

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号
特許第5106013号
(P5106013)

(45) 発行日 平成24年12月26日 (2012. 12. 26)

(24) 登録日 平成24年10月12日 (2012. 10. 12)

(51) Int. Cl.

H 0 4 W 88/02 (2009. 01)

F I

H 0 4 Q 7/00 6 4 1

請求項の数 9 (全 21 頁)

(21) 出願番号	特願2007-227910 (P2007-227910)	(73) 特許権者	000005821
(22) 出願日	平成19年9月3日 (2007. 9. 3)		パナソニック株式会社
(65) 公開番号	特開2008-99255 (P2008-99255A)		大阪府門真市大字門真1006番地
(43) 公開日	平成20年4月24日 (2008. 4. 24)	(74) 代理人	100105050
審査請求日	平成22年3月23日 (2010. 3. 23)		弁理士 鷺田 公一
(31) 優先権主張番号	特願2006-251924 (P2006-251924)	(72) 発明者	土居 裕
(32) 優先日	平成18年9月15日 (2006. 9. 15)		大阪府門真市大字門真1006番地 松下
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		電器産業株式会社内
		(72) 発明者	松本 泰輔
			大阪府門真市大字門真1006番地 松下
			電器産業株式会社内
		審査官	佐藤 敬介
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 無線通信装置および無線通信方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

指向性電波を送受信して他の無線通信装置とアドホックネットワーク通信を行う無線通信装置であって、

真逆の2方向において前記指向性電波の送受信を同時に行う送受信対を複数有するアンテナと、

前記指向性電波の送受信を行う前記送受信対の切り替えを、タイミングを取って制御する制御部と、

を有し、

前記制御部は、前記指向性電波の送受信を行う前記送受信対を規則的に切り替え、前記他の無線通信装置のキャリアを検出したタイミングおよび前記送受信対に基づいて、前記他の無線通信装置と同期する処理を行う、

無線通信装置。

【請求項 2】

前記アンテナは、セクタアンテナであり、前記送受信対は、真逆の方向の指向性を持つ1対のアンテナ素子である、

請求項1記載の無線通信装置。

【請求項 3】

前記制御部は、

前記送受信対の数をN（Nは2以上の自然数）個としたとき、N個の送受信対を、Nと

10

20

($M + 1$) とが互いに素である M (M は 0 または自然数) 個飛ばしで規則的に切り替えさせる、

請求項 2 記載の無線通信装置。

【請求項 4】

前記複数の送受信対に対して前記他の無線通信装置からのキャリアの検出を行う検出部、
をさらに有する、

請求項 3 記載の無線通信装置。

【請求項 5】

データフレームを送受信するための処理を行うフレーム処理部をさらに有し、

前記フレーム処理部は、

前記複数の送受信対に対応して定められた、スーパーフレームを構成する複数のサブスーパーフレームの各サブスーパーフレームごとに、対応する送受信対を介してデータフレームを送受信させる、

請求項 3 または請求項 4 記載の無線通信装置。

【請求項 6】

前記フレーム処理部は、

現にデータフレームの送受信を行う前記送受信対に対応するサブスーパーフレーム以外のサブスーパーフレームにも、現に送受信を行う前記送受信対を介して前記データフレームを送受信させる、

請求項 5 記載の無線通信装置。

【請求項 7】

前記アンテナは、互いに正反対の 2 つの方向で同時に送受信を行うビームステアリングアンテナであり、

前記ビームステアリングアンテナの送受信の軸方向を時間的に切り替えるアンテナ制御部、をさらに有し、

前記制御部は、前記軸方向を規則的に切り替えるように前記アンテナ制御部の切り替えタイミングを制御する、

請求項 1 記載の無線通信装置。

【請求項 8】

ユニークな値を自装置のメトリックの初期値に設定するメトリック設定手段と、

他の無線通信装置に設定されているメトリックが自装置に設定されているメトリックよりも大きいかなかを判断する比較手段と、をさらに有し

前記制御部は、他の無線通信装置に設定されているメトリックが自装置に設定されているメトリックよりも大きいとき、当該他の無線通信装置の送受信の軸方向に、自装置の前記軸方向を同期させるとともに、自装置のメトリックを当該他の無線通信装置に設定されているメトリックで更新する、

請求項 7 記載の無線通信装置。

【請求項 9】

指向性電波を送受信して他の無線通信装置とアドホックネットワーク通信を行う無線通信方法であって、

真逆の 2 方向において前記指向性電波の送受信を同時に行うことが可能な送受信対を複数有するアンテナにおいて、前記送受信対のそれぞれを単位として前記指向性電波を送受信するステップと、

前記指向性電波の送受信を行う送受信対を規則的に切り替えるステップと、

前記他の無線通信装置のキャリアを検出したタイミングおよび前記送受信対に基づいて、前記他の無線通信装置と同期する処理を行うステップと、

を有する無線通信方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

10

20

30

40

50

本発明は、無線通信装置および無線通信方法、特にモバイル環境下のアドホックネットワークにおける無線通信装置および無線通信方法に関する。

【背景技術】

【0002】

PAN (Personal Area Network) は、近年発展しつつあるネットワーク技術である。特にマイクロ波UWB (Ultra Wide Band) を利用するWiMediaの仕様は、ECMA (European Computer Manufacturer Association) の規格として採用され、製品の出荷が間近となってきた。また、WiMediaの仕様は、ワイヤレスUSB (Universal Serial Bus) の規格に採用されているので、今後製品が広く市場に出回ることが期待されている。

10

【0003】

WiMediaのMAC (Media Access Control) の技術の特徴としては、ビーコンピリオド方式が挙げられる。この方式は、互いに次近接範囲内に位置する自律分散デバイス (ノード) が送信するビーコンの位置が重ならないようにして、すべてのデバイスがビーコンの送信・交換を行い、すでに他のデバイスにより確保された予約スロットを侵害しないようにMAS (Media Access Slot) を予約宣言して通信を行う技術である。

【0004】

これに加え、最近、IEEE 802.15.3Cなどの標準化委員会において、ミリ波帯でUWBを利用した技術が、マイクロ波帯よりは伝送距離は短いものの、マイクロ波帯よりはさらに高速化した無線技術として注目されつつある。この技術は、タッチアンドムーブ (Touch and Move) のように、駅の改札口などで、動画を含むファイルサイズの大きなデータを高速に受け渡せるようになることを目指して、検討が続けられている。

20

【0005】

ミリ波の電波はマイクロ波とは異なり指向性をもつ。WiMediaのビーコンピリオド方式では、無指向性の電波を仮定しており、単純にMAC方式をWiMediaの方式をそのまま適用することはできない。その結果、IEEE 802.15.3Cでは、位置が定まっている相手に対してアンテナを固定的に送信することを前提とした通信に限って検討を進めているのが現状である。

【0006】

また、特許文献1では、位置が定まっている基地局と加入者局との間で、セクタアンテナを用いてミリ波帯の1対多通信を行う技術が開示されている。

30

【特許文献1】特開2004-72523号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

上記の従来技術では、位置が定まっていない、任意の位置のデバイス同士のマルチアクセスを実現することは困難である。もし上記のような現状を踏まえた上で、位置が定まっていない、任意の位置のデバイス同士のマルチアクセスを可能とするビーコンピリオド方式を実現しようとするならば、セクタアンテナという手段を活用することが考えられる。これは複数の指向性アンテナを2次元平面上の全方向に向くように張り合わせて、擬似的に無指向性のアンテナとする手段である。

40

【0008】

しかし、このように多数の指向性アンテナを同時に使用すると、他の通信装置に影響を与えるので、一度に送信することのできる全体の送信電力は制限される。その結果、一つのセクタアンテナからの送信出力は小さくせざるを得ない。このため、もともとミリ波の場合はあまり伝送距離が取れないところ、セクタアンテナを採用することによりさらに伝送距離が短くなってしまうという問題がある。

【0009】

本発明は、かかる点に鑑みてなされたものであり、指向性の電波であっても、伝送距離を確保しつつ、ランダムマルチアクセスを実現することができる無線通信装置および無線

50

通信方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0010】

本発明の無線通信装置は、指向性電波を送受信して他の無線通信装置とアドホックネットワーク通信を行う無線通信装置であって、真逆の2方向において前記指向性電波の送受信を同時に行う送受信対を複数有するアンテナと、前記指向性電波の送受信を行う前記送受信対の切り替えを、タイミングを取って制御する制御部とを有し、前記制御部は、前記指向性電波の送受信を行う前記送受信対を規則的に切り替え、前記他の無線通信装置のキャリアを検出したタイミングおよび前記送受信対に基づいて、前記他の無線通信装置と同期する処理を行う構成を採る。

10

【発明の効果】

【0011】

本発明によれば、2次元または3次元空間のあらゆる端末とのランダムマルチアクセス通信を、指向性の電波であっても、伝送距離を確保しつつ実現することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0012】

以下、本発明の各実施の形態について、図面を用いて詳細に説明する。

【0013】

(実施の形態1)

図1は、本発明の実施の形態1に係る無線通信装置の構成を示すブロック図である。

20

【0014】

図1に示す無線通信装置100は、セクタアンテナ110、キャリア検出部120、MAC部130、送受信部140および切替スイッチ150から構成されている。ここで、セクタアンテナ110を構成する指向性を持つ個々のアンテナ素子をセクタと呼び、例えばセクタ1とセクタ1の真反対の方向を向く(正反対の指向性を持つ)セクタ4とのペアを送受信対1-4と表記することにする。送受信対1-4、2-5、3-6は、それぞれセクタ1およびセクタ4、セクタ2およびセクタ5、セクタ3及びセクタ6から構成されている。また、MAC部130は、制御部132、ビーコン処理部134およびフレーム処理部136から構成されている。

【0015】

30

なお、ここで、セクタの方向とは、アンテナ素子におけるアンテナゲインが最大となる方向をいう。本発明では、この方向は、電波到達可能範囲の中心線の方法に一致するようなものを使用するものとする。

【0016】

本実施の形態の無線通信装置100は、上記の構成により、指向性の電波であっても、伝送距離を確保しつつ、ランダムマルチアクセスを実現することができる。

【0017】

本実施の形態では、スーパーフレームを用いたビーコンピリオド方式をとる。自律分散ネットワーク上にて、スーパーフレーム同期を取るために、無線ネットワークに参加する全デバイスがビーコンを整列させて送信することにより、互いのデバイスを認識していることを確認する。このとき、第Xスロットには、デバイスAのビーコンが存在する、というような情報を複数のデバイスが送信し合う。ここで、あるデバイスが他のデバイスのビーコンを受信した場合、受信したビーコンのうち一つでも自己の送信するスロットに自己のアドレスが書かれているか否かを判定する。判定を行った結果、自己のアドレスが書かれていないと認識すると、そのデバイスは重複(衝突)が発生しているものと判断して別のスロットに移動することとなる。結果的にそのデバイスは、近接または次近接のデバイスのアドレスの一覧を取得することができ、自己のビーコンを送信するスロットを決定するのに役立てることができる。

40

【0018】

セクタアンテナ110は、全平面方向に送受信可能になるように2N個のセクタ(Nは

50

2以上の整数)が配置されて構成されている。そして、セクタアンテナ110に対応付けてスーパーフレームをN個のサブスーパーフレームに等分割して、各サブスーパーフレームをN個の各送受信対と対応づける。送受信部140は、各サブスーパーフレームの期間中に対応づけられた送受信対からそのサブスーパーフレームの送受信を行う。サブスーパーフレームの送受信が終わると、送受信対は、切り替えられ、必要に応じて次のサブスーパーフレームの送受信をそのサブスーパーフレームに対応づけられた送受信対が行う。本実施の形態では、 $N = 3$ の場合について記載している。

【0019】

次に、図2を参照して、本実施の形態に係るセクタアンテナ110の構成を説明する。本実施の形態においては、全体を3対の送受信対1-4、2-5、3-6に分割して構成し、6つのセクタ1、2、3、4、5および6を2次元平面に配置する。すなわち、送受信対1-4は、セクタ1とセクタ4、送受信対2-5は、セクタ2とセクタ5、送受信対3-6は、セクタ3とセクタ6からそれぞれ構成されている。

【0020】

また、セクタアンテナ110の周囲のエリアは、エリア201、202、203、204、205および206の6つのエリアに分けて考える。セクタ1のアンテナは、エリア201の方向に指向性を有し、エリア201に存在するデバイスとデータを送受信することができる。同様に、セクタ2、3、4、5、6のアンテナは、それぞれエリア202、203、204、205に存在するデバイスと送受信することができる。

【0021】

次に、図3を参照して本実施の形態のスーパーフレームの構成を説明する。スーパーフレーム300は、3つのサブスーパーフレームに等分割されている。すなわち、スーパーフレーム300は、左から順に1-4対のサブスーパーフレーム311、2-5対のサブスーパーフレーム312、および3-6対のサブスーパーフレーム313から構成されている。本実施の形態の無線通信装置(以下、デバイスという)は、近接、次近接にある全てのデバイスに対して、このスーパーフレームによりデータの送受信を行う。尚、サブスーパーフレームは、複数の送受信対に対応して定められており、スーパーフレームを構成する複数のサブスーパーフレームのうちの一つである。

【0022】

1-4対のサブスーパーフレーム311は、先頭に位置する1-4対のビーコンピリオド321(BP: Beacon Period)と1-4対のデータピリオド(DP: Data Period)331から構成されている。1-4対のビーコンピリオド321の先頭が1-4対のサブビーコンピリオド開始時間となっている。2-5対のサブスーパーフレーム312、3-6対のサブスーパーフレーム313も同様に理解することができる。尚、スーパーフレーム300の開始は、1-4対のサブビーコンピリオド開始時間と考えてもよいが、2-5対のサブビーコンピリオド開始時間または3-6対のサブビーコンピリオド開始時間に開始すると考えてもよい。1-4対のビーコンピリオド321には、送受信対1-4により送受信する場合のビーコンが、1-4対のデータピリオド331には、送受信対1-4により送受信する場合のフレームがそれぞれ記載される。2-5対および3-6対のビーコンピリオド322, 323、データピリオド332, 333も同様である。

【0023】

1-4対のサブスーパーフレーム311は、セクタ1とセクタ4の送受信対(アンテナ対)により送受信し、2-5対のサブスーパーフレーム312は、セクタ2とセクタ5の送受信対により送受信し、3-6対のサブスーパーフレーム313は、セクタ3とセクタ6の送受信対によりそれぞれ送受信する。

【0024】

次に、無線通信装置100の構成要素について、図1を参照して詳細に説明する。

【0025】

上記のように、セクタアンテナ110において、送受信対1-4は、セクタ1とセクタ4から構成され、セクタ1とセクタ4とは真反対の向きにあり、互いに180°の角度を

10

20

30

40

50

なしている（図１および図２を参照）。同様に送受信対２－５は、セクタ２とセクタ５から構成され、セクタ２とセクタ５とは真反対の向きにあり、互いに１８０°の角度をなしている。また、送受信対３－６は、セクタ３とセクタ６から構成され、セクタ３とセクタ６とは真反対の向きにあり、互いに１８０°の角度をなしている。セクタ２の向きは、セクタ１に対して反時計回りに６０°の方向にあり、セクタ３の向きはセクタ１に対して反時計回りに１２０°の方向にある。セクタ１は、角度０の方向を中心として±３０°の方向からくる電波に対して指向性をもつアンテナとして機能し、その方向に存在する他のデバイスとの送受信が可能である。セクタ２以下も同様に理解することができる。

【００２６】

キャリア検出部１２０は、セクタアンテナ１１０の送受信対１－４、２－５、３－６のそれぞれと接続されており、いずれかの送受信対で受信した電波を復調し、スーパーフレームの期間にビーコンを含む何らかの信号（キャリア）を検出した場合、その最初にキャリアを検出したタイミングと送受信対を示す情報をＭＡＣ部１３０の制御部１３２へ伝える。

【００２７】

ＭＡＣ部１３０は、上位層からのデータフレームを送受信する役割の他に、キャリア検出部１２０からの情報（キャリアを検出したタイミングと送受信対）を受け取り、切替スイッチ１５０に対して同期情報を送るとともに、各サブスーパーフレームにおけるビーコンの解釈、生成を行う役割を有している。

【００２８】

制御部１３２は、同期制御と切替スイッチ１５０の切替タイミング制御を行う。すなわち、制御部１３２は、キャリア検出部１２０からそのキャリアを検出したタイミングを受け取ると、そのタイミングをそのキャリアを検出した送受信対のサブスーパーフレームの先頭とみなして、そのタイミングを切替スイッチ１５０、ビーコン処理部１３４およびフレーム処理部１３６へ伝える。また、制御部１３２は、各サブスーパーフレームにおいて、サブスーパーフレームの先頭のタイミングを切替スイッチ１５０へ伝える。

【００２９】

ビーコン処理部１３４は、制御部１３２からサブスーパーフレームの先頭のタイミングを受け取ると、これを基準にして、そのサブスーパーフレームの自己のデバイスのビーコンを発信するタイミングを決定する。ビーコン処理部１３４は、そのタイミングに自己のデバイスのビーコンを送信できるようにビーコンを作成し、フレーム処理部１３６へ渡す。

【００３０】

また、ビーコン処理部１３４は、フレーム処理部１３６から他のデバイスが発信したビーコンを読みとり、送受信対の直線上に存在する他のデバイスの存在を認識すると共に、これと重複しないビーコンスロット（ビーコンピリオド内のビーコンの位置）を自己のビーコンスロットとして決定し、そのスロットのタイミングでビーコンを生成し、フレーム処理部１３６へ渡す処理を行う。

【００３１】

フレーム処理部１３６は、制御部１３２からサブスーパーフレームの先頭のタイミングを受け取ると、これを基準にして、そのサブスーパーフレームのデータピリオドを発信するタイミングを決定する。また、フレーム処理部１３６は、受信したデータに対しＭＡＣフレームを作成するために必要な処理を行い、上位層へ送信する。また、フレーム処理部１３６は、上位層から受け取った送信すべきデータに対してはＭＡＣフレームを物理層の信号に変換して送受信部１４０へ渡す。

【００３２】

フレーム処理部１３６は、スーパーフレームを構成する複数のサブスーパーフレームの各サブスーパーフレームごとに、対応する送受信対を介してデータフレームを送受信する。さらに、フレーム処理部１３６は、現にデータフレームの送受信を行う送受信対に対応

10

20

30

40

50

するサブスーパーフレーム以外のサブスーパーフレームにも、現にデータフレームの送受信を行う送受信対を介してデータフレームを送受信する。

【 0 0 3 3 】

送受信部 1 4 0 は、ビーコン処理部 1 3 4 からフレーム処理部 1 3 6 を介してビーコンを、フレーム処理部 1 3 6 からフレームデータを受け取り、サブスーパーフレームを構築して、物理層として必要な信号処理を行い、変調を行いキャリアに乗せて、切替スイッチ 1 5 0 へ渡す。また、送受信部 1 4 0 は、切替スイッチ 1 5 0 から受け取ったキャリアを復調して物理層の信号へ変換し、フレーム処理部 1 3 6 とフレーム処理部 1 3 6 を介してビーコン処理部 1 3 4 とへ渡す。

【 0 0 3 4 】

切替スイッチ 1 5 0 は、サブスーパーフレームの期間、そのサブスーパーフレームに対応する送受信対でのみ信号の送受ができるようにスイッチ動作を行う。例えば、1 - 4 対のスーパーフレーム 3 1 1 の期間中、切替スイッチ 1 5 0 は、送受信対 1 - 4、つまりセクタ 1 とセクタ 4 のみが送受信部と接続されるように切替の動作を行う。ビーコンピリオドの期間中は、サブスーパーフレームに対応する送受信対でのみ接続する。データピリオドの期間中は、原則としては、サブスーパーフレームに対応する送受信対でのみ接続するが、後述するようにサブスーパーフレームに対応する送受信対以外の送受信対からデータを受け取るようにしてもよい。

【 0 0 3 5 】

なお、本実施の形態においては、制御部 1 3 2 を M A C 部 1 3 0 の一部として記述しているが、制御部 1 3 2 を M A C 部の外に設けてもよいし、切替スイッチ 1 5 0 および送受信部 1 4 0 とともに P H Y 部の一部となる構成でもよい。

【 0 0 3 6 】

次に、本実施の形態におけるスーパーフレーム 3 0 0 の同期の動作について、図 4 を参照して説明する。

【 0 0 3 7 】

まず、3つの送受信対 1 - 4、2 - 5、3 - 6 に対して、キャリア検出部 1 2 0 は、他の通信装置から受信したスーパーフレーム 3 0 0 の期間にキャリアが出ているかどうかを一定期間監視する (S 4 1 0)。もしキャリア検出部 1 2 0 がキャリアを検出した場合 (S 4 2 0 : Y E S)、そのキャリアの検出タイミングは、キャリア検出した送受信対のサブスーパーフレームの先頭であり、サブビーコンピリオド開始時間のタイミングである。このサブビーコンピリオド開始時間に基づいてスーパーフレーム 3 0 0 の同期を行う。

【 0 0 3 8 】

選別したキャリアの検出タイミング、つまりサブビーコンピリオド開始時間に基づいて、そのキャリアを検出した送受信対を経由して受信したサブスーパーフレームにより、ビーコン処理部 1 3 4 は、実際にビーコンの受信を試行する (S 4 3 0)。但し、試行してもビーコンを検出しないため試行を複数回繰り返す場合は、これまで試行したタイミングを除いたものからキャリア検出して再試行を行う。試行によりビーコン処理部 1 3 4 がビーコンを検出できなかったときは (S 4 4 0 : N O)、ステップ 4 1 0 に戻り、3つの送受信対それぞれにおいて、キャリア検出部 1 2 0 は、他のデバイスから受信したスーパーフレーム 3 0 0 の期間にキャリアが出ているかどうかを一定期間監視する。

【 0 0 3 9 】

もし、キャリア検出部 1 2 0 がビーコンを検出した場合は (S 4 4 0 : Y E S)、制御部 1 3 2 は、そのビーコンの値に従ってスーパーフレーム同期を実行する。具体的には、ビーコンを受信したときの時刻から、ビーコンのオフセットの時間を差し引いてビーコンピリオド開始時間を割り出す。ビーコンピリオド開始時間が分かれば、それに基づいて自装置が送受信するビーコンのタイミングも決定できる。

【 0 0 4 0 】

制御部 1 3 2 は、このタイミングでビーコンを送信するようビーコン処理部 1 3 4 に指示する。ビーコン処理部 1 3 4 は、フレーム処理部 1 3 6 と送受信部 1 4 0 と切替スイッ

10

20

30

40

50

チ 1 5 0 を介してビーコンを送信する (S 4 5 0) 。尚、ステップ 4 2 0 において、キャリア検出部 1 2 0 が一定時間内にキャリアを検出しなかった場合 (S 4 2 0 : N O) 、近くにデバイスが存在していないと判断し、任意の時間でビーコンを送信する (S 4 6 0) 。このようにすれば、いつか他のデバイスが接近したときに通信を行うきっかけとすることができるからである。

【 0 0 4 1 】

尚、制御部 1 3 2 は、同じタイミングで複数の送受信対から信号を受信したなら、どれか一つの信号を選別する。先に受信した送受信対からの信号を優先的に選別してもよい。また、複数の送受信対からのサブスーパーフレームの中にタイミングが一致するものがあれば、そのような送受信対のサブスーパーフレームの開始時間を基準に他のサブスーパーフレームの同期を行い、スーパーフレーム 3 0 0 全体の同期を行う。

10

【 0 0 4 2 】

制御部 1 3 2 は、キャリア信号検出により決定したサブスーパーフレームの開始時間と、実際に受信したビーコンのサブビーコンピリオド開始時間とが、異なっている場合には、実際に受信したビーコンのサブビーコンピリオド開始時間に従ってスーパーフレーム同期を行う。

【 0 0 4 3 】

サブビーコンピリオドにおけるビーコンの送出方法は、周知の W i M e d i a のビーコンピリオドにおけるビーコンの送出方法と基本的には同じである。異なる点は、サブビーコンピリオドは、1つのスーパーフレーム 3 0 0 に3回到来し、各サブビーコンピリオドにおいて1回ずつビーコンを送信するため、1つのスーパーフレーム毎に計3回ビーコンを送信することである。

20

【 0 0 4 4 】

各デバイスは、各サブビーコンピリオド内で自己のビーコン内にある D R P I E (Distributed Reservation Protocol Information Element) に、そのサブスーパーフレームの中の通信を行うデータスロットの開始時刻を指定することができる。各デバイスは、ビーコンを送信しているデバイスが自己のほかにいないサブスーパーフレームがどのサブスーパーフレームであるかという情報を、そのサブスーパーフレームで送信するビーコンにおいて宣言し、通信の開始を要求することができる。

【 0 0 4 5 】

図 5 は、無線通信サブスーパーフレームを通知する「 S S F Availability I E 」 (S S F : Sub SuperFrame、I E : Information Element) を示している。サブスーパーフレームが、ビーコンを送信しているデバイスが自己のほかに存在しないサブスーパーフレームの場合には、そのサブスーパーフレームに対応するビットフラグに 0 をたてる。また、サブスーパーフレームが、ビーコンを送信しているデバイスが自己のほかに存在するサブスーパーフレームの場合には、そのサブスーパーフレームに対応するビットフラグに 1 をたてる。「 S S F Availability I E I D 」には、 S S F Availability I E の I D が記述される。固定部 5 1 0 には、デバイスアドレスなどが記述される。

30

【 0 0 4 6 】

例えば、デバイス C が、2 - 5 対サブスーパーフレーム 3 1 2 において他のデバイス A と通信していて、かつ、デバイス C が、1 - 4 対のサブスーパーフレーム 3 1 1 と 3 - 6 対のサブスーパーフレーム 3 1 3 において他のデバイスのビーコンを検出しない場合は、1 - 4 対のサブスーパーフレーム 3 1 1 のビットフラグ 5 2 0 は 0 となり、2 - 5 対のサブスーパーフレーム 3 1 2 のビットフラグ 5 3 0 は 1 となり、3 - 6 対のサブスーパーフレーム 3 1 3 のビットフラグ 5 4 0 は 0 となる。

40

【 0 0 4 7 】

他のデバイスは、上記のビットフラグが立ったサブスーパーフレームにおいて、ビーコンを参照して、通信の開始を要求したデバイスが、他のデバイスにとって通信したい相手である場合は、D R P Request を通信したい相手に対して送信する。D R P Request を受け付けるときにはその旨のレスポンスを返す。すなわち、他のデバイスは、サブスーパー

50

フレームの中の通信を行うデータスロットの開始時刻を指定してレスポンスを返送して予約を成立させ、その予約に従って通信を開始することができる。これは通信相手のいない送受信対のサブスーパーフレームの時間を有効に利用する方法である。

【 0 0 4 8 】

次に、図 6 を参照して、本実施の形態に係る複数のデバイスが互いに同期を取る場合のスーパーフレームの使用状況を説明する。まず、デバイス A は、デバイス B の送受信対 3 - 6 の延長線の近くにあり、デバイス B はデバイス A の送受信対 3 - 6 の延長線の近くにあるので、デバイス A とデバイス B は送受信対 3 - 6 にて同期する。その結果、デバイス A のフレーム処理部 1 3 6 は、ビーコン A 3 を送信し、ビーコン B 1 および受信データ 6 0 1 A を受信する。デバイス B のフレーム処理部 1 3 6 は、ビーコン A 4 を受信し、ビーコン B 4 および送信データ 6 0 1 B を送信する。送信データ 6 0 1 B と受信データ 6 0 1 A は、エラーがない限り同一である。

10

【 0 0 4 9 】

その結果、デバイス A とデバイス B では、3 - 6 対のサブスーパーフレーム 3 1 3 の同期が行われるとともに、スーパーフレーム 3 0 0 の同期が行われることになる。

【 0 0 5 0 】

ここで、デバイスがビーコンを送信するときに、どの送受信対のサブスーパーフレームであるかを相手に伝える必要はない。例えば、デバイス A がデバイス B と 3 - 6 対のサブスーパーフレーム 3 1 3 で同期を取った場合に、デバイス B が同期を取った送受信対が、例えば 1 - 4 対のサブスーパーフレーム 3 1 1 だと認識していたとしても、各デバイスが一定方向（左回りまたは右回り）にスーパーフレーム 3 0 0 を同じ速度で回転する限りにおいては、周囲から見た場合に同じ送受信対を回転しているように見え、位相差は一定であるので、同期が取れていると考えることができる。

20

【 0 0 5 1 】

次に、デバイス A とデバイス B が送受信対 3 - 6 で同期した状態で、デバイス A とデバイス C が同期しようとした場合を考える。デバイス A とデバイス C は、両者の送受信対 2 - 5 の延長線の近くに配置されているので、互いに 2 - 5 対のサブスーパーフレーム 3 1 2 で同期することができる。その結果、デバイス A のフレーム処理部 1 3 6 は、ビーコン A 2 および送信データ 6 0 2 A を送信し、ビーコン C 1 を受信する。デバイス C のフレーム処理部 1 3 6 は、ビーコン A 5 および受信データ 6 0 2 C を受信し、ビーコン C 4 を送信する。送信データ 6 0 2 A と受信データ 6 0 2 C は、エラーがない限り同一である。

30

【 0 0 5 2 】

このようにデバイス A とデバイス B の同期が取れ、デバイス A とデバイス C の同期が取れたとき、ここで送受信対 1 - 4 の延長線の近くに配置されているデバイス C とデバイス B は同じタイミングで、互いに送受信対 1 - 4 を向いているのでこの送受信対を使用した通信を行うことができる。1 - 4 対のサブスーパーフレーム 3 1 1 でデバイス B とデバイス C が同期することも、同時に可能とすることができる。したがって、デバイス A とデバイス B、デバイス A とデバイス C、およびデバイス B とデバイス C の 3 組が同期することが同時に可能となる。これがこの方式の最大のメリットである。尚、図 6 には、デバイス B は、ビーコン B 2 を送信し、ビーコン C 2 を受信し、デバイス C はビーコン B 5 を受信し、ビーコン C 3 を送信している様子が示されている。

40

【 0 0 5 3 】

このような同期をとることが可能な送受信対の切替方法としては、左回り、または右回りに隣の送受信対に移動させる方法がある。このほかに、送受信対を N 個（N は、2 以上の自然数）としたときの左または右回りに M 個ずつ飛ばして（M は、自然数であるが、隣の送受信対に移動するときは 0 と解釈できる）切り替える（但し N と M + 1 は互いに素な自然数）ことが考えられる。例えば、M = 2、N = 4 であれば、左回りにセクタの番号が 1、2、3、... と付けられているとすると、セクタ 1 と 5、セクタ 4 と 8、セクタ 7 と 3（セクタ 3 と 7）、セクタ 2 と 6 の順で送受信対が移動し一巡する。

【 0 0 5 4 】

50

次に、図7を参照して、空きサブスーパーフレームの活用方法について説明する。図7の上半分はデバイスAとデバイスBとが、3-6対のサブスーパーフレーム313のみを用いて送受信を行う様子を示している。デバイスBのフレーム処理部136は、ビーコンB14および送信データ701Bを送信し、ビーコンA14を受信する。デバイスAのフレーム処理部136は、ビーコンA13を送信し、ビーコンB11および受信データ701Aを受信する。デバイスAとデバイスBは、3-6対のサブスーパーフレーム313以外では、送受信する相手はいないため、単に自己のビーコンA11、A12、B12、B13を送信しているのみである。

【0055】

そこで、空いている1-4対のサブスーパーフレーム311のビーコンピリオド321および2-5対のサブスーパーフレーム312のビーコンピリオド322のみそれぞれの送受信対で動作して、データピリオド331および332においては送受信対3-6でデータ交換を行う様子が図7の下半分に記述されている。ビーコンピリオドのみで本来のサブスーパーフレームに対応する送受信対で送受信しているのは、新規参加デバイスや移動により送受信可能になるデバイスに対して同期をとるために、それぞれのデバイスのビーコンは送信しておく必要があるためである。

【0056】

より具体的には、1-4対のサブスーパーフレーム311および2-5対のサブスーパーフレーム312においては、デバイスAのフレーム処理部136は、それぞれビーコンA11およびA12を送信する。データピリオド331、332においてはデバイスAのフレーム処理部136が、送受信対3-6を用いて受信データ702A、703Aを受信する。また、デバイスBのフレーム処理部136は、1-4対のサブスーパーフレーム311および2-5対のサブスーパーフレーム312においては、それぞれビーコンB12およびB13を送信し、データピリオド331、332においてはデバイスBのフレーム処理部136が、送受信対3-6を用いて送信データ702B、703Bを送信する。3-6対のサブスーパーフレーム313においては、3-6対のサブスーパーフレーム313のみを用いて送受信を行う場合と同様である。

【0057】

ここでは、フレーム処理部136は、現にデータフレームの送受信を行う送受信対に対応するサブスーパーフレーム以外のサブスーパーフレームにも、現に送受信を行う送受信対を介して前記データフレームを送受信する。

【0058】

このようにして、送受信対を切り替えていく際に生じる空きサブスーパーフレームを有効活用して、平面上の多数のデバイスとより多くのデータを送受信することができる。

【0059】

このように、本実施の形態に係る無線通信装置100は、それぞれ指向性が互いに正反対である2つの送受信方向からなる複数の送受信対を有し、複数の送受信対のそれぞれを単位として指向性電波を送受信するセクタアンテナ110と、複数の送受信対を時間的に切り替える切替スイッチ150と、を有しているため、端末とのランダムマルチアクセス通信を、指向性のある電波であっても、伝送距離を確保しつつ実現することができる。

【0060】

一方、単一の送受信セクタを回転させていく場合には、同じ向きで回転させた場合には、互いに向き合う方向にならず送受信ができないという問題が生じうる。しかし、本実施の形態に係る無線通信装置は、それぞれ指向性が互いに正反対である2つの送受信方向からなる複数の送受信対を有しているため、同じ向きで送受信対を回転させた場合にも、互いに向き合う方向に送受信対を配置することができるため、無線通信装置の送受信が可能となる。

【0061】

また、2次元または3次元空間のあらゆる端末とのランダムマルチアクセス通信を、指向性のある電波であっても、送信出力を小さくせず伝送距離を確保しつつ実現することが

10

20

30

40

50

できる。

【 0 0 6 2 】

(実施の形態 2)

指向性を切り替えることが可能なアンテナとして、各種のビームステアリングアンテナが広く用いられている。ビームステアリングアンテナは、指向性をソフトウェア的に細かに制御することが可能である。実施の形態 2 では、ビームステアリングアンテナにおいて 2 次元空間上の多元接続を行う場合について説明する。

【 0 0 6 3 】

ビームステアリングアンテナは、セクタアンテナのような固定的な指向性を有しない。したがって、各無線通信装置においてどの方向とどの方向とを対として制御すべきかを判別する必要がある。また、複数の無線通信装置間で、アンテナゲインが最大となる方向に伸びる軸（以下単に「軸」という）の回転を合わせなければならない。すなわち、一つの送受信方向を、すべての無線通信装置（以下適宜「ノード」という）において共有し、共有された送受信方向に従ってビームステアリングの方向付けを行う必要がある。送受信方向の共有化は、自律分散型のネットワークの場合、いずれかのノードの軸にネットワーク上の他のすべてのノードが自己の軸を合わせることによって実現可能である。ところが、どのノードを基準とすべきかについて問題が生ずる。

10

【 0 0 6 4 】

本実施の形態では、この問題を解決するために、各ノードは、自己のデバイスの重み付けを行う基準値となるメトリックを設定し、他のノードとビーコンなどでメトリックを交換する。そして、メトリックの大きい方が親ノードとなり、メトリックの小さいほうが子ノードとなるように、メトリックに応じて各ノードの順序付けを行う。

20

【 0 0 6 5 】

図 8 は、本発明の実施の形態 2 に係る無線通信装置の構成を示すブロック図であり、実施の形態 1 の図 1 と対応するものである。図 1 と同一部分には同一符号を付し、これについての説明を省略する。

【 0 0 6 6 】

図 8 に示す無線通信装置 8 0 0 は、図 1 に示すセクタアンテナ 1 1 0、キャリア検出部 1 2 0、M A C 部 1 3 0、および切替スイッチ 1 5 0 に代えて、ビームステアリングアンテナ 8 1 0、到来方向推定部 8 2 0、M A C 部 8 3 0、およびアンテナ制御部 8 5 0 を有する。

30

【 0 0 6 7 】

ビームステアリングアンテナ 8 1 0 は、アンテナ制御部 8 5 0 からの制御を受けて、軸方向を切り替えて、電波を送受信する。

【 0 0 6 8 】

到来方向推定部 8 2 0 は、ビームステアリングアンテナ 8 1 0 と接続されており、他のノードから送出される電波の到来方向を推定する。具体的には、到来方向推定部 8 2 0 は、ビームステアリングアンテナ 8 1 0 の受信タイミング差から、電波の到来方向を推定する計算を行い、計算結果を M A C 部 8 3 0 に出力する。

【 0 0 6 9 】

M A C 部 8 3 0 は、図 1 に示す M A C 部 1 3 0 の制御部 1 3 2 に代えて、制御部 8 3 2 を有する。制御部 8 3 2 は、受信ビーコンフレームと、到来方向推定部 8 2 0 により推定された電波の到来方向とを関連付けて、自装置のビーコン送信データと、アンテナ制御部 8 5 0 への軸指定とを再設定する。具体的には、制御部 8 3 2 は、他のノードと軸合わせを行うための軸合わせ処理と、他のノードとフレーム同期を取るための同期制御処理とを実行する。

40

【 0 0 7 0 】

アンテナ制御部 8 5 0 は、制御部 8 3 2 の制御に従ってビームステアリングアンテナ 8 1 0 の軸方向を制御する。

【 0 0 7 1 】

50

ここで、ノード間の軸合わせの原理について説明する。

【0072】

図9は、ノード間の軸合わせの原理を説明する図である。ここでは、デバイスAの軸からデバイスBへ電波が送られてくる場合に、デバイスBの軸をデバイスAの軸に合わせる場合について説明する。また、説明の簡便化のため、ここでは、正反対を向く2つの軸方向のうち1つのみに着目し、着目する軸方向を、単に「軸方向」というものとする。また、デバイスAからみたデバイスBの方向を「方向B」と表記し、デバイスBからみたデバイスAの方向を「方向A」と表記する。さらに、角度についての以下の表記は、すべて反時計回り方向を基準とする。

【0073】

10

図9に示すように、デバイスAの軸方向910に対する方向Bの角度を θ_1 とし、デバイスBの軸920に対する方向Aの角度を θ_2 とする。また、説明の便宜のため、デバイスAの軸方向910と平行な、デバイスBを通る線910aを引く。この場合、デバイスBの軸方向920をデバイスAの軸方向910に合わせるためには、図9から明らかなように、デバイスBを中心として、現在のデバイスBの軸方向920から角度 $\theta_1 + (\theta_2 - \theta_1)$ だけ回転させた方向を、新たなデバイスBの軸方向920の方向とすればよい。

【0074】

すなわち、デバイスAで角度 θ_1 を計測し、デバイスBで角度 θ_2 を計測し、デバイスAからデバイスBに角度 θ_2 を通知すれば、デバイスBは、自己の軸方向920を、デバイスAの軸方向910に合わせることができる。また、逆に、デバイスBからデバイスAに角度 θ_1 を通知すれば、デバイスAは、デバイスAを中心として、現在のデバイスAの軸方向910から角度 $\theta_1 + (\theta_2 - \theta_1)$ だけ回転させることで、自己の軸方向910を、デバイスBの軸方向920に合わせることができる。

20

【0075】

ネットワーク上で送受信方向を共有化するためには、軸方向の基準となるノード（以下「親ノード」という）を決定する必要がある。例えば、最初に軸方向を決定したノードを親ノードとすることで、送受信方向を共有することが考えられる。ところが、この手法では、それぞれに既に親ノードが存在している複数のネットワークが、ノードの移動などにより通信可能となった場合に、問題が生ずる。

【0076】

30

そこで、本実施の形態では、上述したように、各ノードにメトリックを設定し、メトリックに応じて親ノードを動的に決定する。

【0077】

各ノードのメトリックは、ノード間で完全に一致しない値を設定する必要がある。MACアドレスは、各ノードに対しユニークな値で割り当てられる識別情報である。したがって、メトリックとして、例えばMACアドレスを採用すればよい。

【0078】

次に、図8に示す構成を有する無線通信装置800の動作について説明する。ここでは、上記した軸合わせ処理および同期制御処理以外については実施の形態1と同様であるため、軸合わせ処理および同期制御処理のみについて説明する。

40

【0079】

まず、軸合わせ処理について説明する。

【0080】

図10は、制御部832による軸合わせ処理を示すフロー図である。

【0081】

まず、ステップS1010で、制御部832は、すべての方向についてビーコンの受信を試み、他のノードからビーコンを受信したか否かを判断する。制御部832は、ビーコンを受信した場合には（S1010：YES）、ステップS1020に進み、ビーコンを受信していない場合には（S1010：NO）、ステップS1030に進む。

【0082】

50

本実施の形態では、ビーコンの送信元が親ノードの場合には、ビーコン情報に、送信元のメトリックが含まれているものとする。また、ビーコンの送信元が親ノード以外のノード（以下「子ノード」という）の場合には、ビーコン情報に、そのノードが軸を合わせている親ノードのメトリックが含まれているものとする。各ノードは、ビーコンにおいてメトリックを表示し、その表示は、新しい親ノードが近隣になるか、または、これまでの親ノードが近隣でなくなったときまで継続される。また、各ノードは、ビーコンに、自己がルートであるときには、親ノードのID情報として自己のID情報を記述し、自己がルートではないときには、親ノードのID情報として親ノードのID情報を記述する。そして、各ノードは、子ノードが方向を各自調整できるように、ビーコンに、各子ノードの方向の測定値を記述する。

10

【0083】

図11は、本実施の形態におけるビーコン情報の構成を示す図である。

【0084】

図11に示すように、ビーコン情報950は、ビーコンヘッダ951、メトリック952、親ノードID953、子ノード数954、および子ノード情報955を含む。ここでは、第1～第Nの子ノードについての子ノード情報955-1～955-Nが含まれる場合を図示している。個々の子ノード情報955は、子ノードID955aと、子ノード方向955bとを含む。

【0085】

ビーコンヘッダ951には、ビーコン情報950の送信元（以下単に「送信元」という）のID情報が記述される。メトリック952には、送信元のメトリックが記述される。親ノードID953には、送信元が親ノードの場合には送信元のID情報が記述され、送信元が子ノードの場合には送信元の親ノードのID情報が記述される。子ノード数954には、ビーコン情報950に含まれる子ノード情報955の数が記述される。子ノードID955aには、送信元が直接に通信可能な子ノードのID情報が記述される。子ノード方向955bには、送信元から見たときの、送信元の軸方向に対する子ノードID955aが示す子ノードの方向の角度（以下「方位角」という）が記述される。

20

【0086】

無線通信装置800は、他のノードから受信したビーコン情報950に基づいて、直接に通信可能な子ノードのID情報を取得する。そして、無線通信装置800は、直接に通信可能な子ノードから送られてくる電波から、その子ノードの方位角を取得する。無線通信装置800は、後述する処理により自己に設定したメトリックおよび親ノードのID情報と、取得した子ノードのID情報および方位角とから、ビーコン情報950を生成し、定期的に出す。

30

【0087】

図10のステップS1020で、制御部832は、受信したビーコンに含まれるメトリックが、自装置が保持するメトリックよりも大きいかなかを判断する。自装置が保持するメトリックは、初期状態では、例えば自装置のMACアドレスである。制御部832は、受信したメトリックが自装置のメトリックよりも大きい場合には（S1020：YES）、ステップS1040に進む。

40

【0088】

ステップS1040で、制御部832は、自装置のメトリックを、受信したメトリックで更新する。

【0089】

そして、ステップS1050で、制御部832は、自装置の親ノードのID情報（例えばMACアドレス）を、受信したビーコンに含まれる親ノードのID情報（例えばMACアドレス）で更新し、ステップS1060に進む。

【0090】

一方、受信したメトリックが自装置のメトリックよりも大きくない場合には（S1020：NO）、そのままステップS1060に進む。

50

【 0 0 9 1 】

そして、ステップ S 1 0 6 0 で、制御部 8 3 2 は、ビーコンの送信元の I D 情報とビーコンに含まれる親ノードの I D 情報とが一致するか否かにより、受信したビーコンが親ノードから送出されたものか否かを判断する。制御部 8 3 2 は、ビーコンが親ノードから送出されたものである場合には (S 1 0 6 0 : Y E S)、ステップ S 1 0 7 0 に進み、ビーコンが子ノードから送出されたものである場合には (S 1 0 6 0 : N O)、ステップ S 1 0 8 0 に進む。

【 0 0 9 2 】

ステップ S 1 0 7 0 で、制御部 8 3 2 は、ビーコンに子ノードの方位角として含まれる自装置の方位角を取得し、取得した方位角から、自装置に設定すべき軸方向を再計算する。

10

【 0 0 9 3 】

そして、ステップ S 1 0 9 0 で、制御部 8 3 2 は、軸合わせの処理を終了するか否かを判断する。制御部 8 3 2 は、軸合わせの処理を継続する場合には (S 1 0 9 0 : N O)、ステップ S 1 0 1 0 に戻り、軸合わせの処理を終了する場合には (S 1 0 9 0 : Y E S)、一連の処理を終了する。

【 0 0 9 4 】

そして、ステップ S 1 0 8 0 で、制御部 8 3 2 は、ビーコンの送信元が自装置を親ノードとしているか否かを判断する。制御部 8 3 2 は、送信元が自装置を親ノードとしている場合には (S 1 0 8 0 : Y E S)、ステップ S 1 1 0 0 に進み、送信元が自装置を親ノードとしていない場合には (S 1 0 8 0 : N O)、ステップ S 1 0 9 0 に進む。

20

【 0 0 9 5 】

ステップ S 1 1 0 0 で、到来方向推定部 8 2 0 は、計算によりビーコンの到来方向を推定する。そして、制御部 8 3 2 は、推定されたビーコンの方位角と、自装置の子ノードとなるビーコンの送信元の I D 情報とを関連付けて保存し、ステップ S 1 0 9 0 に進む。

【 0 0 9 6 】

一方、ステップ S 1 0 3 0 では、制御部 8 3 2 は、ビーコンを受信しておらず、自装置が子ノードであり、かつ親ノードからのビーコンが来なくなったという条件を満たすか否かを判断する。制御部 8 3 2 は、上記条件を満たす場合には (S 1 0 3 0 : Y E S)、ステップ S 1 1 1 0 に進み、上記上面を満たさない場合には (S 1 0 3 0 : N O)、ステップ S 1 1 2 0 に進む。

30

【 0 0 9 7 】

ステップ S 1 1 1 0 で、制御部 8 3 2 は、自装置のメトリックを、自装置の I D 情報 (ここでは M A C アドレス) で更新する。すなわち、制御部 8 3 2 は、自装置を親ノードに設定する。

【 0 0 9 8 】

そして、ステップ S 1 1 3 0 で、制御部 8 3 2 は、ビーコンを送出する際の親ノード I D 9 5 3 に記述する I D 情報として、自装置の I D 情報 (ここでは M A C アドレス) を設定し、ステップ S 1 0 9 0 に進む。

【 0 0 9 9 】

また、ステップ S 1 1 2 0 で、制御部 8 3 2 は、自装置がビーコンを送出するタイミングか否かを判断する。制御部 8 3 2 は、ビーコンを送出するタイミングである場合には (S 1 1 2 0 : Y E S)、ステップ S 1 1 4 0 に進み、ビーコンを送出するタイミングでない場合には (S 1 1 2 0 : N O)、ステップ S 1 0 1 0 に戻る。

40

【 0 1 0 0 】

ステップ S 1 1 4 0、S 1 1 5 0 で、制御部 8 3 2 は、ビーコン情報 9 5 0 のうち、メトリック 9 5 2 に現時点での自装置のメトリックを記述し、親ノード I D 9 5 3 に現時点での自装置の親ノード (自装置が親ノードの場合には自装置) のメトリックを記述する。そして、ステップ S 1 1 6 0 で、制御部 8 3 2 は、ステップ S 1 1 0 0 で保存した子ノードの I D 情報と方位角とを、ビーコン情報 9 5 0 の子ノード情報に記述する。そして、制

50

御部 8 3 2 は、ビーコンを送出して、ステップ S 1 0 9 0 に進む。

【 0 1 0 1 】

このような軸合わせ処理により、各ノードは、最も重み付けの大きなメトリックを持つノードに対して子ノードとなり、親ノードのメトリックを自装置のメトリックとしてビーコンで再配信する。これにより、すべてのノードが宣伝するメトリックは、ある最も大きなメトリックに収束していく。また、親ノードから送出されるビーコンには、子ノードの電波到来方向についての測定値が含まれる。これにより、子ノードでは、ビーコンに含まれる測定値と自装置から見た親ノードの方向の測定値により、軸修正がなされる。

【 0 1 0 2 】

軸が固定されれば、例えば、軸から 0 度と 1 8 0 度の方向を第一対、6 0 度と 2 4 0 度の方向を第二対、1 2 0 度と 3 0 0 度を第三対というように、軸が取り得る方向をシステムで固定し、固定された軸方向についてビームステアリングを行う。これにより、実施の形態 1 で説明したセクタアンテナのように、ビームステアリングアンテナ 8 1 0 を使うことができる。

【 0 1 0 3 】

尚、軸が再構成されたとしても受信されるビーコンの方向は前回までの情報で明らかであり、送受信対の番号を考慮しなければ、6 0 度以上の誤差はないはずである。したがって、以前のビーコンピリオドを送受信する送受信対が、どの送受信対にてビーコンピリオドを構成するかは、自明である。自明でない場合には、スーパフレームを待ち、各送受信対でビーコンを受信してみた後に、再設定する方法もある。

【 0 1 0 4 】

次に、同期制御処理について説明する。

【 0 1 0 5 】

図 1 2 は、制御部 8 3 2 による同期制御処理を示すフロー図である。制御部 8 3 2 は、例えば、起動した最初のタイミングと、図 1 0 に示す軸合わせ処理で他のノードに軸を合わせたときに、以下に説明する同期制御処理を行う。ここでは、固定した軸方向の両方向を送受信対として扱うものとする。

【 0 1 0 6 】

まず、ステップ S 2 0 1 0 で、制御部 8 3 2 は、ビーコンの検出の対象となる送受信対を切り替えていく際のデフォルト値に、軸の初期値を設定し、最初の送受信対を選択する。

【 0 1 0 7 】

そして、ステップ S 2 0 2 0 で、制御部 8 3 2 は、選択されている送受信対において、他のノードから送出されるビーコンを検出したか否かを判断する。制御部 8 3 2 は、ビーコンを検出しない場合には (S 2 0 2 0 : N O)、ステップ S 2 0 3 0 に進む。

【 0 1 0 8 】

ステップ S 2 0 3 0 で、制御部 8 3 2 は、未選択の次の送受信対が存在するか否かを判断する。制御部 8 3 2 は、次の送受信対が存在する場合には (S 2 0 3 0 : Y E S)、ステップ S 2 0 4 0 に進み、次の送受信対が存在しない場合には (S 2 0 3 0 : N O)、ステップ S 2 0 5 0 に進む。

【 0 1 0 9 】

ステップ S 2 0 4 0 で、制御部 8 3 2 は、次の送受信対に選択を切り替え、ステップ S 2 0 2 0 に戻る。

【 0 1 1 0 】

一方、ステップ S 2 0 5 0 では、制御部 8 3 2 は、どの方向からもビーコンが検出されないことから、任意の時間でビーコンを送出し、一連の処理を終了する。

【 0 1 1 1 】

ステップ S 2 0 2 0 ~ S 2 0 4 0 を繰り返す間に、いずれかの方向からビーコンが検出された場合には (S 2 0 2 0 : Y E S)、ステップ S 2 0 6 0 に進む。

【 0 1 1 2 】

10

20

30

40

50

ステップS2060で、制御部832は、検出されたビーコンの値に従って、スーパーフレーム同期を行い、ビーコンを送出して、一連の処理を終了する。スーパーフレーム同期については、実施の形態1と同様であるため、ここでの説明を省略する。

【0113】

このように、同期制御処理によって、ネットワーク上の各無線通信装置800の間で通信が可能となる。

【0114】

このように、本実施の形態では、ビームステアリングアンテナを使用して、実施の形態1と同様に、指向性の電波であっても、伝送距離を確保しつつ、ランダムマルチアクセスを実現することができる。また、実施の形態1で説明したセクタアンテナでは、送信側のセクタの軸と受信側のセクタの軸とは、完全には一致しないで若干ずれることがあり、アンテナの指向性に幅があるとはいえ、受信出力や特性が低下するおそれがある。この点、本実施の形態では、ビームステアリングアンテナを使用するので、送信側のアンテナの軸と受信側のアンテナの軸を高い精度で一致させることができ、送信側のセクタの軸と受信側のセクタの軸のずれに起因する受信出力や特性の低下を防ぐことができる。したがって、より良好な実装が可能となる。

【0115】

なお、以上説明した各実施の形態では、セクタアンテナの各セクタの方向やビームステアリングアンテナの軸の方向が2次元平面上に配置される場合について説明したが、本発明を、3次元のビームステアリングアンテナに適用することも可能である。この場合、重力方向など一軸に関してはすべてのノードで共有することにより、実現が容易となる。重力方向を共有した場合、実施の形態2で説明した軸合わせの原理を適用することにより、重力の垂直平面上の互いの向きを合わせることができる。

【0116】

なお、本実施の形態で実現される機能および動作はコンピュータのプログラムにより実現するようにしてもよく、その場合は、そのプログラムを格納する図示しないメモリや制御を行うCPU等を、無線通信装置に備えるものとする。また、プログラムを格納する媒体は外部記憶媒体でもよく、例えば、EPROMやフラッシュEEPROM、CD-ROMなどであってもよい。

【産業上の利用可能性】

【0117】

本発明は、2次元または3次元空間のあらゆる端末とのランダムマルチアクセス通信を、指向性の電波であっても、伝送距離を確保しつつ実現することができるという効果を有し、モバイル環境下のアドホックネットワークにおける無線通信装置等に有用である。

【図面の簡単な説明】

【0118】

【図1】本発明の実施の形態1に係る無線通信装置の構成を示すブロック図

【図2】実施の形態1におけるセクタアンテナの構成例を示す図

【図3】実施の形態1におけるスーパーフレームの構成を示す図

【図4】実施の形態1におけるスーパーフレームの同期を行うときのフロー図

【図5】実施の形態1におけるビーコン中の他のデバイスの存在に関する情報を示すビットフラグを示す図

【図6】実施の形態1における複数のデバイスが互いに同期を取る場合のスーパーフレームの使用状況を説明する図

【図7】実施の形態1における空きサブスーパーフレームの活用方法を示す図

【図8】本発明の実施の形態2に係る無線通信装置の構成を示すブロック図

【図9】実施の形態2におけるノード間の軸合わせの原理を説明する図

【図10】実施の形態2における軸合わせ処理のフロー図

【図11】実施の形態2におけるビーコン情報の構成を示す図

【図12】実施の形態2における同期制御処理のフロー図

10

20

30

40

50

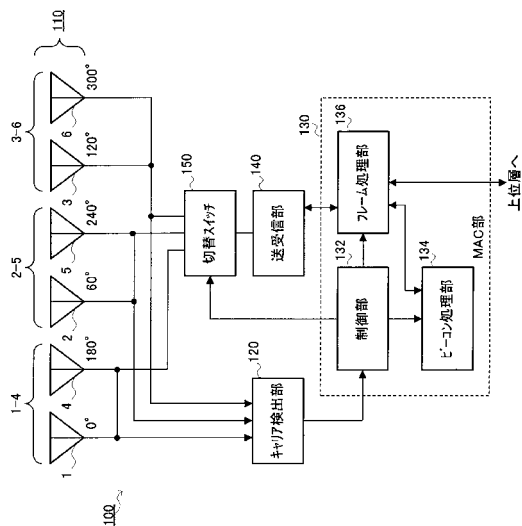
【符号の説明】

【 0 1 1 9 】

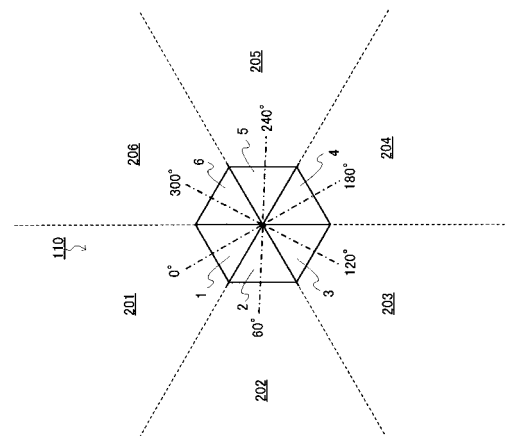
- 1、2、3、4、5、6、7、8 セクタ
 100、800 無線通信装置
 110 セクタアンテナ
 120 キャリア検出部
 130、830 MAC部
 132、832 制御部
 134 ビーコン処理部
 136 フレーム処理部
 140 送受信部
 150 切替スイッチ
 810 ビームステアリングアンテナ
 820 到来方向推定部
 850 アンテナ制御部

10

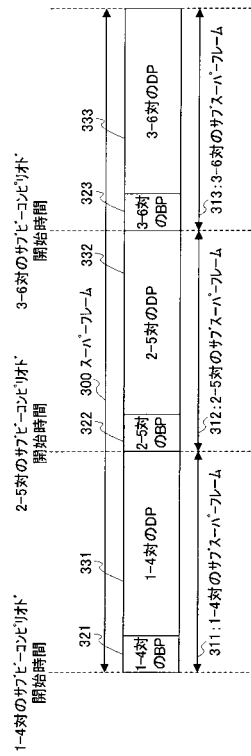
【図1】



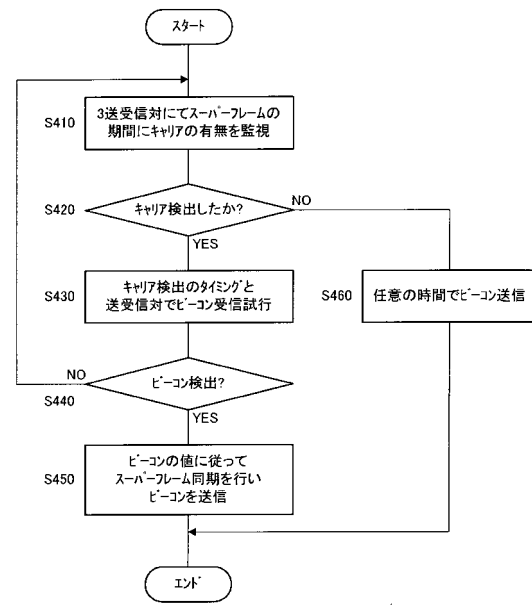
【図2】



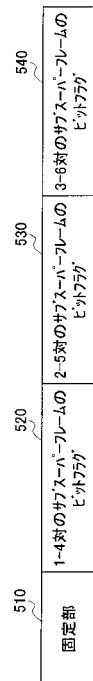
【図 3】



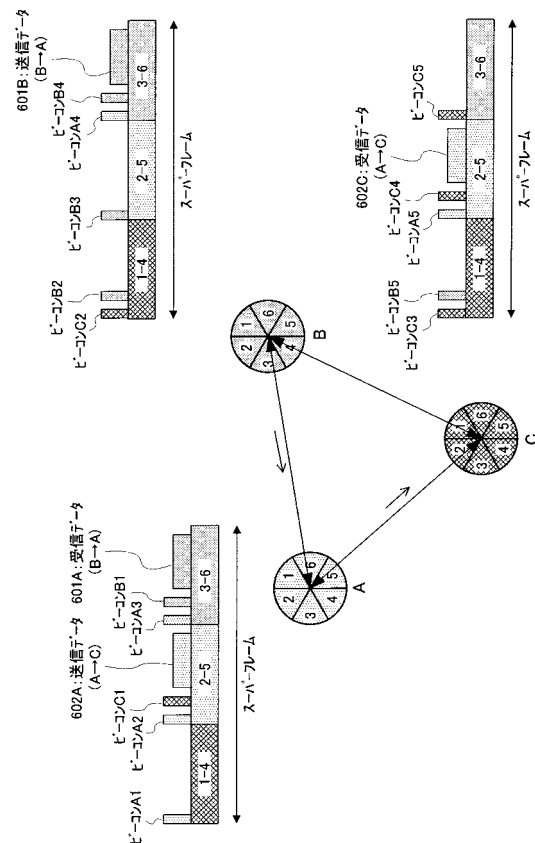
【図 4】



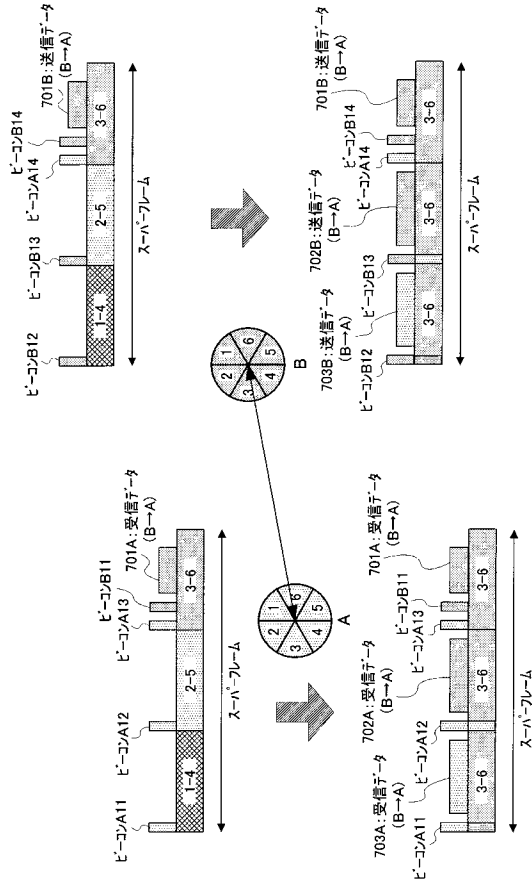
【図 5】



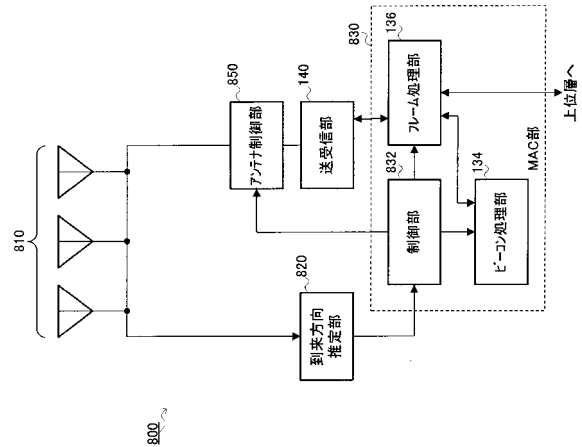
【図 6】



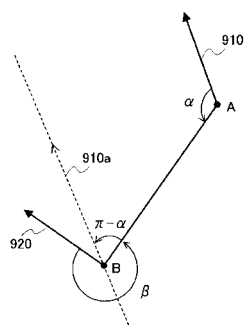
【 図 7 】



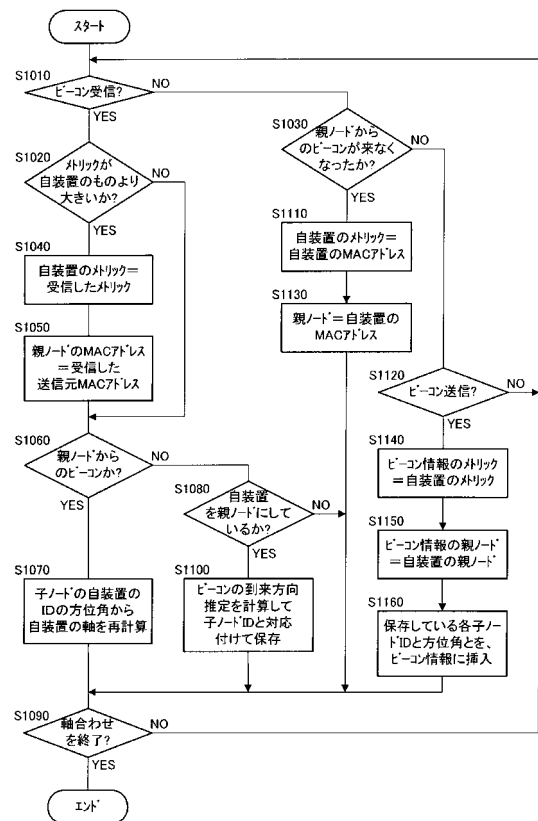
【 図 8 】



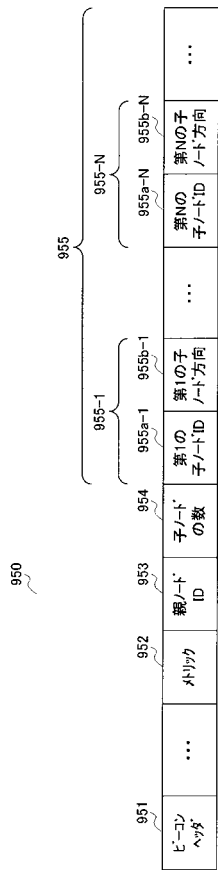
【 図 9 】



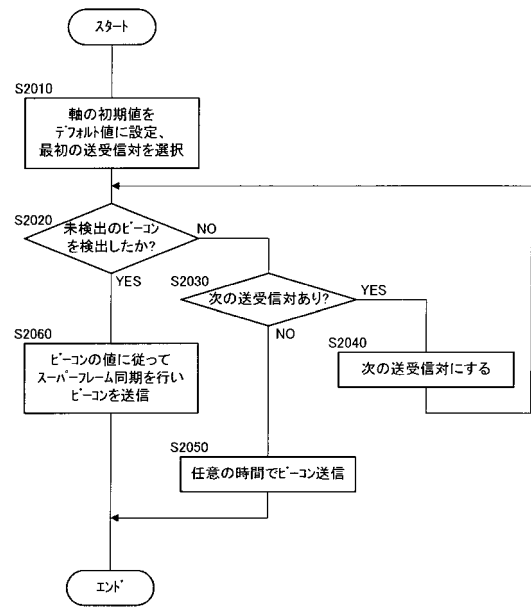
【 図 1 0 】



【図 1 1】



【図 1 2】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2005-167877(JP,A)
特開平09-284045(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H04W 4/00 - 99/00