(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号

特許第4479813号
(P4479813)

(45)発行日　平成22年6月9日(2010.6.9)　(24)登録日　平成22年3月26日(2010.3.26)

(51)Int.Cl.		F I		
H04W 84/18	(2009.01)	H04Q	7/00	633
H04W 92/08	(2009.01)	H04Q	7/00	685
H04W 40/22	(2009.01)	H04Q	7/00	354
H04W 84/12	(2009.01)	H04Q	7/00	630
H04W 40/30	(2009.01)	H04Q	7/00	363

請求項の数 16　(全 30 頁)

(21)出願番号　特願2008-69222(P2008-69222)
(22)出願日　平成20年3月18日(2008.3.18)
(65)公開番号　特開2009-225249(P2009-225249A)
(43)公開日　平成21年10月1日(2009.10.1)
審査請求日　平成21年5月12日(2009.5.12)

(73)特許権者　000002185
ソニー株式会社
東京都港区港南１丁目７番１号
(74)代理人　100093241
弁理士　宮田　正昭
(74)代理人　100101801
弁理士　山田　英治
(74)代理人　100095496
弁理士　佐々木　榮二
(74)代理人　100086531
弁理士　澤田　俊夫
(72)発明者　迫田　和之
東京都港区港南１丁目７番１号　ソニー株式会社内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】通信装置及び通信方法、通信システム、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】
ビーコンを含む周辺通信局からのフレーム受信を行なう受信手段と、
前記ビーコン受信手段にて受信したビーコンを解析するビーコン解析手段と、
前記ビーコン受信手段が周辺局から受信した各ビーコンに対して優先度を決定する優先度決定手段と、
周辺通信局から受信するビーコンのうち高い優先度のものの受信時刻に関するビーコン・タイミング情報を掲載したビーコンを生成するビーコン生成手段と、
前記ビーコン生成手段が生成したビーコンを含むフレーム送信を行なう送信手段と、
前記送信手段及び前記受信手段によるフレーム送受信動作を制御する制御手段と、
前記ビーコン解析手段によるビーコン解析結果から得られる周辺局のビーコン・タイミング情報に基づいて、周辺通信局から送信されるビーコンとの衝突を回避しながら自局のビーコン送信タイミングを含むフレーム送受信のタイミングを制御するタイミング制御手段と、
を具備することを特徴とする通信装置。
【請求項２】
前記優先度決定手段は、１以上の周辺通信局から受信したビーコンのうち受信状況に変動のあったものの優先度を高く設定する、
ことを特徴とする請求項１に記載の通信装置。
【請求項３】

前記優先度決定手段は、１以上の周辺通信局から受信したビーコンのうち他の通信局から受信したビーコンと受信間隔が近接しているものの優先度を高く設定する、
ことを特徴とする請求項１に記載の通信装置。
【請求項４】
前記ビーコン生成手段は、現在のビーコン・タイミング情報に掲載されている受信ビーコンがすべてであるか否かを示す情報をビーコンに掲載する、
ことを特徴とする請求項１に記載の通信装置。
【請求項５】
前記制御手段は、周辺通信局から受信したビーコンを前記ビーコン解析手段で解析した結果を基に他に受信ビーコンが存在している旨を検知し、さらに当該受信ビーコンに掲載されている以上のビーコン・タイミング情報を得る必要があると判断した場合には、すべてのビーコン・タイミング情報を当該ビーコンの送信元から取得するためのハンドシェイク動作を制御する、
ことを特徴とする請求項４に記載の通信装置。
【請求項６】
前記ビーコン生成手段は、ビーコンの受信状況が変化したか否かを示す情報をビーコンに掲載する、
ことを特徴とする請求項１に記載の通信装置。
【請求項７】
前記制御手段は、周辺通信局から受信したビーコンを前記ビーコン解析手段で解析した結果を基に他に当該ビーコンの送信元においてビーコンの受信状況が変化している旨を検知し、さらに当該受信ビーコンに掲載されている以上のビーコン・タイミング情報を得る必要があると判断した場合には、すべてのビーコン・タイミング情報を当該ビーコンの送信元から取得するためのハンドシェイク動作を制御する、
ことを特徴とする請求項６に記載の通信装置。
【請求項８】
前記のビーコンの受信状況の変化は、これまで定期的に受信されていたビーコンが消滅したこと、これまで観測されなかったビーコンを受信し始めたこと、これまで受信していたビーコンの送信間隔が変更されたこと、異なる周辺通信局から受信したビーコンの受信間隔が近接していることのうち少なくとも１つを含む、
ことを特徴とする請求項６に記載の通信装置。
【請求項９】
ビーコンを含む周辺通信局からのフレーム受信を行なう受信手段と、
前記ビーコン受信手段にて受信したビーコンを解析するビーコン解析手段と、
周辺通信局から受信する各ビーコンに関するビーコン時刻情報及びビーコン送信周期を含むビーコン・タイミング情報を掲載したビーコンを生成するビーコン生成手段と、
前記ビーコン生成手段が生成したビーコンを含むフレーム送信を行なう送信手段と、
前記送信手段及び前記受信手段によるフレーム送受信動作を制御する制御手段と、
前記ビーコン解析手段によるビーコン解析結果から得られる周辺局のビーコン・タイミング情報に基づいて、周辺通信局から送信されるビーコンとの衝突を回避しながら自局のビーコン送信タイミングを含むフレーム送受信のタイミングを制御するタイミング制御手段と、
を備え、
前記制御手段は、自らビーコンを受信した周辺通信局のビーコン時刻情報及びビーコン送信周期、並びに、受信したビーコンに記載されている周辺通信局の関するビーコン時刻情報及びビーコン送信周期を基に、将来的に発生するビーコン衝突に頻度を算出し、該衝突の頻度に応じて、自局並びに周辺通信局におけるビーコン衝突回避のための処理を行なう、
を具備することを特徴とする通信装置。
【請求項１０】

前記制御手段は、受信したビーコンに掲載されているビーコン・タイミング情報の解析結果から取得される各周辺通信局のビーコン時刻情報及びビーコン送信周期を基に将来的に発生するビーコン衝突に頻度を算出し、該衝突の頻度を基準にして衝突の深刻さを判断し、衝突が深刻となる周辺通信局に対してはビーコン送信タイミングの変更を要求するための処理を行なう、
ことを特徴とする請求項９に記載の通信装置。
【請求項１１】
ビーコンを含む周辺通信局からのフレーム受信を行なうビーコン受信ステップと、
前記ビーコン受信ステップにおいて受信したビーコンを解析するビーコン解析ステップと、
前記ビーコン受信ステップにおいて周辺局から受信した各ビーコンに対して優先度を決定する優先度決定ステップと、
周辺通信局から受信するビーコンのうち高い優先度のものの受信時刻に関するビーコン・タイミング情報を掲載したビーコンを生成するビーコン生成ステップと、
前記ビーコン生成ステップにおいて生成されたビーコンを送信するビーコン送信ステップと、
前記ビーコン解析ステップにおけるビーコン解析結果から得られる周辺局のビーコン・タイミング情報に基づいて、周辺通信局から送信されるビーコンとの衝突を回避しながら自局のビーコン送信タイミングを含むフレーム送受信のタイミングを制御するタイミング制御ステップと、
を具備することを特徴とする通信方法。
【請求項１２】
ビーコンを含む周辺通信局からのフレーム受信を行なうビーコン受信ステップと、
前記ビーコン受信ステップにおいて受信したビーコンを解析するビーコン解析ステップと、
周辺通信局から受信する各ビーコンに関するビーコン時刻情報及びビーコン送信周期を含むビーコン・タイミング情報を掲載したビーコンを生成するビーコン生成ステップと、
前記ビーコン生成ステップにおいて生成されたビーコンを送信するビーコン送信ステップと、
前記ビーコン解析ステップにおけるビーコン解析結果から得られる周辺局のビーコン・タイミング情報に基づいて、周辺通信局から送信されるビーコンとの衝突を回避しながら自局のビーコン送信タイミングを含むフレーム送受信のタイミングを制御するタイミング制御ステップと、
自らビーコンを受信した周辺通信局のビーコン時刻情報及びビーコン送信周期、並びに、受信したビーコンに記載されている周辺通信局の関するビーコン時刻情報及びビーコン送信周期を基に、将来的に発生するビーコン衝突に頻度を算出し、該衝突の頻度に応じて、自局並びに周辺通信局におけるビーコン衝突回避のための処理を行なうステップと、
を具備することを特徴とする通信方法。
【請求項１３】
各通信局が自律分散的に動作してピア・ツウ・ピア接続を行なう通信環境下において通信局として動作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、
ビーコンを含む周辺通信局からのフレーム受信を行なう受信手段と、
前記ビーコン受信手段にて受信したビーコンを解析するビーコン解析手段と、
前記ビーコン受信手段が周辺局から受信した各ビーコンに対して優先度を決定する優先度決定手段と、
周辺通信局から受信するビーコンのうち高い優先度のものの受信時刻に関するビーコン・タイミング情報を掲載したビーコンを生成するビーコン生成手段と、
前記ビーコン生成手段が生成したビーコンを含むフレーム送信を行なう送信手段と、
前記送信手段及び前記受信手段によるフレーム送受信動作を制御する制御手段と、

前記ビーコン解析手段によるビーコン解析結果から得られる周辺局のビーコン・タイミング情報に基づいて、周辺通信局から送信されるビーコンとの衝突を回避しながら自局のビーコン送信タイミングを含むフレーム送受信のタイミングを制御するタイミング制御手段と、
として機能させるためのコンピュータ・プログラム。
【請求項１４】
各通信局が自律分散的に動作してピア・ツウ・ピア接続を行なう通信環境下において通信局として動作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、
ビーコンを含む周辺通信局からのフレーム受信を行なう受信手段と、
前記ビーコン受信手段にて受信したビーコンを解析するビーコン解析手段と、
周辺通信局から受信する各ビーコンに関するビーコン時刻情報及びビーコン送信周期を含むビーコン・タイミング情報を掲載したビーコンを生成するビーコン生成手段と、
前記ビーコン生成手段が生成したビーコンを含むフレーム送信を行なう送信手段と、
前記送信手段及び前記受信手段によるフレーム送受信動作を制御する制御手段と、
前記ビーコン解析手段によるビーコン解析結果から得られる周辺局のビーコン・タイミング情報に基づいて、周辺通信局から送信されるビーコンとの衝突を回避しながら自局のビーコン送信タイミングを含むフレーム送受信のタイミングを制御するタイミング制御手段と、
として機能させ、
前記制御手段は、自らビーコンを受信した周辺通信局のビーコン時刻情報及びビーコン送信周期、並びに、受信したビーコンに記載されている周辺通信局の関するビーコン時刻情報及びビーコン送信周期を基に、将来的に発生するビーコン衝突に頻度を算出し、該衝突の頻度に応じて、自局並びに周辺通信局におけるビーコン衝突回避のための処理を行なう、
ことを特徴とするコンピュータ・プログラム。
【請求項１５】
周辺通信局から受信するビーコンに関するビーコン時刻情報を掲載したビーコンをそれぞれ所定の送信間隔で送信するとともに、受信したビーコンに掲載されているビーコン情報を基に周辺通信局から送信されるビーコンとの衝突を回避しながら自局のビーコン送信タイミングを制御する複数の通信局で構成され、
少なくとも一部の通信局は、１以上の周辺通信局から受信したビーコンの優先度を決定する手段と、受信したビーコンのうち優先度の高いもののビーコン時刻情報を自局のビーコンに掲載する手段を備え、所定のビーコン送信間隔毎にビーコンを送信する、
ことを特徴とする通信システム。
【請求項１６】
周辺通信局から受信するビーコンに関するビーコン時刻情報及びビーコン送信周期を掲載したビーコンをそれぞれ所定の送信間隔で送信するとともに、受信したビーコンに掲載されているビーコン情報を基に周辺通信局から送信されるビーコンとの衝突を回避しながら自局のビーコン送信周期毎にビーコンを送信する複数の通信局で構成され、
少なくとも一部の通信局は、自らビーコンを受信した周辺通信局のビーコン時刻情報及びビーコン送信周期、並びに、受信したビーコンに記載されている周辺通信局の関するビーコン時刻情報及びビーコン送信周期を基に、将来的に発生するビーコン衝突に頻度を算出し、該衝突の頻度に応じて、自局並びに周辺通信局におけるビーコン衝突回避のための処理を行なう、
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、無線ＬＡＮ（Ｌｏｃａｌ　Ａｒｅａ　Ｎｅｔｗｏｒｋ）若しくはＰＡＮ（Ｐ

ｅｒｓｏｎａｌ　Ａｒｅａ　Ｎｅｔｗｏｒｋ）のように複数の無線局間で相互に通信を行なう通信装置及び通信方法、通信システム、並びにコンピュータ・プログラムに係り、特に、自律分散的に動作する複数の通信局がピア・ツウ・ピアで接続する通信装置及び通信方法、通信システム、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、自律分散的に動作する通信局間でビーコン・フレームを交換し合って通信が運営されるピア・ツウ・ピアの通信装置及び通信方法、通信システム、並びにコンピュータ・プログラムに係り、特に、隣接局から受信するビーコン・タイミング情報をビーコン・フレーム中に掲載することによって、ビーコンの隠れ端末問題を軽減するピア・ツウ・ピアの通信装置及び通信方法、通信システム、並びにコンピュータ・プログラムに関する。

【背景技術】

【０００３】

旧来の有線通信方式における配線から解放するシステムとして、無線ネットワークが注目されている。例えば、ＩＥＥＥ（Ｔｈｅ　Ｉｎｓｔｉｔｕｔｅ　ｏｆ　Ｅｌｅｃｔｒｉｃａｌ　ａｎｄ　Ｅｌｅｃｔｒｏｎｉｃｓ　Ｅｎｇｉｎｅｅｒｓ）８０２．１１ａ、ＩＥＥＥ８０２．１１ｂ、あるいはＩＥＥＥ８０２．１ｇといった無線ＬＡＮ規格が代表的である。無線ＬＡＮによれば柔軟なインターネット接続が可能であり、既存の有線ＬＡＮを置き換えるだけでなく、ホテルや空港ラウンジ、駅、カフェといった公共の場所でもインターネット接続手段を提供することができる。無線ＬＡＮは既に広範に普及しており、パーソナル・コンピュータ（ＰＣ）などの情報機器だけでなく、デジタルカメラや音楽プレーヤなどのＣＥ（Ｃｏｎｓｕｍｅｒ　Ｅｌｅｃｔｒｏｎｉｃｓ）機器にも無線ＬＡＮ機能を搭載することが一般的となりつつある。

【０００４】

無線技術を用いてＬＡＮを構成するために、エリア内に「アクセスポイント（ＡＰ）」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一般的に用いられている。制御局は、ネットワーク内にある複数の端末局のアクセス・タイミングを調停し、各端末局が互いに同期をとるという同期的な無線通信を行なう。

【０００５】

また、無線ネットワークを構成する他の方法として、すべての端末局が対等で自律分散的にピア・ツウ・ピア（Ｐｅｅｒ　ｔｏ　Ｐｅｅｒ）で動作し、端末局自らがアクセス・タイミングを決定する「アドホック（Ａｄ－ｈｏｃ）通信」が考案されている。とりわけ近隣に位置する比較的少数のクライアントで構成される小規模無線ネットワークにおいては、特定の制御局を利用せずに、任意の端末同士が直接非同期の無線通信を行なうことができるアドホック通信が適当であると思料される。

【０００６】

例えばＩＥＥＥ８０２．１１におけるネットワーキングは、ＢＳＳ（Ｂａｓｉｃ　Ｓｅｒｖｉｃｅ　Ｓｅｔ）の概念に基づいている。ＢＳＳは、制御局が存在する「インフラストラクチャ・モード」で定義されるＢＳＳと、複数のＭＴ（Ｍｏｂｉｌｅ　Ｔｅｒｍｉｎａｌ：移動局又は端末局）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（Ｉｎｄｅｐｅｎｄｅｎｔ　ＢＳＳ）の２種類で構成される。

【０００７】

さらに、ＩＥＥＥ８０２．１１で規定されるアドホック・ネットワーク以外にも、自律分散的に動作する各通信局がピア・ツウ・ピアで接続する通信システムに関する開発がなされている。例えば、複数の通信局がフレームをリレーして伝送する「マルチホップ通信」は、電波が届く範囲にすべての通信相手が収容されているとは限らないという問題を解決し、複数の通信局がフレームをリレーして伝送する「マルチホップ通信」により多数の通信局を相互接続することができる。現在、ＩＥＥＥ８０２．１１中のタスク・グループ（ＴＧ）の１つとして、マルチホップ通信に関する標準化作業が進められている。本明細

書中では、マルチホップ通信を行なう無線ネットワークのことを「メッシュ・ネットワーク」と呼び、メッシュ・ネットワークを構成する各通信局のことを「メッシュ・ポイント（ＭＰ）」とも呼ぶことにする。

【０００８】

例えば、各通信局がネットワークに関する情報を記述したビーコンを送信し合うことによってネットワークを構築するようにして、そのビーコンで他の通信局での通信状態などの高度な判断を行なう無線通信システムについて提案がなされているが（例えば、特許文献１を参照のこと）、同様の方法を用いてメッシュ・ネットワークを構成することができる。

【０００９】

図１５には、各通信局がビーコン信号の交換を通じて自律分散的に通信する無線通信システムにおける通信シーケンス例を示している。同図に示す例では、ネットワークに参画する通信局としてＳＴＡ１及びＳＴＡ２の２台が互いの通信可能範囲に存在し、各通信局は、各々のＴＢＴＴ（Ｔａｒｇｅｔ　Ｂｅａｃｏｎ　Ｔｒａｎｓｍｉｓｓｉｏｎ　Ｔｉｍｅ）を設定し、定期的にビーコン信号を送信している。そして、各通信局は、隣接するＭＴの情報を抽出するため、必要に応じて他の通信局からのビーコン信号を定期的に受信している。なお、ビーコン送信周期は、すべての通信局で同一である必要はないが、ここでは説明の簡素化のため、各通信局が同じビーコン送信周期でビーコンを送信しているものとする。

【００１０】

ここで、ピア・ツウ・ピアの通信システムでは、一般的に隠れ端末問題が生じることが知られている。隠れ端末とは、ある特定の通信局間で通信を行なう場合、通信相手となる一方の通信局からは聴くことができるが他方の通信局からは聴くことができない通信局のことである。隠れ端末同士ではネゴシエーションを行なうことができないため、送信動作が衝突する可能性がある。図１６～図１８を参照しながら、自律分散的に動作する通信局間でビーコン信号を交換し合って通信が運営されるピア・ツウ・ピアの通信システムにおけるビーコンの隠れ端末問題、並びにその対処方法について考察する。

【００１１】

図１６には、ピア・ツウ・ピアの通信システムにおいて、ビーコンの隠れ端末問題が発生する様子を例示している。

【００１２】

図１６Ａ左に示す状態では、１台の通信局ＳＴＡ０だけが存在している。図１６Ａ右には、ＳＴＡ０が１００ミリ秒毎にビーコンを送信している様子を示している。同図中で、Ｂ０はＳＴＡ０が１００ミリ秒の周期で送信するビーコン信号である。

【００１３】

続いて、図１６Ｂ左には、ＳＴＡ０の通信範囲内に新規の通信局ＳＴＡ１が現れた様子を示している。この場合、ＳＴＡ１は、ＳＴＡ０のビーコンＢ０を直接受信することができることから、これと衝突しないタイミングを適当に見つけて自局のＴＢＴＴを設定する。図１６Ｂ右には、ＳＴＡ１のビーコン送信時刻Ｂ１として、ＳＴＡ０の１０ミリ秒のビーコン送信周期のちょうど真ん中くらいが選ばれた様子が示されている。

【００１４】

さらに続いて、図１６Ｃ左には、ＳＴＡ１の通信範囲内であるがＳＴＡ０からは直接電波の到達しない場所に（すなわち、ＳＴＡ０にとって隠れ端末となる）ＳＴＡ２が現れた様子を示している。この場合、ＳＴＡ２は、ＳＴＡ１からのビーコンＢ１は直接受信できるので、これと衝突しない時刻を自局のビーコン送信時刻Ｂ２として選ぶことはできる。ところが、ＳＴＡ２は、隠れ端末であるＳＴＡ０から送信されるビーコンＢ０の存在を知らないため、ＳＴＡ０と同じ時刻でビーコンを送信してしまう可能性がある。このような場合、ＳＴＡ１において、ＳＴＡ２とＳＴＡ０のビーコンが衝突して、ネットワークの運営上大きな大変に問題となる。

【００１５】

例えば、各通信局が、隣接局から受信したビーコンの時刻情報をビーコン信号に載せて報知し合う方法が提案されている（例えば、特許文献１を参照のこと）。この方法によれば、各通信局は、隣接局から受信したビーコンに記載されている受信ビーコン時刻情報を解析することで、隠れ端末のビーコン送信時刻を検知して、衝突を回避することができる。

【００１６】

図１７には、ビーコン・フレームのフォーマット例を示している。同図では省略しているが、一般的には、ビーコン・フレーム中には、当該フレームを送信した通信局がどれだけの周期でビーコンを送信しているかを示すフィールドも含まれる（図示のフレーム・フォーマットでは、Ｏｔｈｅｒ　Ｉｎｆｏｒｍａｔｉｏｎの一部に含まれるものと理解されたい)。

【００１７】

上記の「受信ビーコンの時刻情報」のフォーマットとしてはさまざまなものが考えられる。図１７に示したフレーム・フォーマット例では、自局の時刻管理を行うタイマ値である「Ｔｉｍｅ　Ｓｔａｍｐ値」と「ビーコン・タイミング情報（Ｂｅａｃｏｎ　Ｔｉｍｉｎｇ）」にて表すことが可能である。各通信局は、自装置内で自装置の基準時刻をカウントアップするタイマを起動させており、ビーコン・フレームには当該フレームを送信した瞬間のタイマ値を「Ｔｉｍｅ　Ｓｔａｍｐ」値として掲載する。また、図１８には、「ビーコン・タイミング情報」の内容を示している。図示のビーコン・タイミング情報は、エレメントＩＤをヘッダとして、当該エレメントの長さ情報が続き、その後に、「ＳＴＡ　ＩＤ　ｖａｌｕｅ」、「ビーコン受信時刻」、並びに「ビーコン・インターバル」の各情報が、受信ビーコン分だけ掲載される。例えば、ＳＴＡ０とＳＴＡ１の２台の通信局からビーコンを受信している通信局は、ＳＴＡ０並びにＳＴＡ１の各々に関して、上記の３つの情報セットを記載することになる。ここで、「ＳＴＡ　ＩＤ　ｖａｌｕｅ」は、当該ビーコンの送信元を識別する値である。「ビーコン受信時刻」は、当該ビーコンの受信時刻を示す情報であり、当該ビーコンを受信したときの自装置のタイマ値が記載される。「ビーコン・インターバル」は、当該ビーコンの送信頻度（当該ビーコンの送信元におけるビーコン・フレームの送信周期)を示す値である。

【００１８】

ビーコン・タイミング情報をビーコン・フレームに掲載することにより、ピア・ツウ・ピアの通信システムにおけるビーコンの隠れ端末問題を大きく軽減することができる。図１６Ｃに示した例では、ＳＴＡ２は、ＳＴＡ１からのビーコンを受信して、ビーコン・タイミング情報を解析することにより、「ＳＴＡ１が今後どの時刻でＳＴＡ０（隠れ端末）からのビーコンを受信することになるか」を知ることが可能となり、隠れ端末から送信されるビーコンと重ならない時刻に自局のビーコン送信時刻を設定することが可能となる。

【００１９】

しかしながら、ビーコン・タイミング情報をビーコン・フレームに掲載するという隠れ端末問題の解決方法では、新たに幾つかの技術的課題を招来してしまう。

【００２０】

第１の問題として、図１７、図１８に示したような「ビーコン・タイミング情報」のフォーマットでは、多数の周辺通信局からのビーコン時刻情報を掲載しようとすると、ビーコンに掲載する情報量が多くなるため、ビーコン・フレームが巨大化してしまうことが挙げられる。

【００２１】

例えば、「ＳＴＡ　ＩＤ　ｖａｌｕｅ」が１オクテット、「ビーコン受信時刻」が２オクテット、「ビーコン・インターバル」が２オクテットでそれぞれ表現されるとすると、通信局１台当たりのビーコン・タイミング情報の大きさは５億テッドとなる。この場合、１６台分の周辺通信局のビーコン・タイミング情報を掲載しようとすると、合計で８０オクテット（＝（１＋２＋２）×１６）の情報量が必要になり、無視できない大きさになってしまう。

【００２２】
第２の問題として、通信局毎のビーコン送信周期が区々であると、ビーコン衝突の有無の判断が困難になることが挙げられる。図１５に示した通信シーケンス例では、説明の簡素化として、ネットワークに参画する通信局のビーコン送信周期がすべて同一とした。各通信局のビーコン送信周期が同一又は整数倍の関係にあれば、将来にわたって継続して衝突が発生するか否かの判断は容易であるが、ネットワーク運用方法は必ずしもこれに限定されるものではない。例えば、一方の通信局が２００ミリ秒間隔でビーコンを送信し、他方の通信局が３００ミリ秒間隔でビーコンを送信している場合、ビーコン衝突は断続的に発生することになり、あいまいな状態が発生する。この場合，衝突とみなすか否かの判断をどうするかは明らかでない。
【００２３】
【特許文献１】ＷＯ２００４／０７１０２２
【発明の開示】
【発明が解決しようとする課題】
【００２４】
本発明の目的は、自律分散的に動作する複数の通信局がピア・ツウ・ピアで好適に接続することができる、優れた通信装置及び通信方法、通信システム、並びにコンピュータ・プログラムを提供することにある。
【００２５】
本発明のさらなる目的は、自律分散的に動作する通信局間でビーコン・フレームを交換し合って通信が好適に運営される、ピア・ツウ・ピアの優れた通信装置及び通信方法、通信システム、並びにコンピュータ・プログラムを提供することにある。
【００２６】
本発明のさらなる目的は、隣接局から受信するビーコン・タイミング情報をビーコン・フレーム中に掲載することによって、ビーコンの隠れ端末問題を軽減することができる、ピア・ツウ・ピアの優れた通信装置及び通信方法、通信システム、並びにコンピュータ・プログラムを提供することにある。
【００２７】
本発明のさらなる目的は、各通信局が周辺通信局から受信するビーコン時刻情報をより少ない情報量でビーコン・フレームに掲載して、好適にネットワークを運用することができる、ピア・ツウ・ピアの優れた通信装置及び通信方法、通信システム、並びにコンピュータ・プログラムを提供することにある。
【００２８】
本発明のさらなる目的は、各通信局が不均一なビーコン送信間隔でビーコン・フレームを交換し合う通信環境下で、ビーコン・フレームの衝突を回避しながら好適にネットワークを運用することができる、ピア・ツウ・ピアの優れた通信装置及び通信方法、通信システム、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】
【００２９】
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、
周辺通信局から受信するビーコンに関するビーコン時刻情報を掲載したビーコンをそれぞれ所定の送信間隔で送信するとともに、受信したビーコンに掲載されているビーコン情報を基に周辺通信局から送信されるビーコンとの衝突を回避しながら自局のビーコン送信タイミングを制御する複数の通信局で構成され、
少なくとも一部の通信局は、１以上の周辺通信局から受信したビーコンの優先度を決定する手段と、受信したビーコンのうち優先度の高いもののビーコン時刻情報を自局のビーコンに掲載する手段を備え、所定のビーコン送信間隔毎にビーコンを送信する、
ことを特徴とする通信システムである。
【００３０】
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。

【００３１】

各通信局が自律分散的に動作してピア・ツウ・ピアで接続を果たす無線ネットワークの形態として、各端末局が自らアクセス・タイミングを決定するアドホック・モードや、さらには、複数の通信局がフレームをリレーしてマルチホップ通信が可能となるメッシュ・ネットワークが知られている。この種の通信システムでは、各通信局がビーコン信号の交換を通じて自律分散的に通信するという運用方法が一般的である。また、隠れ端末となる通信局間でのビーコンの衝突を軽減するために、各通信局は周辺通信局から受信したビーコンの時刻情報を自局のビーコンに掲載するとともに、受信したビーコンの内容を解析して他局のビーコン送信時刻と重ならないように自局のビーコン送信タイミングを制御する方法が提案されている。

【００３２】

ところが、多数の周辺通信局からのビーコン時刻情報を掲載しようとすると、ビーコンに掲載する情報量が多くなるため、ビーコン・フレームが巨大化してしまう、という問題がある。また、通信局毎のビーコン送信周期が区々であると、ビーコン衝突の有無の判断が困難になるという問題がある。

【００３３】

これに対し、本発明の第１の側面に係る通信システムでは、通信局は、通信局は、１以上の周辺通信局から受信したビーコンの優先度を決定し、受信したビーコンのうち優先度の高いものに限定してビーコン時刻情報を自局のビーコンに掲載するようにしている。ここで、優先度の高いビーコンとは、受信状況が変化したような、隣接局への通達の緊急度の硬いビーコンに相当する。したがって、通信局は、１以上の周辺通信局から受信したビーコンのうち受信状況に変動のあったもののビーコン時刻情報を優先して自局のビーコンに掲載することになる。言い換えれば、各通信局は、周辺通信局から受信するビーコン数（ビーコンが到来する周辺局の台数）が大きくなっても、受信状況に変動のないもののビーコン時刻情報については自局のビーコンへの掲載を省略することで、ビーコン・フレームの肥大化を抑制することができる。

【００３４】

優先度決定手段は、例えば、１以上の周辺通信局から受信したビーコンのうち受信状況に変動のあったものの優先度を高く設定する。あるいは、１以上の周辺通信局から受信したビーコンのうち他の通信局から受信したビーコンと受信間隔が近接しているものについては、ビーコン送信タイミングの変動により衝突を生じる可能性が高く、通達の緊急度は高いと考えられるので、その優先度を高く設定する。

【００３５】

優先度の高い受信ビーコンに限定してビーコン・タイミング情報を掲載すると、実際には受信しているもののビーコン・フレーム中の「ビーコン・タイミング情報」に掲載されていないものも存在することになる。そこで、ビーコン生成手段は、現在のビーコン・タイミング情報に掲載されている受信ビーコンがすべてであるか否かを示す情報をビーコンに掲載するようにしてもよい。また、このような情報が記載されているビーコンを周辺通信局から受信した通信局は、受信ビーコンを解析して当該ビーコン送信元にとって他に受信ビーコンが存在している旨を検知し、さらに当該受信ビーコンに掲載されている以上のビーコン・タイミング情報を自局が得る必要があると判断した場合には、すべてのビーコン・タイミング情報を当該ビーコンの送信元から取得するためのハンドシェイク動作を行なうようにすればよい。

【００３６】

また、通信局は、ビーコンの受信状況が変化したか否かを示す情報をビーコンに掲載するようにしてもよい。受信ビーコン変化情報は、自局が観測する限りにおいて、受信ビーコンの状況に変化が生じたことを示す情報であり、例えば１ビットのフラグで変化した旨を示したり、受信ビーコン状況が変化する度に数値を変化させて掲載したりして、変化の

旨を周辺局に伝えるという役割がある。ここで言うビーコンの受信状況の変化としては、これまで定期的に受信されていたビーコンが消滅したこと、これまで観測されなかったビーコンを受信し始めたこと、これまで受信していたビーコンの送信間隔が変更されたこと、異なる周辺通信局から受信したビーコンの受信間隔が近接していることなどが挙げられる。

【００３７】

また、受信ビーコンの状況に変化を示す情報が記載されているビーコンを周辺通信局から受信した通信局は、その変化が当該ビーコンに掲載されているビーコン・タイミング情報からは十分な情報が得られないと判断した場合には、すべてのビーコン・タイミング情報を当該ビーコンの送信元から取得するためのハンドシェイク動作を行なうようにすればよい。

【００３８】

また、本発明の第２の側面は、

周辺通信局から受信するビーコンに関するビーコン時刻情報及びビーコン送信周期を掲載したビーコンをそれぞれ所定の送信間隔で送信するとともに、受信したビーコンに掲載されているビーコン情報を基に周辺通信局から送信されるビーコンとの衝突を回避しながら自局のビーコン送信周期毎にビーコンを送信する複数の通信局で構成され、

少なくとも一部の通信局は、自らビーコンを受信した周辺通信局のビーコン時刻情報及びビーコン送信周期、並びに、受信したビーコンに記載されている周辺通信局の関するビーコン時刻情報及びビーコン送信周期を基に、将来的に発生するビーコン衝突に頻度を算出し、該衝突の頻度に応じて、自局並びに周辺通信局におけるビーコン衝突回避のための処理を行なう、

ことを特徴とする通信システムである。

【００３９】

既に述べたように、通信局毎のビーコン送信周期が区々であると、ビーコン衝突の有無の判断が困難になるという問題があるが、本発明の第２の側面に係る通信システムでは、通信局は、自ら受信したビーコンから得られるビーコン時刻情報及びビーコン送信周期や、ビーコンの掲載内容の解析結果から、各周辺通信局のビーコン時刻情報及びビーコン送信周期を取得すると、これらから将来的に発生するビーコン衝突に頻度を算出する。そして、衝突の頻度を基準にして衝突の深刻さを判断して、自局のビーコン送信タイミングを変更し、さらには衝突が深刻となる周辺通信局に対してはビーコン送信タイミングの変更を要求することで、ビーコンの隠れ端末問題を解決するようにしている。

【００４０】

また、本発明の第３の側面は、各通信局が自律分散的に動作してピア・ツウ・ピア接続を行なう通信環境下において通信局として動作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、

ビーコンを含む周辺通信局からのフレーム受信を行なう受信手段と、

前記ビーコン受信手段にて受信したビーコンを解析するビーコン解析手段と、

前記ビーコン受信手段が周辺局から受信した各ビーコンに対して優先度を決定する優先度決定手段と、

周辺通信局から受信するビーコンのうち高い優先度のものの受信時刻に関するビーコン・タイミング情報を掲載したビーコンを生成するビーコン生成手段と、　前記ビーコン生成手段が生成したビーコンを含むフレーム送信を行なう送信手段と、

前記送信手段及び前記受信手段によるフレーム送受信動作を制御する制御手段と、

前記ビーコン解析手段によるビーコン解析結果から得られる周辺局のビーコン・タイミング情報に基づいて、周辺通信局から送信されるビーコンとの衝突を回避しながら自局のビーコン送信タイミングを含むフレーム送受信のタイミングを制御するタイミング制御手段と、

として機能させるためのコンピュータ・プログラムである。

【００４１】
また、本発明の第４の側面は、各通信局が自律分散的に動作してピア・ツウ・ピア接続を行なう通信環境下において通信局として動作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、
ビーコンを含む周辺通信局からのフレーム受信を行なう受信手段と、
前記ビーコン受信手段にて受信したビーコンを解析するビーコン解析手段と、
周辺通信局から受信する各ビーコンに関するビーコン時刻情報及びビーコン送信周期を含むビーコン・タイミング情報を掲載したビーコンを生成するビーコン生成手段と、
前記ビーコン生成手段が生成したビーコンを含むフレーム送信を行なう送信手段と、
前記送信手段及び前記受信手段によるフレーム送受信動作を制御する制御手段と、
前記ビーコン解析手段によるビーコン解析結果から得られる周辺局のビーコン・タイミング情報に基づいて、周辺通信局から送信されるビーコンとの衝突を回避しながら自局のビーコン送信タイミングを含むフレーム送受信のタイミングを制御するタイミング制御手段と、
として機能させ、
前記制御手段は、自らビーコンを受信した周辺通信局のビーコン時刻情報及びビーコン送信周期、並びに、受信したビーコンに記載されている周辺通信局の関するビーコン時刻情報及びビーコン送信周期を基に、将来的に発生するビーコン衝突に頻度を算出し、該衝突の頻度に応じて、自局並びに周辺通信局におけるビーコン衝突回避のための処理を行なう、
ことを特徴とするコンピュータ・プログラムである。
【００４２】
本発明の第３又は第４の各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３又は第４の各側面に係るコンピュータ・プログラムをコンピュータにインストールすることによってコンピュータ上では協働的作用が発揮され、通信局として自律分散的に動作する。このような通信局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又は第２の各側面に係る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】
【００４３】
本発明によれば、自律分散的に動作する複数の通信局がピア・ツウ・ピアで好適に接続することができる、優れた通信装置及び通信方法、通信システム、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】
また、本発明によれば、自律分散的に動作する通信局間でビーコン・フレームを交換し合って通信が好適に運営される、ピア・ツウ・ピアの優れた通信装置及び通信方法、通信システム、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。
【００４５】
また、本発明によれば、隣接局から受信するビーコン・タイミング情報をビーコン・フレーム中に掲載することによって、ビーコンの隠れ端末問題を軽減することができる、ピア・ツウ・ピアの優れた通信装置及び通信方法、通信システム、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。
【００４６】
また、本発明によれば、各通信局が周辺通信局から受信するビーコン時刻情報をより少ない情報量でビーコン・フレームに掲載して、好適にネットワークを運用することができる、ピア・ツウ・ピアの優れた通信装置及び通信方法、通信システム、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。
【００４７】

また、本発明によれば、各通信局が不均一なビーコン送信間隔でビーコン・フレームを交換し合う通信環境下で、ビーコン・フレームの衝突を回避しながら好適にネットワークを運用することができる、ピア・ツウ・ピアの優れた通信装置及び通信方法、通信システム、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。

【００４８】

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】

【００４９】

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。

【００５０】

以下で説明する実施形態において想定している通信の伝搬路は無線であり、且つ、単一の伝送媒体（周波数チャネルによりリンクが分離されていない場合）を用いて、複数の機器間でネットワークを構築する場合としてある。但し、複数の周波数チャネルが伝送媒体として存在する場合であっても、同様のことが言える。また、同実施形態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、以下に説明する各通信局での処理は、基本的に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。

【００５１】

図１には、本発明に係る無線ネットワークにおいて通信局として自律分散的に通信動作を行なってピア・ツウ・ピアで他局と接続することができる無線装置のハードウェア構成を模式的に示している。無線装置は、パーソナル・コンピュータなどの無線ＬＡＮカードを搭載した情報機器、あるいはデジタルカメラや音楽プレーヤなどのＣＥ機器である。

【００５２】

図示の無線装置は、ＣＰＵ（Ｃｅｎｔｒａｌ　Ｐｒｏｃｅｓｓｉｎｇ　Ｕｎｉｔ）１が、ＲＯＭ（Ｒｅａｄ　Ｏｎｌｙ　Ｍｅｍｏｒｙ）２やＲＡＭ（Ｒａｎｄｏｍ　Ａｃｃｅｓｓ　Ｍｅｍｏｒｙ）３などのメモリ装置、周辺装置４、ＨＤＤ（Ｈａｒｄ　Ｄｉｓｋ　Ｄｒｉｖｅ）などの外部記憶装置５、無線ＬＡＮインターフェース６などの周辺装置とはバスを介して相互接続されている。また、ブリッジ装置を介して２本以上のバスが連結されている。

【００５３】

ＣＰＵ１は、ＲＯＭ２に格納された制御コードや、外部記憶装置５にインストールされているプログラム・コードをＲＡＭ３上にロードして実行することによって、周辺装置４を用いた装置動作（例えば、デジタルカメラにおける撮影や画像再生動作、音楽プレーヤにおけるプレイリスト表示や音楽再生動作）や、無線ＬＡＮインターフェース部６を用いた通信動作など、装置全体の動作を統括的に制御する。

【００５４】

図１に示した例では、無線ＬＡＮインターフェース部６はＩＥＥＥ８０２．１１のＭＡＣ（ＭｅｄｉａＡｃｃｅｓｓＣｏｎｔｒｏｌ）層のフレームをバス経由でＲＡＭ３に渡し、ＣＰＵ１でＭＡＣ層の処理を行なうようになっている。但し、本発明の要旨は、図１に示したような無線装置の構成に限定されるものではなく、図２に示すような別の構成も考えられる。図２では、無線ＬＡＮインターフェース部６は、Ｉ／Ｏインターフェース７経由でバスに接続されている。無線ＬＡＮインターフェース部６とバスをつなぐＩ／Ｏインターフェース７は、ＭＳＩＯ（Ｍｅｍｏｒｙ　Ｓｔｉｃｋ　ＩＯ）、ＳＤＩＯ（Ｓｅｃｕｒｅ　Ｄｉｇｉｔａｌ　ＩＯ）、ＵＳＢ（Ｕｎｉｖｅｒｓａｌ　Ｓｅｒｉａｌ　Ｂｕｓ）などが一般的である。無線インターフェース部６は、ＩＥＥＥ８０２．１１のＭＡＣ（ＭｅｄｉａＡｃｃｅｓｓＣｏｎｔｒｏｌ）層の処理を行ない、ＩＥＥＥ８０２．３と等価なフレームをＩ／Ｏインターフェース７を通じてホストＣＰＵ１に送るようになっている。

【００５５】

図１及び図２に示したような情報機器は、無線インターフェース部６を装備することで、例えばアドホック・ネットワーク上で動作する端末局（Ｍｏｂｉｌｅ ｔｅｒｍｉｎａｌ：ＭＴ）、あるいはメッシュ・ネットワーク上で動作するメッシュ・ポイント（Ｍｅｓｈ Ｐｏｉｎｔ：ＭＰ）として機能することができる。また、図１及び図２に示したような情報機器はバッテリ（図示しない）から駆動電力が供給されるバッテリ駆動式を想定しており、当該バッテリを充電する充電器を備え、当該バッテリの出力端子電圧などからその残量を求めて充電器による充電オペレーションを制御するようにしてもよい。

【００５６】

図３には、無線インターフェース部６の内部構成例を示している。図示の無線インターフェース部６は、制御局を配置しない自律分散型の通信環境下において通信局として動作し、同じ無線システム内では効果的にチャネル・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。

【００５７】

図示の通り、通信局としての無線インターフェース部６は、ホスト・インターフェース部１０１と、データ・バッファ１０２と、中央制御部１０３と、ビーコン生成部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、ビーコン解析部１１２と、情報記憶部１１３を備えている。

【００５８】

ホスト・インターフェース部１０１は、このＩ／Ｏインターフェース７に接続されるホスト機器（図１又は図２を参照のこと）との間で各種情報の交換を行なう。

【００５９】

データ・バッファ１０２は、ホスト・インターフェース部１０１経由で接続されるホスト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ホスト・インターフェース部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。

【００６０】

中央制御部１０３は、所定の実行命令プログラムを実行することによって、通信局としての当該無線インターフェース部６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。

【００６１】

本実施形態では、中央制御部１０３は、アドホック・ネットワーク若しくはメッシュ・ネットワークなど自律分散型のネットワークにおけるアクセス制御などを実現するための処理を実施する。また、ここで言うアクセス制御には、ビーコンに掲載されている周辺通信局のビーコン時刻情報に基づく自局のビーコン送信タイミング制御などの処理などが含まれる。これらの処理の詳細については後述に譲る。

【００６２】

ビーコン生成部１０４は、近隣にある通信局との間で周期的に交換されるビーコン信号を生成する。無線インターフェース部６を備えた無線装置が無線ネットワークを運用するためには、自己のビーコン送信位置や隣接局からのビーコン受信位置などを規定する。これらのビーコン時刻情報は、情報記憶部１１３に格納されるとともに、ビーコン信号の中に掲載して隣接する通信局に報知する。各通信局は、伝送フレーム周期の先頭でビーコンを送信するので、チャネルにおける伝送フレーム周期はビーコン間隔によって定義される。但し、ビーコン信号内への周辺通信局のビーコン時刻情報の掲載方法の詳細については後述に譲る。

【００６３】

無線送信部１０６は、データ・バッファ１０２に一時格納されているデータやビーコン信号を無線送信するために、所定の変調処理を行なう。また、無線受信部１１０は、所定の時間に他局から送られてきた情報やビーコンなどの信号を受信処理する。

【００６４】

無線送信部１０６及び無線受信部１１０における無線送受信方式は、例えば無線ＬＡＮに適用可能な、比較的近距離の通信に適した各種の通信方式を適用することができる。具

体的には、ＵＷＢ（Ｕｌｔｒａ Ｗｉｄｅ Ｂａｎｄ）方式、ＯＦＤＭ（Ｏｒｔｈｏｇｏｎａｌ Ｆｒｅｑｕｅｎｃｙ Ｄｉｖｉｓｉｏｎ Ｍｕｌｔｉｐｌｅｘｉｎｇ：直交周波数分割多重）方式、ＣＤＭＡ（Ｃｏｄｅ Ｄｉｖｉｓｉｏｎ Ｍｕｌｔｉｐｌｅ Ａｃｃｅｓｓ：符号分割多元接続）方式などを採用することができる。

【００６５】

アンテナ１０９は、他の通信局宛てに信号を所定の周波数チャネル上で無線送信し、あるいは他の通信局から到来する信号を収集する。本実施形態では、送受信機で共用する単一のアンテナを備え、送受信を同時並行しては行なえないものとする。

【００６６】

タイミング制御部１０７は、無線信号を送受信するためのタイミングの制御を行なう。例えば、伝送フレーム周期の先頭における自己のビーコン送信タイミングや、隣接局からのビーコン受信タイミング、隣接局とのデータ送受信タイミング、スキャン動作周期などを制御する。

【００６７】

ビーコン解析部１１２は、隣接局から受信できたビーコン信号を解析し、隠れ端末を含む周辺通信局の存在などを解析する。例えば、ＴＢＴＴなどのビーコン信号から抽出される隣接局のビーコン・タイミング情報は周辺通信局情報として情報記憶部１１３に格納される。

【００６８】

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（衝突回避処理手順などを記述したプログラム）や、受信ビーコンの解析結果から得られる周辺通信局情報などを蓄えておく。

【００６９】

本実施形態では、無線インターフェース部６を備えた無線装置は、アドホック・ネットワークやメッシュ・ネットワークなど自律分散型のネットワークに参画する通信局（端末局（ＭＴ）又はメッシュ・ポイント（ＭＰ））として動作する。かかる自律分散型のネットワークでは、通信局間でビーコンを交換する際に隠れ端末問題が生じる。本実施形態では、各通信局は、周辺通信局の台数の増大に拘わらず、情報量を抑制しながら必要なビーコン時刻情報を通知し合うとともに、各通信局が異なるビーコン周期で動作する場合であっても衝突の発生を抑制することができるという特徴がある。具体的には、受信状況に変動のないもののビーコン時刻情報については自局のビーコンへの掲載を省略することで、ビーコン・フレームの肥大化を抑制する。また、各端末がまちまちのビーコン周期でビーコン送信動作を行なう場合には、招来的に発生すると想定される衝突の頻度を基準にしてビーコンの衝突を判断するという、衝突の深刻さに応じた対応を行なう。以下、これらの処理動作について詳解する

【００７０】

まず、図４を参照しながら、通信局が行なう、ビーコン受信情報の管理方法について説明する。

【００７１】

各通信局は、ビーコンを交換しながら自律分散動作を行なうが、受信ビーコンに関わる情報をすべて掲載すると送信するビーコンが巨大化してしまうことから、受信ビーコンの記録に優先度を付して、自局から送信ビーコンには優先度の高いものに限って掲載するというアプローチを採る。図４に示す例では、周辺通信局情報として６台の周辺通信局ＳＴＡ０～ＳＴＡ５からそれぞれ受信したビーコン・タイミング情報の記録が情報記憶部１１３内に保持されている。このうち、優先度の高い４つ分（ＳＴＡ０、ＳＴＡ３、ＳＴＡ５、並びＳＴＡ２についてのビーコン・タイミング情報のレコード）のみが抽出されて送信ビーコンに掲載されることになる。受信ビーコンの優先度の付け方については後述に譲る。また、通信局は、送信ビーコンに掲載可能なレコード個数をあらかじめ定めておき、受信ビーコンを優先度順にソーティングした後、あらかじめ定めた個数分だけをレコードを掲載する場合もあれば、あらかじめ個数は定めずに、優先度の高いもののみを周辺通信局

情報から取り出して自局ビーコンに掲載するようにしてもよい。

【００７２】

優先度の高いビーコンは、受信状況が変化したような、隣接局に通達する緊急度の高いビーコンに相当する。上述のように受信したビーコン情報のうち優先度の高いものに限定して「ビーコン・タイミング情報」に掲載することにより、緊急度の高いビーコン情報を通達することが保証される。

【００７３】

続いて、受信ビーコンの優先度の設定方法について、図５～図６を参照しながら説明する。

【００７４】

図５には、当初はＳＴＡ０のビーコンは観測されていなかったが、Ｂ０－１のビーコンを皮切りにビーコンが受信され始めた通信シーケンス例が示されている。但し、同図中で、反転表示したビーコンは受信ビーコンで、それ以外は受信されなかったビーコンである。

【００７５】

Ｂ０－１の時刻でビーコンを受信した通信局は、そのビーコン情報を解析すると、Ｂ０－０の時刻にもＳＴＡ０はビーコンを送信している筈であることが判明するが、このビーコンは何らかの理由により受信されていない。よって、Ｂ０－１の時刻で受信したビーコンは新規に受信され始めたビーコンであると判断され、受信ビーコンの状況に変動が生じたことを理由にこのレコードは高優先度が付され、「ビーコン・タイミング情報」に高い優先度で記載されるよう処理を行なう。

【００７６】

図５には、これまで受信されていなかったビーコンが受信されるようになった例を示した。これとは逆に、「これまでも受信はされていたが今回からビーコン送信の間隔が変更された」ことが明らかになったなどといった場合にも、受信ビーコンの状況に変動が生じたとみなされてこのレコードには高優先度を付して、「ビーコン・タイミング情報」に高い優先度で記載されるよう処理を行なうようにする。

【００７７】

また、高い優先度が付されるビーコンの他の例として、他の通信局からの受信ビーコンと受信間隔が近接しているものを挙げることができる。図６には、３台の通信局ＳＴＡ０、ＳＴＡ１、並びにＳＴＡ２からそれぞれ同じ周期で送信されるビーコンを定期的に受信している通信シーケンス例を示している。但し、同図中で、反転表示したビーコンは高い優先度で、それ以外は低い優先度のビーコンである。すなわち、Ｂ０－０、Ｂ０－１、Ｂ０－２はＳＴＡ０から受信されるビーコンを示し、Ｂ１－０、Ｂ１－１、Ｂ１－２はＳＴＡ１から受信されるビーコンを示し、Ｂ２－０、Ｂ２－１、Ｂ２－２はＳＴＡ２から受信されるビーコンをそれぞれ示している。

【００７８】

このとき、ＳＴＡ０とＳＴＡ１から送信されてくるビーコン・フレームの間隔がある閾値を下回り、互いの間隔が小さいと判断された。フレーム間の間隔が小さいということは、タイミングが少し狂えば両者が衝突してしまうことを意味する。そこで、ＳＴＡ０とＳＴＡ１の双方からビーコンを受信した通信局においては、ビーコン同士が衝突する危険にさらされたと判断し、これらに高優先度を付して、「ビーコン・タイミング情報」に高い優先度で掲載されるよう処理を行なう。

【００７９】

続いて、上述したように優先度の高い受信ビーコンに限定してビーコン・タイミング情報を掲載する場合のビーコン・フレームのフォーマット例について、図７を参照しながら説明する。

【００８０】

優先度の高い受信ビーコンに限定してビーコン・タイミング情報を掲載すると、実際には受信しているもののビーコン・フレーム中の「ビーコン・タイミング情報」に掲載され

ていないものも存在することになる。このため、通信局は、「ビーコン・フレームに掲載されている他にも定期的に受信しているビーコンが存在する旨」を周辺局に通知する必要が生じる場合もある。そこで、図７に示したビーコン・フレームのフォーマット例では、「ビーコン・タイミング情報」のフィールド内に、他に受信ビーコンが存在している旨を示すための「Ｍｏｒｅ　Ｂｅａｃｏｎ　Ｉｎｆｏ」と呼ばれるフィールドを用意して、このフィールドを用いて、現在のビーコン・タイミング情報に掲載されている受信ビーコンがすべてであるか否かを示すようにしている。

【００８１】

また、通信局は、周辺局からビーコンを受信したときには、当該受信ビーコン中の「ビーコン・タイミング情報」のＭｏｒｅ　Ｂｅａｃｏｎ　Ｉｎｆｏフィールドをチェックする。そして、当該受信ビーコンに掲載されている以上のビーコン・タイミング情報を得る必要があると判断した場合には、当該ビーコンの送信元局に対して、すべてのビーコン・タイミング情報を通達する旨をリクエストするリクエスト・フレームを送信することがある。このリクエスト・フレームを受信した通信局は、優先度に拘わらず最近受信した全ビーコンを含む情報で「ビーコン・タイミング情報」を生成し、レスポンス・フレームにこれを掲載して返送し，リクエストに応答するといったハンドシェイクが行なわれる。通信局は、このようなハンドシェイクを通じて、受信したレスポンス・フレームから、周辺局において受信されているすべてのビーコン・タイミング情報を得ることができる。

【００８２】

なお、図７に示したようなＭｏｒｅ　Ｂｅａｃｏｎ　Ｉｎｆｏフィールドが利用される実施形態では、従来のビーコン・フレーム中に掲載されていた受信ビーコン時刻のレコードが１つも掲載されない場合もあり得る。これは、上述した「あらかじめ定めた送信ビーコンに掲載可能なレコード数」がゼロである場合に相当するが、上述したリクエスト・フレームとレスポンス・フレームのハンドシェイクによって、実際のビーコン受信時刻が通達されることになる。

【００８３】

また、図７に示したビーコン・フレームのフォーマット例では、ビーコン・フレーム中の「ビーコン・タイミング情報」として、掲載した以外に受信ビーコンが存在している旨を示すための「Ｍｏｒｅ　Ｂｅａｃｏｎ　Ｉｎｆｏ」フィールドの他に、ビーコン受信状況が変化した旨を示す「Ｂｅａｃｏｎ　Ｕｐｄａｔｅ　Ｉｎｆｏ」と余ばれるフィールドが用意されている。受信ビーコン変化情報は、自局が観測する限りにおいて、受信ビーコンの状況に変化が生じたことを示す情報であり、例えば１ビットのフラグで変化した旨を示したり、受信ビーコン状況が変化する度に数値を変化させて掲載したりして、変化の旨を周辺局に伝えるという役割がある。

【００８４】

このような場合、通信局は、周辺通信局から受信したビーコン中の「ビーコン・タイミング情報」中のＢｅａｃｏｎ　Ｕｐｄａｔｅ　Ｉｎｆｏフィールドをチェックする。そして、ビーコン受信状況に変化があったことが確認されたが、その変化が当該ビーコンに掲載されているビーコン・タイミング情報からは十分な情報が得られないと判断した場合には、当該ビーコンの送信元局に対して、受信したすべてのビーコン・タイミング情報を通達する旨をリクエストするリクエスト・フレームを送信することがある。このリクエスト・フレームを受信した通信局は、優先度に拘わらず、最近受信したすべてのビーコンを含む情報で「ビーコン・タイミング情報」を生成し、レスポンス・フレームにこれを掲載して返送し、リクエストに応答するといったハンドシェイクが行なわれることになる。そして、通信局は、このようなレスポンス・フレームを受信することにより、周辺通信局において受信されているすべてのビーコンのタイミング情報を得ることができる。

【００８５】

なお、図７に示したようなＢｅａｃｏｎ　Ｕｐｄａｔｅ　Ｉｎｆｏフィールドが利用される実施形態では、従来のビーコン・フレーム中に掲載されていた受信ビーコン時刻のレコードが１つも掲載されない場合もあり得る。これは、上述した「あらかじめ定めた送信

ビーコンに掲載可能なレコード数」がゼロである場合に相当するが、上述したリクエスト・フレームとレスポンス・フレームのハンドシェイクによって、実際のビーコン受信時刻が通達されることになる。

【００８６】

続いて、通信局がビーコンの受信状況に変化が生じたことを判断する方法について、図８、図５を参照しながら説明する。但し、各図中で、反転表示したビーコンは受信ビーコンで、それ以外は受信されなかったビーコンである。

【００８７】

図８には、これまでＳＴＡ１から受信されていたビーコンが受信されなくなった場合の通信シーケンス例を示している。通信局は、これまでＢ１－０並びにＢ１－１と、定期的にＳＴＡ１からビーコンを受信していた。ところが、次に予定されていた時刻Ｂ１－２の周辺においてビーコンが受信されなかった。よって、通信局は、このビーコンが消滅し、ビーコン受信状況に変化が生じたと判断して、Ｂｅａｃｏｎ　Ｕｐｄａｔｅ　Ｉｎｆｏフィールドをチェックする。

【００８８】

図５には、当初ＳＴＡ０のビーコンは観測されていなかったが、時刻Ｂ０－１のビーコンを皮切りにビーコンが受信され始めた場合の通信シーケンス例を示している（前述）。通信局は、既に述べたロジックに基づいて、このビーコンは新規に受信され始めたビーコンであり、受信ビーコンの状況に変化が生じたと判断して、Ｂｅａｃｏｎ　Ｕｐｄａｔｅ　Ｉｎｆｏフィールドをチェックする。

【００８９】

なお、図示はしないが、これまでも同じ周辺通信局からビーコンは受信されていたが今回からビーコン送信の間隔が変更されたことが明らかになったなどといった場合にも、通信局は、受信ビーコンの状況に変化が生じたとみなす。

【００９０】

また、図６を参照しながら既に説明した通り、異なる周辺通信局からのビーコン同士の時間間隔がある閾値を下回ったか否かもビーコン衝突を事前に予知する重要な情報となる。例えば、これまではビーコン同士の受信間隔が閾値よりも大きく余裕があったが、ある時点において受信間隔が閾値を下回ると、ビーコンの衝突を生じる可能性が高くなる。よって、このようなときにも、受信ビーコンの状況に変化が生じたとみなし、Ｂｅａｃｏｎ　Ｕｐｄａｔｅ　Ｉｎｆｏフィールドをチェックする。これとは逆に、これまで異なる周辺通信局からのビーコンの受信間隔が閾値を下回っていたが、ある時点において閾値を上回るようになったときにも、受信ビーコンの状況に変化が生じたとみなす。

【００９１】

受信ビーコン変化情報が１ビットで構成される場合、図５、図６、図８に示したように受信ビーコンに変化が生じたときには、自局の送信ビーコン内のＢｅａｃｏｎ　Ｕｐｄａｔｅ　Ｉｎｆｏのビット・フィールドに１を設定することで変化した旨を通達することになる。周辺通信局に対してビーコンの受信状況が変化した旨を確実に伝えるために、ビーコン受信状況の変化を検知した直後に送信するビーコンだけでなく、その後の数フレーム（ビーコン送信周期）にわたり当該フィールドに１を設定したビーコンを送信することは有効な方法である。

【００９２】

ところが、受信ビーコン変化情報が１ビットで構成される場合、Ｂｅａｃｏｎ　Ｕｐｄａｔｅ　Ｉｎｆｏのビット・フィールドはその後に継続してセットされることはなく、定常状態に入ると０が設定されることになる。この場合、周辺局がたまたま「１が設定された」ビーコン・フレームを受信しなかった場合には、この周辺局は変化が生じた旨を取り逃すことになり問題が生じる。この問題を解決するために、受信ビーコン変化情報を、１ビットのフラグではなく、カウンタ値などの数値で構成するようにしてもよい。数値は、受信ビーコン状況が変化する毎に変化（カウントアップ）させていく。この場合の受信ビーコン変化情報の設定例について説明しておく。

【００９３】
図９には、通信局ＳＴＡ２が２台の通信局ＳＴＡ０並びにＳＴＡ１からビーコンを受信している通信シーケンス例を示している。但し、同図中で、反転表示したビーコンは受信ビーコンで、それ以外は受信されなかったビーコンである。
【００９４】
当初、通信局ＳＴＡ２は、ＳＴＡ１からのビーコンのみを受信している状態にあり、受信ビーコン変化情報の値として０ｘ００を掲載している。その後、通信局ＳＴＡ２は、ＳＴＡ０からＢ０－１を受信した（これまでは受信していなかった）ため，受信ビーコン状況に変化が生じたとみなし、これを契機に、受信ビーコン変化情報の値を０ｘ０１に変更して自局のビーコンに掲載する。
【００９５】
ＳＴＡ２からのビーコンの到達範囲に存在する周辺通信局は、通信局ＳＴＡ２がこれまで用いていた受信ビーコン変化情報の値（０ｘ００）を保持しており、保持していた値と新たに受信したビーコンに記載されている受信ビーコン変化情報の値（０ｘ０１）とを比較することで、ＳＴＡ２においてビーコンの受信状況が変化したことを検出することができる。ＳＴＡ２の周辺通信局は、予定されているビーコン受信が行なわれている限りは、受信ビーコン変化情報の値を０ｘ０１で保持する。
【００９６】
その後、ＳＴＡ２は、ＳＴＡ１からのビーコンＢ１－２が受信される筈であったが受信されなかった。よって、ＳＴＡ２は、これを契機に、再度、受信ビーコン変化情報の値を０ｘ０２に変化して、自局のビーコンに掲載する。ＳＴＡ２の周辺通信局は、上述と同様の手順により、再度、通信局ＳＴＡ２においてビーコンの受信状況が変化したことを検出することができる。
【００９７】
なお、図８に示した例では、周辺通信局からのビーコンが予定されていた時刻に受信できないと、即座にビーコンの受信状況が変化したものと判断するようにしている。ところが、周辺通信局からビーコン信号は正しいタイミングで送信されているものの、偶然ビーコン信号にエラーが生じて正しく受信できないなど、実際にはビーコンの受信状況は変化していない場合も想定される。伝送信号のエラーは、とりわけ無線通信環境において典型的に発生する事象である。そこで、通信局は、周辺通信局からのビーコンの受信状況の変化を判断する際に、フィルタリング・アルゴリズムを適用して、偶発的なビーコン信号のエラーをビーコン受信状況の変化と誤判定しないようにするようにしてもよい。
【００９８】
例えば、通信局は、予定されていた周辺通信局からのビーコン受信を、ただ１回だけでなく、所定回数にわたって連続して受信できなかったときに限り、ビーコン受信状況が変化したと判断するようにしてもよい。あるいは、直近のビーコン受信予定時刻Ｍ回のうちＮ回分だけ受信できなかった場合に限って、ビーコン受信状況が変化したと判断するようにしてもよい（但し、Ｍ、Ｎは正の整数であり、Ｍ≧Ｎが成立するものとする）。
【００９９】
ここまでは、便宜上、各通信局が同じ周期でビーコンを送信することを前提にして説明してきた。しかしながら、システムによっては、各通信局が異なる周期でビーコンを送信する場合も存在する。以下では、各通信局のビーコン送信周期が一定でない場合におけるビーコンの隠れ端末問題の解決方法について説明する。
【０１００】
図１０には、複数の通信局が異なる周期でビーコンを送信している通信シーケンス例を示している。同図では、３００ミリ秒間隔でビーコンを送信するＳＴＡ０並びにＳＴＡ２と２００ミリ秒間隔でビーコンを送信するＳＴＡ１が隣接局として存在しており、ＳＴＡ０とＳＴＡ１の送信するビーコンが数回に１回の割合で定期的に衝突する。
【０１０１】
ＳＴＡ０及びＳＴＡ１からのビーコンを受信した通信局ＳＴＡ２は、それぞれのビーコ

ンの受信時刻並びにビーコン送信間隔に基づいて、今後どの時刻にビーコン送信が予定されているかを簡単に算出することができる。また、ＳＴＡ２にとって直接的な隣接局でない通信局であっても、ＳＴＡ０又はＳＴＡ１にとっての直接的な隣接局であれば、ＳＴＡ０又はＳＴＡ１からのビーコンにそのビーコン・タイミング情報が記載されている。したがって、ＳＴＡ２は、直接的な隣接局でない通信局についても同様に、ＳＴＡ０並びにＳＴＡ１からそれぞれ受信したビーコン中のビーコン・タイミング情報として記載されている相対的な受信時刻（Ｂｅａｃｏｎ　Ｒｘ　Ｔｉｍｅ）並びにビーコン間隔（Ｂｅａｃｏｎ　Ｉｎｔｅｒｖａｌ）を基にして（図７を参照のこと）、今後どの時刻にビーコン送信が予定されているかを簡単に算出することができる。

【０１０２】

ＳＴＡ２は、ＳＴＡ０及びＳＴＡ１からそれぞれ受信したビーコンの時刻情報及びビーコン送信周期から、将来的に発生するビーコン衝突に頻度を算出する。そして、衝突の頻度を基準にして衝突の深刻さを判断する。

【０１０３】

また、図１１には、ＳＴＡ０及びＳＴＡ１から異なる送信周期でビーコンが送信される他の通信シーケンス例を示している。上記と同様に、３００ミリ秒間隔でビーコンを送信するＳＴＡ０並びにＳＴＡ２と２００ミリ秒間隔でビーコンを送信するＳＴＡ１が隣接局として存在している。ＳＴＡ２は、ＳＴＡ０及びＳＴＡ１からそれぞれ受信したビーコンの時刻情報及びビーコン送信周期から、将来的に発生するビーコン衝突に頻度を算出し、衝突が深刻であるか否かを判断する。図示の例では、将来一定時刻までの間に発生するＳＴＡ０並びＳＴＡ１の送信ビーコンの衝突回数は０回であることから、閾値を下回るため両局のビーコンは衝突していないと判断される。

【０１０４】

なお、図１０並びに図１１に示した例では、ＳＴＡ０及びＳＴＡ１はともにＳＴＡ２の隣接局で、ＳＴＡ０とＳＴＡ１は隠れ端末となる場合を想定したが、勿論、本発明の要旨はこれに限定されるものではない。例えば、ＳＴＡ０がＳＴＡ２の隣接局でなかったとしても、ＳＴＡ１の隣接局であり、ＳＴＡ１がＳＴＡ０のビーコン送信時刻などをビーコン・タイミング情報を介して報知していれば、ＳＴＡ２はこの情報からＳＴＡ０のビーコン送信時刻を算出することが可能であり、上記と同様に、将来的にどの頻度でビーコンの衝突が発生するかを算出することが可能である。

【０１０５】

図１２には、通信局が、異なる送信周期でビーコンを送信している各隣接局のビーコンが衝突しているか否かを判断す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。以下では、ＳＴＡ０並びにＳＴＡ１をともに直接的な隣接局とするＳＴＡ２が自局の受信ビーコンに関して衝突しているか否かを判断する場合を例にとって説明する。

【０１０６】

ＳＴＡ２は、隣接局ＳＴＡ０、ＳＴＡ１、並びに自局ＳＴＡ２が今後予定しているビーコン送信時刻をある程度未来の時刻Ｔ１まで算出する（ステップＳ１）。

【０１０７】

そして、この間に何個のビーコンが送信されるかをカウントし、この値をＮ１とする（ステップＳ２）。ここで、時刻Ｔ１はこの個数が複数個になるくらい十分に大きな値を設定する。

【０１０８】

さらに、ＳＴＡ２は、ビーコン送信カウントＮ１のうち、他局のビーコンと衝突する回数をカウントし、この値をＮ２とする（ステップＳ３）。

【０１０９】

そして、ＳＴＡ２は、隣接局ＳＴＡ０並びにＳＴＡ１が送信するビーコンの個数Ｎ１に比較する（ステップＳ４）。そして、衝突する回数Ｎ２の比率があらかじめ定めた一定の閾値を超えた場合には（ステップＳ４のＹｅｓ）、両者のビーコンは衝突しているものと判断し（ステップＳ５）、閾値以下であれば（ステップＳ４のＮｏ）、衝突していないも

のと判断する（ステップＳ６）。

【０１１０】

ここで、閾値の例としては１／１０辺りが好適である。１０回のビーコン送信に際して１つ程度が衝突するのであれば、これは許容範囲とみなし衝突と判断しないことになる。

【０１１１】

上記の受信ビーコン衝突判断の計算方法について、もう少し厳密に説明する。まず、ステップＳ２におけるＮ１（時刻Ｔ１までに送信されるビーコン数カウント値）は下式で与えられる。但し、Ｎは隣接局数、ｉは通信局を表すインデックスであり、ｉ＝０は自局、０＜ｉ≦Ｎは隣接局とする。

【０１１２】

【数１】

$$N1=\sum_{i=0}^{N} Count\left[f_i(t)\right] \qquad \cdots(1)$$

【０１１３】

Ｃｏｕｎｔ［］関数は、引数として与えられた関数のライジングエッジの個数を数える関数であり、以下の通りとする。

【０１１４】

【数２】

$$Count\left[\delta(t)\right]=1,\ Count\left[\sum_{k=0}^{2}\delta(t-k)\right]=3 \qquad \cdots(2)$$

【０１１５】

関数ｆ$_i$（ｔ）は、現時刻から招来時刻ｔ１までの間でビーコン送信タイミングにのみ値を持つインパルス関数であり、下式のように表される。

【０１１６】

【数３】

$$f_i(t)=\sum_{k=0}^{\infty}\delta(t-k\times BcnInt_i-t0_i)\times Window(t) \qquad \cdots(3)$$

【０１１７】

δ（ｘ）は、ｘ＝０でのみ値を持つデルタ関数であり、下式が成り立つ。

【０１１８】

【数４】

$$\int_{-\infty}^{+\infty}A(x)\delta(x)=A(0) \qquad \cdots(4)$$

【０１１９】

また、ＢｃＩｎｔ$_i$は通信局ｉのビーコン周期、ｔ０$_i$は通信局ｉの前回のビーコン受信時刻である。ウィンドウ関数Ｗｉｎｄｏｗ（ｔ）は下式のように表される（但し、Ｔ０は現在時刻、Ｔ１は計算対象の未来時刻を示す）。

【０１２０】

【数５】

$$Window(t)=\begin{cases}1 & T0<t<T1\\ 0 & otherwise\end{cases} \qquad \cdots(5)$$

【０１２１】

また、図１２中のステップＳ３におけるＮ２（時刻Ｔ１までに送信されるビーコンのう

ち他局のビーコンと衝突する数のカウント値）は、下式で与えられる。

【０１２２】

【数６】

$$N2=\sum_{i=0}^{N-1}\sum_{j=i+1}^{N}Count\left[\left(f_i(t)\otimes Gate(t)\right)\times\left(f_j(t)\otimes Gate(t)\right)\right] \quad \cdots(6)$$

【０１２３】

ここで、インパルス関数ｆ$_i$（ｔ）とゲート関数Ｇａｔｅ（ｔ）間を接続する演算記号は畳み込み乗算を意味している。ゲート関数Ｇａｔｅ（ｔ）は下式で与えられる。また、ＢＴ$_{max}$は、予期される最大のビーコン・フレーム時間長にマージンを加算した値である。通信局間のビーコン送信タイミングの差分がＢＴ$_{max}$以下であれば当該ビーコン送信タイミングで送信されるビーコンに・フレームは衝突の可能性があると判断することができる。

【０１２４】

【数７】

$$Gate(t)=\begin{cases}1 & 0<t<BT_{\max}\\ 0 & otherwise\end{cases} \quad \cdots(7)$$

【０１２５】

図１２に示した処理手順において、衝突が深刻であると判断されたときには、ＳＴＡ２は、かかる状況を打破するために、ＳＴＡ０又はＳＴＡ１の少なくとも一方に対して、ビーコン送信タイミングの変更を要求するためのハンドシェイクを行なうようにする。これによって、ビーコンの隠れ端末問題を解決することができる。

【０１２６】

図１３には、周辺通信局間でビーコンが衝突すると判断した際に、通信局（ＳＴＡ２）が周辺通信局（ＳＴＡ１）に対してビーコン送信タイミングの変更要求を行なうための処理手順をフローチャートの形式で示している。但し、周辺通信局ＳＴＡ０並びにＳＴＡ１のビーコン送信時刻は、当初は図１０に示したような関係にあったものと仮定する。

【０１２７】

まず、ＳＴＡ２は、ＳＴＡ０及びＳＴＡ１それぞれからのビーコンの受信時刻並びにビーコン送信間隔に基づいて、自局の受信において衝突ビーコンが存在するか否かを算出し、さらにビーコン衝突頻度に応じて衝突の深刻さを判定する（ステップＳ１１）（図１２を参照のこと）。

【０１２８】

ここで、衝突頻度が閾値を上回ったため、ＳＴＡ２は定期的なビーコン衝突が発生しているものと判断すると、一方の周辺通信局ＳＴＡ０に対して、ビーコン送信時刻を変更することを告げるためのリクエスト・メッセージを発行する（ステップＳ１２）。

【０１２９】

これに対し、ＳＴＡ０は、ＳＴＡ２からビーコン送信時刻の変更を要求する旨のメッセージを受信すると（ステップＳ１３）、自局にとっての隠れ端末（ＳＴＡ１）とビーコンの衝突が生じている（若しくは、衝突が深刻である）ためにＳＴＡ２が自局のビーコンを受信できない状況に陥っていることを認識する。そして、自局で時刻管理を行なっているタイマを進める、あるいは遅らせるなどして、自局のビーコン送信タイミングを変更する（ステップＳ１４）。

【０１３０】

これにより、ＳＴＡ０が今後送信するビーコンの送信時刻（絶対時刻）が変更することになる。この結果、ＳＴＡ０とＳＴＡ１のビーコン送信時刻は図１１に示したようになる。すなわち、これら周辺通信局からのビーコンの衝突頻度が低下し、衝突が深刻な状態から抜け出すことができる。

【０１３１】
なお、ＳＴＡ２がビーコンの衝突を認識したときに、どの通信局に宛ててビーコン送信時刻変更リクエスト・メッセージを送信するかの判断などに関しては、特開２００５－１５１５２５号公報などで開示されている方法を適用することができる。
【０１３２】
また、ＳＴＡ２は、各周辺通信局ＳＴＡ０並びにＳＴＡ１のビーコン・タイミング情報をビーコン内に掲載していることから（図７を参照のこと）、隣接局ＳＴＡ０は、上述したようなＳＴＡ２からのリクエスト・メッセージを受信するのではなく、自らＳＴＡ２からの受信ビーコンの掲載内容を解析することを通じて、隠れ端末ＳＴＡ１とビーコンの衝突が生じているためにＳＴＡ２が自局のビーコンを受信できない状況に陥っていることを自発的に認識することができる。
【０１３３】
このような場合、ＳＴＡ０は、ＳＴＡ２からの受信ビーコンに掲載されているＳＴＡ１のビーコン・タイミング情報からビーコン送信時刻並びにビーコン送信間隔を抽出する。そして、ＳＴＡ０は、自局並びに隠れ端末ＳＴＡ１の将来のビーコン送信時刻並びにビーコン送信間隔を基に、図１２に示した処理手順を実行する。
【０１３４】
自局ＳＴＡ０並びにＳＴＡ１の将来のビーコン送信時刻をある程度未来の時刻Ｔ１まで算出し、この間に自局から送信されるビーコンの個数をカウントし、この値をＮ１とする（時刻Ｔ１はこの個数Ｎ１が複数個になる区内十分大きな値を設定する）。さらに、ＳＴＡ０は、これらＮ１このビーコンのうち他局ＳＴＡ１と衝突する回数をカウントし、その値をＮ２とする。そして、ＳＴＡ０は、自局が送信するビーコンの個数Ｎ１に対して他局のビーコンと衝突する回数Ｎ２との比率を算出し、この比率があらかじめ定められている閾値を上回るときには、ＳＴＡ０は、自局のビーコンがＳＴＡ１のビーコンと衝突しているものと判断する。衝突状態が判断されたとき、ＳＴＡ０は、自局で時刻管理を行っているタイマを進め、あるいは遅らせるなどして、ビーコン送信タイミングを変更する。
【０１３５】
これにより、ＳＴＡ０が今後送信するビーコンの送信時刻（絶対時刻）が変更することになる。この結果、ＳＴＡ０とＳＴＡ１のビーコン送信時刻は図１１に示したようになる。すなわち、これら周辺通信局からのビーコンの衝突頻度が低下し、衝突が深刻な状態から抜け出すことができる。
【０１３６】
上記の説明では、ＳＴＡ０とＳＴＡ１が隣接局でない場合を想定したが、勿論、両局が隣接局同士である場合も、ＳＴＡ０はＳＴＡ１から直接受信したビーコンの受信履歴に基づいてＳＴＡ１の将来のビーコン送信時刻を算出することが可能であり、上記と同様にして将来的にどの程度の比率で衝突が発生するかの算出が可能であり、さらにビーコン衝突を回避する動作を起動することができる。
【０１３７】
また、上記の説明では、ＳＴＡ０の隣接局はＳＴＡ２のみである場合を想定したが、隣接局が複数存在する場合には，すべての隣接局に対して上記と同じ処理を順次行なうことで、各隣接局におけるビーコンの衝突を自律的に解消することが可能となる。
【０１３８】
「隣接局ｉにおけるビーコン衝突」を判断するための計算方法について、もう少し厳密に考察してみる。まず、図１２に示したフローチャート中のステップＳ２で求めるカウント値Ｎ１は、下式で与えられる。
【０１３９】
【数８】

$$N1 = Count\left[f_0(t)\right] + \sum_{STAID(j)\neq MySTAID}^{n_i-1} Count\left(\left[g_{i,j}(t)\right]\right) \qquad \cdots(8)$$

【０１４０】
Ｃｏｕｎｔ［ｆ$_0$（ｔ）］は、上式（２）、（３）で示した通りであり、現時刻から招来時刻Ｔ１までの間に予定されている自局のビーコン送信タイミングの個数を表す。また、ｎ$_i$は、隣接局ｉから受信したビーコンに記載されている隣接局のビーコン・タイミング情報の要素数である。

【０１４１】
ｇ$_{i,j}$（ｔ）は、現時刻から招来時刻Ｔ１までの間でビーコン送信タイミングにのみ値を持つインパルス関数であり、下式で表される。

【０１４２】
【数９】

$$g_{i,j}(t)=\sum_{k=0}^{\infty}\delta\left(t-k\times BcnInt_{i,j}-t0_{i,j}\right)\times Window(t) \quad \cdots(9)$$

【０１４３】
ＢｃＩｎｔ$_{i,j}$は、通信局ｉからのｊ番目のビーコン・タイミング情報要素で示されるビーコン周期である。ｔ０$_{i,j}$は、通信局ｉからｊ番目のビーコン・タイミング情報要素で示される前回のビーコン受信時刻である。

【０１４４】
上式（８）の右辺第２項は、通信局ｉからのビーコン・タイミング情報のうち、自局分を除いた全要素に関する、現時刻から将来時刻Ｔ１までの間に予定されているビーコン送信タイミングの個数である。

【０１４５】
また、図１２に示したフローチャート中のステップＳ３で求められるＮ２（招来時刻Ｔ１までに送信されるビーコンのうち、多極のビーコンと衝突する数のカウント値）は、下式で与えられる。

【０１４６】
【数１０】

$$N2=\sum_{STAID(j)\neq MySTAID}^{n_i-1} Count\left[\left(f_0(t)\otimes Gate(t)\right)\times\left(g_{i,j}(t)\otimes Gate(t)\right)\right]\cdots(10)$$

【０１４７】
上式（１０）によれば、Ｎ２は、自局の招来のビーコン送信タイミングと隣接局ｉが報知してきた受信ビーコンの招来のビーコン送信タイミング（自局分を除く）との間の衝突個数を計算していることになる。

【０１４８】
上述のようにして隣接局ｉにおけるビーコン衝突の確率を求めるが、これを各隣接局に関して行なう。そして、いずれかの隣接局におけるビーコン衝突確率が閾値を超えていたら、自局のビーコン送信タイミングの変更手順を起動することになる。

【０１４９】
各通信局が異なる周期で送信していたとしても、受信ビーコン内にビーコン・タイミング情報として掲載されている各通信局のビーコンの受信時刻とビーコン送信周期に基づいて、将来にわたるビーコン送信時刻を算出することができる。通信局は、新たにビーコンを送信し始めるときや、ビーコン送信時刻を変更するときには、隣接局から受信したビーコンを通じて収集した周辺通信局のビーコン・タイミング情報を基に、将来にわたる各々のビーコン送信時刻を算出し、これらと衝突しない（若しくは衝突が深刻な状態とならない）ような時間帯を選んで、自局のビーコン送信時刻並びにビーコン送信周期を決定するようにすればよい。

【０１５０】
通信局がビーコン送信タイミングを決定する方法について、図１４を参照しながら説明する。同図では、３台のＳＴＡ０、ＳＴＡ1、ＳＴＡ２が存在する環境下で、ＳＴＡ２が

新たにビーコン送信タイミングを決定しようとしている場合を想定している。但し、ＳＴＡ０並びにＳＴＡ1は、ＳＴＡ２の隣接局又は隣接局の隣接局の関係（２ホップ先）にあるものとする。

【０１５１】

ＳＴＡ２は、ＳＴＡ０あるいはＳＴＡ１から受信したビーコン内に掲載されているビーコン・タイミング情報から、ＳＴＡ０並びにＳＴＡ１の将来にわたるビーコン送信時刻を算出することができる。

【０１５２】

このとき、両局ＳＴＡ０並びにＳＴＡ１のビーコン送信時刻が図１４上段に示したような関係にあると仮定する。ＳＴＡ２は、自局内でこの情報を生成し、図１４中段に示すような、周辺通信局ＳＴＡ０並びにＳＴＡ１から送信されるビーコンとは衝突しない時間帯を抽出する。そして、ＳＴＡ２は、これらの時間帯内で自局のビーコンが送信されるように送信時刻並びにビーコン送信周期を決定する。

【０１５３】

結果的に、ＳＴＡ２は、図１４下段に示すような時刻並び周期でビーコン送信を行なうことを決定する。これにより、ＳＴＡ２は、周辺通信局ＳＴＡ０並びにＳＴＡ１のビーコン送信時刻と重ならないようにビーコンを送信することが可能となる。

【産業上の利用可能性】

【０１５４】

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。

【０１５５】

本明細書では、ＩＥＥＥ８０２．１１のような無線ＬＡＮシステムに適用した実施形態を中心に説明してきたが、本発明の要旨はこれに限定されるものではない。複数の通信局が自律分散的に動作するさまざまなタイプの通信システムに対しても、本発明を同様に適用することができる。

【０１５６】

上述した実施形態では、周辺通信局間で送信し合うビーコンが衝突しないように処理することを例示してきたが、ビーコン信号の衝突のみならず、ある一定間隔で送信されることが確定している信号同士の衝突に関しても、本発明を適用することによって衝突を回避することが可能である。言い換えれば、上述したような衝突の頻度に応じて衝突の深刻さを判定する手順などは、ビーコンの衝突に限定されるものではなく、定期的に送信されるデータ・パケットなどについても同様の効果を得ることができる。また、データ・パケットの送信元が隠れ端末状態であったとしても、定期的に送信されるデータ・パケットのスケジュール情報が「ビーコン・タイミング情報」に類似する形態で隣接局に報知するようにすれば、同様の手順で衝突情報を抽出し、衝突を回避することが可能となる。

【０１５７】

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、特許請求の範囲を参酌すべきである。

【図面の簡単な説明】

【０１５８】

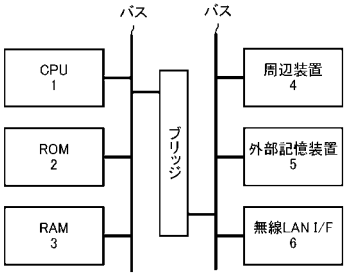
【図１】図１は、本発明に係る無線ネットワークにおいて通信局として自律分散的に通信動作を行なってピア・ツウ・ピアで他局と接続することができる無線装置のハードウェア構成例を模式的に示した図である。

【図２】図２は、発明に係る無線ネットワークにおいて通信局として自律分散的に通信動作を行なってピア・ツウ・ピアで他局と接続することができる無線装置のハードウェア構成についての他の例を模式的に示した図である。

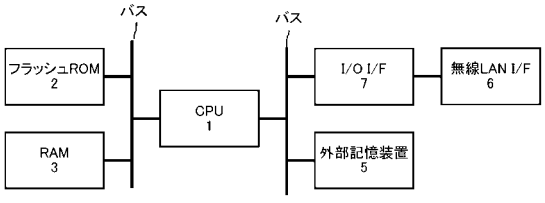
【図３】図３は、無線インターフェース部６の内部構成例を示した図である。

【図４】図４は、通信局で行なわれるビーコン受信情報の管理方法を説明するための図である。
【図５】図５は、受信ビーコンの優先度の設定方法を説明するための図である。
【図６】図６は、受信ビーコンの優先度の設定方法を説明するための図である。
【図７】図７は、優先度の高い受信ビーコンに限定してビーコン・タイミング情報を掲載する場合のビーコン・フレームのフォーマット例を示した図である。
【図８】図８は、通信局がビーコンの受信状況に変化が生じたことを判断する方法を説明するための図である。
【図９】図９は、数値で構成される受信ビーコン変化情報を設定する方法を説明するための図である
【図１０】図１０は、各通信局のビーコン送信周期が一定でない場合におけるビーコンの隠れ端末問題の解決方法を説明するための図である。
【図１１】図１１は、各通信局のビーコン送信周期が一定でない場合におけるビーコンの隠れ端末問題の解決方法を説明するための図である
【図１２】図１２は、通信局が、異なる送信周期でビーコンを送信している各隣接局のビーコンが衝突しているか否かを判断するための処理手順を示したフローチャートである。
【図１３】図１３は、周辺通信局間でビーコンが衝突すると判断した際に、周辺通信局に対してビーコン送信タイミングの変更を行なうための処理手順を示したフローチャートである。
【図１４】図１４は、通信局がビーコン送信タイミングを決定する方法を説明するための図である。
【図１５】図１５は、各通信局がビーコン信号の交換を通じて自律分散的に通信する無線通信システムにおける通信シーケンス例を示した図である。
【図１６Ａ】図１６Ａは、ピア・ツウ・ピアの通信システムにおいて、ビーコンの隠れ端末問題が発生する様子を例示した図である。
【図１６Ｂ】図１６Ｂは、ピア・ツウ・ピアの通信システムにおいて、ビーコンの隠れ端末問題が発生する様子を例示した図である。
【図１６Ｃ】図１６Ｃは、ピア・ツウ・ピアの通信システムにおいて、ビーコンの隠れ端末問題が発生する様子を例示した図である。
【図１７】図１７は、ビーコン・フレームのフォーマット例を示した図である。
【図１８】図１８は、ビーコン・タイミング情報の内容を示した図である。
【符号の説明】
【０１５９】
１…ＣＰＵ
２…ＲＯＭ
３…ＲＡＭ
４…周辺装置
５…外部記憶装置
６…無線ＬＡＮインターフェース部
７…Ｉ／Ｏインターフェース
１０１…ホスト・インターフェース部
１０２…データ・バッファ
１０３…中央制御部
１０４…ビーコン生成部
１０６…無線送信部
１０７…タイミング制御部
１０９…アンテナ
１１０…無線受信部
１１２…ビーコン解析部
１１３…情報記憶部

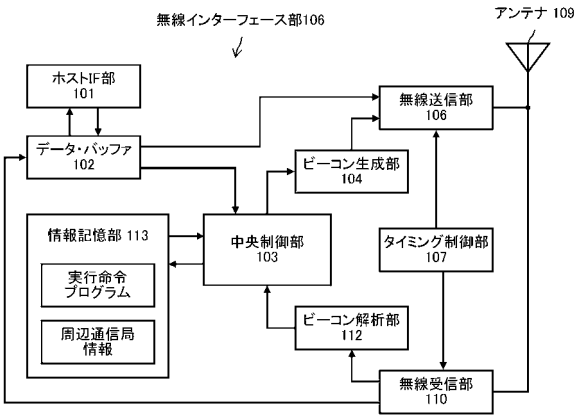
【図１】


バス
バス
CPU
1
ROM
2
RAM
3
ブリッジ
周辺装置
4
外部記憶装置
5
無線LAN I/F
6

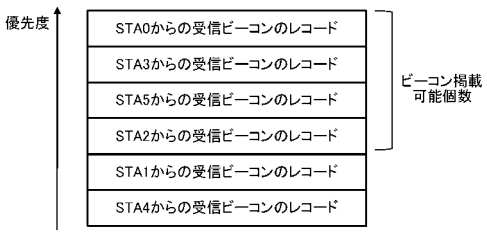
【図２】


バス
バス
フラッシュROM
2
RAM
3
CPU
1
I/O I/F
7
外部記憶装置
5
無線LAN I/F
6

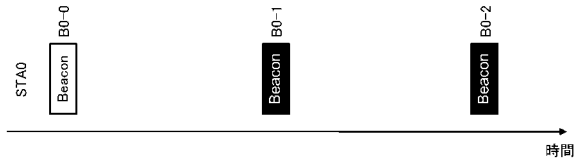
【図３】


無線インターフェース部106
アンテナ 109
ホストIF部
101
データ・バッファ
102
情報記憶部 113
実行命令
プログラム
周辺通信局
情報
中央制御部
103
無線送信部
106
ビーコン生成部
104
タイミング制御部
107
ビーコン解析部
112
無線受信部
110

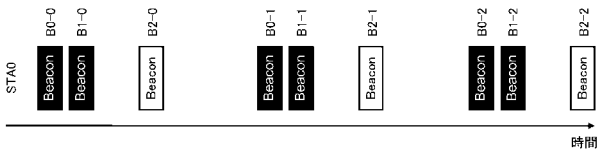
【図４】


優先度
STA0からの受信ビーコンのレコード
STA3からの受信ビーコンのレコード
STA5からの受信ビーコンのレコード
STA2からの受信ビーコンのレコード
STA1からの受信ビーコンのレコード
STA4からの受信ビーコンのレコード
ビーコン掲載
可能個数

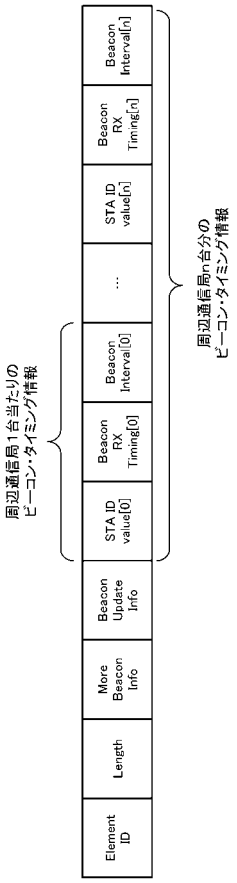
【図５】



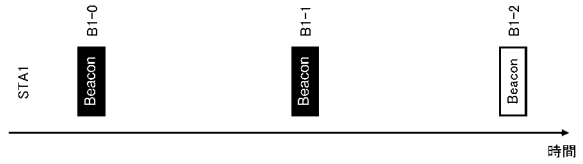
【図６】



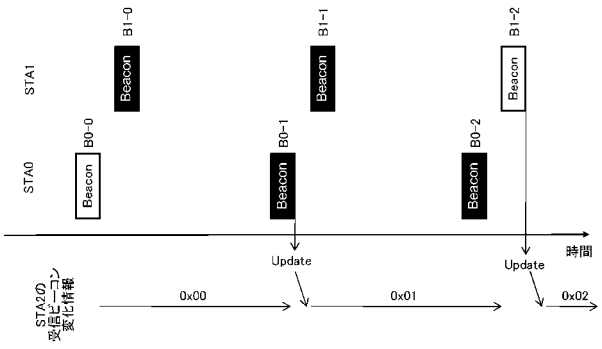
【図７】



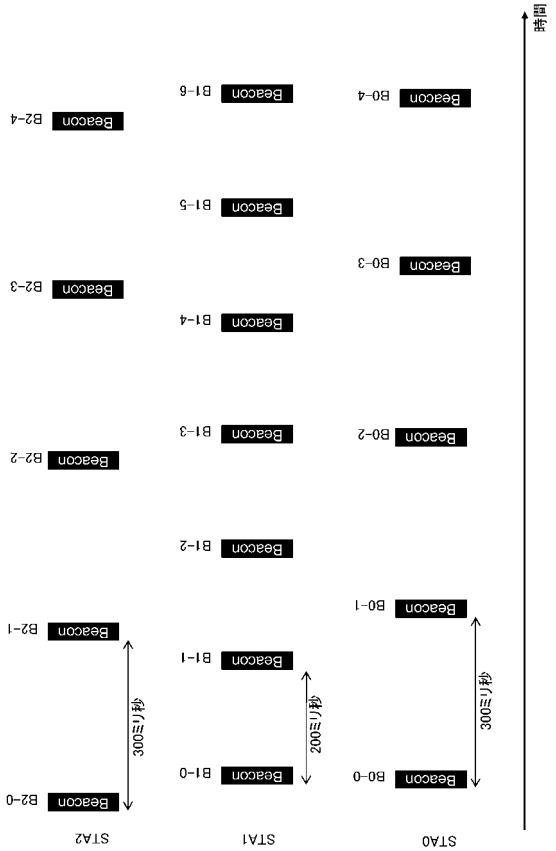
【図８】



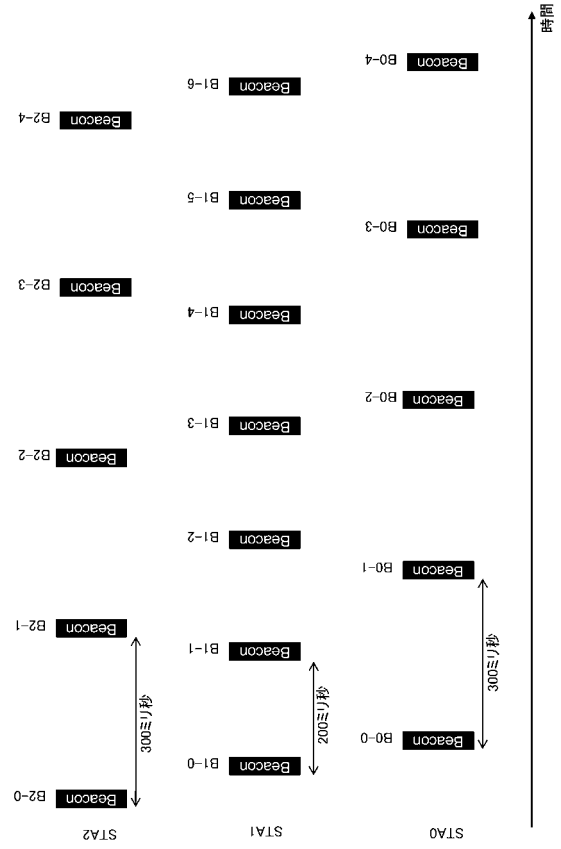
【図９】



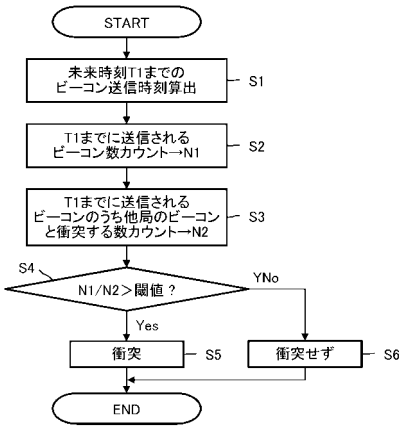
【図１０】



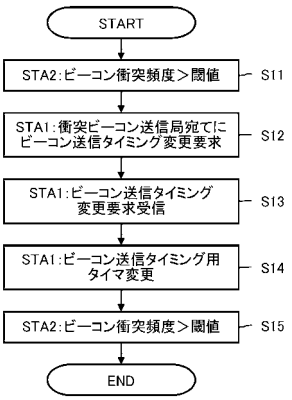
【図１１】



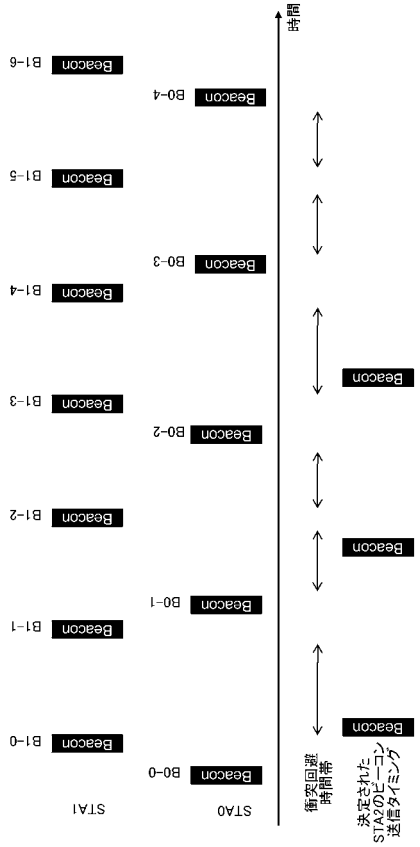
【図１２】



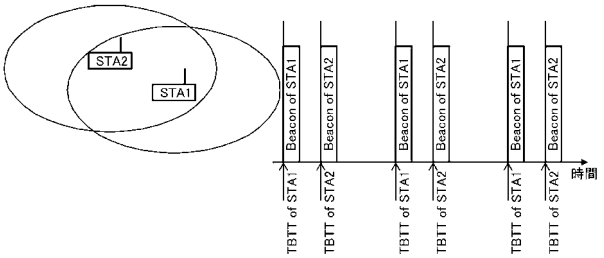
【図１３】



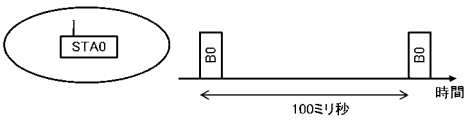
【図１４】



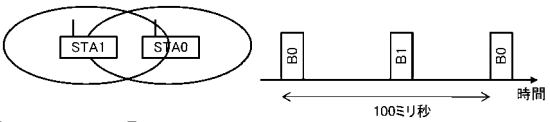
【図１５】



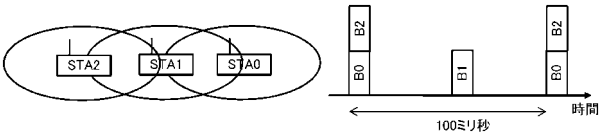
【図１６Ａ】



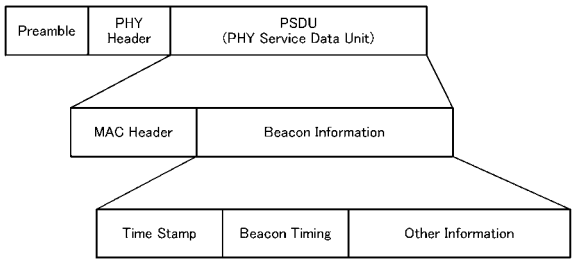
【図１６Ｂ】



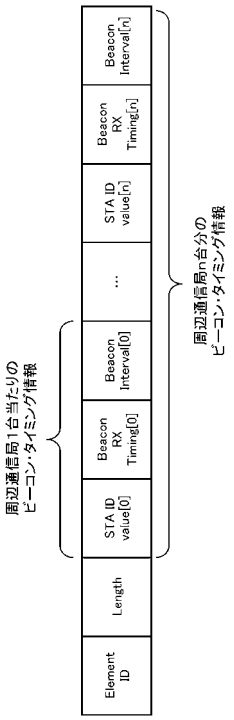
【図１６Ｃ】



【図１７】


Preamble
PHY Header
PSDU (PHY Service Data Unit)
MAC Header
Beacon Information
Time Stamp
Beacon Timing
Other Information

【図１８】


Element ID
Length
STA ID value[0]
Beacon RX Timing[0]
Beacon Interval[0]
...
STA ID value[n]
Beacon RX Timing[n]
Beacon Interval[n]
周辺通信局1台当たりのビーコン・タイミング情報
周辺通信局n台分のビーコン・タイミング情報

フロントページの続き

審査官　望月　章俊

(56)参考文献　特開２００７－１２９７７２（ＪＰ，Ａ）
特開２００５－１９１６９１（ＪＰ，Ａ）
特開２００３－８５８８（ＪＰ，Ａ）
特開２００５－１５１５２５（ＪＰ，Ａ）
特開２００６－１０８９７９（ＪＰ，Ａ）
特開２００８－４８３０４（ＪＰ，Ａ）
特表２００５－５３７７６２（ＪＰ，Ａ）

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