、各ノードにデータ送信時間の割当て、すなわち上記MAP内の割当てを実行する。

【 0 0 3 0 】

10

20

30

40

50

報知部 2 1 は、時刻情報を含めた報知信号を生成して、各ノード 3 0 に送信する処理部である。例えば、報知部 2 1 は、各superframeの先頭である報知信号の送信タイミングに到達すると、現在のsuperframeの先頭からの経過時間を含めた報知信号を生成する。そして、報知部 2 1 は、時刻情報として経過時間を含む報知信号を、各ノード 3 0 に送信する。

【 0 0 3 1 】

データ受信部 2 2 は、各ノード 3 0 からセンシングデータを受信する処理部である。具体的には、データ受信部 2 2 は、MAPの時間に到達すると、各ノードに割当てた時間で、各ノードからセンシングデータを受信する。そして、データ受信部 2 2 は、受信したセンシングデータからセンサ値を取得して、センサ値 D B 1 3 に格納する。なお、データ受信部 2 2 は、受信したセンシングデータを管理サーバ 5 に送信することもできる。

10

【 0 0 3 2 】

(ノードの構成)

図 4 に示すように、ノード 3 0 は、通信部 3 1、記憶部 3 2、制御部 4 0 を有する。なお、記憶部 3 2 は、メモリやハードディスクなどの記憶装置の一例であり、制御部 4 0 は、プロセッサなどの一例である。

【 0 0 3 3 】

通信部 3 1 は、GW装置 1 0 との間の通信を制御する処理部であり、例えば通信インタフェースなどである。例えば、通信部 3 1 は、GW装置 1 0 から報知信号を受信し、GW装置 1 0 にセンシングデータを送信する。

20

【 0 0 3 4 】

記憶部 3 2 は、プログラムやデータを記憶する記憶部であり、G T 値 D B 3 3 と補正幅 D B 3 4 を記憶する。G T 値 D B 3 3 は、ノードが設定する G T 値を記憶するデータベースである。G T 値 D B 3 3 に記憶される情報は、データ通信の開始時は初期値が設定され、その後は後述する決定部 4 6 によって更新される。なお、初期値には、クロック制度の最大誤差のカタログ値を使用する。例えば、G T の初期値は、「初期値 = ハードウェア起動時間 + (最大クロック誤差 [ppm] × スリープ設定時間)」で算出される。なお、スリープ設定時間は、スリープしている時間であり、例えば Beacon の間隔、言い換えると superframe の間隔である。

【 0 0 3 5 】

補正幅 D B 3 4 は、GW装置 1 0 とノード 3 0 との間の時間誤差の補正履歴を記憶するデータベースである。図 5 は、ノード 3 0 の補正幅 D B に記憶される情報の例を示す図である。図 5 に示すように、補正幅 D B 3 4 は、「回数、時刻補正幅 (m s e c)」を記憶する。「回数」は、補正回数を示し、「時刻補正幅」は、補正された時刻を示す。図 5 の場合、1 回目は 6 . 4 m s e c 補正され、2 回目は、5 . 6 m s e c 補正されたことを示す。

30

【 0 0 3 6 】

制御部 4 0 は、ノード 3 0 の全体を司る処理部であり、センシング部 4 1、データ処理部 4 2、状態遷移部 4 3、受信部 4 4、補正部 4 5、決定部 4 6 を有する。なお、センシング部 4 1、データ処理部 4 2、状態遷移部 4 3、受信部 4 4、補正部 4 5、決定部 4 6 は、プロセッサが有する電子回路の一例やプロセッサが実行するプロセスの一例である。

40

【 0 0 3 7 】

センシング部 4 1 は、センサを用いてセンサ値を取得する処理部である。例えば、センシング部 4 1 は、定期的にはまたはデータ送信タイミングで、センサからセンサ値を取得する。そして、センシング部 4 1 は、取得したセンサ値をデータ処理部 4 2 に出力する。

【 0 0 3 8 】

データ処理部 4 2 は、センシングデータを GW装置 1 0 に送信する処理部である。具体的には、データ処理部 4 2 は、センシングデータの送信タイミングになると、センシング部 4 1 から取得したセンサ値を含むセンシングデータを生成して GW装置 1 0 に送信する。例えば、データ処理部 4 2 は、B A N のsuperframe内のMAPにおいて、自ノードの送信

50

タイミングになると、センシングデータをGW装置10に送信する。

【0039】

状態遷移部43は、データ通信が発生しない期間はノード30をスリープさせ、データ通信が発生するタイミングで復帰させる処理部である。具体的には、状態遷移部43は、図3に示すように、Beaconの開始タイミングで復帰させ、その後スリープ状態に遷移させた後、MAP内で自ノードに割当てられた送信タイミングになると復帰させ、データ送信の完了後にスリープ状態に遷移させて、次のBeaconの開始タイミングで再度復帰させる。なお、ここで設定されるGTは、GT値DB33に記憶されるGT値に基づいて設定される。つまり、初期段階では初期値が設定、GT値が更新されると、更新後のGT値が設定される。

10

【0040】

受信部44は、GW装置10から報知信号を受信する処理部である。具体的には、受信部44は、GW装置10が各superframe内のBeaconのタイミングで送信した報知信号を受信し、当該報知信号を補正部45に出力する。

【0041】

補正部45は、GW装置10とノード30との間の時刻差を算出して、時刻同期を実行する処理部である。具体的には、補正部45は、報知信号が送信された時刻と報知信号を受信した時刻との差分を時刻差として算出する。

【0042】

さらに、補正部45は、GW装置10とノード30との間の送信レートと、報知信号のデータサイズとを考慮して、報知信号を受信すると予想される理論的な受信時刻を算出する。そして、補正部45は、報知信号から予測された理論的な受信時刻と、実際に報知信号を受信した受信時刻との差分を時刻差として算出することもできる。

20

【0043】

ここで、BANの無線フレームで送信される報知信号に基づく時刻同期を算出する。図6は、BANによる時刻同期を説明する図である。図6に示すように、GW装置10は、Beaconのタイミングになると、無線フレーム(superframe)の先頭からの経過時間をペイロードに設定した報知信号をノード30に送信する。また、ノード30の補正部45は、報知信号を受信したときの受信時刻を無線フレームの先頭からの経過時間と特定する。そして、補正部45は、報知信号内の経過時間(時刻情報)+報知信号の転送時間と、受信時刻(経過時間)とを比較し、差分がある場合は、ノード30の時刻を補正する。そして、補正部45は、時刻補正幅を補正幅DB34に格納する。

30

【0044】

一例を挙げると、報知信号内の送信時刻(時刻情報)が50msec、通信レートが100kbps、報知信号のデータサイズを50bytes、報知信号の受信時の経過時間を60msecとして説明する。この場合、補正部45は、送信時間を考慮して「 $50 + 50 \text{ bytes} / 100 \text{ kbps} = 50 + (50 \times 8) / 100 = 54 \text{ ms}$ 」を算出し、GW装置10側で無線フレームの先頭から54msec後に受信が完了する予定であると計算する。しかし、補正部45は、報知信号の受信時の経過時間が60msecであったことから、 $60 - 54 = 6$ を時刻差として算出する。そして、補正部45は、自ノード30の時刻を6msec遅くするように補正する。

40

【0045】

決定部46は、時刻補正の補正幅を用いて、GW装置10のクロック周波数とノード30のクロック周波数の誤差であるクロック誤差を算出する処理部である。また、決定部46は、算出したクロック誤差を用いて、BT値を決定する処理部である。具体的には、決定部46は、補正部45によって補正された時刻差を用いてクロック誤差を算出することもでき、時刻同期が所定回数実行された後、補正幅DB34に記憶される最大の補正幅を用いてクロック誤差を算出することもできる。

【0046】

例えば、決定部46は、最大誤差が7msecであり、スリープ設定時間が1時間であ

50

る場合、クロック誤差を「 $7.0 \text{ msec} / 1 \text{ 時間} \quad 2 \text{ ppm}$ 」と算出する。そして、決定部 46 は、上記 GT の算出手法を用いて、「 $(3600 \text{ 秒} \times 2 \text{ ppm}) + 3 \text{ ms}$ (ハードウェア起動時間) = 10.5 msec 」を GT として算出する。その後、決定部 46 は、算出した GT (10.5 msec) を GT 値 DB 33 に格納する。

【0047】

[GT 設定処理の流れ]

図 7 は、実施例 1 にかかる GT 設定処理の流れを示すフローチャートである。図 7 に示すように、ノード 30 の決定部 46 は、ノード 30 が初回起動すると、GT の初期値を設定する (S101)。

【0048】

その後、補正部 45 は、報知信号が受信されるたびに、同期処理を実行する (S102)。そして、決定部 46 は、規定回数以上の時刻同期が実行されると (S103: Yes)、補正幅 DB 34 を参照して、最大補正幅を取得する (S104)。

【0049】

そして、決定部 46 は、最大補正幅を用いてクロック誤差を算出するとともに、クロック誤差を用いて GT を更新する (S105)。その後、ノード 30 は、スリープ状態となり、報知信号の待ち状態となる (S106)。なお、S103 において、時刻同期が規定回数未満の場合 (S103: No)、S106 が実行される。

【0050】

[同期処理の流れ]

図 8 は、実施例 1 にかかる同期処理の流れを示すフローチャートである。なお、ここで実行される処理は、図 7 の S102 で実行される処理に該当する。

【0051】

図 8 に示すように、ノード 30 の受信部 44 は、報知信号を受信すると (S201)、報知信号から、対向装置の時刻情報を抽出する (S202)。続いて、補正部 45 は、報知信号を受信した時の自装置の時刻情報を取得し (S203)、両方の時刻情報を用いて差分を算出する (S204)。

【0052】

その後、補正部 45 は、算出した差分を用いて自装置の時刻を補正し (S205)、算出した差分を時刻補正幅として補正幅 DB 34 に格納する (S206)。

【0053】

[データ送信処理の流れ]

図 9 は、実施例 1 にかかるデータ送信処理の流れを示すフローチャートである。なお、データ送信処理と GT 設定処理とは、依存関係はなく独立して実行される。

【0054】

図 9 に示すように、ノード 30 の状態遷移部 43 は、スリープ状態から GT に到達すると (S301: Yes)、ノード 30 をスリープ状態から復帰させる (S302)。続いて、状態遷移部 43 は、報知信号が受信されると (S303: Yes)、ノード 30 をスリープ状態にする (S304)。

【0055】

その後、状態遷移部 43 は、データ送信時間になると (S305: Yes)、ノード 30 をスリープ状態から復帰させて通常状態に遷移させる (S306)。そして、センシング部 41 は、センサ値を取得し (S307)、データ処理部 42 は、センサ値を GW 装置 10 に送信する (S308)。その後、状態遷移部 43 は、センサ値の送信が完了すると、ノード 30 をスリープ状態にする (S309)。

【0056】

[効果]

上述したように、各ノード 30 は、報知信号受信時に同期処理を実行し、同期処理実行時、時刻の補正幅を算出して蓄積しておく。そして、各ノード 30 は、同期処理を規定回数完了した後、蓄積している時刻補正幅の中で最大の値を選択し、対向装置とのクロック

10

20

30

40

50

誤差を類推する。続いて、各ノード30は、類推したクロック誤差を利用してGTを初期値から更新する。

【0057】

つまり、各ノード30は、自装置のクロック周波数の誤差を求めて、自装置に適切なGTを設定することができる。このため、各ノード30に一律なGTを設定することなく、各ノード30の性能に一致したスリープ時間および復帰時間を設定することができるので、省電力の効果を向上させることができる。

【0058】

次に、一般的な省電力の効果と実施例1による省電力の効果を試算した結果を説明する。図10は、効果試算時の前提条件を示す図である。図10に示すように、クロック周波数は16MHz、クロック誤差の最大誤差は20ppm、スリープ時の消費電力が0.005mA、通常時の消費電力が50mA、データ送信時の消費電力が60mA、ハードウェア起動時間などのマージンが3msec、データ転送レートを100kbpsとする。

10

【0059】

次に、効果試算時の無線条件を説明する。図11は、効果試算時の無線条件を示す図である。ここでは、図3に示したBANを簡略化した無線フレームを図11に示す。図11に示すように、スリープ設定時間を1時間に設定し、1時間ごとに復帰とスリープとを繰り返す。また、送信対象のデータは50kbpsとし、データ転送時間は、「 $(50 \times 8) / 100 \text{ kbps} = 4 \text{ ms}$ 」とする。また、GTは、マージン(3ms) + クロック誤差に基づく値となる。ここで、クロック誤差は、最大20ppmであり、実施例1で測定した実測値は2ppmとする。

20

【0060】

このような条件において、従来と実施例1のそれぞれについて、GTの試算結果と消費電力の試算結果とを図12に示す。図12は、効果試算の結果を示す図である。図12に示すように、従来のGTは、「 $(3600 \text{ 秒} \times 20 \text{ ppm}) + 3 \text{ msec} = 72 \text{ msec} + 3 \text{ msec} = 75 \text{ msec}$ 」となる。一方で、実施例1では、「 $(3600 \text{ 秒} \times 2 \text{ ppm}) + 3 \text{ msec} = 7.2 \text{ msec} + 3 \text{ msec} = 10.2 \text{ msec}$ 」となる。したがって、実施例1の方が従来に比べて、64.8msecもスリープ時間が長い。

【0061】

また、1時間あたりの各消費電力は、スリープ時間の消費電力 + 通常時の消費電力 + データ送信時の消費電力として算出できる。すなわち、従来の消費電力は、「 $((3600000 - 75 - 4) \times 0.005 + (75 \times 50) + (4 \times 60)) / 3600 = 0.006108 \text{ mA h}$ 」となり、実施例1の消費電力は、「 $((3600000 - 10.2 - 4) \times 0.005 + (10.2 \times 50) + (4 \times 60)) / 3600 = 0.005208 \text{ mA h}$ 」となる。この結果、消費電流を14.7%削減でき、電池の持続時間が17.2%向上する結果を得ることができる。

30

【実施例2】

【0062】

実施例1では、各ノード30がGTを算出して設定する例を説明したが、これに限定されるものではなく、GW装置10が各ノード30のGTを算出することもできる。そこで、実施例2では、GW装置10が各ノード30のGTを算出して、各ノード30に通知する例を説明する。なお、システムの全体構成等は、実施例1と同様なので、詳細な説明は省略する。

40

【0063】

[算出手法]

まず、実施例2におけるGTの算出手法を説明する。具体的には、GW装置10はいくつかの手法を用いて処理することができる。例えば、各ノード30は、ノード30側で報知信号を用いた時刻補正を行った際の時刻補正幅を保持しておき、センシングデータ送信と併せてGW装置10側に補正幅を通知する。GW装置10は、ノード30側の時刻補正幅を受信すると、実施例1と同様の方式で時刻補正幅の蓄積を行う。そして、GW装置

50

10は、実施例1のノード30と同様の手法を用いて、ノード30のクロック誤差を類推してGTを算出し、算出したGTをノード30に通知する。

【0064】

別例としては、GW装置10は、GW装置10と各ノード30との間でデータ送信タイミング（帯域）が固定的に割り当てられている場合、GW装置10側のデータ受信時刻を用いて、時刻誤差を類推することもできる。具体的には、GW装置10は、ノード30毎の帯域割当（データ送信開始）時刻と送信データ長より、GW装置10側でデータの受信予定時刻を算出する。そして、GW装置10は、算出した時刻と実際の受信完了時刻の差分より、ノード30との時刻誤差を類推し、内部のテーブルに保持する。

【0065】

図13は、実施例2の時刻誤差の類推を説明する図である。図13に示すように、GW装置10とノード30の間では、データ送信時刻が予め取り決められている。この状態で、ノード30は、予め決められた時間になると、ノード30が認識しているアップリンク用の帯域を用いてセンシングデータをGW装置10に送信する。GW装置10は、センシングデータを実際に受信したときの受信時刻と、送信時間等を用いて算出した受信予定時刻（理論値）と比較して、GW装置10とノード30との時刻差を算出する。その後、GW装置10は、時刻差からクロック誤差を算出し、クロック誤差からGTを算出して、ノード30に通知する。ノード30は、通知されたGTを設定する。

【0066】

[機能構成]

図14は、実施例2にかかる各装置の機能構成を示す機能ブロック図である。ここでは、図13で説明した手法を説明する。

【0067】

(GW装置の構成)

図14に示すように、GW装置10は、通信部11、記憶部12、制御部20を有する。なお、通信部11および記憶部12は、実施例1と同様なので、詳細な説明を省略する。制御部20は、GW装置10全体を司る処理部であり、データ受信部23、類推部24、通知部25を有する。

【0068】

データ受信部23は、センシングデータをノード30から受信する処理部である。具体的には、データ受信部23は、ノード30が予め指定された時間になったときに送信したセンシングデータを受信する。

【0069】

類推部24は、ノード30との時刻差、ノード30とのクロック誤差を類推する処理部である。例えば、ノード30からGW装置10へのセンシングデータ送信用の帯域が、無線フレームの先頭から100msの時刻と割り当てられており、その帯域を用いてノード30からGW装置10に対して通信レート100kbpsで50バイトのデータを送信したとする。

【0070】

この場合、類推部24は、「100 + 50バイト / 100kbps」によって、GW装置10側で無線フレームの先頭から104ms後に受信が完了する予定であると計算する。しかし、類推部24は、実際のデータ受信完了時刻が無線フレームの先頭から109msであった場合、109 - 104 = 5msがGW装置10とノード30との時刻誤差であると類推する。

【0071】

さらに、類推部24は、クロック誤差として、「時刻差 / スリープ設定時間 = 5.0ms / 1時間 1ppm」を算出する。この結果、類推部24は、「GTの初期値 = ハードウェア起動時間 + (最大クロック誤差 [ppm] × スリープ設定時間)」を用いて、「3ms (ハードウェア起動時間) + (3600秒 × 1ppm) = 6.6ms」をGTとして算出する。そして、類推部24は、算出結果「GT = 6.6ms」を通知部

10

20

30

40

50

25に出力する。

【0072】

通知部25は、類推部24によって決定されたGTの値を該当するノード30に送信する処理部である。例えば、通知部25は、算出結果「GT = 6.6 msec」をノード30に送信して、ノード30にGTの更新を指示する。

【0073】

(ノードの構成)

図14に示すように、ノード30は、通信部31、記憶部32、制御部40を有する。なお、通信部31および記憶部32は、実施例1と同様なので、詳細な説明を省略する。制御部40は、ノード30全体を司る処理部であり、センシング部41、データ処理部42、状態遷移部43、GT補正部47を有する。このうち、ここでは、実施例1とは異なる処理を実行するデータ処理部42とGT補正部47について説明する。

10

【0074】

データ処理部42は、予め指定した時間になると、時刻情報を含めたセンシングデータを生成して、GW装置10に送信する処理部である。例えば、データ処理部42は、各superframeにおいて、送信タイミングに到達すると、現在のsuperframeの先頭からの経過時間およびセンサ値を含めたセンシングデータを生成する。そして、データ処理部42は、センシングデータを、GW装置10に送信する。

【0075】

GT補正部47は、GTの初期設定および更新を実行する処理部である。例えば、GT補正部47は、ノード30の初回起動時はGT値DB33に初期値を設定する。なお、初期値は、実施例1と同様の手法で算出することができる。そして、GT補正部47は、GW装置10からGT値を受信すると、受信したGT値でGT値DB33に記憶される値を更新する。

20

【0076】

[フレーム構成]

図15は、実施例2におけるBANのフレーム構成を説明する図である。上述した手法により、各ノード30は、報知信号も使用しない状態で、自装置のデータ送信タイミングを認識していることから、MAPで割り与えられたデータ送信の直前に復帰することができる。このとき、図15示すように、ノード30は、データ送信の開始時刻よりも、GW装置10から通知されたGT時間分だけ前に復帰する。この結果、スリープ状態をより長くすることができる。

30

【0077】

[データ送信処理]

図16は、実施例2にかかるデータ送信処理の流れを示すフローチャートである。図16に示すように、ノード30の状態遷移部43は、スリープ状態からGTに到達すると(S401:Yes)、ノード30をスリープ状態から復帰させる(S402)。

【0078】

続いて、センシング部41は、センサ値を取得し(S403)、データ処理部42は、時刻情報およびセンサ値を含むセンシングデータをGW装置10に送信する(S404)。その後、状態遷移部43は、センシングデータの送信が完了すると、ノード30をスリープ状態にする(S405)。

40

【0079】

[GT算出処理]

図17は、実施例2にかかるGT算出処理の流れを示すフローチャートである。図17に示すように、GW装置10の類推部24は、データ受信部23によってセンシングデータを受信すると(S501:Yes)、受信時刻を特定する(S502)。

【0080】

続いて、類推部24は、センシングデータに含まれる時刻情報等を用いて、受信予定時刻(理論値)を算出し(S503)、受信時刻と理論値との差分を用いてクロック誤差を

50

類推し（S504）、類推結果を用いてGTを算出する（S505）。そして、通知部25は、算出したGTの値をノード30に通知する（S506）。

【0081】

[効果]

図15に示したように、各ノード30は、MAPで割り与えられたデータ送信の開始時刻よりも、GW装置10から通知されたGT時間分だけ前に復帰することができるので、スリープ状態をより長くすることができ、消費電力をより削減することができる。

【実施例3】

【0082】

さて、これまで本発明の実施例について説明したが、本発明は上述した実施例以外にも、種々の異なる形態にて実施されてよいものである。そこで、以下に異なる実施例を説明する。

【0083】

[通信手法]

上記実施例1-2では、無線通信を例にして説明したが、これに限定されるものではなく、各種有線による通信であっても同様に処理することができる。また、実施例1では、superframeで通常状態に遷移した後、データ送信時までスリープ状態に再度遷移する例を説明したが、これに限定されるものではない。例えば、ノード30は、superframeで通常状態に遷移した後、データ送信時まで通常状態を維持し、データ送信完了後から次のsuperframeまでスリープ状態になるように制御することもできる。

【0084】

[ノード単位]

上記実施例1-2で説明した処理は、各ノード単位で実行することができる。また、定期的に行うことで、内蔵する電子回路の経年劣化に追従して、GTを更新することができる。また、実施例1と2は、矛盾のない範囲内で適宜組み合わせることができる。

【0085】

[システム]

記文書中や図面中で示した処理手順、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。

【0086】

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ない。つまり、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。さらに、各装置にて行なわれる各処理機能は、その全部または任意の一部が、CPUおよび当該CPUにて解析実行されるプログラムにて実現され、あるいは、ワイヤードロジックによるハードウェアとして実現され得る。

【0087】

[GW装置10のハードウェア構成]

図18は、GW装置10のハードウェア構成例を示す図である。図18に示すように、GW装置10は、通信インタフェース10a、HDD(Hard Disk Drive)10b、メモリ10c、プロセッサ10dを有する。

【0088】

通信インタフェース10aは、他の装置の通信を制御するネットワークインタフェースカードや無線インタフェースなどである。HDD10bは、プログラムやデータなどを記憶する記憶装置の一例である。

【0089】

メモリ10cの一例としては、SDRAM(Synchronous Dynamic Random Access Memory)等のRAM(Random Access Memory)、ROM(Read Only Memory)、フラッシュメモリ等が挙げられる。プロセッサ10dの一例としては、CPU(Central Pro

10

20

30

40

50

cessing Unit)、DSP (Digital Signal Processor)、FPGA (Field Programmable Gate Array)、PLD (Programmable Logic Device) 等が挙げられる。

【0090】

また、GW装置10は、プログラムを読み出して実行することで通信方法を実行する情報処理装置として動作する。つまり、GW装置10は、報知部21とデータ受信部22と同様の機能を実行するプログラムやデータ受信部23、類推部24、通知部25と同様の機能を実行するプログラムを実行する。この結果、GW装置10は、報知部21、データ受信部22、データ受信部23、類推部24、通知部25と同様の機能を実行するプロセスを実行することができる。なお、この他の実施例でいうプログラムは、GW装置10によって実行されることに限定されるものではない。例えば、他のコンピュータまたはサーバがプログラムを実行する場合や、これらが協働してプログラムを実行するような場合にも、本発明を同様に適用することができる。

10

【0091】

このプログラムは、インターネットなどのネットワークを介して配布することができる。また、このプログラムは、ハードディスク、フレキシブルディスク(FD)、CD-ROM、MO (Magneto-Optical disk)、DVD (Digital Versatile Disc)などのコンピュータで読み取り可能な記録媒体に記録され、コンピュータによって記録媒体から読み出されることによって実行することができる。

【0092】

[ノード30のハードウェア構成]

20

図19は、ノード30のハードウェア構成例を示す図である。図19に示すように、ノード30は、無線部30a、センサ30c、HDD30d、メモリ30e、プロセッサ30fを有する。

【0093】

無線部30aは、アンテナ30bを介して、他の装置の通信を制御する無線インタフェースなどである。センサ30cは、水位などを測定するセンサ装置である。HDD30dは、プログラムやデータなどを記憶する記憶装置の一例である。

【0094】

メモリ30eの一例としては、SDRAM等のRAM、ROM、フラッシュメモリ等が挙げられる。プロセッサ30fの一例としては、MCUやCPU等が挙げられる。

30

【0095】

また、ノード30は、プログラムを読み出して実行することで通信方法を実行する情報処理装置として動作する。つまり、ノード30は、センシング部41、データ処理部42、状態遷移部43、受信部44、補正部45、決定部46、GT補正部47と同様の機能を実行するプログラムを実行する。この結果、ノード30は、データ処理部42、状態遷移部43、受信部44、補正部45、決定部46、GT補正部47と同様の機能を実行するプロセスを実行することができる。なお、この他の実施例でいうプログラムは、ノード30によって実行されることに限定されるものではない。例えば、他のコンピュータまたはサーバがプログラムを実行する場合や、これらが協働してプログラムを実行するような場合にも、本発明を同様に適用することができる。

40

【0096】

このプログラムは、インターネットなどのネットワークを介して配布することができる。また、このプログラムは、ハードディスク、フレキシブルディスク(FD)、CD-ROM、MO、DVDなどのコンピュータで読み取り可能な記録媒体に記録され、コンピュータによって記録媒体から読み出されることによって実行することができる。

【符号の説明】

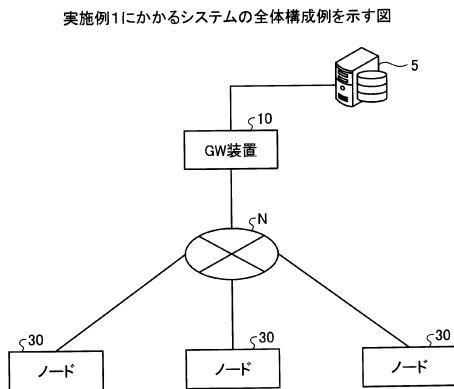
【0097】

- 10 GW装置
- 11 通信部
- 12 記憶部

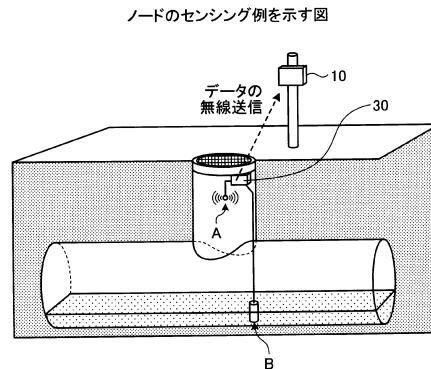
50

- 1 3 センサ値 D B
- 2 0 制御部
- 2 1 報知部
- 2 2、2 3 データ受信部
- 2 4 類推部
- 2 5 通知部
- 3 0 ノード
- 3 1 通信部
- 3 2 記憶部
- 3 3 G T 値 D B
- 4 0 制御部
- 4 1 センシング部
- 4 2 データ処理部
- 4 3 状態遷移部
- 4 4 受信部
- 4 5 補正部
- 4 6 決定部
- 4 7 G T 補正部

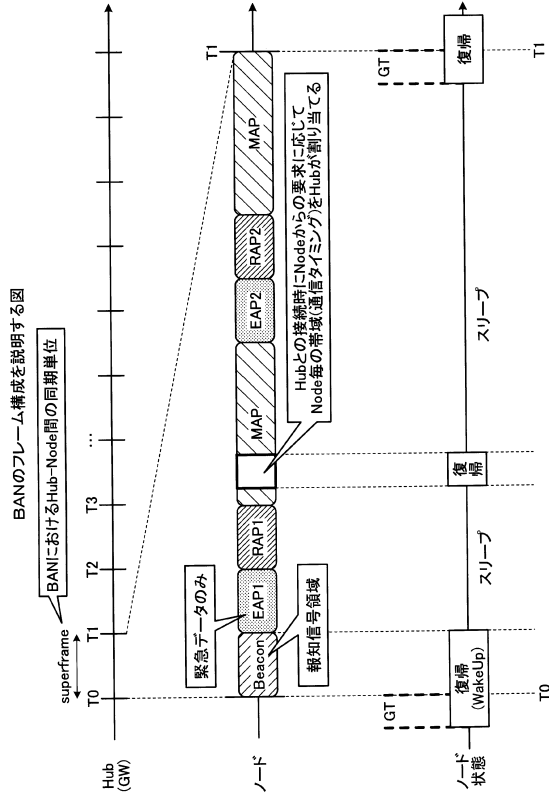
【図 1】



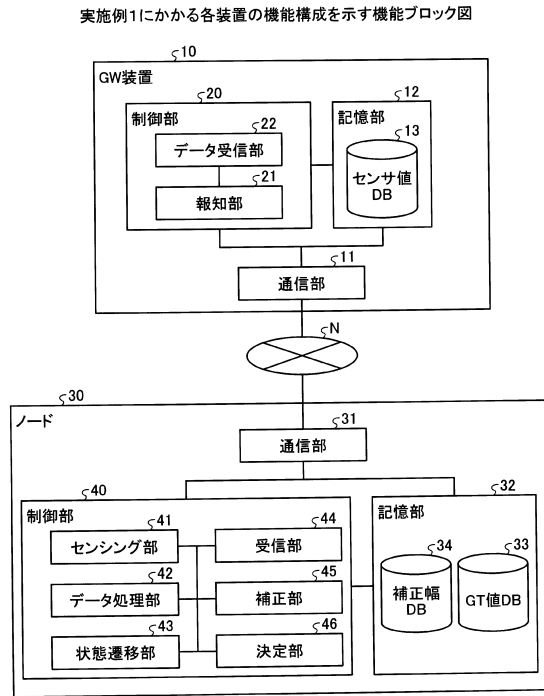
【図 2】



【図3】



【図4】

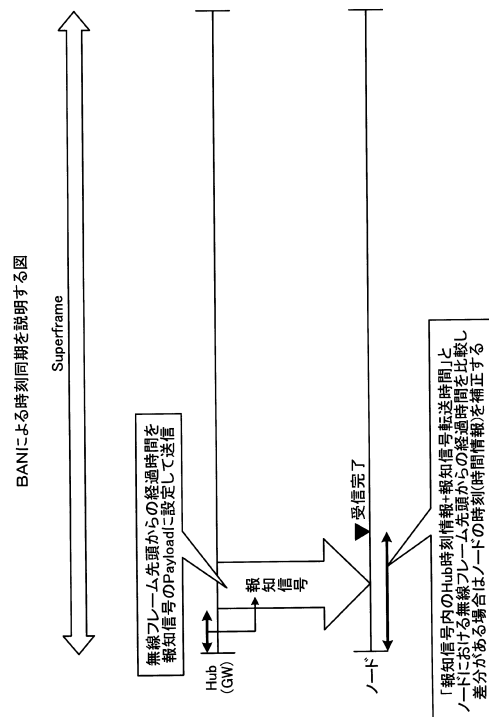


【図5】

ノードの補正幅DBに記憶される情報の例を示す図

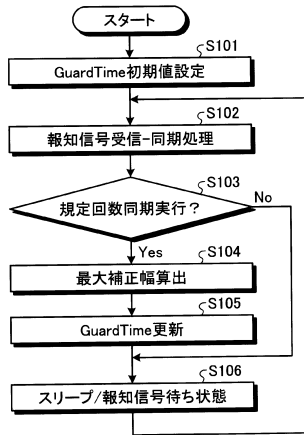
回数	時刻補正幅[msec]
1	6.4
2	5.6
3	7.0
...	
X	6.2

【図6】



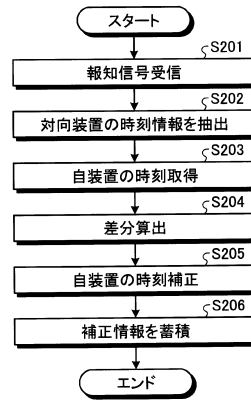
【 図 7 】

実施例1にかかるGT設定処理の流れを示すフローチャート



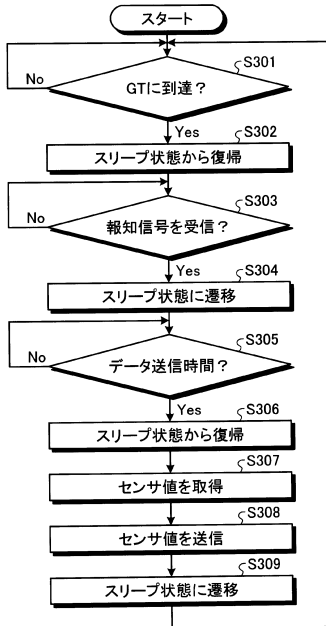
【 図 8 】

実施例1にかかる同期処理の流れを示すフローチャート



【 図 9 】

実施例1にかかるデータ送信処理の流れを示すフローチャート

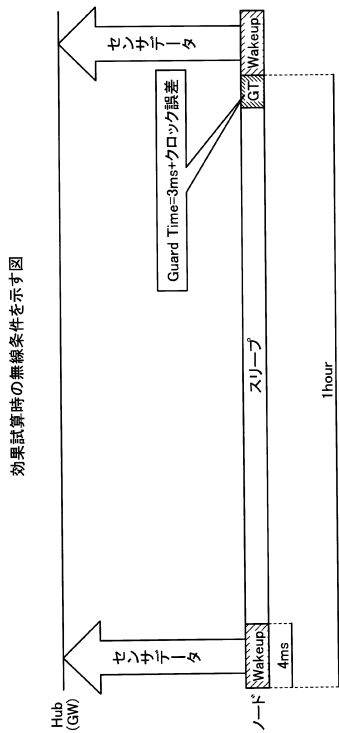


【 図 10 】

効果試算時の前提条件を示す図

条件		値
クロック	周波数	16MHz
	誤差	±10ppm(対向装置間の最大誤差は20ppm)
消費電流	スリープ時	0.005mA
	通常(Wakeup)時	50mA
	送信時	60mA
HW起動時間などのマージン		3msec
データ転送レート		100kbps

【図11】



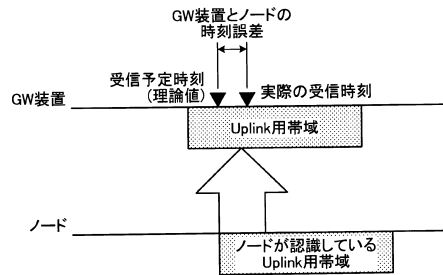
【図12】

効果試算の結果を示す図

	GuardTime	消費電流
最大 (従来)	$(3600 \text{秒} \times 20 \text{ppm}) + 3 \text{msec} = 72 \text{msec} + 3 \text{msec} = 75 \text{msec}$	$((3600000 - 75 - 4) \times 0.005 + (75 \times 50) + (4 \times 60)) / 3600 = 0.006108 \text{mAh}$
最適 (実施例1)	$(3600 \text{秒} \times 2 \text{ppm}) + 3 \text{msec} = 7.2 \text{msec} + 3 \text{msec} = 10.2 \text{msec}$	$((3600000 - 10.2 - 4) \times 0.005 + (10.2 \times 50) + (4 \times 60)) / 3600 = 0.005208 \text{mAh}$

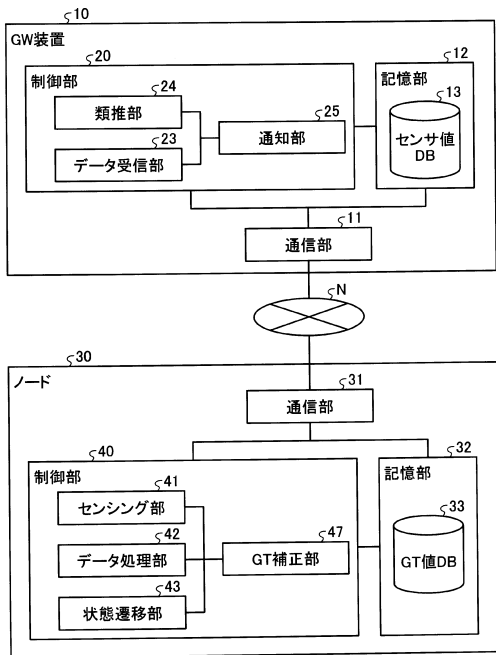
【図13】

実施例2の時刻誤差の類推を説明する図



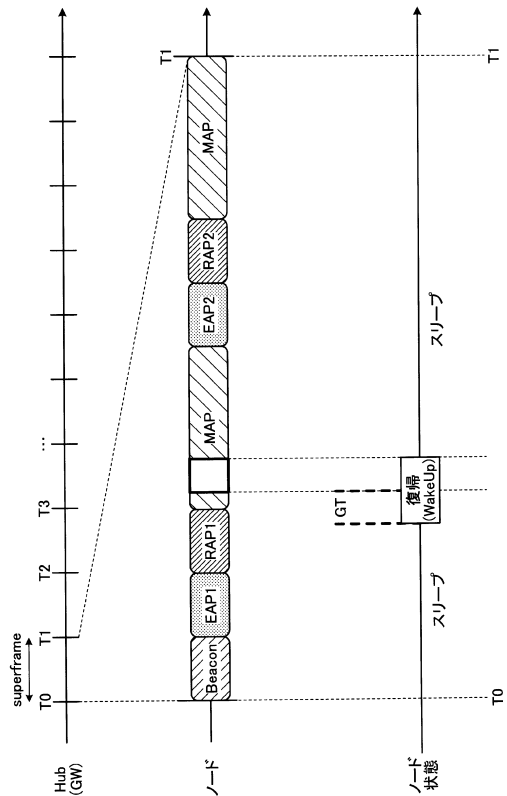
【図14】

実施例2にかかる各装置の機能構成を示す機能ブロック図



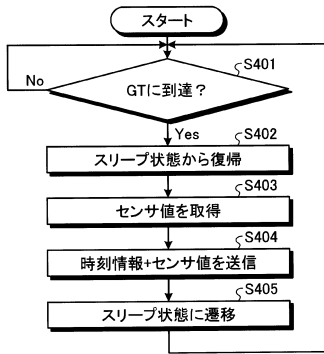
【図15】

BANのフレーム構成を説明する図



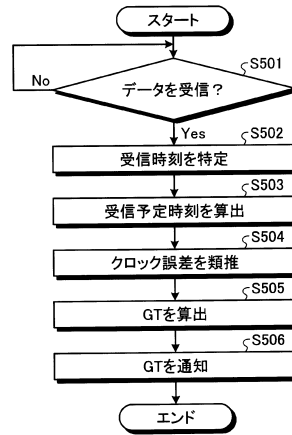
【図16】

実施例2にかかるデータ送信処理の流れを示すフローチャート



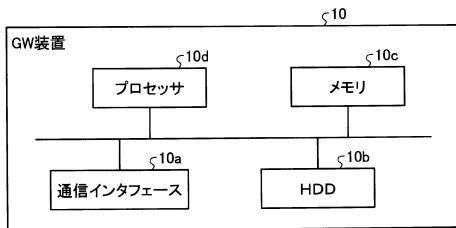
【図17】

実施例2にかかるGT算出処理の流れを示すフローチャート



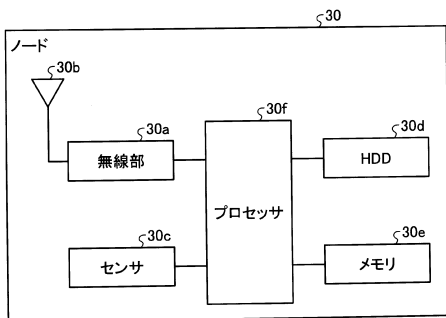
【図18】

GW装置のハードウェア構成例を示す図



【図19】

ノードのハードウェア構成例を示す図



フロントページの続き

- (72)発明者 菊月 達也
神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内
- (72)発明者 和田 章宏
神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内

審査官 三枝 保裕

- (56)参考文献 特開2011-150492(JP,A)
特開2010-028503(JP,A)
特開2005-286998(JP,A)
特開2014-138304(JP,A)
特開2016-123018(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H04B 7/24 - 7/26
H04W 4/00 - 99/00
H04L 7/00
3GPP TSG RAN WG1-4
SA WG1-4
CT WG1、4