

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4577019号
(P4577019)

(45) 発行日 平成22年11月10日(2010.11.10)

(24) 登録日 平成22年9月3日(2010.9.3)

(51) Int.Cl. F I
 HO4W 56/00 (2009.01) HO4Q 7/00 463
 HO4L 7/08 (2006.01) HO4L 7/08 A

請求項の数 16 (全 27 頁)

(21) 出願番号	特願2005-9470 (P2005-9470)	(73) 特許権者	000002185
(22) 出願日	平成17年1月17日(2005.1.17)		ソニー株式会社
(65) 公開番号	特開2005-286998 (P2005-286998A)		東京都港区港南1丁目7番1号
(43) 公開日	平成17年10月13日(2005.10.13)	(74) 代理人	100093241
審査請求日	平成19年12月13日(2007.12.13)		弁理士 官田 正昭
(31) 優先権主張番号	特願2004-60114 (P2004-60114)	(74) 代理人	100101801
(32) 優先日	平成16年3月4日(2004.3.4)		弁理士 山田 英治
(33) 優先権主張国	日本国(JP)	(74) 代理人	100086531
			弁理士 澤田 俊夫
		(72) 発明者	西川 研三
			東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内
		(72) 発明者	迫田 和之
			東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 無線通信システム、無線通信装置及び無線通信方法、並びにコンピュータ・プログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

各通信局が所定のビーコン周期を以って動作する無線通信システムであって、
 第1の通信局はビーコン周期に関する時刻情報を含んだ報知信号を送信し、
 第2の通信局は、受信した報知信号から得られる時刻情報を基に、前記第1の通信局とのビーコン周期の先頭位置の同期をとるとともに、ビーコン周期の同期をとり、ビーコン周期の先頭位置の誤差が所定の閾値を超えるときには、前記第1の通信局とのビーコン周期の先頭位置の同期をとるが、ビーコン周期の同期処理は行なわない、
 ことを特徴とする無線通信システム。

【請求項2】

各通信局が所定のビーコン周期を以って動作する無線通信システムであって、
 通信局は、所定のスキャン周期毎に前記報知信号を受信するためのスキャン動作を行なうとともに、受信した報知信号を基にビーコン周期の先頭位置の誤差を検出し、ビーコン周期の先頭位置の誤差が所定の閾値よりも小さいときには前記スキャン周期を大きくしていき、

第1の通信局はビーコン周期に関する時刻情報を含んだ報知信号を送信し、
 第2の通信局は、受信した報知信号から得られる時刻情報を基に、前記第1の通信局とのビーコン周期の先頭位置の同期をとるとともに、ビーコン周期の同期をとる、
 ことを特徴とする無線通信システム。

【請求項3】

通信局は、周辺局との間でフレームの先頭位置の誤差が所定の閾値を超えるときには、スキャン周期を短くする、
ことを特徴とする請求項 2 に記載の無線通信システム。

【請求項 4】

各通信局が所定のビーコン周期を以って動作する無線通信システムであって、
第 1 の通信局は、ビーコン周期に関する時刻情報を含み、且つ、同期処理直後その旨を示すフラグを設けた報知信号を送信し、

第 2 の通信局は、受信した報知信号から得られる時刻情報を基に、前記第 1 の通信局とのビーコン周期の先頭位置の同期をとるとともに、ビーコン周期の同期をとり、前記フラグ付の報知信号を受信した場合、ビーコン周期の先頭位置の誤差が所定の閾値を超えるときは、前記第 1 の通信局とのビーコン周期の先頭位置の同期をとるが、ビーコン周期の同期処理は行なわない、

ことを特徴とする無線通信システム。

【請求項 5】

各通信局が所定のビーコン周期を以って動作する無線通信システムであって、
第 1 の通信局はビーコン周期に関する時刻情報を含んだ報知信号を送信し、
第 2 の通信局は、受信した報知信号から得られる時刻情報を基に、前記第 1 の通信局とのビーコン周期の先頭位置の同期をとるとともに、ビーコン周期の同期をとり、

通信局は、新規参入局から報知信号を受信したとき、ビーコン周期の先頭位置の同期をとるが、ビーコン周期の同期処理は行なわない、

ことを特徴とする無線通信システム。

【請求項 6】

各通信局はクロックをカウントすることでビーコン周期を計測し、
前記第 2 の通信局は、前記第 1 の通信局とのビーコン周期の先頭位置の誤差をクロックのカウント誤差 として計測し、カウント値を だけ減じることによりビーコン周期の先頭位置の同期をとり、1 フレーム分のカウント値を だけ伸張することによりビーコン周期の同期をとる、

ことを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれかに記載の無線通信システム。

【請求項 7】

各通信局が所定のビーコン周期を以って通信が行なわれる無線通信環境下で動作する無線通信装置であって、

通信チャネル上で無線データを送受信する通信手段と、
ビーコン周期に関する時刻情報を含んだ報知信号を生成する報知信号生成手段と、
周辺局から受信した報知信号を解析する報知信号解析手段と、
周辺局から受信した報知信号から得られる時刻情報を基に、該周辺局との間でビーコン周期の先頭位置の同期、並びにビーコン周期の同期を調整する同期処理手段と、
を具備し、

前記同期処理手段は、周辺局とのビーコン周期の先頭位置の誤差が所定の閾値を超えるときには、該周辺局とのビーコン周期の先頭位置の同期をとるが、ビーコン周期の同期処理は行なわない、

ことを特徴とする無線通信装置。

【請求項 8】

各通信局が所定のビーコン周期を以って通信が行なわれる無線通信環境下で動作する無線通信装置であって、

通信チャネル上で無線データを送受信する通信手段と、
ビーコン周期に関する時刻情報を含んだ報知信号を生成する報知信号生成手段と、
周辺局から受信した報知信号を解析する報知信号解析手段と、
周辺局から受信した報知信号から得られる時刻情報を基に、該周辺局との間でビーコン周期の先頭位置の同期、並びにビーコン周期の同期を調整する同期処理手段と、
所定のスキャン周期毎に前記報知信号の受信動作を行なうスキャン動作手段と、

を具備し、

前記同期処理手段は受信した報知信号を基にビーコン周期の先頭位置の誤差を検出し、前記スキャン動作手段はビーコン周期の先頭位置の誤差が所定の閾値よりも小さいときには前記スキャン周期を大きくしていく、
ことを特徴とする無線通信装置。

【請求項 9】

前記スキャン動作手段は、周辺局との間でフレームの先頭位置の誤差が所定の閾値を超えるときには、スキャン周期を短くする、
ことを特徴とする請求項 8 に記載の無線通信装置。

【請求項 10】

各通信局が所定のビーコン周期を以って通信が行なわれる無線通信環境下で動作する無線通信装置であって、

通信チャネル上で無線データを送受信する通信手段と、

ビーコン周期に関する時刻情報を含んだ報知信号を生成する報知信号生成手段と、

周辺局から受信した報知信号を解析する報知信号解析手段と、

周辺局から受信した報知信号から得られる時刻情報を基に、該周辺局との間でビーコン周期の先頭位置の同期、並びにビーコン周期の同期を調整する同期処理手段と、
を具備し、

前記報知信号生成手段は、前記同期処理手段による同期処理直後の報知信号にその旨を示すフラグを設け、

前記同期処理手段は、前記フラグ付の報知信号を受信した場合、ビーコン周期の先頭位置の誤差が所定の閾値を超えるときには、前記第 1 の通信局とのビーコン周期の先頭位置の同期をとるが、ビーコン周期の同期処理は行なわない、
ことを特徴とする無線通信装置。

【請求項 11】

各通信局が所定のビーコン周期を以って通信が行なわれる無線通信環境下で動作する無線通信装置であって、

通信チャネル上で無線データを送受信する通信手段と、

ビーコン周期に関する時刻情報を含んだ報知信号を生成する報知信号生成手段と、

周辺局から受信した報知信号を解析する報知信号解析手段と、

周辺局から受信した報知信号から得られる時刻情報を基に、該周辺局との間でビーコン周期の先頭位置の同期、並びにビーコン周期の同期を調整する同期処理手段と、
を具備し、

前記同期処理手段は、新規参入局から報知信号を受信したとき、ビーコン周期の先頭位置の同期をとるが、ビーコン周期の同期処理は行なわない、
ことを特徴とする無線通信装置。

【請求項 12】

クロック発生器と、前記クロック発生器が出力するクロックをカウントすることでビーコン周期を計測する手段をさらに備え、

前記同期処理手段は、周辺局から受信した報知信号から得られる時刻情報を基に得られるビーコン周期の先頭位置の誤差をクロックのカウント誤差として計測し、カウント値をだけ減じることによりビーコン周期の先頭位置の同期をとる、1 フレーム分のカウント値をだけ伸張することによりビーコン周期の同期をとる、
ことを特徴とする請求項 7 乃至 11 のいずれかに記載の無線通信装置。

【請求項 13】

周期的に報知信号が送信される無線通信環境下で通信処理するための無線通信方法であって、

ビーコン周期に関する時刻情報を含んだ報知信号を生成する報知信号生成ステップと、

周辺局から受信した報知信号を解析する報知信号解析ステップと、

周辺局から受信した報知信号から得られる時刻情報を基に、該周辺局との間でビーコン

10

20

30

40

50

周期の先頭位置の同期、並びにビーコン周期の同期を調整する同期処理ステップと、
所定のスキャン周期毎に前記報知信号の受信動作を行なうスキャン動作ステップと、
を有し、

前記同期処理ステップでは受信した報知信号を基にビーコン周期の先頭位置の誤差を検出し、前記スキャン動作手段はビーコン周期の先頭位置の誤差が所定の閾値よりも小さいときには前記スキャン周期を大きくしていく、
ことを特徴とする無線通信方法。

【請求項 14】

前記スキャン動作ステップでは、周辺局との間でフレームの先頭位置の誤差が所定の閾値を超えるときには、スキャン周期を短くする、
ことを特徴とする請求項 13 に記載の無線通信方法。

10

【請求項 15】

周期的に報知信号が送信される無線通信環境下で通信するための処理をコンピュータ上で実行するようにコンピュータ可読形式で記述されたコンピュータ・プログラムであって、前記コンピュータを、

ビーコン周期に関する時刻情報を含んだ報知信号を生成する報知信号生成手段、
周辺局から受信した報知信号を解析する報知信号解析手段、
周辺局から受信した報知信号から得られる時刻情報を基に、該周辺局との間でビーコン周期の先頭位置の同期、並びにビーコン周期の同期を調整する同期処理手段、
所定のスキャン周期毎に前記報知信号の受信動作を行なうスキャン動作手段、
として機能させ、

20

前記同期処理手段は受信した報知信号を基にビーコン周期の先頭位置の誤差を検出し、前記スキャン動作手段はビーコン周期の先頭位置の誤差が所定の閾値よりも小さいときには前記スキャン周期を大きくしていく、
コンピュータ・プログラム。

【請求項 16】

前記スキャン動作手段は、周辺局との間でフレームの先頭位置の誤差が所定の閾値を超えるときには、スキャン周期を短くする、
請求項 15 に記載のコンピュータ・プログラム。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、無線 LAN (Local Area Network) のように複数の無線局間で相互に通信を行なう無線通信システム、無線通信装置及び無線通信方法、並びにコンピュータ・プログラムに係り、特に、通信局同士が直接通信 (ランダム・アクセス) を行なうことにより無線ネットワークが運営される無線通信システム、無線通信装置及び無線通信方法、並びにコンピュータ・プログラムに関する。

【0002】

さらに詳しくは、本発明は、制御局と被制御局の関係を特に設けずに各通信局が自律分散的にネットワーク動作を行なう無線通信システム、無線通信装置及び無線通信方法、並びにコンピュータ・プログラムに係り、特に、各通信局が等しいフレーム間隔を以って同期しながら自律的に動作する無線通信システム、無線通信装置及び無線通信方法、並びにコンピュータ・プログラムに関する。

40

【背景技術】

【0003】

無線ネットワークに関する標準的な規格として、IEEE (The Institute of Electrical and Electronics Engineers) 802.11 (例えば、非特許文献 1 を参照のこと) や、HyperLAN/2 (例えば、非特許文献 2 又は非特許文献 3 を参照のこと) や IEEE 802.15.3、Bl

50

u e t o o t h 通信などを挙げることができる。IEEE 802.11規格については、無線通信方式や使用する周波数帯域の違いなどにより、IEEE 802.11a (例えば、非特許文献4を参照のこと)、b、gといった拡張規格が存在する。

【0004】

一般的には、無線技術を用いてローカル・エリア・ネットワークを構成するために、エリア内に「アクセス・ポイント」又は「コーディネータ」と呼ばれる制御局となる装置を1台設けて、この制御局の統括的な制御下でネットワークを形成する方法が用いられている。アクセス・ポイントを配置した無線ネットワークでは、ある通信装置から情報伝送を行なう場合に、まずその情報伝送に必要な帯域をアクセス・ポイントに予約して、他の通信装置における情報伝送と衝突が生じないように伝送路の利用を行なうという、帯域予約に基づくアクセス制御方法が広く採用されている。

10

【0005】

ところが、アクセス・ポイントが存在する無線通信システムで、送信側と受信側の通信装置間で非同期通信を行なう場合には、必ずアクセス・ポイントを介した無線通信が必要になるため、伝送路の利用効率が半減してしまうという問題がある。

【0006】

これに対し、無線ネットワークを構成する他の方法として、端末同士が直接非同期的に無線通信を行なう「アドホック (A d - h o c) 通信」が考案されている。アドホック型無線通信システムには中央制御局が存在しないので、例えば家庭用電気機器からなるホーム・ネットワークを構成するのに適している。アドホック・ネットワークには、1台が故障又は電源オフになってもルーティングを自動的に変更するのでネットワークが破綻しにくい、移動局間でパケットを複数回ホップさせることにより高速データレートを保ったままで比較的遠くまでデータを伝送することができる、といった特徴がある。アドホック・システムにはいろいろな開発事例が知られている (例えば、非特許文献5を参照のこと)。

20

【0007】

例えば、IEEE 802.11系の無線LANシステムでは、IEEE 802.11におけるネットワークは、アクセス・ポイント (A c c e s s P o i n t : 制御局) のようなマスタが存在する「インフラ・モード」で定義されるBSS (B a s i c S e r v i c e S e t) と、複数のMT (M o b i l e T e r m i n a l : 移動局) のみにより構成される「アドホック・モード」で定義されるIBSS (I n d e p e n d e n t B S S) の2種類で構成される。

30

【0008】

インフラ・モードのBSSにおいては、無線通信システム内にコーディネーションを行なうアクセス・ポイントが必須である。すなわち、アクセス・ポイントは適当な時間間隔でビーコンと呼ばれる制御信号を送信し、このビーコンを受信可能である移動局はアクセス・ポイントが近隣に存在することを認識し、さらにアクセス・ポイントとの間でコネクション確立を行なうことで、自局周辺で電波の到達する範囲をBSSとしてまとめ、いわゆるセルラ・システムで言うところの「セル」を構成する。

【0009】

また、アクセス・ポイント周辺の移動局は、ビーコンを受信し、内部のTBTT (ビーコン送信タイミング) フィールドをデコードすることにより次回のビーコン送信時刻を認識することが可能であるから、場合によっては (受信の必要がない場合には)、次回あるいは複数回先のTBTTまで受信機の電源を落とすスリープ状態 (後述) に入ることもある。

40

【0010】

これに対し、アドホック・モードのIBSSにおいては、移動局は複数の移動局同士でネゴシエーションを行なった後に自律的にIBSSを定義する。IBSSが定義されると、移動局群は、ネゴシエーションの末に、一定間隔毎にTBTTを定める。各移動局は自局内のクロックを参照することによりTBTTが到来したことを認識すると、ランダム時

50

間の遅延の後、未だ誰もビーコンを送信していないと認識した場合にはビーコンを送信する。また、アドホック・モード時のIBSSにおいても、移動局は必要に応じて送受信機の電源を落とすスリープ状態に入ることがある。

【0011】

また、IEEE 802.11におけるネットワーキングでは、パワーセーブ・モードも備えている。パワーセーブ・モード下の通信局は、数回に一度のビーコンのみを受信し、その他の時間帯では送受信を行わず、極力消費電力を抑えている。パワーセーブ・モードの通信局宛てのパケットはアクセス・ポイントに蓄積され、ビーコンにおいてバッファされたパケットが存在する旨が通信局に伝えられる。ビーコン受信により自分宛てのパケットの存在を知らされた端末は、受け取る旨をアクセス・ポイントに伝え、トラフィックが受信される。

10

【0012】

【非特許文献1】International Standard ISO/IEC 8802-11:1999(E) ANSI/IEEE Std 802.11, 1999 Edition, Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications

【非特許文献2】ETSI Standard ETSI TS 101 761-1 V1.3.1 Broadband Radio Access Networks (BRAN); HIPERLAN Type 2; Data Link Control (DLC) Layer; Part 1: Basic Data Transport Functions

20

【非特許文献3】ETSI TS 101 761-2 V1.3.1 Broadband Radio Access Networks (BRAN); HIPERLAN Type 2; Data Link Control (DLC) Layer; Part 2: Radio Link Control (RLC) sublayer

【非特許文献4】Supplement to IEEE Standard for Information technology - Telecommunication systems - Local and metropolitan area networks - Specific requirements - Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) specifications: High-speed Physical Layer in the 5GHz Band

30

【非特許文献5】C.K.Tho著“Ad Hoc Mobile Wireless Network”(Prentice Hall PTR社刊)

【非特許文献6】IEEE Std 802.11, 1999 Edition (Wireless LAN Medium Access Control and Physical Layer Specification 11.1 Synchronization P123 - P128)

【発明の開示】

40

【発明が解決しようとする課題】

【0013】

上述したように、制御局を特に配置しない自律分散型の無線通信システムでは、各通信局はチャンネル上で周期的にビーコン情報を報知することにより、近隣(すなわち通信可能範囲内)の他の通信局に自己の存在を知らしめるとともに、ネットワーク構成を通知する。通信局は伝送フレーム周期の先頭でビーコンを送信するので、伝送フレーム周期はビーコン間隔によって定義される。また、各通信局は、伝送フレーム周期に相当する期間だけチャンネル上をスキャン動作することにより、周辺局から送信されるビーコン信号を発見し、ビーコンに記載されている情報を解読することによりネットワーク構成を知る(又はネットワークに参入する)ことができる。

50

【 0 0 1 4 】

このような無線通信システムでは、各通信局において周辺局との時間の同期を確保しながら、上述のようなビーコン情報の報知やビーコン情報の管理などを周期的に行なう必要がある。また、各通信局がフレーム周期内で優先利用期間を設定するなど時間同期をベースにしたアクセス方式においては、時間の同期確保は極めて重要な問題である。

【 0 0 1 5 】

従来の時間同期が必要となる無線通信システムの多くは、制御局の介在により、各通信局がそれぞれ制御局と時間の同期を確保し、同一ネットワークに存在する各通信局間の時間の同期を確保することが可能である。

【 0 0 1 6 】

これに対し、制御局と被制御局の関係を特に設けない自律分散型の無線通信システムでは、制御局となる通信局が存在しないことから、従来のような時間同期を確保する方法は適用することができない。

【 0 0 1 7 】

また、アクセス・ポイントなどを經由して通信が行なわれるインフラストラクチャ通信と比較して各通信局の処理が大きいアドホック通信では、処理が増大することは好ましくない。このことから、自律分散型の通信システムでは、比較的単純な処理で各通信局間との時間同期が確保できる技術が必要である。

【 0 0 1 8 】

例えば I E E E 8 0 2 . 1 1 では、ビーコン送信局が自局の送信時刻を記載したタイムスタンプ情報をビーコンに含めて報知することを利用したクロック同期方法が採用されている（例えば、非特許文献 6 を参照のこと）。この場合、ビーコンを受信した通信局は、インフラストラクション・モードの場合には自局の時刻をタイムスタンプと同じ値に調整し、アドホック・モードの場合にはタイムスタンプの値が自局の時刻よりも遅れている場合に、タイムスタンプと同じ値に調整する。このようにして、常時クロック誤差を測定して時刻調整して同期する。

【 0 0 1 9 】

ここで、クロックの同期を獲得するには、通信局同士で基準となる時刻の位置ずれを補正すること以外に、時刻の進む速さ（すなわちクロックの周期）の同期をとる必要がある。しかしながら、タイムスタンプ情報を利用したクロック同期方法では、前者の時刻の同期合わせしか行なうことができない。

【 0 0 2 0 】

クロックの精度が十分でない場合、例えば、パワーセーブ・モード下の通信局がスリープ状態にいる期間が長く、あまりに長い間ビーコンを受信せずにいると、通信局間の時刻のずれが許容値を超えて大きくなってしまう。このため、パワーセーブ・モードでもスリープ状態を継続することが許容される期間がクロックの精度により制限されてしまう、という問題が生じる。

【 0 0 2 1 】

本発明は、上述したような技術的課題を鑑みたものであり、その主な目的は、特定の制御局を配置せずに各通信局が自律分散的にネットワーク動作を行なうことができる、優れた無線通信システム、無線通信装置及び無線通信方法、並びにコンピュータ・プログラムを提供することにある。

【 0 0 2 2 】

本発明のさらなる目的は、各通信局が等しいフレーム間隔を以って同期しながら自律的に動作することができる、優れた無線通信システム、無線通信装置及び無線通信方法、並びにコンピュータ・プログラムを提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 2 3 】

本発明は、上記課題を参酌してなされたものであり、その第 1 の側面は、各通信局が所定のフレーム周期を以って動作する無線通信システムであって、

10

20

30

40

50

第1の通信局はフレーム周期に関する時刻情報を含んだ報知信号を送信し、

第2の通信局は、受信した報知信号から得られる時刻情報を基に、前記第1の通信局とのフレーム周期の先頭位置の同期をとるとともに、フレーム周期の同期をとる、ことを特徴とする無線通信システムである。

【0024】

但し、ここで言う「システム」とは、複数の装置（又は特定の機能を実現する機能モジュール）が論理的に集合した物のことを言い、各装置や機能モジュールが単一の筐体内にあるか否かは特に問わない。

【0025】

本発明に係る無線通信システムにおいては、コーディネータを特に配置しない。各通信局はビーコン情報を報知することにより、近隣の他の通信局に自己の存在を知らしめるとともに、ネットワーク構成を通知する。また、ある通信局の通信範囲に新規に参入する通信局は、例えば、ビーコン信号を受信することにより、通信範囲に突入したことを検知するとともに、ビーコンに記載されている情報を解読することによりネットワーク構成を知ることができる。

【0026】

このような場合、周辺に通信局がない場合、通信局は適当なタイミングでビーコンを送信し始めることができる。以降、通信範囲内に新規に参入する通信局は、既存のビーコン配置と衝突しないように、自己のビーコン送信タイミングを設定する。このとき、各通信局はビーコン送信の直後に優先利用領域を獲得することから、既存の通信局が設定した

【0027】

ところが、このような自律分散型の無線通信システムでは、各通信局において周辺局との時間の同期を確保しながら、上述のようなビーコン情報の報知やビーコン情報の管理などを周期的に行なう必要がある。また、各通信局がフレーム周期内で優先利用期間T P Pを設定するなど時間同期をベースにしたアクセス方式においては、時間の同期確保は極めて重要な問題である。

【0028】

また、スリープ・モードを備え、定期的な受信動作を行なう無線ネットワーク・システムでは、クロックの精度が十分でない場合には、スリープ状態を継続することが許容される期間がクロックの精度により制限されてしまうという問題がある。

【0029】

そこで、本発明では、クロックの同期獲得には、通信局同士で基準となる時刻の先頭位置の位置ずれの補正と、時刻の進む速さ（すなわち、クロックの周期）の同期化という2通りの同期処理を行なうようにしている。すなわち、通信局は、受信パケットから測定されたクロック誤差を用い、ビーコンの送受信時刻を刻むカウンタを同期させるとともに、クロックの周期のずれも調整して、周辺局との同期とる。

【0030】

したがって、基準クロックの精度が十分でない通信局であっても、スリープ状態から復帰したときに周辺局との同期が可能であり、スリープ状態を継続できる期間をクロックの精度に拘わらず長くすることができる。また、異常な値に対して誤って同期動作をしてしまうことにより同期が外れてしまうことを防ぐことができる。

【0031】

各通信局は、基本クロックを生成するクロック発生器を備えており、このクロックをカウントすることでフレーム周期を計測することができる。このような場合、前記第2の通信局は、前記第1の通信局とのフレーム周期の先頭位置の誤差をクロックのカウント誤差として計測し、カウント値を だけ減じることによりフレーム周期の先頭位置の同期をとることができる。また、1フレームのカウント周期を だけ伸張することによりフレーム周期の同期をとることができる。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 2 】

ここで、同じ系に3台以上の通信局が存在する場合などで、通信局が周辺局からのビーコン受信により得られたクロック誤差が突然に大きくなった場合には、このビーコン送信局側でもクロック同期処理のために時刻のシフトが行なわれた直後である可能性がある。

【 0 0 3 3 】

そこで、通信局は、フレーム周期の先頭位置のカウント誤差が許容範囲外の大きな値となるときには周期の変更をしないようにしてもよい。これによって、誤った周期への変更防止、クロック変動への耐性、緩やかな周期変動によるクロック同期動作の安定性が実現できる。

【 0 0 3 4 】

また、本発明に係る無線通信システムは、スリープ・モードを採用することができ、各通信局は適宜スリープ状態に陥ることができる。スリープ・モードを採用する場合、通信局は、所定のウェイクアップ周期（又はスキャン周期）毎にアクティブ状態に復帰し、スキャン動作を行なうことで周辺局からのビーコンを受信し、同期処理を行なう。

【 0 0 3 5 】

このような場合、通信局は、過渡的なフレーム周期の同期動作として、定期的な受信動作すなわちスキャン動作の間隔を、最初のうちは小さくしてフレーム周期の同期を行なう。そして、周辺局との間でフレームの先頭位置の誤差が十分小さくなったら、このスキャン周期を長くしていき、再度フレーム周期の同期をする動作を繰り返していく。最終的には、定常状態の長いスキャン周期においても、通信局間でフレーム周期の同期を保つことができる。

【 0 0 3 6 】

また、スキャン周期が短ければ、同じクロック精度でも、測定されるフレーム周期の先頭位置のカウント誤差は小さい。その結果、フレーム周期の先頭位置のカウント誤差が許容範囲外の大きな値となるときには周期の変更をしないという上記ルールに従いながら、フレーム周期の調整を好適に行なうことができる。

【 0 0 3 7 】

一方、通信局は、周辺局との間でフレームの先頭位置の誤差が所定の閾値を超えるときには、スキャン周期を短くし、フレーム先頭位置の同期をとる。但し、ビーコン送信局側でもクロック同期処理のために時刻のシフトが行なわれた直後であるなど、フレーム周期のずれ以外の原因によりフレーム周期のずれが発生している可能性があるため、クロック同期の同期化は行なわない。

【 0 0 3 8 】

また、スキャン周期を短くするその他のトリガとして、新規ビーコンの受信やアソシエーション要求などにより新規参入局を認識した場合や、ビーコン又は送信パケットにクロック周期の変更を示すフラグを設け、受信したビーコン又は受信パケットでそのフラグが立っていることなども考えられる。

【 0 0 3 9 】

ビーコン送信局側においてクロック同期処理のために時刻のシフトが行なわれた直後には、ビーコン受信により得られたクロック誤差が突然に大きくなる可能性がある。そこで、前記第1の通信局は、同期処理直後のビーコン又は送信パケットにクロック周期の変更を示すフラグを設け、この可能性を通知するようにしてもよい。フレーム先頭位置を大きく変更した場合には、システムの最大スキャン周期の間、このフラグを立てて送信する。そして、前記第2の通信局は、前記フラグ付の報知信号を受信したときには、フレーム周期の先頭位置の誤差が所定の閾値を越えるときには、前記第1の通信局とのフレーム周期の先頭位置の同期をとるが、フレーム周期の同期処理は行なわない。

【 0 0 4 0 】

また、新規に参入してきたビーコンの基準時刻と、既に存在したネットワークの基準時刻は一致していないので、初回のビーコン受信時にはこのずれ分がクロック誤差として検出される。そこで、新規参入端末の初回のビーコンから見積もられるクロック誤差の値を

10

20

30

40

50

用いては、クロック周期の補正は行なわないようにすることで、誤ったクロック周期変更を防ぐことができる。

【0041】

また、本発明の第2の側面は、周期的に報知信号が送信される無線通信環境下で通信するための処理をコンピュータ・システム上で実行するようにコンピュータ可読形式で記述されたコンピュータ・プログラムであって、

クロック周期に関する時刻情報を含んだ報知信号を生成する報知信号生成ステップと、
周辺局から受信した報知信号を解析する報知信号解析ステップと、

周辺局から受信した報知信号から得られる時刻情報を基に、該周辺局との間でクロック周期の先頭位置の同期、並びにフレーム周期の同期を調整する同期処理ステップと、
を具備することを特徴とするコンピュータ・プログラムである。

10

【0042】

本発明の第2の側面に係るコンピュータ・プログラムは、コンピュータ・システム上で所定の処理を実現するようにコンピュータ可読形式で記述されたコンピュータ・プログラムを定義したものである。換言すれば、本発明の第2の側面に係るコンピュータ・プログラムをコンピュータ・システムにインストールすることによってコンピュータ・システム上では協働的作用が発揮され、無線通信装置として動作する。このような無線通信装置を複数起動して無線ネットワークを構築することによって、本発明の第1の側面に係る無線通信システムと同様の作用効果を得ることができる。

【発明の効果】

20

【0043】

本発明によれば、各通信局が等しいフレーム間隔を以って同期しながら自律的に動作することができる、優れた無線通信システム、無線通信装置及び無線通信方法、並びにコンピュータ・プログラムを提供することができる。

【0044】

本発明によれば、クロック周期の同期が可能になるため、スリープ動作などで一定期間クロック同期をしていない通信局であっても、他局との同期を容易に保つことができる。また、スリープ状態を継続できる期間をクロックの精度に拘わらず長くすることができる。

【0045】

30

また、本発明によれば、通信局は、クロック周期は保ったままで、時刻をシフトすることができる。また、通信局は、瞬時的な周期の変化に追従して誤った周期に設定してしまうことを防ぐことができる。

【0046】

また、本発明によれば、通信局は、クロック精度が十分でない場合であっても、クロック周期の同期を可能にするとともに、長いウェイクアップ周期でも同期を保つことを可能にする。また、必要以上にスキャン頻度を高くすることがないため、通信局は低消費電力を実現することができる。

【0047】

また、本発明によれば、通信局は時刻を調整したことで一時的にビーコン周期が変動することがあるが、このような通信局からのビーコンを受信した隣接局が誤ってクロック周期を変えてしまうことを防止できる。

40

【0048】

また、本発明によれば、新規に通信局が参入してきた場合に、既存の通信局が誤ったクロック周期に変更してしまいクロック同期が外れてしまう現象を防ぐことができる。

【0049】

本発明のさらに他の目的、特徴や利点は、後述する本発明の実施形態や添付する図面に基づくより詳細な説明によって明らかになるであろう。

【発明を実施するための最良の形態】

【0050】

50

以下、図面を参照しながら本発明の実施形態について詳解する。

【0051】

本発明において想定している通信の伝搬路は無線であり、複数の通信局間でネットワークを構築する。本発明で想定している通信は蓄積交換型のトラヒックであり、パケット単位で情報が転送される。また、以下の説明では、各通信局は単一のチャンネルを想定しているが、複数の周波数チャンネルすなわちマルチチャンネルからなる伝送媒体を用いた場合に拡張することも可能である。

【0052】

本発明に係る無線ネットワークでは、緩やかな時分割多重アクセス構造を持った伝送(MAC)フレームによりチャンネル・リソースを効果的に利用した伝送制御が行なわれる。また、各通信局は、CSMA(Carrier Sense Multiple Access: キャリア検出多重接続)に基づくアクセス手順に従い直接非同期的に情報を伝送し、自律分散型の無線ネットワークを構築することができる。本発明の一実施形態では、例えば、IEEE 802.11の拡張規格であるIEEE 802.11aに通信環境を想定している。

【0053】

このように制御局と被制御局の関係を特に設けない無線通信システムでは、各通信局はビーコン情報を報知することにより、近隣(すなわち通信範囲内)の他の通信局に自己の存在を知らしめるとともに、ネットワーク構成を通知する。また、ある通信局の通信範囲に新規に参入する通信局は、ビーコン信号を受信することにより、通信範囲に突入したことを検知するとともに、ビーコンに記載されている情報を解読することによりネットワーク構成を知ることができる。

【0054】

以下に説明する各通信局での処理は、基本的にはネットワークに参入するすべての通信局で実行される処理である。但し、場合によっては、ネットワークを構成するすべての通信局が、以下に説明する処理を実行するとは限らない。

【0055】

A. 装置構成

図1には、本発明の一実施形態に係る無線ネットワークにおいて通信局として動作する無線通信装置の機能構成を模式的に示している。図示の無線通信装置100は、同じ無線システム内では効果的にチャンネル・アクセスを行なうことにより、衝突を回避しながらネットワークを形成することができる。

【0056】

図示の通り、無線通信装置100は、インターフェース101と、データ・バッファ102と、中央制御部103と、送信データ生成部104と、無線送信部106と、タイミング制御部107と、アンテナ109と、無線受信部110と、受信データ解析部112と、情報記憶部113と、クロック発生器114とで構成される。

【0057】

インターフェース101は、この無線通信装置100に接続される外部機器(例えば、パーソナル・コンピュータ(図示しない)など)との間で各種情報の交換を行なう。

【0058】

データ・バッファ102は、インターフェース101経由で接続される機器から送られてきたデータや、無線伝送路経由で受信したデータをインターフェース101経由で送出する前に一時的に格納しておくために使用される。

【0059】

中央制御部103は、無線通信装置100における一連の情報送信並びに受信処理の管理と伝送路のアクセス制御を一元的に行なう。基本的には、CSMA手順に基づき、伝送路の状態を監視しながらランダム時間にわたりバックオフのタイマーを動作させ、この間に送信信号が存在しない場合に送信権を獲得するというアクセス制御を行なう。

【0060】

中央制御部103は、クロック発生器114から供給される基準クロックに基づいて動作する。例えば、基準クロックをカウントアップするカウンタを備え、ネットワーク動作の基本となるフレーム周期を獲得する。さらに本実施形態では、中央制御部103は、通信局同士でのクロックの同期処理を実行する。ここで行なわれるクロックの同期方法には、通信局同士で基準となる時刻の位置ずれの補正と、時刻の進む速さ(すなわちクロックの周期)の同期化の2つが含まれる。

【0061】

送信データ生成部104は、自局から周辺局宛てに送信されるパケット信号やビーコン信号を生成する。ここで言うパケットには、データ・パケットの他、受信先の通信局の送信要求パケットRTSや、RTSに対する確認応答パケットCTS、ACKパケットなどが挙げられる。例えばデータ・パケットは、データ・バッファ102に蓄積されている送信データを所定長だけ切り出し、これをペイロードとしてパケットが生成される。また、ビーコンには、送信時のカウンタ値が記載される。

10

【0062】

無線送信部106は、送信信号をOFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing:直交周波数分割多重)など所定の変調方式で変調する変調器や、デジタル送信信号をアナログ信号に変換するD/A変換器、アナログ送信信号を周波数変換してアップコンバートするアップコンバータ、アップコンバートされた送信信号の電力を増幅するパワーアンプ(PA)など(いずれも図示しない)を含み、所定の伝送レートにて、伝送レートにてパケット信号の無線送信処理を行なう。

20

【0063】

無線受信部110は、アンテナ109を介して他局から受信した信号を電圧増幅する低雑音アンプ(LNA)や、電圧増幅された受信信号を周波数変換によりダウンコンバートするダウンコンバータ、自動利得制御器(AGC)、アナログ受信信号をデジタル変換するA/D変換器、同期獲得のための同期処理、チャンネル推定、OFDMなどの復調方式により復調処理する復調器など(いずれも図示しない)で構成される。

【0064】

アンテナ109は、他の無線通信装置宛てに信号を所定の周波数チャンネル上で無線送信し、あるいは他の無線通信装置から送られる信号を収集する。本実施形態では、単一のアンテナを備え、送受信をともに並行しては行なえないものとする。

30

【0065】

タイミング制御部107は、無線信号を送信並びに受信するためのタイミングの制御を行なう。例えば、自己のパケット送信タイミングやRTS/CTS方式に則った各パケット(RTS、CTS、データ、ACKなど)の送信タイミングの制御や、ビーコンの送受信などのタイミング制御を行なう。

【0066】

受信データ解析部112は、他局から受信できたパケット信号(RTS、CTS信号の解析を含む)や、ビーコン信号を解析する。例えば、クロックの同期処理のため、ビーコン信号に記載されているビーコン送信時のカウンタ値を抽出する。

【0067】

40

情報記憶部113は、中央制御部103において実行される一連のアクセス制御動作などの実行手順命令プログラムや、受信したパケットやビーコンの解析結果から得られる情報などを蓄えておく。

【0068】

B. ビーコン情報の交換に基づく自律分散ネットワークの構築

本実施形態に係る自律分散型ネットワークでは、各通信局は、所定のチャンネル上で所定の時間間隔でビーコン情報を報知することにより、近隣(すなわち通信範囲内)の他の通信局に自己の存在を知らしめるとともに、ネットワーク構成を通知する。ビーコンを送信する伝送フレーム周期のことを、ここでは「スーパーフレーム(Super Frame)」と定義し、1スーパーフレームを例えば40ミリ秒とする。

50

【 0 0 6 9 】

新規に参入する通信局は、スキャン動作により周辺局からのビーコン信号を聞きながら、通信範囲に突入したことを検知するとともに、ビーコンに記載されている情報を解読することによりネットワーク構成を知ることができる。そして、ビーコンの受信タイミングと緩やかに同期しながら、周辺局からビーコンが送信されていないタイミングに自局のビーコン送信タイミングを設定する。

【 0 0 7 0 】

図 2 には、本発明の一実施形態に係る自律分散型ネットワークの構成を模式的に示している。図示のネットワークは、通信装置 # 1 から通信装置 # 7 のように、複数の無線通信装置が空間上に配置され、近隣に存在する通信装置とは直接通信を行なうことができる。

10

【 0 0 7 1 】

ここで、通信装置 # 1 は、その電波到達範囲 1 1 (# 1 を中心とした楕円の破線内) にある近隣の通信装置 # 2、# 3、# 4 と直接通信ができるが、その範囲外の通信装置 # 5、# 6、# 7 とは直接通信ができない。また、通信装置 # 2 は、近隣にある通信装置 # 1、# 4 と直接通信ができるが、その他の通信装置 # 3、# 5、# 6、# 7 とは直接通信ができない。また、通信装置 # 3 は、近隣にある通信装置 # 1、# 6、# 7 と直接通信ができるが、その他の通信装置 # 2、# 4、# 5 とは直接通信ができない。また、通信装置 # 4 は、近隣にある通信装置 # 1、# 2、# 5 と直接通信ができるが、その他の通信装置 # 3、# 6、# 7 とは直接通信ができない。また、通信装置 # 5 は、近隣にある通信装置 # 4 とのみ直接通信ができるが、その他の通信装置 # 1、# 2、# 3、# 6、# 7 とは直接通信ができない。また、通信装置 # 6 は、近隣にある通信装置 # 3 とのみ直接通信ができるが、その他の通信装置 # 1、# 2、# 4、# 5、# 7 とは直接通信ができない。また、通信装置 # 7 は、近隣にある通信装置 # 3 とのみ直接通信ができるが、その他の通信装置 # 1、# 2、# 4、# 5、# 6 とは直接通信ができない。

20

【 0 0 7 2 】

このように制御局を特に配置しない自律分散型の無線通信システムでは、各通信局はチャンネル上でビーコン情報を報知することにより、近隣(すなわち通信範囲内)の他の通信局に自己の存在を知らしめるとともに、ネットワーク構成を通知する。通信局は伝送フレーム周期の先頭でビーコンを送信するので、伝送フレーム周期はビーコン間隔によって定義される。

30

【 0 0 7 3 】

また、各通信局は、伝送フレーム周期に相当する期間だけチャンネル上をスキャン動作することにより、周辺局から送信されるビーコン信号を発見し、ビーコンに記載されている情報を解読することによりネットワーク構成を知ることができる。本明細書ではビーコン送信周期のことを、「スーパーフレーム(T_SF)」と定義する。

【 0 0 7 4 】

各通信局は、自局のビーコン送信タイミングをスーパーフレームの先頭位置とする。言い換えれば、各通信局は独自にスーパーフレーム構成を設定し、近隣局のスーパーフレーム構成とは開始タイミングが重ならないように設定する。

【 0 0 7 5 】

本実施形態に係る自律分散型ネットワークにおいて、スーパーフレーム内で各通信局がビーコン送信を行なう手順について、図 3 を参照しながら説明する。

40

【 0 0 7 6 】

図示の例では、無線通信装置 # 1 は、近隣にある通信装置 # 2、# 3、# 4 のビーコン信号(N2、N3、N4)を受信し、それらのビーコン信号と重ならないタイミングで自身のビーコン信号(B1)を送信して、次のビーコン信号送信タイミング(B1')までの周期を自己のスーパーフレーム周期を設定する。

【 0 0 7 7 】

また、通信装置 # 2 は近隣にある通信装置 # 1、# 4 のビーコン信号(N1、N4)を受信でき、通信装置 # 3 はその近隣にある通信装置 # 1、# 6、# 7 のビーコン信号(N

50

1、N6、N7)を受信でき、通信装置#4はその近隣にある通信装置#1、#2、#5のビーコン信号(N1、N2、N5)を受信でき、通信装置#5はその近隣にある通信装置#4のビーコン信号(N4)を受信でき、通信装置#6はその近隣にある通信装置#3、のビーコン信号(N3)を受信でき、通信装置#7はその近隣にある通信装置#3のビーコン信号(N3)を受信できる。

【0078】

以降、通信範囲内に新規に参入する通信局は、既存のビーコン配置と衝突しないように、自己のビーコン送信タイミングを設定する。

【0079】

図4には、本実施形態に係る自律分散型ネットワークにおいて、通信局毎に管理されるスーパーフレームの内部構成を模式的に示している。各通信局はビーコン送信によって自己のスーパーフレームを定義されており、以下では、そのスーパーフレーム内の利用方法について説明する。

【0080】

スーパーフレーム周期(Superframe Duration)は、各通信局が自己のビーコン送信(Beacon)によって定義し、このビーコン送信タイミングを基準にして、ビーコン相対位置毎に、さらに細分化されたビーコン相対位置として管理が行なわれる。図示の例では、1スーパーフレームが64等分され、0~63という64個の相対位置すなわちスロットが配設されている。

【0081】

ここで、先頭ビーコン相対位置(位置番号:0)では、ビーコンの送信に続いて、自己の優先利用領域(TPP:Transmission Prioritized Period)が設定されている。この優先利用領域TPPでは、その無線通信装置が動作状態となり、自己からのメッセージ送信や、自己宛てのメッセージの受信が行なわれる。

【0082】

さらに、ビーコン相対位置:0以外の場所(位置番号1~63)は、競合利用領域(CAP:Contention Access Period)として設定され、通信の需要がある場合に、隣接する無線通信装置の間で必要に応じて利用される。

【0083】

また、優先利用領域TPPとして設定された領域でも、所定の通信が終了した場合、あるいは通信が行なわれない場合には優先利用領域TPPが終了し、自動的に競合利用領域CAPとして、隣接局の間で必要に応じて利用される。あるいは、競合利用領域CAPの一部を、自己の優先利用領域TPPとして設定し、特定の無線通信装置からの通信に優先的に利用をする構成をとっても良い。

【0084】

本実施形態では、通信局は、スーパーフレームをスロット単位で扱い、周辺局における帯域の利用状況に基づいて、自局が使用する通信帯域を設定する。

【0085】

C. 自律分散型ネットワークにおける時間同期の獲得

上述したように、自律分散型の無線通信システムでは、各通信局は周期的にビーコン情報を報知することにより、近隣の通信局に自己の存在を知らしめるとともに、ネットワーク構成を通知する。通信局はスーパーフレームの先頭でビーコンを送信するので、スーパーフレームはビーコン間隔によって定義される。また、各通信局は、チャンネル上をスキャン動作することにより、周辺局のビーコン信号を発見し、ネットワークに参入することができる。

【0086】

このような自律分散型の無線通信システムでは、各通信局において周辺局との時間の同期を確保しながら、上述のようなビーコン情報の報知やビーコン情報の管理などを周期的に行なう必要がある。また、各通信局がフレーム周期内で優先利用期間TPPを設定するなど時間同期をベースにしたアクセス方式においては、時間の同期確保は極めて重要な問

10

20

30

40

50

題である。

【0087】

また、スリープ・モードを備え、定期的な受信動作を行なう無線ネットワーク・システムでは、クロックの精度が十分でない場合には、スリープ状態を継続することが許容される期間がクロックの精度により制限されてしまう、という問題が生じる。

【0088】

クロック（フレーム）の同期獲得には、通信局同士で基準となる時刻（フレーム周期）の先頭位置のずれの補正と、時刻の進む速さ（すなわち、クロック若しくはフレームの周期）の同期化の2つ意味が含まれる。なお、本発明の前提として、時刻（フレーム周期）の先頭位置の誤差は、測定により検出することができるが、時刻の進む速さ（フレーム周期）の同期がとれているかどうかは、測定によって検出できないものとする。以下に、クロック（フレーム）の同期を獲得するための方法について幾つか提案する。

【0089】

C - 1 . クロック（フレーム）同期方法（1）

既に述べたように、本実施形態に係る自律分散型の通信システムでは、各通信局は、基準クロックによりカウントアップされるカウンタを備え、定期的なビーコン送信時刻でリセットされる。また、ビーコン送信時のカウンタ値がビーコンに記載される。これにより、通信局は、ビーコンを受信することにより、ビーコン送信元の通信局に対し、自局の時刻の遅延量を把握することができる。

【0090】

図5には、ビーコンを送受信する通信局の間でクロック（フレーム）の同期をとる手順を示している。同図では、ビーコン送信局からのビーコンをビーコン受信局側で受信してから3つ目のビーコンまでの動作を示している。但し、各通信局は、動作の初期には、それぞれの基準クロックを1000000回だけカウントアップする期間を1スーパーフレームとして取り扱うものとする。

【0091】

ビーコン送信局は、自局のカウンタが0に戻ったタイミングでビーコン信号を報知する。一方、ビーコン受信局は、ビーコンを受信したことに応答して、ビーコン送信局のビーコン送信時刻にカウンタを0にリセットすることにより、基準となる時刻の位置ずれが補正され、通信局同士でカウンタが同期する。

【0092】

その後、各通信局はそれぞれの基準クロックを用いて1スーパーフレーム分の計時、すなわちカウンタを0から999999までカウントアップする。そして、ビーコン送信局は、自局のカウンタが0に戻ったタイミングでビーコン信号を報知する。

【0093】

ビーコン受信局側では、2回目のビーコン送信時刻には、カウンタが0に戻った後、既に40だけカウントアップが進んでいる。これは、ビーコン送信局のクロックを基準とした場合、ビーコン受信局のクロックは1スーパーフレーム毎に40だけ多くカウントする、すなわち+40ppmだけクロックが進んでいることを示している。

【0094】

従来のタイムスタンプ情報のみに基づいたクロック同期方法では、ビーコン受信局は、ビーコンを受信する度にカウンタをリセットし時刻の位置ずれを補正し、時刻の同期をとることができる。しかしながら、ビーコン受信局がスリープ状態に入った期間はカウンタをリセットすることができなくなり、スーパーフレーム毎に時刻の位置ずれが加算されていく。このため、クロックの精度が十分でない場合には、スリープ状態を継続できる期間が制限されてしまう。

【0095】

これに対し、本実施形態では、ビーコン受信局は、ビーコンを受信する度にカウンタをリセットし時刻の位置ずれを補正するとともに、時刻の進む速さ、すなわちクロックの周期の同期化を併せて行なう。具体的には、ビーコン受信局は、2回目のビーコン受信時に

10

20

30

40

50

カウンタを40から0にリセットする時点で、1スーパーフレーム毎に40だけ多くカウントする、すなわち+40ppmだけクロックが進んでいることを認識し、クロック周期を $40/1000000$ だけ長くする。この結果、ビーコン受信局は、0から1000039カウントアップする期間を1スーパーフレームとして扱うことになり、3回目のビーコン受信時にはビーコン送信局とのクロック(フレーム)同期を獲得することができる。

【0096】

本実施形態では、ビーコン受信局がカウンタをリセットするタイミングを40カウントだけ遅らせ、1000039までカウントしてからリセットしているが、これ以外にも、クロック周期の補正を実現する方法は幾つか考えられる。例えば、PLL(Phase Lock Loop)などを用いて直接クロックを長くする方法もその1つである。

10

【0097】

図6には、ビーコン送受信局間でクロック(フレーム)の同期をとるための処理手順をフローチャートの形式で示している。

【0098】

通信局は、ビーコンを受信すると、クロック誤差(フレームの先頭位置の誤差)を抽出し(ステップS1)、ビーコン受信局は、1スーパーフレームを計時するクロック・カウンタを-だけ補正し(ステップS2)、時刻の先頭位置のずれの補正を行なう。

【0099】

さらに、ビーコン受信局は、1スーパーフレーム分のカウンタ周期をだけ伸張することにより(ステップS3)、時刻の進む速さ、すなわちクロック(フレーム)の周期の同期化を行なう。

20

【0100】

なお、図5並びに図6に示す例では、2台の通信局間でクロックの同期をとる方法に限定して説明しており、この場合は、ビーコン送信局のクロックを基準とすることで処理が実現される。これに対し、3台以上の通信局が存在し、2台以上の通信局がビーコンを送信するシステムにおいては、いずれの通信局のクロックを基準とすべきかが問題となることがある。このため、例えば、クロックが進んでいる通信局がクロックの遅い通信局に合わせるように同期処理を行なうようにしてもよい。この場合、ビーコンを受信した通信局は、クロック誤差が正となる場合のみ、時刻の位置ずれの補正(ステップS2)、及びクロックの周期の同期化(ステップS4)を行なう。

30

【0101】

図7には、カウンタ周期の伸張分を出力する回路の構成例を示している。

【0102】

カウンタを1マイクロ秒毎にインクリメントするようにすることも可能であるが、実際には、例えば100マイクロ秒毎にインクリメントするような条件も十分に考えられる。この場合、例えば35マイクロ秒分の補正は0.35カウント分になり、単位カウント数に満たない。そこで、図7に示した構成の回路により、量子化誤差を軽減する。

【0103】

同図に示す例では、理想補正カウント値入力は、小数点第2位までの精度を得るために、乗算部11において100倍される。例えば0.35カウントは35になる。

40

【0104】

この値は、量子化部12で100毎に量子化されて0になる。したがって、除算部13の出力は0である。しかし、ここで出力されなかった値は加算部14で算出され、その値35は次の入力値に合算される。その結果、次の量子化前の値は70になり、その次の回には105になる。

【0105】

105となった値は量子化部12により量子化されて1カウント分になり出力される。余った5はそれまでと同様に次の入力値に合算される。

【0106】

このようにして、量子化により1カウントに満たなかった部分は累積されるので、目標

50

とするビーコン周期と実際の設定値との誤差を極力小さくすることができる。

【0107】

なお、図5では、説明の便宜上、各通信局の同期処理においてスーパーフレームの先頭位置とスーパーフレームの周期の双方について同期をとるように描いている。但し、すべての通信局がビーコン信号を報知し、ビーコン間隔を以って各通信局が独自にスーパーフレームを定義するような自律分散型のシステムにおいては、スーパーフレームの周期は一致するものの、スーパーフレームの先頭位置が揃うことはない。この場合、同図はスーパーフレーム自体の先頭位置ではなく、スーパーフレームを構成するスロットの先頭位置の同期をとることを表すものであると理解されたい。

【0108】

C-2. クロック(フレーム)同期方法(2)

続いて、ビーコン送信局が自局のクロックより遅れている他の通信局を認識し、時刻の調整をする場合について、図8を参照しながら考察する。図示の例では、ネットワーク内にX~Zの3台の通信局が動作し、各通信局は、動作の初期には、それぞれの基準クロックを1000000回だけカウントアップする期間を1スーパーフレームとして取り扱う。

【0109】

図中Aの時点で、通信局Yは、ビーコン受信などにより隣接局Xとの10カウント分のずれを認識し、カウンタを10カウント遅らせ、カウンタの同期を行なう。この結果、通信局Yの2つ目のビーコンはこれまでよりも10カウントだけ遅れて送信される。

【0110】

次いで、図中Bの時点では、通信局Yからのビーコンを受信した通信局Zは、クロック同期をする際、やはり10カウント分のずれを認識するので、カウンタを同じだけ遅らせ、カウンタの同期を行なう。但し、この実施形態では、クロック周期又はビーコン周期の調整を許容するクロック誤差の範囲が3カウントまでと制限されているので、通信局Zは、今回のクロック周期の調整は見送る。

【0111】

次いで、図中Cの時点では再度クロック同期を試みる。実際には、周期の変更は無かったのでクロック誤差は0と測定される。したがって、この時点でも周期は変更されない。

【0112】

通信局Yは通信局Xとカウンタの同期をとった結果、図中Bの時点で計測される通信局Yのビーコン送信間隔は、通常のスーパーフレームに10カウントだけクロック誤差が加算されている。すなわち、Bの時点での周期変動は一時的なものなので、それ以降の周期は元と同じである。このクロック誤差を以って、スーパーフレームが10カウント分だけ変更されたと認識してしまうと、通信局Zは誤ったクロック周期に変更してしまう。

【0113】

ここで、通信局が周辺局からのビーコン受信により得られたクロック誤差が突然に大きくなった場合には、このビーコン送信局側でもクロック同期処理のために時刻のシフトが行なわれた直後である可能性がある。

【0114】

そこで、本実施形態では、許容範囲外の大きなクロック誤差(フレーム先頭位置の誤差)に対しては周期の変更をしないことにしている。これによって、誤った周期への変更防止、クロック変動への耐性、緩やかな周期変動によるクロック(フレーム)同期動作の安定性が実現できる。

【0115】

図9には、ビーコン送受信局間でクロック(フレーム)の同期をとるための処理手順をフローチャートの形式で示している。

【0116】

通信局は、ビーコンを受信すると、クロック誤差(フレーム先頭位置の誤差)を抽出し(ステップS11)、時刻の位置ずれの補正を行なう(ステップS12)。

10

20

30

40

50

【 0 1 1 7 】

次いで、クロック誤差（フレーム先頭位置の誤差） が所定のビーコン周期変更閾値を超えたか否かを判別する（ステップ S 1 3 ）。

【 0 1 1 8 】

ここで、クロック誤差（フレーム先頭位置の誤差） が所定のビーコン周期変更閾値を超えない場合には、1 スーパーフレーム分のカウンタ周期を だけ伸張することにより（ステップ S 1 4 ）、時刻の進む速さ、すなわちクロック（フレーム）の周期の同期化を行なう。

【 0 1 1 9 】

一方、クロック誤差（フレーム先頭位置の誤差） が所定のビーコン周期変更閾値を超える場合には、通信局が周辺局からのビーコン受信により得られたクロック誤差が突然に大きくなったなど、クロック周期のずれ以外の原因によりクロック周期のずれが発生している可能性があるので、クロック周期の同期化は行なわない。

10

【 0 1 2 0 】

なお、図 8 では、説明の便宜上、各通信局の同期処理においてスーパーフレームの先頭位置とスーパーフレームの周期の双方について同期をとるように描いている。但し、すべての通信局がビーコン信号を報知し、ビーコン間隔を以って各通信局が独自にスーパーフレームを定義するような自律分散型のシステムにおいては、スーパーフレームの周期は一致するものの、スーパーフレームの先頭位置が揃うことはない。この場合、同図はスーパーフレーム自体の先頭位置ではなく、スーパーフレームを構成するスロットの先頭位置の同期をとることを表すものであると理解されたい。

20

【 0 1 2 1 】

C - 3 . クロック（フレーム）同期方法（ 3 ）

本実施形態に係る無線ネットワークでは、スリープ・モードを採用することができ、各通信局は適宜スリープ状態に陥ることができる。この場合、通信局は、所定のウェイクアップ周期毎にアクティブ状態に復帰し、スキャン動作を行なうことで周辺局からのビーコンを受信し、同期処理を行なうことになる。図 1 0 には、ウェイクアップ周期（スキャン周期）の変更によりクロック周期の同期をとる動作例を示している。

【 0 1 2 2 】

通信局のクロックが 1 スーパーフレームにつき 4 0 p p m だけ進んでいる場合、1 . 0 秒毎に 4 0 マイクロ秒だけ進んでしまう。1 マイクロ秒毎にカウントされるとすると、ウェイクアップ周期（スキャン周期）が 1 . 0 秒の場合には、次回スキャン時には 4 0 カウントだけ進んでいる。ここで、C - 2 項で説明した周期調整の許容範囲が例えば 3 カウントまでとすると、4 0 カウントでは許容範囲外のためクロック周期の同期は行なわれない。

30

【 0 1 2 3 】

ここでは、この許容範囲外のクロック誤差をきっかけに、スリープ状態の期間を一時的に短くし、頻繁にクロック同期を試みるようにする。例えば、ウェイクアップ周期を通常時の 2 0 分の 1 となる 5 0 ミリ秒に変更すると、次回ウェイクアップ時のクロックのずれは 2 カウントと許容範囲内になる。

40

【 0 1 2 4 】

この値を用いてクロック周期の同期を試み、次のビーコンでクロック誤差がほぼゼロになっていることを確認し、今度はウェイクアップ周期（スキャン周期）を 2 倍の 1 0 0 ミリ秒にする。

【 0 1 2 5 】

この状態で再度クロック誤差がほぼゼロになることを確認できたら、ウェイクアップ周期（スキャン周期）をさらに 2 倍の 2 0 0 ミリ秒にしてクロック同期を試みる。このようにして、最終的に元の 1 . 0 秒のウェイクアップ周期（スキャン周期）でもクロック周期を同期させることができる。

【 0 1 2 6 】

50

図 1 1 には、ビーコン送受信局間でクロックの同期をとるための処理手順をフローチャートの形式で示している。

【 0 1 2 7 】

通信局は、ビーコンを受信すると、クロック誤差（フレーム先頭位置の誤差）を抽出し（ステップ S 2 1）、時刻の位置ずれの補正を行なう（ステップ S 2 2）。

【 0 1 2 8 】

次いで、クロック誤差（フレーム先頭位置の誤差）が所定のビーコン周期変更閾値を超えたか否かを判別する（ステップ S 2 3）。

【 0 1 2 9 】

ここで、クロック誤差（フレーム先頭位置の誤差）が所定のビーコン周期変更閾値を超えない場合には、1 スーパーフレーム分のカウンタ周期をだけ伸張することにより（ステップ S 2 4）、時刻の進む速さ、すなわちクロック（フレーム）の周期の同期化を行なう。

【 0 1 3 0 】

そして、クロック誤差（フレーム先頭位置の誤差）が所定のウェイクアップ周期（スキャン周期）変更閾値を超えたか否かを判別する（ステップ S 2 5）。クロック誤差（フレーム先頭位置の誤差）が所定のウェイクアップ周期（スキャン周期）変更閾値を超えない場合には、フレーム周期の同期は確立されていると判断し、ウェイクアップ周期（スキャン周期）を例えば 2 倍にする（ステップ S 2 6）。一方、クロック誤差（フレーム先頭位置の誤差）が所定のウェイクアップ周期（スキャン周期）変更閾値を超える場合には、フレーム周期の同期が確立されていない可能性が高いので、ウェイクアップ周期（スキャン周期）は変更されない。

【 0 1 3 1 】

ステップ S 2 3 に話が戻るが、クロック誤差（フレーム先頭位置の誤差）が所定のビーコン周期変更閾値を超える場合には、通信局が周辺局からのビーコン受信により得られたクロック誤差が突然に大きくなったなど、クロック周期のずれ以外の原因によりクロック周期のずれが発生している可能性があるので、クロック周期の同期化は行なわない。但し、この許容範囲外のクロック誤差をきっかけに、ウェイクアップ周期を通常時の 20 分の 1 となる 50 ミリ秒に変更し（ステップ S 2 7）、頻繁にクロック同期を試みるようにする。一方、クロック誤差

【 0 1 3 2 】

このように、通信局は、ウェイクアップ周期を徐々に長くしながらクロック周期を同期していくことにより、スリープ期間が長くてもクロックの同期を保つことができるようになる。また、スリープ期間の最大値をクロックの精度に拘らず設定することができる。

【 0 1 3 3 】

なお、図 1 0 では、説明の便宜上、各通信局の同期処理においてスーパーフレームの先頭位置とスーパーフレームの周期の双方について同期をとるように描いている。但し、すべての通信局がビーコン信号を報知し、ビーコン間隔を以って各通信局が独自にスーパーフレームを定義するような自律分散型のシステムにおいては、スーパーフレームの周期は一致するものの、スーパーフレームの先頭位置が揃うことはない。この場合、同図はスーパーフレーム自体の先頭位置ではなく、スーパーフレームを構成するスロットの先頭位置の同期をとることを表すものであると理解されたい。

【 0 1 3 4 】

C - 4 . クロック（フレーム）同期方法（ 4 ）

C - 2 項で説明した場合と同様に、ビーコン送信局が自局のクロックより遅れている他の通信局を認識し、時刻の調整をする場合について、図 1 2 を参照しながら考察する。図示の例では、ネットワーク内に X ~ Z の 3 台の通信局が動作し、各通信局は、動作の初期には、それぞれの基準クロックを 1 0 0 0 0 0 0 回だけカウントアップする期間を 1 スーパーフレームとして取り扱う。なお、各通信局は、所定のスキャン周期毎にスキャン動作を行ない、通信局は最大のスキャン周期以下のスキャン周期を設定するものとする。

【 0 1 3 5 】

図中 A の時点で、通信局 Y は、ビーコン受信などにより隣接局 X との 10 カウント分のずれを認識し、カウンタを 10 カウント遅らせ、カウンタの同期を行なう。この結果、通信局 Y の 2 つ目のビーコンはこれまでよりも 10 カウントだけ遅れて送信される。ここで、通信局 Y は、カウンタ値を調整した後から最大スキャン周期の間はビーコンにカウンタ値変更を示すフラグを立てておく。

【 0 1 3 6 】

次いで、図中 B の時点では、通信局 Y からのビーコンを受信した通信局 Z は、クロック同期を試みる際、やはり 10 カウント分のずれを認識するので、カウンタを同じだけ遅らせ、カウンタの同期を行なう。但し、受信したビーコンにはカウンタ値変更を示すフラグが立っているので、通信局 Z は今回の周期調整は見送る。

10

【 0 1 3 7 】

通信局がカウンタの同期をとり、時刻の調整をした場合には、この通信局からのビーコンを受信して測定されるクロック誤差（フレーム先頭位置の誤差）も調整分だけずれることになる。しかし、この誤差を以ってクロック（フレーム）周期が変更されたと考えるのは間違いで、定常状態の周期は変更されていないことが考えられる。

【 0 1 3 8 】

図 1 2 に示した例でも、通信局 Y は通信局 X とカウンタの同期をとった結果、図中 B の時点で計測される通信局 Y のビーコン送信間隔は、通常のスーパーフレームに 10 カウントだけクロック誤差（フレーム先頭位置の誤差）が加算されている。すなわち、B の時点での周期変動は一時的なものなので、それ以降の周期は元と同じである。このクロック誤差（フレーム先頭位置の誤差）を以って、スーパーフレームが 10 カウント分だけ変更されたと認識してしまうと、通信局 Z は誤ったクロック周期に変更してしまう。

20

【 0 1 3 9 】

そこで、この実施形態では、ビーコンにクロック（フレーム）の同期を行なったことを示すクロック変更フラグを設け、このフラグがオンになっているときには周期変更を見送ることにより、誤った変更をしてしまうことを防いでいる。

【 0 1 4 0 】

図 1 3 には、ビーコン送受信局間でクロック（フレーム）の同期をとるための処理手順をフローチャートの形式で示している。

30

【 0 1 4 1 】

通信局は、ビーコンを受信すると、クロック誤差（フレーム先頭位置の誤差）を抽出し（ステップ S 3 1）、時刻の位置ずれの補正を行なう（ステップ S 3 2）。

【 0 1 4 2 】

次いで、クロック誤差（フレーム先頭位置の誤差）が所定のフラグ閾値を超えたか否かを判別する（ステップ S 3 3）。そして、フラグ閾値を超える場合には、通信局は、自局の送信ビーコンのクロック変更フラグをオンにし、フラグ・カウンタをリセットする（ステップ S 3 4）。

【 0 1 4 3 】

次いで、フラグ・カウンタが最大ウェイクアップ周期に達したか否かを判別する（ステップ S 3 5）。そして、フラグ・カウンタが最大ウェイクアップ周期に達した場合には、送信ビーコンのクロック変更フラグをオフにする（ステップ S 3 6）。

40

【 0 1 4 4 】

一方、通信局がビーコンを受信した場合には、そのビーコンのクロック変更フラグを判別する（ステップ S 3 7）。そして、クロック変更フラグがオフになっている場合には、1 スーパーフレーム分のカウンタ周期を だけ伸張することにより（ステップ S 3 8）、時刻の進む速さ、すなわちクロック（フレーム）の周期の同期化を行なう。

【 0 1 4 5 】

これに対し、クロック変更フラグがオンになっている場合には、周期変更を見送ることにより、カウンタの同期に伴うクロック誤差（フレーム先頭位置の誤差）のために、誤っ

50

た変更をしてしまうことを防ぐ。

【0146】

なお、図12では、説明の便宜上、各通信局の同期処理においてスーパーフレームの先頭位置とスーパーフレームの周期の双方について同期をとるように描いている。但し、すべての通信局がビーコン信号を報知し、ビーコン間隔を以って各通信局が独自にスーパーフレームを定義するような自律分散型のシステムにおいては、スーパーフレームの周期は一致するものの、スーパーフレームの先頭位置が揃うことはない。この場合、同図はスーパーフレーム自体の先頭位置ではなく、スーパーフレームを構成するスロットの先頭位置の同期をとることを表すものであると理解されたい。

【0147】

C-5. クロック(フレーム)同期方法(5)

新規に参入してきたビーコンの基準時刻と、既に存在したネットワークの基準時刻は一致していない。したがって、初回のビーコン受信時にはこのずれ分がクロック誤差(フレーム先頭位置の誤差)として検出される。

【0148】

ここで、新規参入局からのビーコンを受信した既存局が、検出されたクロック誤差(フレーム先頭位置の誤差)を用いて自局のカウンタすなわち時刻を変更するのは問題ない。ところが、このクロック誤差(フレーム先頭位置の誤差)分をクロック周期の変動分と考えてクロック(フレーム)周期を変更してしまうのは間違いである。何故ならば、クロック(フレーム)周期の差は、通信局が互いの基準時刻すなわちカウンタを同期させた後に測定されるクロック誤差(フレーム先頭位置の誤差)からでないと、見積もることはできないためである。

【0149】

そこで、この実施形態では、新規参入端末の初回のビーコンから見積もられるクロック誤差(フレーム先頭位置の誤差)の値を用いては、クロック(フレーム)周期の補正は行なわないようにすることで、誤ったクロック周期変更を防ぐことにしている。

【0150】

図14には、ビーコン送受信局間でクロック(フレーム)の同期をとるための処理手順をフローチャートの形式で示している。

【0151】

通信局は、ビーコンを受信すると、クロック誤差(フレーム先頭位置の誤差)を抽出し(ステップS41)、時刻の位置ずれの補正を行なう(ステップS42)。

【0152】

次いで、受信したビーコンが新規参入局からのものであるか否かを判別する(ステップS43)。

【0153】

受信したビーコンが新規参入局からのものでなければ、1スーパーフレーム分のカウンタ周期をだけ伸張することにより(ステップS44)、時刻の進む速さ、すなわちクロック(フレーム)の周期の同期化を行なう。

【0154】

一方、受信したビーコンが新規参入局からのものである場合には、クロック(フレーム)周期の補正は行なわないようにすることで、誤ったクロック周期変更を防ぐ。

【産業上の利用可能性】

【0155】

以上、特定の実施形態を参照しながら、本発明について詳解してきた。しかしながら、本発明の要旨を逸脱しない範囲で当業者が該実施形態の修正や代用を成し得ることは自明である。

【0156】

また、本明細書では、自律分散型の無線ネットワークに本発明を適用した実施形態を中心に説明してきたが、勿論、自律分散以外の形態のネットワークであっても、本発明を同

10

20

30

40

50

様に適用することができる。

【0157】

また、各通信局が複数の周波数チャネル上をホッピングして通信を行なうマルチチャネル型の通信システムに対しても、各チャネルにおけるメディア・アクセス制御において本発明を適用することができる。

【0158】

また、本明細書では、無線LANを例にして本発明の実施形態について説明したが、本発明の要旨はこれに限定されるものではなく、より低いSNR環境での信号送受信を行なうウルトラワイドバンド(Ultra Wide Band)のような通信方式に対しても、本発明を好適に適用することが可能である。

10

【0159】

要するに、例示という形態で本発明を開示してきたのであり、本明細書の記載内容を限定的に解釈するべきではない。本発明の要旨を判断するためには、特許請求の範囲の記載を参酌すべきである。

【図面の簡単な説明】

【0160】

【図1】図1は、本発明の一実施形態に係る無線ネットワークにおいて通信局として動作する無線通信装置の機能構成を模式的に示した図である。

【図2】図2は、本発明の一実施形態に係る自律分散型ネットワークの構成を模式的に示した図である。

20

【図3】図3は、スーパーフレーム内で各通信局がビーコン送信を行なう手順を説明するための図である。

【図4】図4は、スーパーフレームの内部構成を模式的に示した図である。

【図5】図5は、ビーコンを送受信する通信局の間でクロックの同期をとる手順を説明するための図である。

【図6】図6は、ビーコン送受信局間でクロックの同期をとるための処理手順を示したフローチャートである。

【図7】図7は、カウンタ周期の伸張分を出力する回路の構成例を示した図である。

【図8】図8は、ビーコン送信局が自局のクロックより遅れている他の通信局を認識し、時刻の調整をする動作を説明するための図である。

30

【図9】図9は、ビーコン送受信局間でクロックの同期をとるための処理手順を示したフローチャートである。

【図10】図10は、ウェイクアップ周期の変更によりクロック周期の同期をとる動作を説明するための図である。

【図11】図11は、ビーコン送受信局間でクロックの同期をとるための処理手順を示したフローチャートである。

【図12】図12は、ビーコン送信局が自局のクロックより遅れている他の通信局を認識し、時刻の調整をする動作を説明するための図である。

【図13】図13は、ビーコン送受信局間でクロックの同期をとるための処理手順を示したフローチャートである。

40

【図14】図14は、ビーコン送受信局間でクロックの同期をとるための処理手順を示したフローチャートである。

【符号の説明】

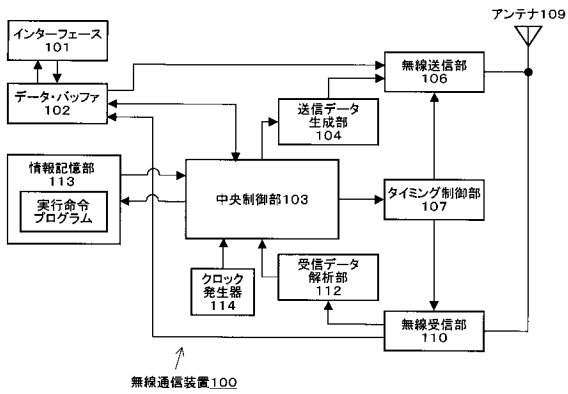
【0161】

- 100 ... 無線通信装置
- 101 ... インターフェース
- 102 ... データ・バッファ
- 103 ... 中央制御部
- 104 ... 送信データ生成部
- 106 ... 無線送信部

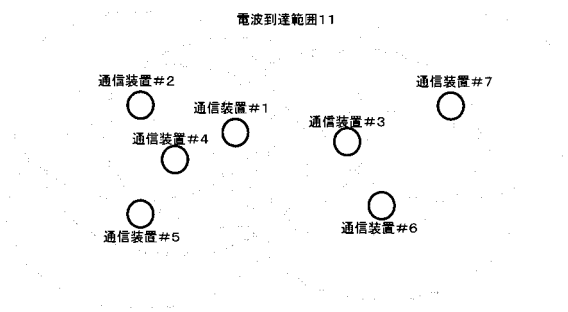
50

- 1 0 7 ... タイミング制御部
- 1 0 9 ... アンテナ
- 1 1 0 ... 無線受信部
- 1 1 2 ... 受信データ解析部
- 1 1 3 ... 情報記憶部
- 1 1 4 ... クロック発生器

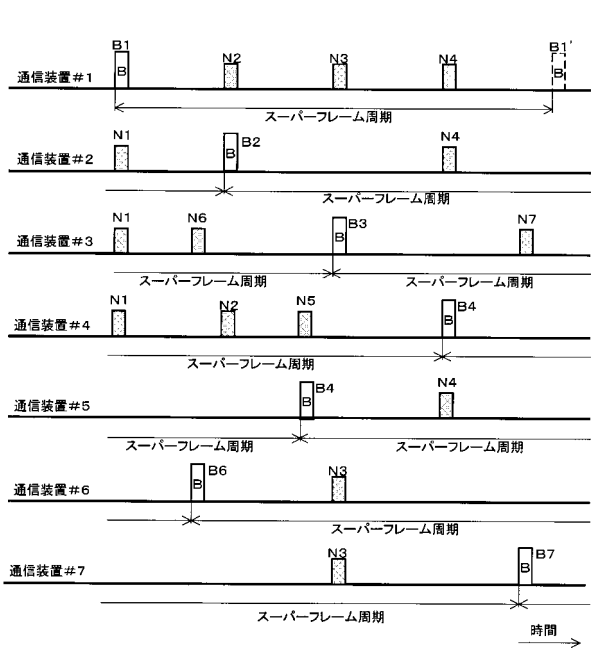
【 図 1 】



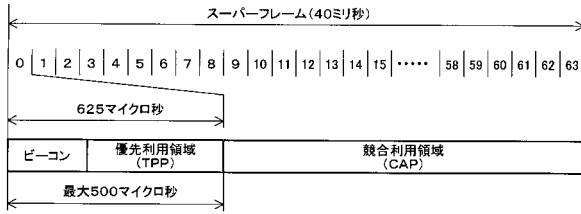
【 図 2 】



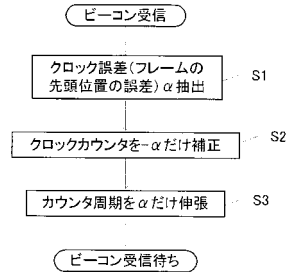
【 図 3 】



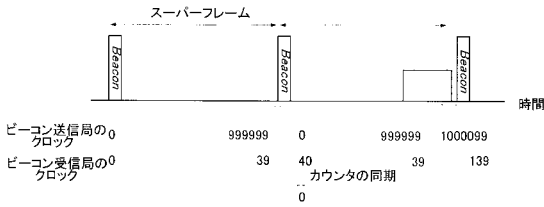
【図4】



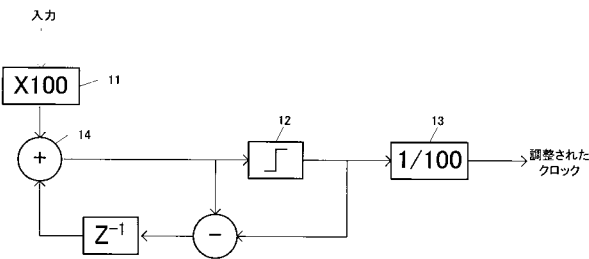
【図6】



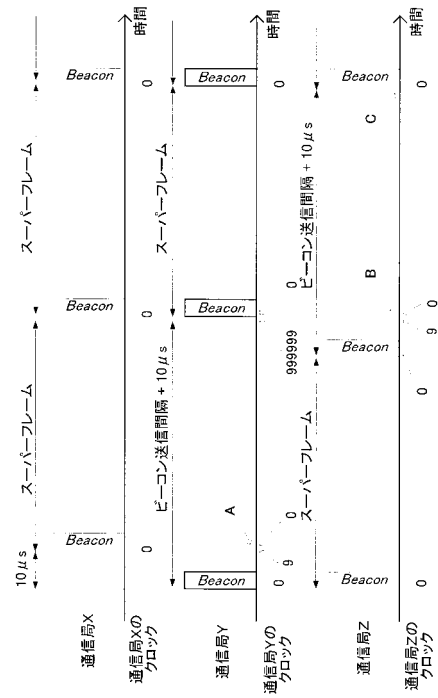
【図5】



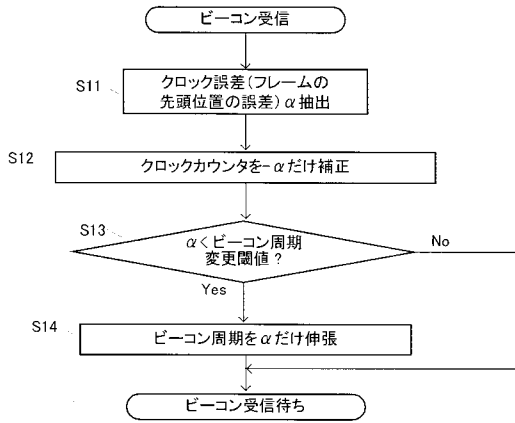
【図7】



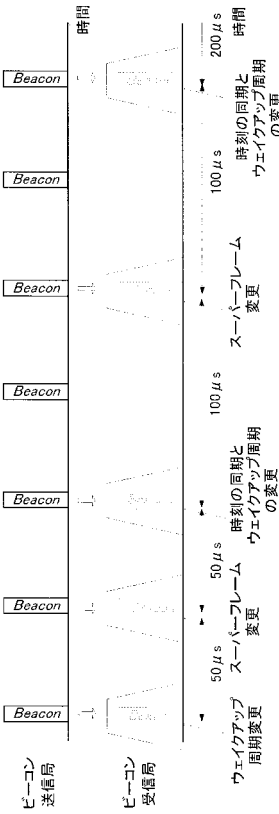
【図8】



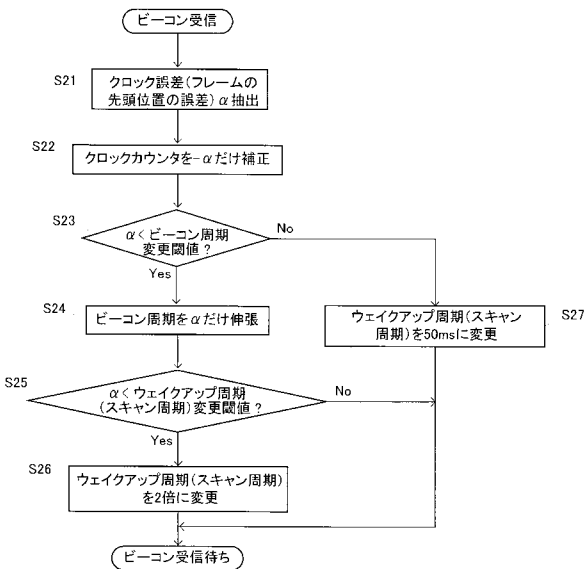
【図 9】



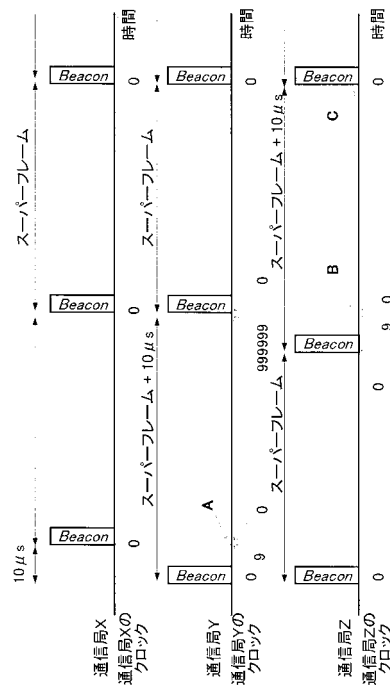
【図 10】



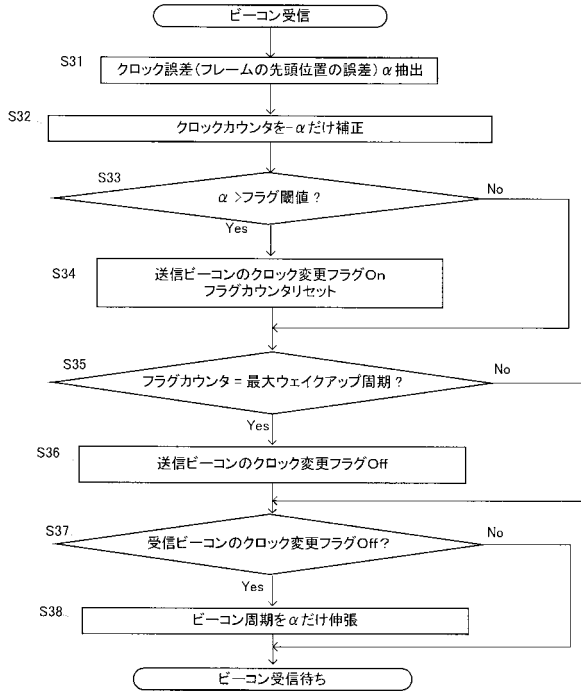
【図 11】



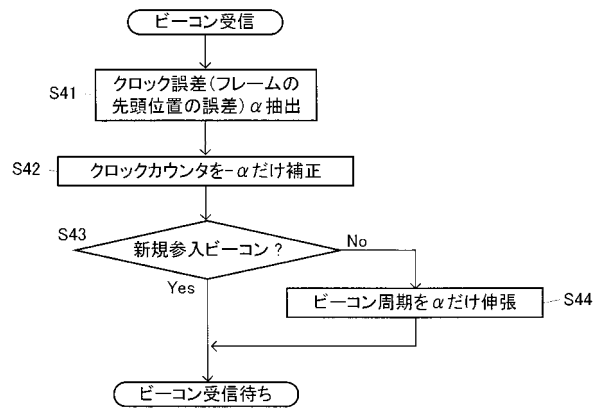
【図 12】



【図13】



【図14】



フロントページの続き

審査官 望月 章俊

(56)参考文献 特開2001-118191(JP,A)
特開2000-358059(JP,A)
特開2003-273853(JP,A)
特開2000-244467(JP,A)

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