

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5477743号
(P5477743)

(45) 発行日 平成26年4月23日(2014.4.23)

(24) 登録日 平成26年2月21日(2014.2.21)

| | |
|----------------------|---------------|
| (51) Int. Cl. | F I |
| HO4W 56/00 (2009.01) | HO4W 56/00 |
| HO4W 4/04 (2009.01) | HO4W 4/04 113 |
| HO4W 92/18 (2009.01) | HO4W 92/18 |
| HO4J 11/00 (2006.01) | HO4J 11/00 Z |

請求項の数 6 (全 18 頁)

| | |
|---|--|
| (21) 出願番号 特願2010-105851 (P2010-105851) | (73) 特許権者 504133110 国立大学法人電気通信大学 東京都調布市調布ヶ丘一丁目5番地1 |
| (22) 出願日 平成22年4月30日(2010.4.30) | (74) 代理人 110000925 特許業務法人信友国際特許事務所 |
| (65) 公開番号 特開2011-234327 (P2011-234327A) | (72) 発明者 田中 久陽 東京都調布市調布ヶ丘一丁目5番地1 国立大学法人電気通信大学内 |
| (43) 公開日 平成23年11月17日(2011.11.17) | (72) 発明者 篠原 健太 東京都調布市調布ヶ丘一丁目5番地1 国立大学法人電気通信大学内 |
| 審査請求日 平成25年3月1日(2013.3.1) | 審査官 望月 章俊 |
| 特許法第30条第1項適用 平成22年2月25日 社団法人電子情報通信学会発行「電子情報通信学会技術研究報告 信学技報Vol. 109 No. 443」 | 最終頁に続く |

(54) 【発明の名称】 通信装置及び通信方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

近隣の他の通信装置との間で双方向に無線信号の送信及び受信を行う通信装置において、

前記無線信号の受信処理を行う無線信号受信部と、

前記無線信号の送信処理を行う無線信号送信部と、

OFDM方式のデジタル放送信号を受信し、受信したデジタル放送信号からガードインターバルを検出するOFDM信号受信部と、

測位用時刻情報又はタイミング情報を受信する測位信号受信部と、

前記無線信号送信部での送信処理を行うための通信タイミングを、前記無線信号受信部で受信した信号に基づいて設定すると共に、前記OFDM信号受信部が受信して得たガードインターバルの検出タイミングに基づいて前記通信タイミングを補正する通信タイミング設定部とを備え、

前記通信タイミング設定部は、前記測位信号受信部で測位信号を受信できた場合に、受信した測位信号に含まれる時刻情報又はタイミング情報を、前記無線信号送信部から送信させ、前記測位信号の受信に成功しない場合に、前記OFDM信号受信部が受信して得たガードインターバルの検出タイミングに基づいて前記通信タイミングを補正する処理を実行することを特徴とする通信装置。

【請求項2】

請求項1記載の通信装置において、

前記測位信号はGPS信号であり、GPS信号を受信して時刻情報を取得してから一定期間、受信したGPS信号に含まれる時刻情報又はタイミング情報を、前記無線信号送信部から送信させることを特徴とする通信装置。

【請求項3】

請求項1又は2記載の通信装置において、

前記通信タイミング設定部は、通信タイミングを決めるクロックのカウンタのカウント値を、前記OFDM信号受信部が受信して得た同期タイミング成分に基づいて補正することを特徴とする通信装置。

【請求項4】

請求項1又は2記載の通信装置において、

前記通信タイミング設定部は、通信タイミングを決めるクロックを生成させる発振器の発振周波数を、前記OFDM信号受信部が受信して得た同期タイミング成分に基づいて補正することを特徴とする通信装置。

【請求項5】

請求項1～4のいずれか1項に記載の通信装置において、

前記通信タイミング設定部は、前記無線信号受信部が受信した無線信号の送信相手側の送信タイミングのずらし量の情報を取得し、その取得したずらし量と、自身の通信タイミングのずらし量とを用いて、次の自身の送信タイミングのずらし量を求め、その求めたずらし量の情報を、次の送信タイミングの送信データに含めることを特徴とする通信装置

。

【請求項6】

複数台の通信装置の間で双方向に無線信号の送信及び受信を行う通信方法において、

OFDM方式のデジタル放送信号を受信し、受信したデジタル放送信号からガードインターバルを検出し、

測位信号を受信して、その受信した測位信号に含まれる測位用時刻情報又はタイミング情報を検出し、

前記無線信号の送信処理を行うための通信タイミングを、前記無線信号の受信処理で得た受信信号に基づいて設定すると共に、前記ガードインターバルの検出タイミングに基づいて前記通信タイミングを補正し、

さらに、前記測位信号を受信できた場合に、受信した測位信号に含まれる時刻情報又はタイミング情報を、送信する無線信号に含ませて送信させ、前記測位信号の受信に成功しない場合に、前記ガードインターバルの検出タイミングに基づいて前記通信タイミングを補正する処理を実行することを特徴とする通信方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、例えば自動車などの車両間で通信を行うのに適用して好適な通信装置、及びその通信装置に適用される通信方法に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、自動車などの車両どうしの間で無線通信（以下車車間通信と称する）を行うようにして、各車両の走行状態などを近隣の車両とデータ伝送して、交通事故防止などを目的とした安全運転支援システムを構築することが提案され、各種実験が行われている。

【0003】

車車間通信を行う場合の通信方式としては、例えば、無線LANなどに適用されているCSMA（Carrier Sense Multiple Access）方式を適用することが考えられる。このCSMA方式では、各車両の通信装置で、用意された伝送チャンネルの状態を一定期間モニタして、通信中であると判断した場合には送信を行わず、通信が行われていないと判断したとき、パケットの送信を行う方式である。このCSMA方式を車車間通信に適用した場合には、比較的混雑していない道路を走行中の場合には、近隣の車両の台数が限られてい

10

20

30

40

50

るため、比較的良好に通信が可能である。

【 0 0 0 4 】

しかしながら、CSMA方式では、自らの通信装置と直接無線通信ができない隠れ端末の問題や、制御メッセージの伝送によるトラヒックの増大による通信品質の低下などの問題がある。このため、車車間通信においては、自律分散型TDMA (Time Division Multiple Access) 方式が注目されている。この自律分散型TDMA方式では、フレーム周期を定めて、そのフレーム周期内の1つのスロットを使ってパケットの送信を行う方式である。但し、車車間通信の場合には基本的に制御信号などを送信する基地局が存在しない通信であるので、フレーム周期を他の車両の通信装置とどのように同期させるのかが問題になる。

10

【 0 0 0 5 】

図11は、この車車間通信が行われている状態の例である。この例では、移動体である車両に端末を搭載させてあり、複数台の端末で通信中の端末群A, B, C, Dの4つのグループでの車車間通信が、道路上の近隣の位置で行われている状態を示している。それぞれの端末群内では、自律分散型TDMA方式でフレーム周期を決めて、そのフレーム周期内のスロット単位で無線通信が行われている。

【 0 0 0 6 】

ここで、従来の自律分散型TDMA方式で通信を行う端末装置の構成例について説明する。

図12は、従来の自律分散型タイミング同期手法を適用した通信装置の構成例を示した図である。

20

図12に基づいて構成を説明すると、この例では、送受信アンテナ101を備え、この送受信アンテナ101が、切替スイッチ102を介して無線受信部103と無線送信部104とに選択的に接続される構成としてある。無線送信部104は、データ生成部112から供給される送信パケットを、クロック発生部111で発生させたクロックに同期させて送信させる。無線受信部103は、受信したパケットをずらし量取得部105に供給すると共に位相差検出部106に供給する。

【 0 0 0 7 】

ずらし量取得部105は、受信部103で受信したパケットに含まれる情報である、ずらし量の情報を取得する。このずらし量は、パケットの送信元で付与された情報であり、受信可能な全ての通信装置で取得される。取得されたずらし量の情報は、加算器107に供給する。

30

【 0 0 0 8 】

位相差検出部106は、クロック発生部111から供給されるクロックパルスのタイミングと、受信部103でパケットを受信するタイミングとの位相差を検出する。検出した位相差の情報は加算器107に供給する。

【 0 0 0 9 】

加算器107では、ずらし量取得部105で取得したずらし量の情報と、位相差検出部106で取得した位相差の情報とを加算してタイミング誤差情報とし、そのタイミング誤差情報をメモリ108に供給して記憶させる。メモリ108には、複数の各端末(通信装置)から送信されたパケットごとに、位相差検出部106で検出された位相差とずらし量とを加算して得たタイミング誤差情報を記憶させてある。

40

ここでのタイミング誤差情報とは、クロック発生部111から出力されるパルスのタイミングと、自局に近接した信号を受信可能な各通信装置が次にパケットを送信すると予想されるタイミングとの差の情報である。

【 0 0 1 0 】

メモリ108に記憶されたタイミング誤差情報は、平均算出部109に送られる。平均算出部109では、メモリ108に蓄積されている複数の通信装置毎に算出されているタイミング誤差の平均値が算出される。

【 0 0 1 1 】

50

平均算出部 109 で算出されたタイミング誤差の平均値は、較正部 110 に送られる。較正部 110 では、タイミング誤差の平均値に基づいた較正出力を生成し、この較正出力をクロック発生部 111 及びデータ生成部 112 に供給する。

【0012】

データ生成部 112 では、指示された較正出力をタイミング情報として含まれた送信パケットを生成させ、生成された送信パケットを無線送信部 104 に供給して、無線送信部 104 に接続された送受信アンテナ 101 から、近隣の通信装置に対して無線送信させる。無線送信させるタイミングについても、クロック発生部 111 から指示される。

【0013】

図 13 のフローチャートは、この通信装置での通信動作を示したものである。このフローチャートは、各通信装置が通信タイミングを周辺の通信装置と同期を確保して、その同期を維持するための動作である。

10

まず、通信装置は各自の通信の最小単位である一周の間、周辺の通信装置から送られてくるビーコンやデータパケットなどをもとに周辺装置の通信タイミングを観測する（ステップ S1）。この周辺装置の通信タイミングの観測は、平均算出部 109 での処理に相当する。そして、周辺の通信装置の通信タイミングの分布や平均などの統計値をもとに、自身の通信タイミングを補正する（ステップ S2）。この補正処理は、較正部 110 での処理に相当する。そして、ステップ S2 において補正した自身の通信タイミングの情報を送信パケットに付加し、周辺の通信装置に対し通知を行なう（ステップ S3）。そしてステップ S1 の処理に戻る。

20

【0014】

この図 13 のフローチャートに示す処理をそれぞれの通信装置が行うことで、近隣の通信装置との間で通信タイミングの同期が取れるようになり、同期したタイミングで良好に通信が可能となる。

特許文献 1 には、このような同期処理を行う通信技術の例についての記載がある。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0015】

【特許文献 1】特開 2008 - 22307 号公報

【発明の概要】

30

【発明が解決しようとする課題】

【0016】

図 12 に示した構成の通信装置で、図 13 に示したようにタイミング情報を通知しあって同期させることで、例えば近隣の通信装置の台数が少ない場合には、比較的短時間で適正に同期させることが出来る。ところが、実際に車車間通信を行う状態を想定した場合には、例えば混雑した道路を走行しているような場合には、非常に多くの通信装置が近隣に存在することが想定され、そのような場合には、図 13 のフローチャートに示した処理を行うだけでは、種々の要因から全ての通信装置で完全に同期させるのは困難である。

即ち、通信装置の台数が多すぎると、図 13 で説明したようなタイミング情報の通知だけでは、ネットワーク全体のタイミング同期が完了せずに非同期状態に収束してしまうという問題が生じる。

40

【0017】

この問題点を解決するための別の同期処理としては、例えば、衛星から送信される測位用の時刻情報信号である GPS (Global Positioning System) 信号を受信して、通信装置で設定される通信タイミングを、その受信した測位信号により得られた時刻に同期したタイミングに設定することが考えられる。

【0018】

ところが、現実環境においては様々な要因により、GPS 信号で得られる時刻の精度の劣化が発生する。その 1 つとして挙げられるのが、ビルや森林、トンネルなどの遮蔽物による測位率の低下である。一般に GPS 受信機に搭載されている内部時計の精度は高くな

50

く、数十秒間測位ができない状態となった場合、車車間通信で要求される同期精度から大きく外れてしまう。また、GPS信号の精度に関しても常に保証されてはならず、GPS衛星の配置や天候、さらに車車間通信の場合は移動体環境であるためにフェージングの影響も受けることになり、大幅な時刻精度の劣化が起こりうる。

【0019】

また、タイミング情報を通知することで同期処理を行うものは、「データパケットを誤りなく受信できていること」を前提として性能向上を図っており、データパケットが正しく受信できない状況では、他の端末と同期させることが困難である。即ち、図12の構成で円滑なタイミング同期を実現するためにはデータパケットに含まれる「ずらし量」を取得できることが必要不可欠である。しかし、ネットワークの開始直後など、タイミング同期が十分になされていない環境においては、データパケット同士の衝突は不可避であり、従ってこれら公知技術に基づくさまざまな改良が有効に機能しない可能性が挙げられる。

10

さらに、もう1点の問題として、各端末がもっている時刻を管理する発振器（例えば図12のクロック発生部111が持つ発振器）に個体差や環境に依存した誤差が発生してしまうことが知られている。発振器に基づく時刻の進み方が端末により異なる場合、同期誤差が発生してしまい、自律分散型TDMAが機能しなくなる可能性を有している。

【0020】

本発明はかかる点に鑑みてなされたものであり、車両間通信などに適用可能な自律分散型同期通信を行う場合に、他の通信装置との無線通信状態の良否に係わらず、各通信装置で迅速に通信タイミングの同期がとれるようにすることを目的とする。

20

【課題を解決するための手段】

【0021】

本発明は、近隣の他の通信装置との間で双方向に無線信号の送信及び受信を行う通信装置に適用される。他の通信装置から送信された無線信号の受信信号に基づいて、自らの通信装置が管理している通信タイミングを設定する。そして、OFDM方式のデジタル放送信号を受信し、受信したデジタル放送信号からガードインターバルを検出する。さらに、測位信号を受信して、その受信した測位信号に含まれる測位用時刻情報又はタイミング情報を検出する。そして、ガードインターバルの検出タイミングに基づいて、設定される通信タイミングを補正する。ここで、測位信号を受信できた場合には、その測位信号を受信できてから一定期間、受信した測位信号に含まれる時刻情報又はタイミング情報を、送信する無線信号に含ませて送信させ、測位信号の受信に成功しない場合に、ガードインターバルの検出タイミングに基づいて通信タイミングを補正する処理を実行する。

30

【発明の効果】

【0022】

本発明によると、自律分散型TDMA方式のようなタイミング同期を必要とする通信システムにおいて、高速かつ安定な同期状態を実現することができる。特に本発明は、車車間通信のような、通信装置を搭載した車両などの移動が顕著な環境においても安定した効果が見込まれる。本発明は特にITSにおける安全運転支援システムでの利用が期待されている。

【図面の簡単な説明】

40

【0023】

【図1】本発明の第1の実施の形態による通信装置の構成例を示すブロック図である。

【図2】OFDM信号の1シンボルの例を示した説明図である。

【図3】本発明の第1の実施の形態による補正処理例を示したフローチャートである。

【図4】本発明の第1の実施の形態による各信号の例を示した説明図である。

【図5】本発明の第1の実施の形態によるフレーム構成の例を示す説明図である。

【図6】本発明の第1の実施の形態による他の端末との同期処理例を示すフローチャートである。

【図7】本発明の第1の実施の形態による同期状態の変化を示す特性図である。

【図8】本発明の第2の実施の形態による通信装置の構成例を示すブロック図である。

50

【図 9】本発明の第 3 の実施の形態による通信装置の構成例を示すブロック図である。

【図 10】本発明の第 3 の実施の形態によるタイミング通知処理例を示したフローチャートである。

【図 11】移動体ネットワークの一例を示す説明図である。

【図 12】従来の通信装置の構成例を示すブロック図である。

【図 13】従来のタイミング通知処理例を示したフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0024】

以下の順序で、本発明の実施の形態を説明する。

1. 第 1 の実施の形態 (図 1 ~ 図 7)
2. 第 2 の実施の形態 (図 8)
3. 第 3 の実施の形態 (図 9 , 図 10)
4. 変形例

10

【0025】

[1. 第 1 の実施の形態]

図 1 ~ 図 7 を参照して、本発明の第 1 の実施の形態の例を説明する。図 1 ~ 図 7 において、従来技術として説明した図 12 及び図 13 に対応する部分には同一符号を付す。

以下に説明する実施の形態では、自動車などの車両に搭載した通信装置間で通信を行う、いわゆる車車間通信を行うものに適用した例について示すが、以下に説明する本発明は、車車間通信に限定されるものではなく、各種形態の通信装置による通信システムに適用可能である。

20

本実施の形態においては、自動車などの車両 (移動体) に搭載する通信装置としてある。そして、各通信装置は、基地局を利用できない移動体通信環境で通信を行うものである。具体的には、基地局を有しない通信システムであり、自ら (自局) の通信装置を中心として例えば半径数百メートル程度の範囲内の他の通信装置と双方向に通信を行うものである。通信可能な距離は一例であり、より遠くの通信装置と通信を行う構成でもよい。通信装置が他の通信装置と無線通信を行う無線方式としては、自律分散型 TDMA 方式を適用して、いわゆる基地局を設けずに、通信装置が自律的に同期処理を行うようにしてある。

【0026】

図 1 は、本実施の形態の通信装置の構成例を示した図である。

本実施の形態の通信装置は、送受信アンテナ 101 を備え、この送受信アンテナ 101 が、切替スイッチ 102 を介して無線受信部 103 と無線送信部 104 とに選択的に接続される構成としてある。無線送信部 104 は、データ生成部 112 から供給される送信パケットを、クロック発生部 111 で発生させたクロックに同期させて送信させる処理を行う無線信号送信部である。無線受信部 103 は、受信したパケットをずらし量取得部 105 に供給すると共に位相差検出部 106 に供給する処理を行う無線信号受信部である。クロック発生部 111 は、各部に供給する時刻管理用のクロックパルスで、送信や受信などの通信タイミングを設定する通信タイミング設定部として機能する。

30

【0027】

ずらし量取得部 105 は、受信部 103 で受信したパケット (又はビーコン) に含まれる情報である、ずらし量の情報を取得する。このずらし量又は時刻情報は、パケットの送信元で付与された情報であり、パケットを誤りなく受信出来た場合に限り取得される。取得されたずらし量の情報又は時刻情報は、加算器 107 に供給する。

40

【0028】

位相差検出部 106 は、クロック発生部 111 から供給されるクロックパルスのタイミングと、受信部 103 でパケットを受信するタイミングとの位相差を検出する。この位相差の情報は、パケットの受信を開始した時点で各通信装置が検出する情報であり、パケットを誤りなく受信できたかどうかに関わらず、受信の開始を検出した全ての通信装置で取得される。検出した位相差の情報は加算器 107 に供給する。クロック発生部 111 は、

50

発振器であるクロック発生器 1 1 1 a と、そのクロック発生器 1 1 1 a が出力する発振クロックをカウントしてクロックパルスを生成するカウンタ 1 1 1 b とで構成され、カウンタ 1 1 1 b のカウント出力としてのパルスを、通信を制御する一定周期のクロックパルスとして各部に供給する。

【 0 0 2 9 】

加算器 1 0 7 では、ずらし量取得部 1 0 5 で取得したずらし量又は時刻情報の情報と、位相差検出部 1 0 6 で取得した位相差の情報とを加算してタイミング誤差情報とし、そのタイミング誤差情報をメモリ 1 0 8 に供給して記憶させる。メモリ 1 0 8 には、複数の各端末（通信装置）から送信されたパケットごとに、位相差検出部 1 0 6 で検出された位相差と、ずらし量又は時刻情報の情報とを加算して得たタイミング誤差情報を記憶させてある。

10

ここでのタイミング誤差情報とは、クロック発生部 1 1 1 から出力されるパルスのタイミングと、自局に近接した信号を受信可能な各通信装置が次にパケットを送信すると予想されるタイミングとの差の情報である。

【 0 0 3 0 】

メモリ 1 0 8 に記憶されたタイミング誤差情報は、平均算出部 1 0 9 に送られる。平均算出部 1 0 9 では、メモリ 1 0 8 に蓄積されている複数の通信装置毎に算出されているタイミング誤差の平均値が算出される。

【 0 0 3 1 】

平均算出部 1 0 9 で算出されたタイミング誤差の平均値は、較正部 1 1 0 に送られる。較正部 1 1 0 では、タイミング誤差の平均値と、後述する差分検出器 1 2 7 の出力とに基づいた較正出力を生成し、この較正出力をクロック発生部 1 1 1 内のカウンタ 1 1 1 b に供給する共に、データ生成部 1 1 2 に供給する。ずらし量取得部 1 0 5 と位相差検出部 1 0 6 と加算器 1 0 7 とメモリ 1 0 8 と平均算出部 1 0 9 と較正部 1 1 0 とは、タイミング補正部として機能し、タイミング管理部であるクロック発生部 1 1 1 が管理するクロック（パルス）のタイミングを補正する処理が行われる。

20

また、較正部 1 1 0 で生成された較正出力は、データ生成部 1 1 2 に供給する。データ生成部 1 1 2 では、指示された較正出力をタイミング情報として含まれた送信パケットを生成させ、生成された送信パケットを無線送信部 1 0 4 に供給して、無線送信部 1 0 4 に接続された送受信アンテナ 1 0 1 から、近隣の通信装置に対して無線送信させる。無線送信させるタイミングについても、クロック発生部 1 1 1 から指示される。

30

ここまでの基本的な構成については、従来例として図 1 2 に示した構成と同じである。

【 0 0 3 2 】

そして本実施の形態の通信装置は、デジタル放送信号を受信する構成を備えて、そのデジタル放送信号を受信して得た同期成分の検出状況についても、較正部 1 1 0 に供給する構成としてある。

即ち、地上デジタルテレビジョン放送信号を受信するアンテナ 1 2 1 を備えて、アンテナ 1 2 1 を無線受信部 1 2 2 に接続してある。そして、無線受信部 1 2 1 で、デジタルテレビジョン放送信号が送信される周波数の受信処理を行う。無線受信部 1 2 1 で受信するデジタルテレビジョン放送信号は、例えば U H F 帯で、複数のサブキャリアに分散させてデータを送信する O F D M (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 信号として送信される無線信号である。

40

【 0 0 3 3 】

O F D M 信号受信部である無線受信部 1 2 1 で受信した O F D M 信号は、複素相関演算器 1 2 3 に直接供給すると共に、遅延回路 1 2 4 を介して複素相関演算器 1 2 3 に供給し、複素相関演算で、O F D M 信号に周期的に含まれるガードインターバルを検出する。

【 0 0 3 4 】

O F D M 信号は、シンボルと呼ばれる所定の長さの信号を連続的につなぎ合わせるにより構成され、ガードインターバル（ガードシンボル）が一定周期で含まれている。即ち、図 2 に示すように、O F D M 信号の 1 シンボルは、データが含まれる有効シンボルと

50

、干渉抑制のためのガードシンボルの組み合わせにより構成され、1シンボルは1.134msとされる。有効シンボル長およびガードシンボル長は規格により統一されている。ガードシンボルは、有効シンボル末尾の一部分をコピーした信号と決められている。

このため、ガードシンボル区間の信号を切り取り、有効シンボル末尾の区間と信号の重ね合わせをすれば、完全に一致することになる。

【0035】

図1に示した複素相関演算器123では、このガードシンボル区間の信号を切り取り、有効シンボル末尾の区間と信号の重ね合わせを行うことに相当する処理が行われ、遅延回路124ではそのための遅延処理が行われる。複素相関演算器123での検出信号は、ローパスフィルタ125を介して検波器126に供給し、検波処理を行い、1.134ms間隔の周期情報を取得する。検波器126では、複素相関演算器123で複素相関演算された出力のピーク位置を検出する。

10

【0036】

取得した周期情報は、差分検出器127に供給すると共にメモリ128に供給して記憶させる。メモリ128は、ピーク位置のクロックパルスのカウント値を記憶し、その記憶したカウント値と、検波器126が出力する現在のピーク位置のクロックパルスのカウント値とを差分検出器127で比較して、差分を検出する。その差分のカウント値の情報を、差分検出器127から較正部110に供給する。

【0037】

較正部110では、このデジタル放送信号のガードインターバル成分の検出情報と、平均算出部109で算出されたタイミング誤差の平均値とから較正出力を生成し、この較正出力をクロック発生部111に供給し、パルス出力タイミングを補正する。図1の例では、較正部110の較正出力を、クロック発生部111内のカウンタ111bに供給して、クロックをカウントして得たクロックパルスの生成タイミングを補正するようにしてある。

20

また、較正部110からデータ生成部112に供給する較正出力についても、ガードインターバル成分の検出情報を使用した較正出力としてあり、送信パケットに含ませるタイミング情報に対応したものとして、近隣の通信装置に対して無線送信させる。

【0038】

図3は、較正部110が出力する較正出力に基づいて、クロック発生部111が生成させるクロックパルスの補正処理の実行状態を示したフローチャートである。

30

較正部110（又はその制御部）では、無線受信部122でデジタル放送信号を現在受信可能な状態か否かを判断する（ステップS11）。デジタル放送信号が受信可能である場合には、差分検出器127からガードインターバル成分の検出情報の供給を受けて（ステップS12）、そのガードインターバル情報のタイミング情報と、平均算出部109で算出されたタイミング誤差の平均値とから較正出力を生成し、生成された較正出力でクロック発生部111が生成させるクロックパルスの補正処理を行う（ステップS13）。

【0039】

図4は、受信したデジタル放送信号と、その放送信号からのガードインターバル成分の検出状態と、補正されるクロックパルスの関係の概要を示した図である。

40

図4(a)に示したデジタル放送信号波形が受信され、そのデジタル放送信号の受信信号から図4(b)に示したガードインターバル成分のピーク位置の検出信号が得られる。このガードインターバルのピーク位置は、放送信号に同期して、正確に1.134ms間隔の信号となる。受信して検出されるピーク位置の検出タイミングは、実際の放送信号で示されるガードインターバルの位置と10μs程度以下の誤差となる。

【0040】

この図4(b)に示した1.134ms間隔のガードインターバルの検出タイミングに基づいて、図4(c)に示したクロック発生部111が出力する装置内（自局内）のクロックであるクロックパルスの生成タイミングを補正する処理が行われる。

クロックパルスのタイミングを補正することで、この通信装置で無線信号を送受信する

50

タイミングである、自律分散型 T D M A 方式で通信を行うためのフレーム周期が補正されると共に、他の通信装置に対して通知するタイミング情報についても補正される。

【 0 0 4 1 】

図 5 は、この通信装置で設定されるフレーム周期の例を示した図であり、自律分散型 T D M A 方式により通信を行う場合のフレーム構成について説明する。

自律分散型 T D M A 方式では、図 5 (a) に示すように、1 フレーム期間が規定しており、その 1 フレーム期間内に所定数のスロットが配置される構成としてある。図 5 (a) では、その複数のスロットの中で、無線通信に使用されているスロットを斜線を付与して示してあり、それ以外のスロットが空きスロットである。ここでは、例えば各通信装置は、1 フレーム内の決められたスロット位置の 1 つのスロットを使って、毎フレームごとにパケットを送信する。1 スロット長は、ここでは 1 m s とする。このフレーム位置とスロットを設定するタイミングが、通信装置内のクロックパルスをカウントして得たタイミングで設定される。通信用のクロックパルスの周期が 1 スロットの期間 (1 m s) と一致する場合には、そのクロックパルスの周期が、そのままスロット周期となる。

10

【 0 0 4 2 】

各通信装置が送信するパケットは、例えば図 5 (b) に示すように、先頭部分のプリアンブルに続いて、データ部が配置される。車車間通信の場合には、データ部には、自車の現在位置、現在速度、進行方向、ブレーキなどの走行状態情報が付加される。さらに、通信同期処理のための情報として、先に説明したタイミング情報が付加される。このタイミング情報は、プリアンブル部とデータ部のいずれに配置しても良い。

20

【 0 0 4 3 】

図 6 は、通信装置から送信されるタイミング情報を、相手の通信装置で受信させることで行われる同期処理を示したものである。

まず、通信装置は、1 フレームの間、自身の周辺に位置する複数の他の通信装置の送信データを受信し、それらの送信タイミングとずらし量を検出する (ステップ S 2 1) 。そして、検出されたずらし量と、通信装置 X 自身のずらし量 i とを用いてそれらの送信タイミングを補正し、1 フレーム後の他の複数の受信しうるすべての通信端末の送信タイミングを予測する。その予測される送信タイミングから、自らの通信装置の次周期におけるずらし量 $i + 1$ を求める (ステップ S 2 2) 。

【 0 0 4 4 】

そして、生成させる送信用のデータパケットに、ずらし量 $i + 1$ の情報を含ませる (ステップ S 2 3) 。その後、送信タイミングを i ずらして、ステップ S 2 3 で生成されたデータを送信する。さらに、送信タイミング i に $i + 1$ の値を代入し、値 i に $i + 1$ を代入する (ステップ S 2 5) 。その後、ステップ S 2 1 へ戻る。

30

この図 6 のフローチャートに示す処理が行われることで、同じフレーム周期を利用する複数台の通信装置の間で、自律的にフレーム周期が定まり、自律分散型 T D M A 方式での無線通信が適正に行える。

そして本実施の形態の例においては、デジタル放送信号を受信して、そのデジタル放送信号から検出したガードインターバルで、クロックタイミングを補正するようにしたこと、自律分散型 T D M A 方式での無線通信を行う際に、それぞれの通信装置が、誤差の少ないクロックを持つことになり、自律分散型 T D M A 方式で他の通信装置と同期処理を行うことが、より良好に行えるようになる。

40

【 0 0 4 5 】

ここで、通信装置内の無線受信部 1 2 1 で受信した O F D M 信号 (デジタル放送信号) のガードインターバルで、通信タイミングを補正する処理の具体的な例について説明する。

地上デジタル放送信号のガードシンボルは、一定周期 $T_{P M} = 1.134 \text{ m s}$ ごとに検出が可能である。即ち、 n 回目のガードタイミング検出時刻を $t_{P M} (n)$ とすると、 $t_{P M} (n + 1) - t_{P M} (n) = T_{P M} \dots (1)$ が成り立つ。この式は、次のように表せる。

50

$t_{PM}(n) = t_{PM}(0) + n \cdot T_{PM} \dots (2)$
 ここでは、説明を簡単にするために、 $t_{PM}(0) = 0$ とする。

【0046】

次に、通信装置 i が地上デジタル放送信号を n 回目に検出した時刻を、 $t_i(n)$ とする。この $t_i(n)$ をもとに、地上デジタル放送信号の周期と、自らの通信装置内の時刻管理クロックの誤差を補正する。通信装置 i から見た地上デジタル放送信号の周期 T_i^* を、以下のように設定する。

$$T_i^* = (t_i(n) - t_i(n-1)) + (1 - \alpha) T_{PM} \dots (3)$$

ここで、 α は地上デジタル放送信号への依存の度合いを表す $0 \leq \alpha \leq 1$ の定数である。

T_i^* は、地上デジタル放送信号の周期 T_{PM} に対し、通信装置 i の時刻を管理するクロックの周波数オフセットにより生じる通信装置固有のオフセット時間 T_i を加算した値 $T_i^* = T_{PM} + T_i$ を表す。

【0047】

地上デジタル放送信号の受信過程において誤差が発生する。通信装置 i が、 n 回目に受信したガードタイミングに生じる誤差を $\epsilon_i(n)$ とすると、以下のようになる。

$$t_i(n) = t_{PM}(n) + \epsilon_i(n) \dots (4)$$

(2) 式によると、 $\epsilon_i(n)$ は正規分布となり、実際に想定される値としては最大で $10 \mu s$ 程度の値である。

【0048】

次に、車車間通信のフレーム周期について考える。

フレーム周期 $T_{ITS} = 100 \text{ ms}$ とし、地上デジタル放送信号より得た周期を、 T_i^* とし、 n フレーム目の先頭タイミングを $t_i(n)$ とすると、下記の(数1)式、(数2)式、(数3)式に基づいて、各通信装置は自身の $n+1$ フレーム目のタイミングを更新する。 k は $0 \leq k \leq 1$ の任意のステップサイズである。

【0049】

【数1】

$$t_i^\beta(n+1) = t_i^\beta(n) + \kappa \cdot \Delta t_i^\beta(n) + T_i'$$

【0050】

【数2】

$$T_i' = \frac{T_{ITS}}{T_{PM}} \cdot T_i^*$$

【0051】

【数3】

$$\Delta t_i^\beta(n) = \sum_{j=1, j \neq i}^K \alpha_{ij} (t_j^\beta(n) - t_i^\beta(n))$$

【0052】

このようにして、受信した地上デジタル放送信号より得た周期で、通信装置自身のクロックタイミングを補正する。なお、通信装置自身のクロックにより得た周期を、地上デジタル放送信号より得た周期で補正する際には、直ちに地上デジタル放送信号より得た周期に一致させるように補正するのではなく、例えば地上デジタル放送信号より得た周期を一定の割合(例えば20%程度)で重みづけして反映させてタイミングを補正するようにして、徐々に受信した地上デジタル放送信号より得た周期に合わせるようにするのが好ましい。

このように補正することで、通信装置が持つクロック発生器の発振誤差が補正され、従

10

20

30

40

50

来よりも正確な同期処理が行えるようになる。

【 0 0 5 3 】

図7は、複数台（この例では4台）の通信装置で、自律分散型TDM A方式で無線通信を行った場合の、タイミング同期の状態の変化を示したもので、縦軸が標準偏差を示し、横軸が時間の経過を示す。実線で示した特性aは、本実施の形態の構成の通信装置でタイミング同期させた場合の特性であり、破線で示した特性bは、地上デジタル放送信号を受信しないで、他の通信装置とタイミング情報の送受信を行うだけでタイミング同期させた場合の例である。

従来例の特性bの場合には、一端標準偏差が小さな値になった後、各端末装置のクロックの精度の誤差があるために、標準偏差がある程度大きな値になってしまう。これに対して本実施の形態の特性aの場合には、時間の経過と共に標準偏差が徐々に小さくなり、良好に他の通信装置と同期タイミングを一致させることができる。

10

【 0 0 5 4 】

[2 . 第2の実施の形態]

次に、本発明の第2の実施の形態を、図8を参照して説明する。

図8において、第1の実施の形態として説明した図1に対応する部分には同一符号を付す。

本実施の形態においては、自動車などの車両（移動体）に搭載する通信装置である点は、第1の実施の形態の形態で図1に示した通信装置と同じであり、自律分散型TDM A方式を適用する点や、通信装置の基本的な構成についても図1で説明した構成と同じであり、相手の通信装置と無線信号の送受信を行う構成以外に、地上波デジタルテレビジョン放送信号を受信する構成を備えて、その放送信号として受信されたOFDM信号のガードインターバルの検出タイミングで、クロック誤差を補正する点も同じである。

20

【 0 0 5 5 】

そしてこの第2の実施の形態においては、図8に示すように、較正部110の較正出力でクロック発生部111の発振出力を制御する構成が、第1の実施の形態とは異なる。

即ち、図8に示した第2の実施の形態の通信装置は、発振器であるクロック発生器111aと、そのクロック発生器111aが出力する発振クロックをカウントしてクロックパルスを生成するカウンタ111bとで、クロック発生部111が構成される点は、図1に示した第1の実施の形態の構成と同一である。

30

【 0 0 5 6 】

ここで、図1に示した第1の実施の形態の構成の場合には、カウンタ111bのカウントタイミングを、較正部110の較正出力で補正することで、クロックパルスの誤差を補正する構成としてあった。

これに対して、図8に示した第2の実施の形態の構成の場合には、較正部110の較正出力を、クロック発生部111内の発振器であるクロック発生器111aに供給して、基本クロックそのものを直接補正する構成としてある。クロック発生器111aは、例えば制御電圧の電圧値に対応して発振周波数が変化する構成としてあり、そのクロック発生器111aに供給する制御電圧を、較正出力で補正させる。

【 0 0 5 7 】

その他の部分は、図1～図7で説明した第1の実施の形態の例の通信装置と同様に構成する。

40

この第2の実施の形態の構成によると、クロック発生器111aを直接制御することでクロック発生部111の発振誤差を補正でき、第1の実施の形態の構成の場合と同様に、他の通信装置との同期処理を良好に行うことができる効果を有する。

【 0 0 5 8 】

[3 . 第3の実施の形態]

次に、本発明の第3の実施の形態を、図9及び図10を参照して説明する。

図9において、第1、第2の実施の形態として説明した図1及び図8に対応する部分には同一符号を付す。

50

本実施の形態においては、自動車などの車両（移動体）に搭載する通信装置である点は、第1, 第2の実施の形態の形態で図1, 図8に示した通信装置と同じであり、自律分散型TDM A方式を適用する点や、通信装置の基本的な構成についても図1, 図8で説明した構成と同じであり、相手の通信装置と無線信号の送受信を行う構成以外に、地上波デジタルテレビジョン放送信号を受信する構成を備えて、その放送信号として受信されたOFDM信号のガードインターバルの検出タイミングで、クロック誤差を補正する点も同じである。

【0059】

本実施の形態においては、地上波デジタルテレビジョン放送信号を受信する構成以外に、測位用の信号として人工衛星から送信されるGPS信号を受信する外部信号受信部を備えて、通信開始時にそのGPS信号を受信して得た時刻情報を、送信するようにしたものである。

10

【0060】

即ち、図9に示すように、GPS信号を受信する受信アンテナ113を備え、その受信アンテナ113が外部信号受信部114に接続してある。外部信号受信部114では、GPS衛星から送信される時間情報を含む測位用の信号であるGPS信号を受信処理する。GPS信号を受信処理する外部信号受信部114は、通常複数チャンネルの信号受信を行う構成としてあり、複数の衛星からのGPS信号の捕捉を行う。外部信号受信部114で受信したGPS信号は、時刻参照部115に供給する。

【0061】

20

時刻参照部115では、外部信号受信部114で受信した複数の衛星からの時間情報に基づいて、正確な現在時刻を算出して、内部時計の時刻をその算出した時刻とする時刻合わせ処理を行う。そして、時刻参照部115で得られる時刻情報と、取得した瞬間の時刻をメモリ116に記憶させる。

【0062】

そして、時刻参照部115で得られる現在の時刻情報を、切替スイッチ119に供給する。また、メモリ116に記憶された、受信したGPS信号に基づいて正確な時刻を取得した瞬間の時刻と、時刻参照部115で得られる現在時刻とを比較器118に供給し、2秒設定部117で設定された閾値以内かどうか比較する。ここでは、閾値として2秒としてあり、時刻参照部115で得られる現在時刻が、GPS信号に基づいて時刻合わせをした時刻から2秒以内である場合には、切替スイッチ119を、メモリ116の出力側とする。GPS信号に基づいて時刻合わせをした時刻から2秒経過した場合には、切替スイッチ119を、較正部110の出力側とする。

30

【0063】

切替スイッチ119で選択された出力は、データ生成部112に供給して、送信パケットに含ませる。このため、GPS信号に基づいて時刻合わせをした時刻から2秒以内である場合には、メモリ116に格納された現在時刻情報によるタイミング情報が、送信パケットに付加される。また、GPS信号に基づいて時刻合わせをした時刻から2秒経過した以後は、切替スイッチ119が切り替わり、較正部110が出力するタイミング情報が、送信パケットに付加される。このように、切替スイッチ119とその切替え制御を行うための2秒設定部117及び比較器118とで、送信データに含ませるタイミング情報を選択させる制御部として機能する。外部信号受信部114でGPS信号を受信できない状況の場合には、切替スイッチ119は、較正部110の出力を常時選択する。

40

【0064】

データ生成部112では、供給されたいずれかのタイミング情報が含まれた送信パケット（又はビーコン）を生成させ、生成された送信パケットを無線送信部104に供給して、無線送信部104に接続された送受信アンテナ101から、近隣の通信装置に対して無線送信させる。無線送信させるタイミングは、クロック発生部111から指示される。

【0065】

その他の部分は、図1に示した第1の実施の形態の通信装置の構成と同じであり、本発

50

明の特徴である、デジタル放送信号を受信して検出したガードインターバルのタイミングで、クロック発生部 1 1 1 の出力クロックの誤差を補正する点も、第 1 の実施の形態と同様である。

【 0 0 6 6 】

なお、このクロック発生部 1 1 1 の出力クロックの誤差を補正する構成として、図 9 の例では、較正部 1 1 0 の較正出力を、クロック発生部 1 1 1 内のカウンタ 1 1 1 b に供給する構成として、図 1 の構成と同じとしてあるが、図 9 に破線で接続して示すように、較正部 1 1 0 の較正出力を、クロック発生部 1 1 1 内のクロック発生器 1 1 1 a に供給して、発振周波数を直接制御する図 8 の構成を適用してもよい。

【 0 0 6 7 】

図 1 0 のフローチャートは、本実施の形態の通信装置での、GPS 信号の受信に関係した同期動作の原理を示したものである。

まず、通信装置は各自の通信の最小単位である一周期間の間、周辺の通信装置から送られてくるビーコンやデータパケットなどをもとに周辺装置の通信タイミングを観測する（ステップ S 3 1）。この周辺装置の通信タイミングの観測は、平均算出部 1 0 9 での処理に相当する。そして、周辺の通信装置の通信タイミングの分布や平均などの統計値をもとに、自身の通信タイミングを補正する（ステップ S 3 2）。この補正処理は、較正部 1 1 0 での処理に相当する。

【 0 0 6 8 】

そして次に、直近のタイミングで外部信号（ここでは GPS 信号）を参照したか否か判断する（ステップ S 3 3）。この判断は、図 9 の比較器 1 1 8 での比較処理に相当し、図 9 の構成例では GPS 信号により現在時刻が取得できてから 2 秒以内かどうか判断していることになる。ここで、外部信号を参照していない場合（即ち現在時刻が取得できてから 2 秒以内でない場合）には、ステップ S 3 2 において補正した自身の通信タイミングの情報を送信パケットに付加し、周辺の通信装置に対し通知を行なう（ステップ S 3 4）。そしてステップ S 3 1 の処理に戻る。

また、ステップ S 3 3 で、外部信号を参照している場合（即ち現在時刻が取得できてから 2 秒以内である場合）には、その外部信号の時刻情報を送信パケットに付加し、周辺の通信装置に対し通知を行なう（ステップ S 3 5）。そしてステップ S 3 1 の処理に戻る。

【 0 0 6 9 】

この図 1 0 のフローチャートから判るように、本実施の形態においては、通信装置での同期合わせのために、外部信号（GPS 信号）を直接的に利用してその通信装置でタイミング合わせするのではなく、受信した時刻情報は他の周辺の通信装置に送信して、間接的に利用することを意味している。その結果、外部信号のもつ時刻情報の精度や受信精度の不安定性などを大幅に低減させることを実現している。

【 0 0 7 0 】

この図 1 0 のフローチャートに示した GPS 信号の受信を行う同期処理を行いながら、本発明で特徴となる、クロック発生部 1 1 1 のクロック生成誤差補正を、デジタル放送信号の受信により行うことで、第 1、第 2 の実施の形態で説明した通信装置よりも、さらに自律分散型 TDMA 方式で無線通信を行う場合の同期精度を向上させることが可能になる。

【 0 0 7 1 】

[4 . 変形例]

ここまで説明した各実施の形態では、車車間通信を行う通信装置を例について説明したが、その他の用途用の通信装置の同期処理に適用しても良い。具体的には、基地局を有さない通信システムであれば、その通信システム内の一部又は全ての通信装置が固定された位置で通信を行う通信システムに適用してもよい。また例えば、MIMO (Multiple Input Multiple Output) における基地局間同期などに適用してもよい。

【 0 0 7 2 】

また、上述した実施の形態では、クロックタイミングを補正するために受信する外部信

10

20

30

40

50

号として、地上波デジタルテレビジョン放送信号としてのOFDM信号を受信する構成としたが、デジタルラジオ放送信号としてのOFDM信号などの、その他の放送信号を受信する構成としてもよい。あるいは、広域で同期して送信される信号であれば、その他のOFDM信号を受信して、クロックタイミングを補正するようにしてもよい。

また、図8及び図9に示した第3の実施の形態で、時刻情報が得られる外部信号として、測位用信号であるGPS信号を使用した。その他の時刻情報あるいはタイミング情報を使用しても良い。

【0073】

さらに、各実施の形態の通信装置が自律的に同期処理を行う無線通信方式として、タイムスロットを設定する自律分散型TDMA方式を適用したが、通信装置が自律的にフレーム周期を決めて通信を行う無線通信方式であれば、その他の通信方式を適用してもよい。

10

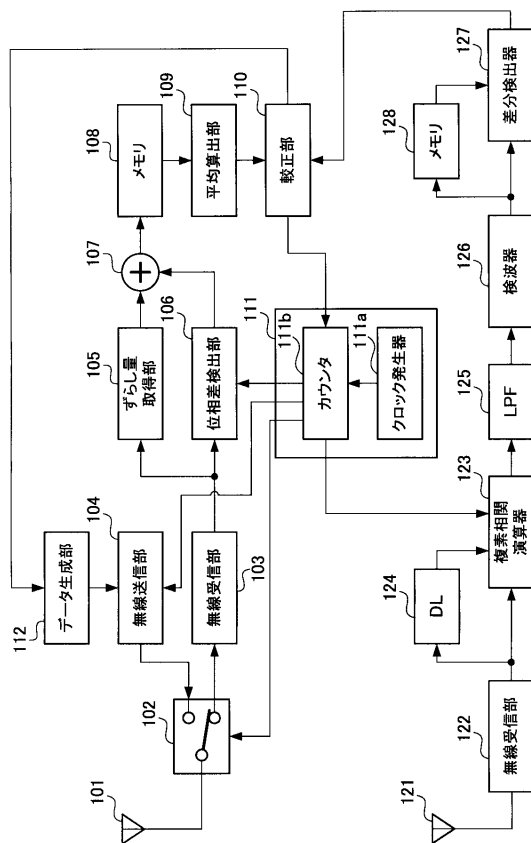
【符号の説明】

【0074】

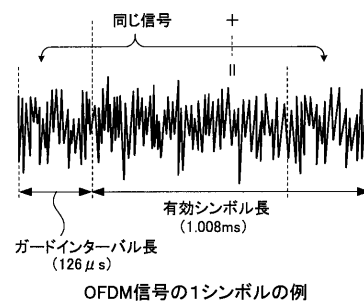
101...送受信アンテナ、102...切替スイッチ、103...無線受信部、104...無線送信部、105...ずらし量取得部、106...位相差検出部、107...加算器、108...メモリ、109...平均算出部、110...較正部、111...クロック発生部、111a...クロック発生器、111b...カウンタ、112...データ生成部、113...受信アンテナ、114...外部信号受信部、115...時刻参照部、116...メモリ、117...2秒設定部、118...比較器、119...切替えスイッチ、121...アンテナ、122...無線受信部、123...複素相関演算器、124...遅延回路、125...ローパスフィルタ、126...検波器、127...差分検出器、128...メモリ

20

【図1】

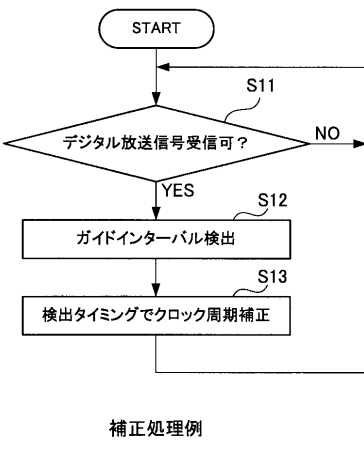


【図2】

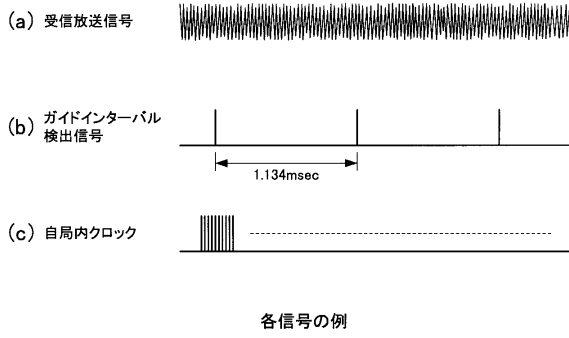


第1の実施の形態の構成例

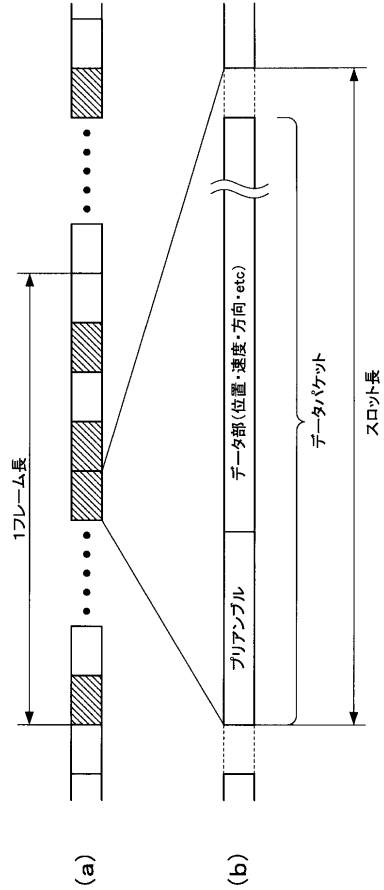
【図3】



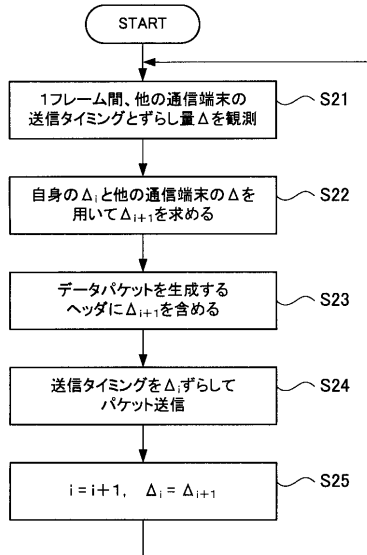
【 図 4 】



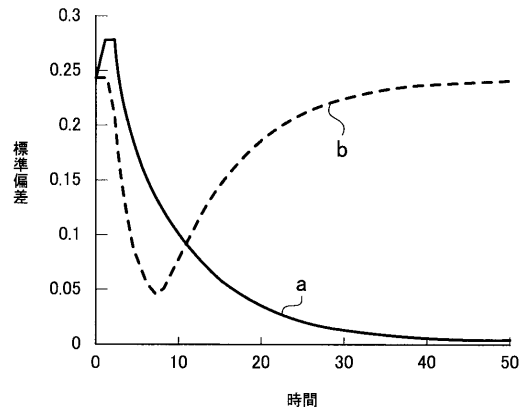
【 図 5 】



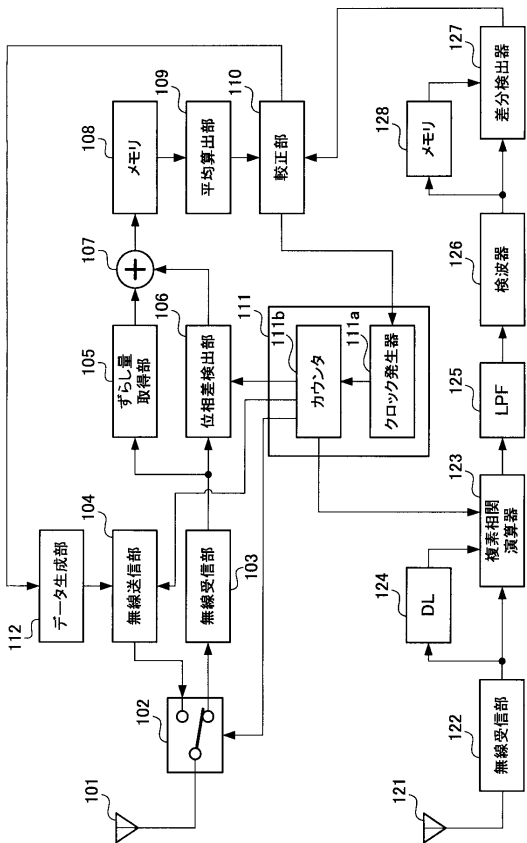
【 図 6 】



【 図 7 】

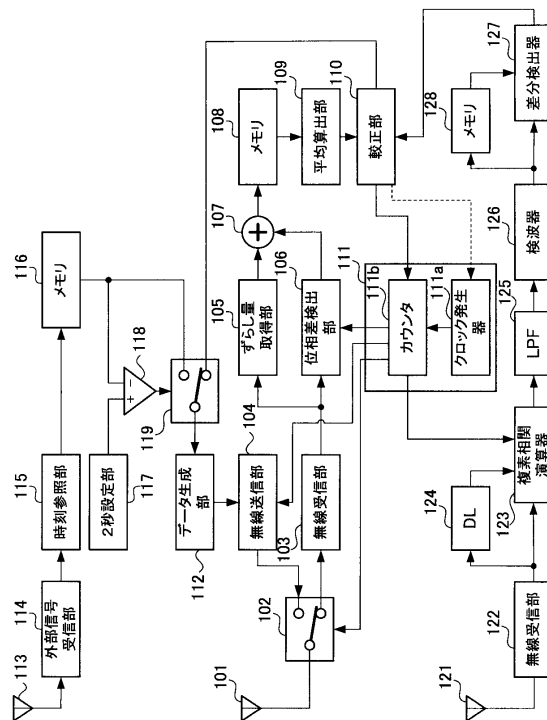


【図8】



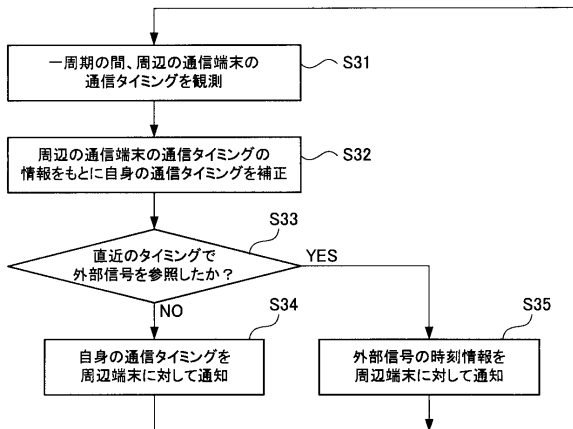
【図9】

第2の実施の形態の構成例



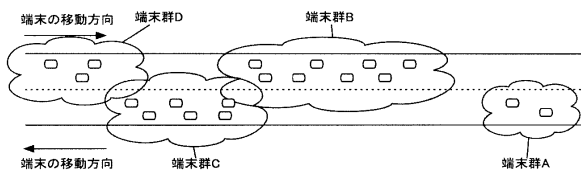
第3の実施の形態の構成例

【図10】



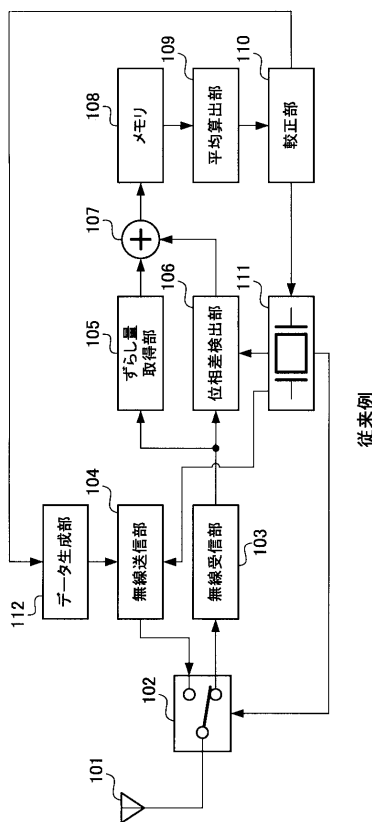
タイミング通知処理例

【図11】



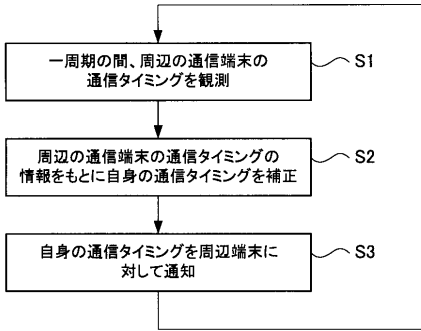
移動体ネットワークの一例

【図12】



従来例

【図 13】



従来の同期処理例

フロントページの続き

(56)参考文献 国際公開第2009/009366(WO, A1)
特表2010-533433(JP, A)
特開2006-261998(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H04W4/00 - H04W99/00
H04B7/24 - H04B7/26
H04J11/00