

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5083096号
(P5083096)

(45) 発行日 平成24年11月28日 (2012.11.28)

(24) 登録日 平成24年9月14日 (2012.9.14)

(51) Int. Cl.

F I

H O 4 W 56/00 (2009.01)

H O 4 Q 7/00 4 6 1

H O 4 J 11/00 (2006.01)

H O 4 J 11/00 Z

H O 4 B 1/40 (2006.01)

H O 4 B 1/40

H O 4 B 1/04 (2006.01)

H O 4 B 1/04 A

請求項の数 10 (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2008-194494 (P2008-194494)
 (22) 出願日 平成20年7月29日 (2008.7.29)
 (65) 公開番号 特開2010-34819 (P2010-34819A)
 (43) 公開日 平成22年2月12日 (2010.2.12)
 審査請求日 平成23年6月23日 (2011.6.23)

(73) 特許権者 000002130
 住友電気工業株式会社
 大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号
 (74) 代理人 110000280
 特許業務法人サントレスト国際特許事務所
 (72) 発明者 岡田 洋侍
 大阪府大阪市此花区島屋一丁目1番3号
 住友電気工業株式会社大阪製作所内
 (72) 発明者 山本 剛史
 大阪府大阪市此花区島屋一丁目1番3号
 住友電気工業株式会社大阪製作所内

審査官 齋藤 哲

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 基地局装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

端末装置との間で時分割複信によって OFDM 信号の無線通信を行うよう構成されているとともに、動作クロックを発生させる内蔵クロック発生器を備え、前記内蔵クロック発生器によって発生するクロック周波数の精度によって OFDM 信号のキャリア周波数の精度が影響を受ける基地局装置であって、

端末装置への送信停止中に他の基地局装置から送信された OFDM 信号を受信する手段と、

端末装置への送信停止中に受信した OFDM 信号に基づいて、その OFDM 信号のキャリア周波数オフセットの推定値を求める推定手段と、

前記推定値に基づいて、端末装置へ送信される OFDM 信号のキャリア周波数を補正することで他の基地局装置との同期をとる周波数補正手段と、

過去の同期ずれの履歴情報を記憶する記憶部と、

前記記憶部に記憶された過去の同期ずれの履歴情報に基づいて、端末装置への送信停止をする周期を変更する同期制御部と、

を備えることを特徴とする基地局装置。

【請求項 2】

前記推定手段は、端末装置への第 1 の送信停止が終了して端末装置との通信が再開された後に前記同期制御部によって制御される周期に応じて再び行われる第 2 の送信停止中に受信した OFDM 信号に基づいて、前記他の基地局装置に対するクロック周波数誤差を算

出し、算出された前記クロック周波数誤差に基づいて、前記キャリア周波数オフセットの推定値を求める

請求項 1 記載の基地局装置。

【請求項 3】

前記推定手段は、端末装置への第 1 の送信停止が終了して端末装置との通信が再開された後に前記同期制御部によって再び行われる第 2 の送信停止中に受信した OFDM 信号に基づいて、その OFDM 信号の通信タイミングオフセットの推定値を求め、

通信タイミングオフセットの推定値と、前記第 1 の送信停止から前記第 2 の送信停止までの時間と、に基づいて、その OFDM 信号のキャリア周波数オフセットの推定値を求めるよう構成されている請求項 1 又は 2 記載の基地局装置。

10

【請求項 4】

前記推定手段は、通信タイミングオフセットの推定値と、前記第 1 の送信停止から前記第 2 の送信停止までの時間と、に基づいて、クロック周波数の誤差を算出し、算出された前記クロック周波数の誤差に基づいて、前記キャリア周波数オフセットの推定値を求める

、

ものである請求項 3 記載の基地局装置。

【請求項 5】

前記通信タイミングオフセットの推定値に基づいて、通信フレームタイミングを補正する手段を更に備える請求項 3 又は 4 記載の基地局装置。

【請求項 6】

20

端末装置への送信停止中に他の基地局装置から受信する OFDM 信号は、前記他の基地局装置が端末装置に対して送信したプリアンプル信号である請求項 1 ~ 5 のいずれか 1 項に記載の基地局装置。

【請求項 7】

前記周波数補正手段は、前記キャリア周波数オフセットの前記推定値に基づいて、受信した OFDM 信号のキャリア周波数を補正する請求項 1 ~ 6 のいずれか 1 項に記載の基地局装置。

【請求項 8】

受信した OFDM 信号のキャリア周波数、及び、送信する OFDM 信号のキャリア周波数の精度が、同一の前記内蔵クロック発生器によって発生するクロック周波数の精度によって、影響を受けるよう構成されている請求項 1 ~ 7 のいずれか 1 項に記載の基地局装置。

30

【請求項 9】

受信した OFDM 信号を A / D 変換する A / D 変換部と、
送信する OFDM 信号を D / A 変換する D / A 変換部と、
を備え、

前記内部クロック発生器によって発生するクロックは、前記 A / D 変換部及び前記 D / A 変換部にも与えられる

請求項 1 ~ 8 のいずれか 1 項に記載の基地局装置。

【請求項 10】

40

前記推定手段及び前記周波数補正手段による処理は、デジタル信号処理プロセッサによって行われる

請求項 1 ~ 9 のいずれか 1 項に記載の基地局装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、基地局装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access) ように移動端末が

50

通信可能な無線通信システムにおいては、基地局が各地に多数設置される。各基地局がカバーするエリア（セル）内にある移動端末は、当該エリアをカバーする基地局との間で通信を行うことができる。

【 0 0 0 3 】

移動端末が移動することにより、移動端末の通信相手となる基地局は変更されるが、基地局が変更される際、移動端末は、同時に二つの基地局（サービング基地局とターゲット基地局）からの信号を受けることになる。

このため、移動端末の基地局間移動をスムーズに行うには、隣接する基地局間で、送信タイミングが揃っている基地局間同期が確保されている必要がある。

【 0 0 0 4 】

基地局間同期がとれていると、移動端末の基地局間移動の際、移動端末が同時に二つの基地局からの信号を受信でき、基地局間移動（ハンドオーバー）をスムーズに行える。

ここで、基地局間でタイミング同期をとるための技術としては、例えば、特許文献 1 記載のものがある。

【 0 0 0 5 】

特許文献 1 には、各基地局が、GPS 衛星から GPS 信号を受信し、GPS 信号に基づいて、各基地局がタイミング同期をとる技術が開示されている。

【 0 0 0 6 】

【特許文献 1】特開昭 59 - 6642 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 7 】

さて、WiMAX では、OFDM（直交周波数分割多重）方式が採用されている。OFDM 信号では、サブキャリアが密に配置されており、サブキャリア間隔が小さいため、信号の送信側と受信側でキャリア周波数の誤差が大きいと、OFDM 復調特性が劣化する。このため、キャリア周波数の誤差は、少ないことが要求される。

したがって、基地局と移動端末との間のように、一般に通信が想定される通信装置間では、キャリア周波数同期をとることが必須である。このようなキャリア周波数同期は、受信側が、受信信号からキャリア周波数誤差を検出し、受信信号のキャリア周波数誤差を補正することによって達成される。この場合、受信信号のキャリア周波数誤差の検出及び補正は、受信回路に設けられた AFC（自動周波数制御）回路によって行われる。

【 0 0 0 8 】

一方、OFDM 方式を前提として、移動端末の基地局間移動（ハンドオーバー）を考慮すると、基地局間においてもキャリア周波数同期が必要であるとの知見を本発明者らは得た。ただし、本発明者らの知見に基づくキャリア周波数同期は、各基地局が自エリア内の移動端末へ送信する信号のキャリア周波数を基地局間で合わせることをいい、基地局もしくは端末の受信部が、通信の相手方の信号を復調するためにキャリア周波数誤差を検出し、受信信号のキャリア周波数誤差を補正するキャリア周波数同期とは異なるものである。

【 0 0 0 9 】

信号送信側としての各基地局が、送信信号のキャリア周波数を一致させるには、各基地局が、共通の基準信号（クロック）で動作することが必要とされる。

しかし、各基地局が内蔵するクロック発生器（水晶振動子）の精度にはバラツキがあるため、各基地局の内蔵クロック発生器が発生するクロックを基準信号として、各基地局が所定のキャリア周波数で信号を送信しようとしても、クロック周波数精度の違いにより、必然的にキャリア周波数が基地局間で相違することになる。

したがって、内蔵クロック発生器が発生するクロックは、送信信号のキャリア周波数を各基地局間で一致させるための基準信号としては適していない、と一般には考えられる。

【 0 0 1 0 】

ここで、特許文献 1 のように各基地局が、GPS 衛星から GPS 信号を受信できる場合には、GPS 信号に含まれるクロック信号を、キャリア周波数の基準信号とすることで、

10

20

30

40

50

各基地局が、送信信号のキャリア周波数を一致させることができる。GPS信号は各基地局が共通して利用できる信号であるため、送信信号のキャリア周波数を各基地局間で一致させるための基準信号として適している。

【0011】

しかし、GPS信号を利用する場合、各基地局が、GPS受信機を備える必要があり、大型化・コストアップを招く。また、室内等のGPS信号を受信できない環境に設置される基地局の場合、GPS信号の受信が不可能である。

【0012】

また、各基地局に接続される上位ネットワークが、ISDN等のクロックを供給可能な通信回線である場合には、各基地局がISDNからクロックを取得し、そのクロックを基準信号とすることで、送信信号のキャリア周波数を各基地局間で一致させることが可能である。

10

【0013】

しかし、WiMAXのように、上位ネットワークとしてインターネットが想定される通信システムでは、上位ネットワークからクロックを取得することができない。

【0014】

そこで、本発明は、一般には不適切であると考えられる内蔵クロック発生器によるクロックを、送信信号のキャリア周波数を決定する基準信号として用いつつも、各基地局間でキャリア周波数の同期をとることを目的とする。

【課題を解決するための手段】

20

【0015】

本発明は、端末装置との間で時分割複信によってOFDM信号の無線通信を行うよう構成されているとともに、動作クロックを発生させる内蔵クロック発生器を備え、前記内蔵クロック発生器によって発生するクロック周波数の精度によってOFDM信号のキャリア周波数の精度が影響を受ける基地局装置であって、端末装置への送信停止中に他の基地局装置から送信されたOFDM信号を受信する手段と、端末装置への送信停止中に受信したOFDM信号に基づいて、そのOFDM信号のキャリア周波数オフセットの推定値を求める推定手段と、前記推定値に基づいて、端末装置へ送信されるOFDM信号のキャリア周波数を補正する周波数補正手段と、を備えることを特徴とする基地局装置である。

【0016】

30

本発明によれば、基地局装置は、内蔵クロック発生器によって発生するクロック周波数の精度によってOFDM信号のキャリア周波数の精度が影響を受ける。しかし、当該基地局装置は、他の基地局装置から送信されたOFDM信号を受信して、当該基地局装置のキャリア周波数と他の基地局装置のキャリア周波数との差（キャリア周波数オフセット）を推定する。

そして、当該基地局装置は、その推定値に基づいて、端末装置へ送信されるOFDM信号のキャリア周波数を補正する。したがって、当該基地局装置の送信信号のキャリア周波数は、他の基地局装置の送信信号のキャリア周波数と同期がとれたものとなる。

【0017】

しかも、上記本発明では、基地局装置は、時分割複信によって端末装置との間の通信を行うものである。したがって、通常は、当該基地局装置が受信状態となる時間帯においては他の基地局装置も受信状態であり、当該基地局装置が送信状態となる時間帯においては、他の基地局装置も送信状態となる時間帯となる。このため、当該基地局装置は、他の基地局装置からのOFDM信号を受信することができない。

40

【0018】

しかし、本発明では、基地局装置は、端末装置への送信を停止して、端末装置に対する送信停止中に他の基地局装置から送信されたOFDM信号を受信するため、時分割複信であっても、他の基地局装置から送信されたOFDM信号を受信することができる。

【0019】

なお、本発明において、OFDMには、OFDMを拡張したOFDMA（直交周波数分

50

割多元接続)を当然に含む。

【0020】

前記推定手段は、端末装置への送信停止中に受信したOFDM信号に基づいて、そのOFDM信号の通信タイミングオフセットの推定値を求め、通信タイミングオフセットの推定値に基づいて、そのOFDM信号のキャリア周波数オフセットの推定値を求めるよう構成されているのが好ましい。

【0021】

さらに、前記推定手段は、第1の送信停止時点において求めた通信タイミングオフセットの第1推定値と、前記第1の送信停止時点とは異なる時点である第2の送信停止時点において求めた通信タイミングオフセットの第2推定値と、の差分に基づいて、第1送信停止時点と第2送信停止時点との間におけるOFDM信号の位相回転量を算出する位相回転量算出手段と、前記位相回転量に基づいて、前記クロック周波数の誤差を算出するクロック誤差算出手段と、を有するとともに、算出された前記クロック周波数の誤差に基づいて、前記キャリア周波数オフセットの推定値を求める、ものであるのが好ましい。

【0022】

前記基地局装置は、前記通信タイミングオフセットの推定値に基づいて、通信フレームタイミングを補正する手段を更に備えるのが好ましい。

【0023】

端末装置への送信停止中に他の基地局装置から受信するOFDM信号は、前記他の基地局装置が端末装置に対して送信したプリアンプル信号であるのが好ましい。

【0024】

前記周波数補正手段は、前記キャリア周波数オフセットの前記推定値に基づいて、受信したOFDM信号のキャリア周波数を補正するのが好ましい。

【0025】

また、端末装置への送信停止を周期的に行うのが好ましい。この場合、端末装置への送信を停止する周期は、一定であってもよいし、変動してもよい。

【発明の効果】

【0026】

本発明によれば、内蔵クロック発生器によるクロックを、送信信号のキャリア周波数を決定する基準信号として用いitつても、各基地局間でキャリア周波数の同期をとることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0027】

以下、本発明の好ましい実施形態について添付図面を参照しながら説明する。

図1は、インターネットなどのTCP/IPネットワークNWを上位ネットワークとする移動体無線通信システムを示している。

この通信システムは、端末装置である移動端末(MS; Mobile Station)101, 102, 103に対する無線通信を行う基地局装置(BS; Base Station)1, 2, 3を複数備えている。複数(数千)の基地局1, 2, 3は、アクセス制御装置となるASN-GW(Access Service Network Gateway)105に接続されている。また、ASN-GW105は、HA(Home Agent)106を介して、インターネットなどの上位ネットワークNWに接続される。

【0028】

したがって、インターネット等の上位ネットワークNW上のサーバ107, 108から端末へ送信されるパケット(ダウンリンクのデータ)は、基地局装置1, 2, 3を経由して、端末装置101, 102, 103へ送信されることになる。

【0029】

この無線通信システムでは、例えば、広帯域無線通信を実現するために直交周波数分割多元接続(OFDMA)方式をサポートするIEEE 802.16に準拠した「WiMAX」(モバイルWiMAX)方式が採用されている。

【 0 0 3 0 】

各基地局装置 1, 2, 3 は、それぞれの基地局装置 1, 2, 3 がカバーするエリア（セル）内にある端末装置（移動端末）101, 102, 103 との間で通信が可能である。

図 2 に示すように、W i M A X では、一つの基本フレームが、下りサブフレーム（基地局装置の信号送信時間）と上りサブフレーム（基地局装置の信号受信時間）とが時間方向に並べて配置されており、T D D（時分割複信）によって送信と受信の複信を行う通信システムとされている。

【 0 0 3 1 】

一つの基本フレームの長さは、5 m s e c である。下りサブフレームは、基地局装置 1, 2, 3 が、自エリア内の端末装置 101, 102, 103 へ信号を送信する時間帯であり、上りサブフレームは、基地局装置 1, 2, 3 が、自エリア内の端末装置 101, 102, 103 からの信号を受信する時間帯である。

なお、下りサブフレームは、先頭に、既知信号であるプリアンプル（P r e a m b l e）を備えている。

【 0 0 3 2 】

図 3 に示すように、本無線通信システムにおける複数の基地局装置 1, 2, 3 には、少なくとも一つのマスタ基地局装置（マスタ B S）1 と、複数のスレーブ基地局装置（スレーブ B S）2, 3 とが含まれている。

本無線通信システムでは、各基地局装置 1, 2, 3 間で、フレームタイミング同期及びキャリア周波数同期を取る処理がなされる。マスタ基地局装置 1 は、フレームタイミング及びキャリア周波数の基準局であり、スレーブ基地局装置 2, 3 は、マスタ基地局装置 1 に対して直接的に又は他のスレーブ基地局装置を介して間接的に、フレームタイミング同期及びキャリア周波数同期を取る。

【 0 0 3 3 】

前記フレームタイミング同期は、各基地局装置 1, 2, 3 の通信フレームが同じタイミングで送信されるように同期をとるものである。つまり、フレームタイミング同期によって、図 2 に示すように、ある基地局装置（第 1 基地局）が端末装置へ送信を行っている時間帯（下りサブフレームの時間帯）では、他の基地局装置（第 2 基地局）も端末装置へ送信を行い、ある基地局装置（第 1 基地局）が端末装置から受信を行っている時間帯（上りサブフレームの時間帯）では、他の基地局装置（第 2 基地局）も端末装置から受信を行うように、各基地局装置 1, 2, 3 の通信タイミングを合わせることができる。

【 0 0 3 4 】

基地局装置間でフレームタイミング同期がとれていることで、端末装置がハンドオーバー時などで、複数の基地局装置に対して通信を行う状態となっても、端末装置は円滑に各基地局装置と通信を行うことができる。

【 0 0 3 5 】

また、前記キャリア周波数同期は、各基地局装置 1, 2, 3 が端末装置へ対して送信する信号（O F D M（A）信号）のキャリア周波数を、各基地局装置間で合わせるものである。

基地局装置間で、キャリア周波数同期がとれていることで、端末装置がハンドオーバー時などで、複数の基地局装置に対して通信を行う状態となっても、端末装置は円滑に各基地局装置と通信を行うことができる。

【 0 0 3 6 】

ここで、各端末装置は、基地局装置から受信した O F D M 信号のキャリア周波数の誤差を検出し、受信 O F D M 信号におけるキャリア周波数誤差（送信側と受信側の間のキャリア周波数の差）を補正する A F C（自動周波数制御）機能を有している。

したがって、各端末装置は、基地局装置から受信した O F D M 信号のキャリア周波数に、誤差があっても、その誤差を補正した上で、O F D M 復調を行うことができる。

【 0 0 3 7 】

しかし、端末装置がハンドオーバー時などで、複数の基地局装置に対して通信を行う状態

10

20

30

40

50

になると、基地局間でキャリア周波数同期がとれていない場合には、端末装置はAFC機能を用いてもキャリア周波数誤差を補正するのが非常に困難である。

【0038】

つまり、基地局間でキャリア周波数同期がとれていない場合には、ある端末装置からみて、一の基地局装置についてのキャリア周波数の誤差と、他の基地局装置についてのキャリア周波数の誤差とが異なるため、これらの複数の基地局装置と同時に通信を行う状態になると、キャリア周波数の誤差を補正できなくなる。

【0039】

さて、前記マスタ基地局装置1は、フレームタイミングとキャリア周波数の基準局であるため、基地局間でのフレームタイミング同期ないしキャリア周波数同期をとるための信号を、他の基地局装置から取得する必要がない。

10

例えば、マスタ基地局装置1は、自装置の内蔵クロック発生器（水晶振動子）が発生するクロックに基づいて自ら信号の送信タイミングを決定する自走マスタ基地局装置として構成することができる。なお、マスタ基地局装置1は、GPS受信機を備え、GPS信号を用いて信号の送信タイミングを決定するものであってもよい。

【0040】

これに対し、前記スレーブ基地局装置2, 3は、基地局間でのフレームタイミング同期ないしキャリア周波数同期をとるための信号を、他の基地局装置（マスタ基地局装置又は他のスレーブ基地局装置）から取得する。

【0041】

20

図4は、スレーブ基地局装置2, 3の構成を示している。

基地局装置2, 3は、信号の受信のために、受信信号を増幅するアンプ11、アンプ11から出力された受信信号に対する直交復調（直交検波）処理を行う直交復調器12、及び、直交復調器12から出力された受信信号に対するA/D変換を行うA/D変換部13を有している。デジタル信号に変換された受信信号は、DSP（デジタル信号処理プロセッサ）20に与えられる。

【0042】

また、基地局装置2, 3は、信号の送信のために、デジタル送信信号をD/A変換するD/A変換部15、D/A変換部15から出力された送信信号に対する直交変調処理を行う直交変調器16、及び、直交変調器16から出力された送信信号を増幅するアンプ17を有している。

30

【0043】

なお、前記直交復調部12、前記A/D変換部13、前記D/A変換部15、及び前記直交変調部16の動作クロックは、内蔵のクロック発生器（基準信号発生器）18から与えられる。内蔵クロック発生器18は、水晶振動子などを含み、所定周波数の動作クロックを発生する。なお、クロック発生器18のクロックは、逡倍部19a, 19bを介して、前記A/D変換部13等へ与えられる。

また、内蔵クロック発生器18の動作クロックは、DSP20にも与えられ、DSP20における動作クロックにもなる。

【0044】

40

ここで、D/A変換部15に与えられる動作クロックの精度は、送信フレーム（下りサブフレーム）の時間長さの精度に影響する。したがって、基地局装置ごとにクロック発生器18の精度が異なると、生成される送信フレームの時間長さが、基地局装置ごとに僅かに異なることになる。そして、フレームの送信が繰り返されると、フレームの時間長さの相違が蓄積され、基地局装置間でのフレームタイミングにズレ（通信フレームのタイミングオフセット）が生じる（図5参照）。

【0045】

DSP（信号処理部）20は、受信信号及び/又は送信信号に対する信号処理を行う。DSP20の主な機能は、受信信号に対するOFDM復調器としての機能、送信信号に対するOFDM変調器としての機能、送信と受信（送信フレームと受信フレーム）の切り替

50

え機能、基地局間のフレームタイミング同期機能、及び基地局装置間のキャリア周波数同期機能である。図4において、DSP20内に示すブロックは、これらの機能を示すものである。

【0046】

図4におけるキャリア周波数補正部21は、受信信号のキャリア周波数を補正するものである。また、送信信号のキャリア周波数を補正するキャリア周波数補正部22も設けられている。

キャリア周波数補正部21, 22は、推定部23で推定されたキャリア周波数オフセットに基づいて、受信信号及び/又は送信信号のキャリア周波数を補正する。

【0047】

受信信号のキャリア周波数補正部21の出力は、切り替えスイッチ24を介して、復調部(DEM)25に与えられる。復調部25では、キャリア周波数補正のなされた受信信号に対して復調(OFDM復調)処理がなされる。

前記切り替えスイッチ24は、端末装置からの信号を受信可能な通信モードの間は、受信信号を復調部25側へ与え、通信モードが停止(休止)された同期モードでは、受信信号を推定部23へ与えるためのものである。

なお、スイッチ24の切り替えは、同期制御部26によって行われる。また、通信モード及び同期モードについては後述する。

【0048】

また、DSP20は、送信信号に対する変調(OFDM変調)処理を行う変調部(MOD)27を備えている。なお、変調部27で生成された信号のキャリア周波数は、クロック発生器18のクロック周波数に基づいて、直交変調器16において決定される。また、直交変調器16におけるキャリア周波数の誤差は、直交復調器12と同じなので、後述するように、受信信号から推定部23で推定したキャリア周波数の誤差分を、そのままキャリア周波数補正部22で逆にずらせば、基地局送信信号のキャリア周波数が正確に合うことになる。

【0049】

この変調部27から出力された送信信号は、切り替えスイッチ28を介して、キャリア周波数補正部22に与えられる。

前記切り替えスイッチ28は、端末装置へ信号を送信可能な通信モードの間は、送信信号をD/A変換部15へ与え、通信モードが休止された同期モードでは、送信信号をD/A変換部15へ与えないようにするものである。

この、スイッチ28の切り替えも、同期制御部26によって行われる。

【0050】

前記推定部23では、受信信号から同期信号であるプリアンプルを検出して、他の基地局装置との間での通信フレームタイミングオフセットと、他の基地局装置との間でのキャリア周波数オフセットと、を推定する。

このため、推定部23は、受信信号に含まれるプリアンプルを検出するプリアンプル検出部23aと、他の基地局装置と自装置との間のクロック誤差を推定するクロック誤差推定部23bと、を有している。

【0051】

本実施形態では、他の基地局装置2が送信した下りサブフレームDLの先頭にあるプリアンプルを基地局間同期のための同期信号として用いる。このため、前記検出部23aは、他の基地局装置2が送信した下りサブフレームDLの先頭にあるプリアンプルのタイミングを検出する。

なお、同期信号としては、ミッドアンプル、パイロット信号などであってもよい。

【0052】

基地局装置2, 3は、他の基地局装置1, 2が使用する可能性のあるプリアンプルパターンを既知パターンとしてメモリに有している。基地局装置2, 3の検出部23aは、これらの既知のプリアンプルパターンを用いて、プリアンプルのタイミング等を検出する。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 3 】

ここで、プリアンブルは既知信号であるから、プリアンブルの信号波形も既知である。サンプリング後の受信信号を $X(t)$ 、プリアンブルの離散時間領域での信号を $P(n)$ ($n = 0, \dots, N-1$) とすると、図 6 (a) に示す受信波 $X(t)$ に対して、下記式に基づいて、時間方向に $P(n)$ のスライディング相関をとる。

【 数 1 】

$$\sum_{n=0}^{N-1} X(t+n) \times \overline{P(n)}$$

10

そして、図 6 (b) に示すように、受信波 $X(t)$ と既知プリアンブルパターン $P(n)$ の相関値がピークをとった位置を、プリアンブルのタイミング t として検出することができる。

【 0 0 5 4 】

検出部 23a では、自装置 2, 3 の送信タイミングと、検出されたプリアンブルタイミング t との差を、通信タイミングオフセット (同期タイミング誤差) の推定値として検出する。この通信タイミングオフセット (通信フレームのタイミングオフセット) は、検出される度に、記憶部 29 に与えられ、記憶部 29 にて蓄積される。

【 0 0 5 5 】

検出部 23a にて検出された通信フレームタイミングオフセットは、フレームタイミング制御部 30 に与えられる。フレームタイミング制御部 (TDD 制御部) 30 は、送信と受信とを切り替える制御を行うものである。

20

通信フレームタイミングオフセットを受け取ったフレームタイミング制御部 30 は、自装置の送信タイミング (送信サブフレームタイミング) を、検出された通信フレームタイミングオフセットの分ほど、正しい方向にずらす。これにより、自装置の送信タイミングを、他の基地局装置の送信タイミングと一致させて、基地局装置間でのフレームタイミング同期をとることができる。

【 0 0 5 6 】

なお、送信タイミングを他の基地局装置の送信タイミングと一致させれば、自然に、受信タイミングも一致する。すなわち、他の基地局装置との間でフレームタイミング同期がとれた状態となる。

30

また、本実施形態では、端末装置との間で通信を行う通信モードを停止して、他の基地局装置が端末装置に対して送信した同期信号 (プリアンブル) を用いて同期をとるため、同期をとるための制御用チャネルがなくても、同期をとることができる。

【 0 0 5 7 】

前記クロック誤差推定部 23b は、プリアンブル検出部 23a によって検出された通信フレームタイミングオフセットに基づいて、受信側である自装置の内蔵クロック発生器 18 のクロック周波数と、送信側である他の基地局装置の内蔵クロック発生器 18 のクロック周波数との差 (クロック周波数誤差) を推定する。

【 0 0 5 8 】

40

前記クロック誤差推定部 23b は、同期モードが周期的に実行される状況下において、前回の同期モードにおいて検出された通信フレームタイミングオフセット t_1 と、今回の同期モードにおいて検出された通信フレームタイミングオフセット t_2 とに基づいて、クロック誤差を推定する。なお、前回のタイミングオフセット t_1 は、記憶部 29 から取得することができる。

【 0 0 5 9 】

例えば、キャリア周波数が 2.6 [GHz] である場合に、図 7 に示すように、前回の同期モード (同期タイミング = t_1) において、タイミングオフセットとして T_1 が検出され、 T_1 分のタイミングの修正がなされたものとする。修正後のタイミングオフセットは 0 [ms] である。そして、 $T = 10$ 秒後の今回の同期モード (同期タイミング =

50

t 2)においても、再びタイミングオフセットが検出され、そのタイミングオフセットは $T_2 = 0.1 \text{ [ms]}$ であったとする。

【0060】

このとき、10秒間の間に生じた 0.1 [ms] のタイミングオフセットは同期元基地局のクロック周期と同期先基地局のクロック周期の誤差の蓄積値である。

すなわち、タイミングオフセットとクロック周期の間には以下の等式が成り立つ。

同期元基地局のクロック周期：同期元基地局のクロック周期 = $T : (T + T_2) = 10 : (10 + 0.0001)$

【0061】

そして、クロック周波数はクロック周期の逆数であるから、
(同期元基地局のクロック周波数 - 同期先基地局のクロック周波数)
= 同期元基地局のクロック周波数 $\times T_2 / (T + T_2)$

同期元基地局のクロック周波数 $\times 0.00001$
となる。

【0062】

したがって、この場合、送信側である他の基地局装置のクロック周波数と、受信側である基地局装置のクロック周波数に、 $0.00001 = 10 \text{ [ppm]}$ の誤差があることになる。クロック誤差推定部23bでは、上記のようにしてクロック周波数誤差を推定する。

【0063】

そして、キャリア周波数とタイミングオフセットは同じようにずれるため、キャリア周波数にも、 10 [ppm] 分のズレ、すなわち、 $2.6 \text{ [GHz]} \times 1 \times 10^{-5} = 26 \text{ [kHz]}$ のずれが生じる。このように、クロック誤差推定部23bでは、クロック周波数誤差から、キャリア周波数誤差(キャリア周波数オフセット)も推定することができる。

【0064】

クロック誤差推定部23bが推定したキャリア周波数誤差は、キャリア周波数補正部21, 22に与えられる。本実施形態では、通常のAFC(自動周波数制御)機能のように、受信信号のキャリア周波数を補正するだけでなく、送信信号のキャリア周波数も補正することができる。

つまり、他の基地局装置から送信されたOFDM信号のキャリア周波数誤差の推定値が、送信側のキャリア周波数補正部22にも与えられ、このキャリア周波数補正部22において、端末装置への送信信号のキャリア周波数が補正される。この結果、クロック周波数誤差があっても、自装置と他の基地局装置との間で送信信号のキャリア周波数がほぼ一致することになる。

【0065】

また、本実施形態では、通常のAFC機能を用いて、受信信号のキャリア周波数誤差を推定するのではなく、フレームタイミング同期をとる上で必要とされる通信フレームタイミングオフセットの推定値を求めた上で、これを利用して、キャリア周波数誤差を推定するため、構成上有利である。

なお、通常のAFC機能を用いて、他の基地局装置から送信されたOFDM信号のキャリア周波数誤差の推定値を求め、その推定値を、送信側のキャリア周波数補正部22に与えても良い。

また、本実施形態では、説明を簡略化するため、アナログ直交変復調器を用いて直接無線周波数(RF Radio Frequency)信号を受信・生成するダイレクトコンバージョン送受信機構成としたが、直交変復調器からRF信号ではなく中間周波数(IF Intermediate Frequency)信号を受信・生成するスーパーヘテロダイン送受信機構成にしてもよい。あるいは、送信をダイレクトコンバージョン、受信をスーパーヘテロダイン構成にしたり、その逆構成にすることも可能である。さらに、直交変復調器をデジタル回路で実現し、IF周波数を直接A/Dでサンプリング、D/Aで生成する構成であっても構わない。

【0066】

10

20

30

40

50

図 4 に戻り、前記同期制御部 26 は、前述のように、通信モードを休止する周期（同期タイミング）を制御し、同期モードを実行させる。

同期モードは、次のようにして実行される。

【0067】

まず、スレーブ基地局装置 2, 3 は、起動時において、他の基地局装置（マスタ基地局装置又は他のスレーブ基地局装置）のうち、一の基地局装置をソース基地局装置として選択し、当該ソース基地局装置が送信した信号（プリアンプル；既知信号；同期信号）の受信波（ソース受信波）を検出して、基地局装置間のフレームタイミング同期とキャリア周波数同期をとる。

【0068】

なお、基地局装置が起動したとき行われる基地局間同期のための処理を初期同期モードという。初期同期モードは、前述のように起動時に実行され、より具体的には、基地局装置が起動してから、端末装置との通信が開始されるまでの間に行われる。

【0069】

初期同期モードの実行後、基地局装置は、自エリア内の端末装置との通信が可能になる。

しかし、基地局装置間では、クロック精度にばらつきがあるため、時間の経過によって、基地局装置間においてフレームタイミングやキャリア周波数にずれを生じる。

【0070】

そこで、スレーブ基地局装置 2, 3 は、所定のタイミングで、端末装置との通信（送信信号；下りサブフレーム）を休止（停止）し、同期ずれを解消するための同期モード（通信を休止した同期モード）になる。

図 8 は、基地局装置 2, 3 が、端末装置との通信を行う（通常）通信モードから、他の基地局装置（マスタ基地局装置又はスレーブ基地局装置）からの信号を受信する同期モードに切り替わるためのフローチャートを示している。

【0071】

図 8 に示すように、基地局装置 2, 3 は、同期モードになるべき同期タイミングであるか否かの判定を行う（ステップ S1）。同期タイミングは、例えば、同期モードになる周期（所定時間毎又は所定フレーム数毎）として設定されている。周期を時間で設定する場合、例えば、5 分程度とすることができる。

端末装置との間で通信を行う通常通信モードであるときに、同期モードへ移行すべきタイミングになったと判定された場合（ステップ S2）、基地局装置 2, 3 は、同期モード（ステップ S3）に移行する。同期モードが終了すると、再び通常通信モードに戻る（ステップ S4）。

基地局装置 2, 3 は、端末装置との間で通信を行いつつも、定期的又は必要に応じて随時、同期モードを実行することで、同期ずれが生じて、それを解消することができる。

【0072】

基地局装置 2, 3 が、同期モードになると、端末装置との間の通信（下りサブフレームの送信）は停止（休止）され、本来、下りサブフレームとなる時間においても、信号を受信する状態となる。

【0073】

同期モードでは、他の基地局装置 2 が端末装置へ送信した信号（OFDM 信号）を受信する。本実施形態では、他の基地局装置 2 が送信した下りサブフレーム DL の先頭にあるプリアンプルを基地局間同期のための同期信号とし、フレームタイミング同期及びキャリア周波数同期をとる。

【0074】

以上の同期モードが終了すると、基地局装置 2, 3 は、同期モードから通常通信モードに戻り、端末装置との間の通信が可能な状態となる。

【0075】

また、同期制御部 26 は、通信モードを休止する周期を変更する機能を有している。つ

10

20

30

40

50

まり、同期制御部 26 は、通信モードを休止する周期を、例えば、あるときは 5 分とし、またあるときは 6 分とすることができる。つまり、同期制御部 26 は、通信モードを休止する周期（同期タイミング）の適応制御を行うことができる。

【0076】

通信モードを休止する周期（同期タイミングの間隔）の適応制御とは、同期ずれ（タイミングオフセット又はキャリア周波数オフセット）が大きくなりやすい状況では、通信モードを休止する周期等を短くして、頻繁に同期モードを実行するようにして同期ずれが大きくならないようにし、同期ずれがあまり生じない状況では、通信モードを停止（休止）する周期等を長くして、同期モードを実行する頻度を低くするものである。

【0077】

本実施形態では、同期制御部 26 は、過去の同期ずれ（タイミングオフセット）に基づいて、周期の変更を行う。

【0078】

前記記憶部 20 は、過去の所定期間分の同期ずれ履歴情報（過去の 1 又は複数のタイミングオフセット）を記憶することができる。

同期制御部 26 は、同期ずれの履歴情報に基づいて、同期ずれの過去の傾向を示す情報（統計量）を計算し、その情報（統計量）の大きさに合わせて、同期モードが実行される周期（頻度）を変更する。つまり、過去の同期ずれが大きければ、周期を短くし（頻度を高くし）、過去の同期ずれが小さければ、周期を長く（頻度を低く）する。

【0079】

なお、同期ずれの過去の傾向を示す情報（統計量）は、過去の同期ずれの平均であってもよいし、過去の同期ずれの分散値、標準偏差、又は二乗平均値であってもよい。

【0080】

なお、同期モードになる周期（間隔）の変更は、同期ずれに影響を与える他の情報に基づいてもよい。例えば、環境温度は、クロック周波数の精度に影響を与えるため、基地局装置に温度センサを具備させて温度情報を取得し、温度情報に基づいて同期モードの周期（間隔）を変更してもよい。具体的には、温度センサによって検出される温度の変化が大きければ、同期モードの周期（間隔）を小さくし、温度の変化が小さければ同期モードの周期（間隔）を大きくするように制御することができる。

【0081】

また、同期精度は、マスタ基地局装置 1 からの段数にも影響を受けるため、マスタ基地局装置 1 からの段数に応じて、同期モードの周期を変更してもよい。ここで、マスタ基地局装置 1 からの段数とは、マスタ基地局装置 1 を第 1 段目とすると、図 3 に示すように、マスタ基地局装置 1 をソース基地局とするスレーブ基地局装置 2 が第 2 段目となり、第 2 段目の基地局装置 2 をソース基地局とするスレーブ基地局装置 3 が第 3 段目となる。マスタ基地局装置 1 からの段数が多い基地局装置ほど、同期精度が下がるため、同期モードの周期を小さくし、段数が小さい基地局装置ほど、同期モードの周期を大きくすることができる。

【0082】

なお、マスタ基地局装置 1 からの段数は、予め、各基地局装置に設定されていてもよいし、同期モードの際に、他の基地局装置（ソース基地局装置）の段数を取得し、当該段数に 1 を加えた値を自装置の段数としてもよい。他の基地局装置（ソース基地局装置）の段数を取得するには、例えば、WiMAX の場合、プリアンプルのパターンとして複数種類が規定されているため、これを利用することができる。具体的には、各段に、所定のプリアンプルパターンを予め割り当てておけば、同期処理を行う基地局装置は、プリアンプルパターンの識別によって、他の基地局装置（ソース基地局装置）の段数を把握することができる。

【0083】

なお、今回開示された実施の形態はすべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は、上記した意味ではなく、特許請求の範囲によ

10

20

30

40

50

て示され、特許請求の範囲と均等の意味、及び範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

【図面の簡単な説明】

【0084】

【図1】インターネットNWを上位ネットワークとする移動体無線通信システムを示す図である。

【図2】基地局間同期がとれているときのWiMAXフレームの状態を示す図である。

【図3】無線通信システムにおけるマスタ基地局装置とスレーブ基地局装置を示す図である。

【図4】基地局装置の機能ブロック図である。

10

【図5】タイミングオフセットが生じたフレームを示す図である。

【図6】プリアンプルのタイミングを検出するための説明図である。

【図7】前回と今回の同期モードにおけるタイミングオフセット量を示す説明図である。

【図8】通常通信モードと同期モードの切り替えを示すフローチャートである。

【符号の説明】

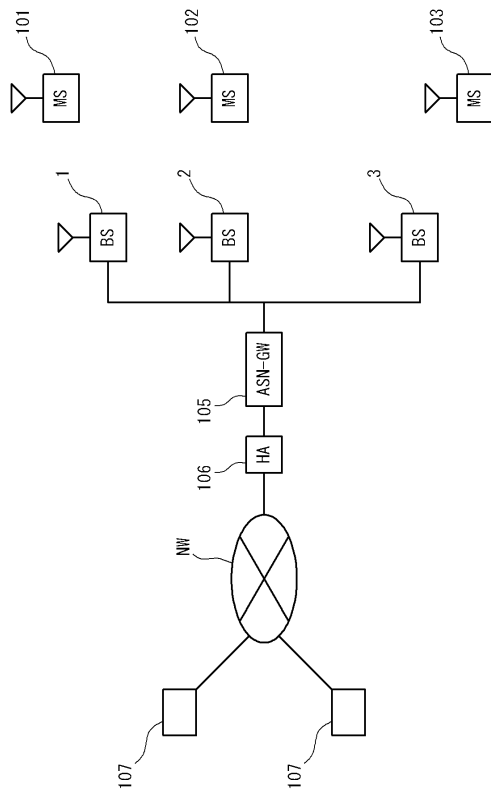
【0085】

- 1 基地局装置
- 2 基地局装置
- 3 基地局装置
- 18 クロック発生器
- 20 DSP
- 21 キャリア周波数補正部
- 22 キャリア周波数補正部
- 23 推定部
- 23a プリアンプル検出部
- 23b クロック誤差推定部
- 24 切り替えスイッチ
- 25 復調部
- 26 同期制御部
- 27 変調部
- 28 切り替えスイッチ
- 29 記憶部

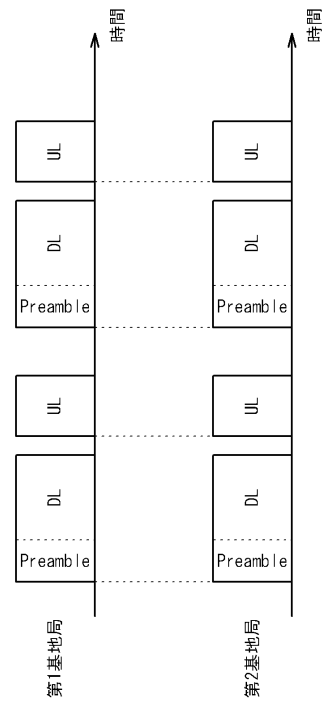
20

30

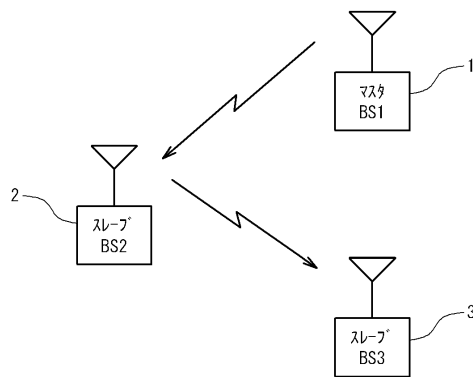
【図 1】



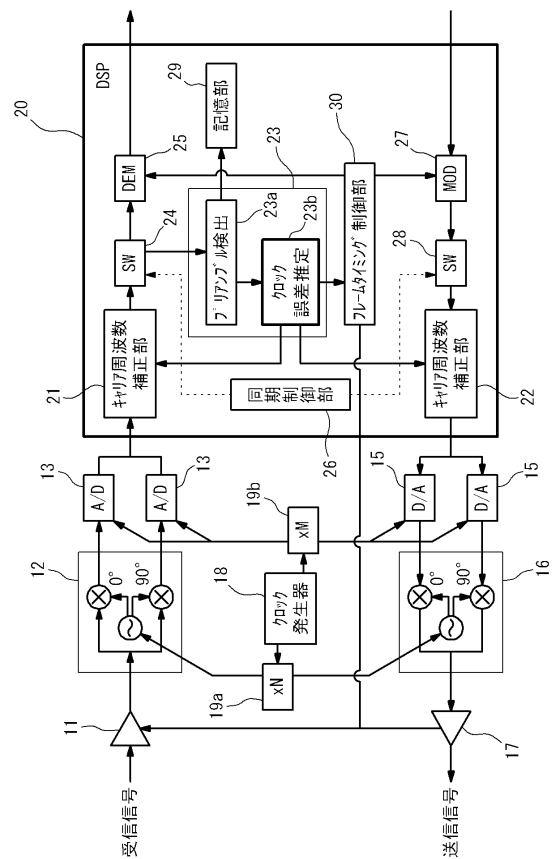
【図 2】



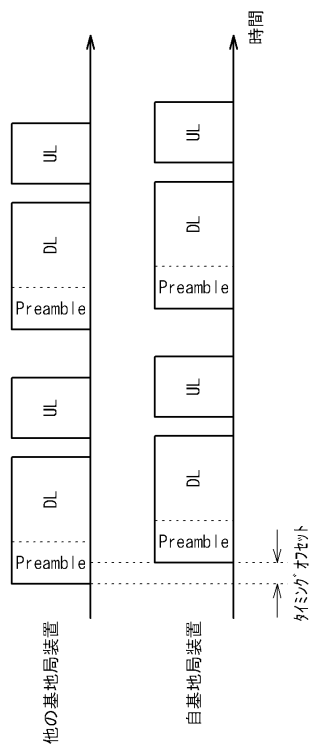
【図 3】



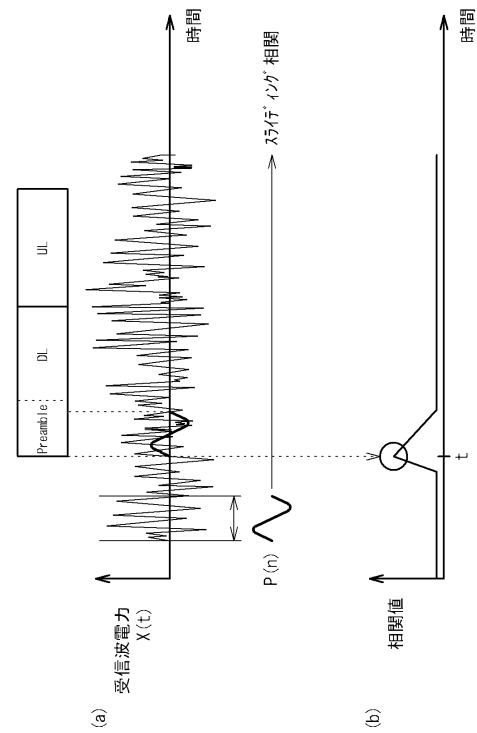
【図 4】



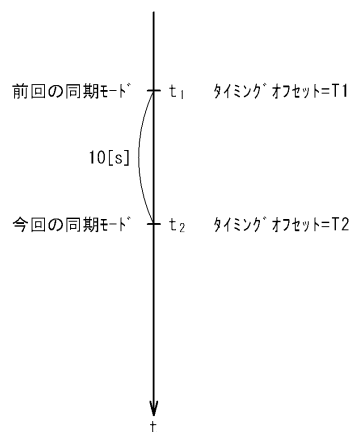
【図 5】



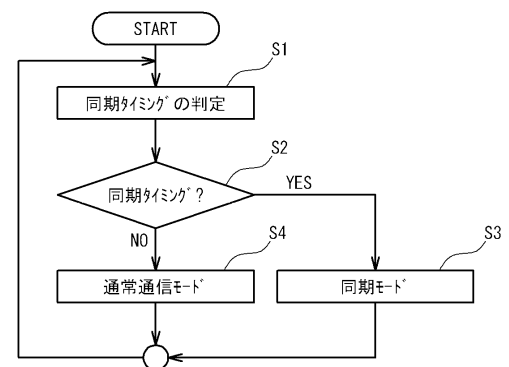
【図 6】



【図 7】



【図 8】



フロントページの続き

(56)参考文献 特表2003-505977(JP,A)
米国特許出願公開第2006/0252437(US,A1)
特開2007-208333(JP,A)
特開2003-124872(JP,A)
特表2009-514259(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H04B 1/02 - 1/04, 1/40 - 1/58,
7/24 - 7/26
H04J 11/00
H04W 4/00 - 99/00