

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4299083号
(P4299083)

(45) 発行日 平成21年7月22日 (2009. 7. 22)

(24) 登録日 平成21年4月24日 (2009. 4. 24)

(51) Int. Cl.

F I

H O 4 B 7/10 (2006. 01)

H O 4 B 7/10 A

H O 1 Q 3/26 (2006. 01)

H O 1 Q 3/26 Z

H O 4 B 7/06 (2006. 01)

H O 4 B 7/06

H O 4 B 7/08 (2006. 01)

H O 4 B 7/08 D

H O 4 W 16/28 (2009. 01)

H O 4 Q 7/00 2 3 5

請求項の数 4 (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2003-317465 (P2003-317465)
 (22) 出願日 平成15年9月9日 (2003. 9. 9)
 (65) 公開番号 特開2005-86568 (P2005-86568A)
 (43) 公開日 平成17年3月31日 (2005. 3. 31)
 審査請求日 平成18年4月27日 (2006. 4. 27)

(73) 特許権者 392026693
 株式会社エヌ・ティ・ティ・ドコモ
 東京都千代田区永田町二丁目11番1号
 (74) 代理人 100070150
 弁理士 伊東 忠彦
 (72) 発明者 樋口 健一
 東京都千代田区永田町二丁目11番1号
 株式会社エヌ・ティ・ティ・ドコモ内
 (72) 発明者 田岡 秀和
 東京都千代田区永田町二丁目11番1号
 株式会社エヌ・ティ・ティ・ドコモ内
 (72) 発明者 片岡 卓士
 東京都千代田区永田町二丁目11番1号
 株式会社エヌ・ティ・ティ・ドコモ内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 無線通信装置及び無線通信方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

複数のアンテナ素子を有し、各アンテナ素子から、1組の受信信号を導出し及び送信信号を送信するアレーアンテナ手段と、

受信信号に含まれるパスの到来方向を推定する到来方向推定手段と、

パス間の角度広がり推定する角度広がり推定手段と、

送信信号のビームパターンを決定する1組の重み係数を算出する重み係数算出手段と、

送信すべき信号に前記重み係数を乗算する重み付け手段と

を備え、前記重み係数算出手段は、

複数のパスの各到来方向にそれぞれメインローブを向けるビームパターンを実現する複数パス重み係数、

複数のパスの中から選択された1つのパスの到来方向にメインローブを向けるビームパターンを実現する1パス重み係数及び

複数のパスに関する平均的な到来方向にメインローブを向けるビームパターンを実現する平均パス重み係数を算出し、

パス間の角度広がりが高く且つパスの遅延時間が短かった場合、前記複数パス重み係数が前記送信すべき信号に乗算され、

パス間の角度広がりが高く且つパスの遅延時間が長かった場合、前記1パス重み係数が前記送信すべき信号に乗算され、

パス間の角度広がり狭かった場合、前記平均パス重み係数又は1パス重み係数が前記

10

20

送信すべき信号に乗算される

ことを特徴とする無線通信装置。

【請求項 2】

前記到来方向推定手段が、到来波の送信元を識別することを特徴とする請求項 1 記載の無線通信装置。

【請求項 3】

前記角度広がり推定手段が、パスの到来方向の統計的な分散に基づいて、又は所定の範囲内の受信電力を与えるパスに基づいて算出されることを特徴とする請求項 1 記載の無線通信装置。

【請求項 4】

複数のアンテナ素子から 1 組の受信信号を導出するステップと、

受信信号に含まれるパスの到来方向を推定するステップと、

パス間の角度広がり推定するステップと、

複数のパスの中から選択された 1 つのパスの到来方向にメインローブを向けるビームパターンを実現する 1 パス重み係数、複数のパスの各到来方向にそれぞれメインローブを向けるビームパターンを実現する複数パス重み係数、及び複数のパスに関する平均的な到来方向にメインローブを向けるビームパターンを実現する平均パス重み係数を算出するステップと、

パス間の角度広がりに応じて、送信すべき信号に重み係数を乗算するステップと、

重み付けされた送信信号を前記複数のアンテナ素子から送信するステップと、

を有し、

パス間の角度広がり が広く且つパスの遅延時間が短かった場合、前記複数パス重み係数が前記送信すべき信号に乗算され、

パス間の角度広がり が広く且つパスの遅延時間が長かった場合、前記 1 パス重み係数が前記送信すべき信号に乗算され、

パス間の角度広がり が狭かった場合、前記平均パス重み係数又は 1 パス重み係数が前記送信すべき信号に乗算される

ことを特徴とする無線通信方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、一般に無線通信の技術分野に属し、特にアレーアンテナを利用する無線通信装置及び無線通信方法に関連する。

【背景技術】

【0002】

この種の技術分野では、無線通信を行う際に、適応アレーアンテナ技術(Adaptive Array Antenna)と呼ばれる技術がしばしば利用される。この技術は、例えば複数のダイポールアンテナをアレイ状に複数配置し、各アンテナの重み係数(ウェイト)を適応制御することで、所望の通信相手との通信に好都合な指向性(ビームパターン)を形成する。より具体的には、この技術は、信号を受信する際に通信相手の方向(希望方向)に対するアンテナ利得を大きくする一方、それ以外の方向(非希望方向)に対するアンテナ利得を小さくすることで、干渉波を抑制しながら信号を受信することを可能にする。

【0003】

一方、W - C D M A (Wideband-Code Division Multiple Access)方式の第 3 世代移动通信システムに代表される、適応アレーアンテナ技術を利用する従来の通信システムでは、音声通信のような回線交換型の通信が主に行われている。このような通信では、上下リンクの通信チャネル数やデータレート等が等しく(通信の対称性が高く)、通信チャネルが連続的に送受信される。重み係数は、L M S (Least Mean Square)アルゴリズムやR L S (Recursive Least Square)アルゴリズムを利用し、最適値に収束させることで、算出される。

【 0 0 0 4 】

また、回線交換型の通信では、上りリンクにおける干渉波の到来方向（例えば、干渉波を送信しているユーザの方向）は、下りリンクでも干渉波の到来方向と仮定することの妥当性が高い。そこで、送信時にもそのような指向性又はそれに適切な校正（キャリブレーション）を施した指向性を利用することで、干渉波を効果的に抑圧しながら信号を送信することが可能になる。このように上下リンクで適切な指向性を実現することで、加入者容量を増大させることが可能になる。適応アレーアンテナ技術については、例えば非特許文献 1 及び非特許文献 2 に開示されている。

【非特許文献 1】S.Tanaka, M.Sawahashi, and F.Adachi, "Pilot symbol-assisted decision-directed coherent adaptive array diversity for DS-CDMA mobile radio reverse link", IEICE Trans. Fundamentals, Vol. E80-A, pp.2445-2454, Dec. 1997

10

【非特許文献 2】A.Harada, S.Tanaka, M.Sawahashi, and F.Adachi, "Performance of Adaptive Antenna Array Diversity Transmitter for W-CDMA Forward Link", Proc. PIMRC99, pp.1134-1138, Osaka, Japan Sep. 1999

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 5 】

しかしながら、今後の無線通信システムは、インターネット網との整合性等に起因して、回線交換型の通信からパケット型の通信に移行しつつある。パケット型の通信では、通信チャネルはバースト的に伝送される。即ち、通信チャネルが連続的に送受信されるのではなく、データパケットの存否に対応して通信チャネルが断続的に送受信される。このため、通信チャネルが連続的に到来することを前提に、比較的長時間かけて最適な重み係数を求めていた LMS や RLS アルゴリズムでは、短期間のパケットが使用される場合に、適切な重み係数を求めることができなくなってしまうという問題が懸念される。

20

【 0 0 0 6 】

また、パケット型の通信では、上下リンクの通信は非対称になる傾向がある。例えば、移動端末が大容量のデータをダウンロードする場合に、上りリンクは単なるコマンドを送信するに過ぎないが、下りリンクではそのダウンロードを高速に行なうために、より多くのチャネル数を必要とする。また、下りリンクでのみ信号伝送が行なわれ、上りリンクでの信号伝送が行なわれないこともあり得る。この場合は、受信の際に得たビームパターンに基づいて送信時のビームパターンを形成すること自体が困難になってしまう。更に、上下リンクの通信の非対称性、及び使用される周波数の相違等により、上りリンク及び下りリンクにおける干渉波の到来方向がほぼ等しいと仮定することの妥当性が低くなる。このため、干渉波を適切に抑圧し、上下リンクで（特に下りリンクで）適切なビームパターンを実現することが困難になってしまうという問題が懸念される。

30

【 0 0 0 7 】

ところで、上下非対称な通信が予想される今後の無線通信システムにおける重み係数の計算では、伝送速度の高速化及び広帯域化等に起因して、マルチパスフェージングに対処することも求められる。サンプリング周波数の高速化により、従来は捕捉されていなかったようなマルチパス成分も捕捉されるようになり、それが干渉波となるからである。この場合に、上記の非特許文献 1 又は 2 に開示されているように、受信信号に含まれる L 個のパス毎に M 個 1 組の重み係数を算出し（ L はパス数であり、 M はアレーアンテナのアンテナ素子数である。）、パス毎に得た L 個の受信信号を合成して復調することが可能である。この手法では、個々のパスを識別するので、受信特性が良好になる、即ちこの手法は復調データの正確さの観点から望ましいと言える。しかしながら、パス毎に得られるそれぞれの受信電力は比較的小さいので、熱雑音等に起因する重み係数の生成誤差（実現されるビームパターンと最適なビームパターンとの間のズレ）が大きくなってしまいう問題が懸念される。一方、受信信号中の個々のパスを区別せずに、総てのパスを合成した信号を用いて、 M 個 1 組の重み係数を算出する技術もある。この手法によれば、合成された受信信号は比較的大きな電力を有するので、重み係数の生成誤差は比較的小さくなる。しかし

40

50

ながら、パスの到来方向が大きくばらつくような場合、即ち角度広がり(angle spread)が大きい場合には、パスを区別していないことに起因して、受信特性が劣化してしまうという問題が懸念される。このため、マルチパスフェージングに起因して、干渉波を抑圧するビームパターンを良好に形成することが困難になることが懸念される。

【 0 0 0 8 】

本発明は、上記の問題点の少なくとも1つに対処するためになされたものであり、その課題は、上下リンクの通信が非対称な無線通信環境であっても、良好に干渉波を抑圧するアレーアンテナのビームパターンを作成することの可能な無線通信装置及び無線通信方法を提供することである。

【課題を解決するための手段】

10

【 0 0 0 9 】

本発明によれば、

複数のアンテナ素子を有し、各アンテナ素子から1組の受信信号を導出するアレーアンテナ手段と、

受信信号に含まれるパスの到来方向を推定する到来方向推定手段と、

パス間の角度広がりを推定する角度広がり推定手段と、

複数のパスに関する1組の重み係数を算出する第1重み係数算出手段と、

推定されたパスの到来方向に基づいて、パス毎に、1組の重み係数を算出する第2重み係数算出手段と、

パス間の角度広がりに応じて、複数のパスに共通する重み係数又はパス毎に算出された重み係数を、受信信号に乗算する重み付け手段と、

20

重み付けされた1組の受信信号を合成する合成手段と

を備えることを特徴とする無線通信装置

が、提供される。

【 0 0 1 0 】

また、本発明によれば、

複数のアンテナ素子を有し、各アンテナ素子から、送信信号を送信する又は1組の受信信号を導出するアレーアンテナ手段と、

受信信号に含まれるパスの到来方向を推定する到来方向推定手段と、

パス間の角度広がりを推定する角度広がり推定手段と、

30

送信信号のビームパターンを決定する1組の重み係数を算出する重み係数算出手段と、

送信すべき信号に前記重み係数を乗算する重み付け手段と

を備え、前記重み係数算出手段が、パス間の角度広がりに応じて、異なるビームパターンを実現する重み係数を算出することを特徴とする無線通信装置

が、提供される。

【 0 0 1 1 】

本発明によれば、上下リンクの通信が非対称な無線通信環境であっても、良好に干渉波を抑圧するアレーアンテナのビームパターンを作成することが可能になる。

【 0 0 1 2 】

本発明の一態様によれば、電波の到来方向を推定しながら重み係数を算出するので、LMSのような収束に長時間を要するアルゴリズムを使用せずに、適切なビームパターンを速やかに作成することが可能になる。

40

【 0 0 1 3 】

本発明の一態様によれば、到来波の角度広がりの広狭に合わせて重み係数の算出方法を適宜切り替えるので、角度広がりの広狭によらず、適切なビームパターンを作成することが可能になる。

【 0 0 1 4 】

本発明の一態様によれば、到来波の送信元を識別しながら到来方向を推定し、その推定結果を用いて送信時の重み係数を算出するので、所望の通信相手に信号を送信する場合に、効果的に干渉波を抑圧しながら送信信号を送信することが可能になる。

50

【 0 0 1 5 】

本発明の一態様によれば、パス間の角度広がりに応じて、様々なビームパターンを実現する重み係数の中で適切なものが使用される。従って、通信環境又は伝送路の状況に合わせて適切な信号伝送を行なうことが可能になる。

【 0 0 1 6 】

本発明の一態様によれば、パス間の角度広がりの広狭に応じて適切な重み係数が算出されるので、通信相手に効率的に信号を送信することができる。その結果、例えば無線基地局における送信電力を節約することが可能になり、節約できた分だけカバレッジを増加させることも可能になる。

【 発明の効果 】

10

【 0 0 1 7 】

本発明によれば、上下リンクの通信が非対称な無線通信環境であっても、良好に干渉波を抑圧するアレーアンテナのビームパターンを作成することが可能になる。

【 発明を実施するための最良の形態 】

【 0 0 1 8 】

以下、本願実施例を説明する。

【 実施例 1 】

【 0 0 1 9 】

図 1 は、本願実施例による無線受信機の有する機能の内、本発明に特に関連する機能を示す機能ブロック図である。概して、図 1 に示される要素には、「 1 」から始まる参照番号が付される。無線受信機 1 0 0 は、アレーアンテナ部 1 0 2 を形成する複数のアンテナ素子 1 0 4 を有する。簡単のため、3つのアンテナ素子 1 0 4 のみが描かれているが、アンテナ素子数は適切な任意の数に設定することが可能である。アンテナ素子 1 0 4 は、例えばダイポールアンテナであり、それらは互いに例えば半波長程度の間隔を空けて、直線状に、円弧状に又は他の適切な配置形状に設けられる。アレーアンテナ部 1 0 2 の各アンテナ素子 1 0 4 は、適切な指向性（ビームパターン）を実現するのに適切であるように、その寸法、間隔及び形状等が設定される。各アンテナ素子 1 0 4 には受信フロントエンド部 1 0 6 が接続され、受信フロントエンド部 1 0 6 は、周波数変換、帯域制限、電力増幅その他の受信フロントエンドに関する処理を行なう。各受信フロントエンド部 1 0 6 の出力にはアナログディジタル変換部 1 0 8 がそれぞれ設けられている。各アナログディジタル変換部 1 0 8 の出力（ディジタル信号）は、後述するように、本発明に特に関連する処理を行なう要素に導かれる。それらの要素は、ハードウェアとして、ソフトウェアとして、又はそれらの組み合わせとして実現することが可能である。

20

30

【 0 0 2 0 】

無線受信機 1 0 0 は、受信信号に含まれるパス（マルチパス成分）の到来方向(DoA: Direction of Arrival)を推定する到来方向推定部 1 1 0 を有する。到来方向推定部 1 1 0 は、更に、複数のパスの各々について、個々の到来方向を推定する第 1 到来方向推定部 1 1 2 と、総てのパスに共通の（全パスに関する）1つの到来方向を推定する第 2 到来方向推定部 1 1 4 とを有する。無線受信機 1 0 0 は、受信信号に含まれる L 個のパスに合わせて、L 個の処理要素 1 1 6 , 1 1 8 を有する。図 1 では簡単のためパス 1（1 番目のパス）用の処理要素 1 1 6 及びパス L（L 番目のパス）用の処理要素 1 1 8 のみが描かれているが、実際にはそのような処理要素が L 個（パス 1 , パス 2 , . . . , パス L）用意される。L の値は、用途に依存して適切な任意の値に設定される。パス 1 用の処理要素 1 1 6 には、（パス毎の）第 1 到来方向推定部 1 1 2 の出力を入力とする、パス 1 用の重み係数算出部 1 2 0 が設けられる。重み係数算出部 1 2 0 は、パス 1 の到来波に適切な M 個 1 組の重み係数を算出する。ここで、M はアンテナ素子 1 0 4 の素子数である。重み係数算出部 1 2 0 の出力は、各アンテナ素子 1 0 4 に対応して設けられた M 個のスイッチ部 1 2 2 の一方の入力に与えられる。スイッチ部 1 2 2 の他方の入力には、全パス共通の重み係数算出部 1 2 4 からの出力が与られている。後述するように、この重み係数算出部 1 2 4 では、特定の 1 つのパスではなく、全パスに関する 1 つの又は平均的な 1 つの方向に指向性

40

50

を合わせるような重み係数を算出する。

【 0 0 2 1 】

無線受信機 100 は、到来方向推定部 110（第 1 到来方向推定部 112）の出力を入力とする角度広がり推定部 126 を有する。角度広がり推定部 126 は、受信信号に含まれる複数のパスの到来方向によって形成される角度を推定する。無線受信機 100 は、角度広がり推定部 126 の出力を入力とする閾値判定部 128 を有し、推定又は測定された角度広がり が所定値を超えたか否かを示す制御信号を出力する。この制御信号は、上述したスイッチ部 122 の制御入力に接続される。スイッチ部 122 は、制御信号の内容に応じて、パス毎に算出された重み係数又は全パスに共通の重み係数を選択し、それをアンテナ素子 104 毎に設けられた乗算部 130 に与える。乗算部 130 は、そこに与えられた重み係数を、受信信号に複素乗算し、その結果を加算部 132 に与える。加算部 132 は、重み付けされた各アンテナ素子 104 からの受信信号を合成し、それを復調部 134 に与える。図示の都合上省略されているが、パス 1 以外のパスに関する処理要素についても、パス 1 用の処理要素 116 と同様な要素が設けられている。各処理要素 116，118 からの出力は、復調部 134 に入力される。復調部 134 は、例えばレイク合成のような適切な合成手法を利用しながら、受信信号を復調する。尚、図 1 では、全パスに共通の重み係数が、並列に設けられた L 個の処理要素 116，118 総てを経由するように描かれているが、全パスに共通の重み係数を利用する場合には 1 つの処理要素（例えば、パス 1 用の処理要素 116）のみを利用して、重み付けされた受信信号を復調部 134 に与えるように構成することも可能である。

【 0 0 2 2 】

図 2 は、無線受信機 100 の本発明に関する主要な動作を示すフローチャートである。フロー 200 は、ステップ 202 から始まり、複数のアンテナ素子 104 を通じて信号が受信され、受信フロントエンド 106 及びアナログディジタル変換部 108 における適切な信号処理が行なわれる。各アナログディジタル変換部 108 からの出力は、到来方向推定部 110 に入力される。そして、フロー 200 はステップ 204 に進む。

【 0 0 2 3 】

ステップ 204 では、受信信号に含まれる複数のパスの到来方向が推定される。この処理は、到来方向推定部 110 の第 1 及び第 2 到来方向推定部 112, 114 に共通して行なわれる。

【 0 0 2 4 】

図 3 は、パス毎の到来方向を推定する様子を示す概念図である。ここでは、移動端末 302 から発せられた送信信号に含まれるパスの到来方向を、無線基地局 304 が推定する場合を想定している。移動端末 302 からの送信信号は、上りリンクにおけるマルチパスフェージングの影響を受けながら、L 個のパスとして無線基地局 304 に到達するものとする。即ち、図 3 では代表的に 1 番目即ち先頭パス（パス 1）と、L 番目のパス（パス L）とが描かれているが、実際には L 個のパスが存在する。無線基地局 302 の到来方向推定部 110 では、パスを区別し得る程度に狭い指向性を有するビームパターン 306 を、矢印 308 に示されるようにして、セル又はセクタ全域を掃引し（簡単のため、ここでは、120 度程度の広がり有するセクタを掃引することを想定している。）、到来波の受信電力を測定する。

【 0 0 2 5 】

図4は、そのような掃引をすることで得られる電力プロファイルの模式図を示す。電力プロファイル $P(\theta, t)$ は、到来方向 (θ) 及び遅延時間 (t) の関数として測定される。到来方向の推定は、ビームフォーマー法、カポン(Capon)法、ミュージック(MUSIC)法その他の当該技術分野で既知の手法を利用して行なうことが可能である。

【 0 0 2 6 】

パス毎の到来方向を推定する第１到来方向推定部１１２では、第１～第Ｌ番目のパスの各受信タイミング $t_1, t_2, \dots, t_L$ において、最も大きな受信電力 $P(\theta, t=t_i)$ ($i=1, \dots, L$)を与える角度 θ をそのパスの到来方向 θ_i とすることがで

きる。全パスに共通の到来方向を推定する第2到来方向推定部114では、到来方向毎に $(\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_L)$ の各々について、第1～第L番目のパスの各受信タイミング $t_1, t_2, \dots, t_L$ における電力値の総和 $P_1, P_2, \dots, P_L$ を求め、最大の電力和を与える方向を、全パスに共通の到来方向とすることができる。ここで、 $P_i = P(\theta_i, t_1) + P(\theta_i, t_2) + \dots + P(\theta_i, t_L)$ ($i = 1, \dots, L$)である。或いは、次式に示されるように、そのようにして求めた電力和 $P_1, P_2, \dots, P_L$ を用いて平均化された方向 θ_{ave} を、全パスに共通の到来方向とすることも可能である。

【0027】

【数1】

10

$$\theta_{avg} = \frac{\sum_{i=1}^L P_i \theta_i}{\sum_{i=1}^L P_i}$$

尚、本実施例では簡単のため水平方向の角度（方位角）のみを到来方向として取り扱っているが、より一般的に垂直方向の角度（仰角）を考慮することも可能である。到来方向が推定されると、フロー200はステップ206に進む。

20

【0028】

ステップ206では、複数のパス間の角度広がり（最大値）が測定される。角度広がり（最大値）は、複数の到来方向の間のなす角度（最大値）で規定される。この角度は、例えば、図5に示されるように、受信電力が最大値から所定の範囲内（例えば、5dB以内）に含まれるパスの到来方向の最大値と最小値の差分として求めることが可能である。図5に示す例では、受信電力が最大値から5dB以内の範囲にあるパス1, 2, 3の内、到来方向の最小値 θ_1 と、最大値 θ_2 との間の差分 $\theta_2 - \theta_1$ が、角度広がり（最大値）の検出値として求められる。或いは、図4に示されるような電力プロファイルの測定結果に基づいて、次式に示されるような、到来方向の標準偏差（standard deviation） σ 又は分散（variance）を算出し、それを角度広がり（標準偏差）とすることも可能である。

30

【0029】

【数2】

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^L (\theta_i - \theta_{avg})^2 P_i}{\sum_{i=1}^L P_i}}, \quad \theta_{avg} = \left(\sum_{i=1}^L P_i \theta_i \right) / \left(\sum_{i=1}^L P_i \right)$$

40

ここで、 $\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_L$ は、各パスの到来方向であり、 $P_1, P_2, \dots, P_L$ は各受信タイミング $t_1, t_2, \dots, t_L$ における電力値の総和である。いずれにせよ、角度広がり（標準偏差）が算出されると、フロー200はステップ208に進む。

【0030】

ステップ208では、測定された角度広がり（最大値）が所定値を超えるか否かが判別される。この判別は、閾値判定部128にて行なわれる。所定値即ち閾値は、経験的に又はシミュレーションにより事前に設定される。角度広がり（最大値）が閾値より大きい場合は、フロー200はステップ210に進む。

50

【 0 0 3 1 】

ステップ 2 1 0 では、パス毎に重み係数を算出する重み係数算出部 1 2 0 からの出力が選択されるように制御信号を生成し、それをスイッチ部 1 2 2 に与える。この場合に選択される重み係数は、図 6 に示されるように、パスの各々にメインビームを向けるビームパターンを実現するようなものである。図中、 α は角度広がりを示す。図 6 では、簡単のため、パス 1 とパス L のみが描かれ、それらにメインビームが向く 2 つのビームが図示されているが、それ以上の到来方向にメインビームが向くビームパターンを実現することにも当然に可能である。一方、角度広がりが閾値より大きくない場合は、フロー 2 0 0 はステップ 2 1 2 に進む。

【 0 0 3 2 】

10

ステップ 2 1 2 では、全パスにつき M 個 1 組の重み係数を算出する重み係数算出部 1 2 4 からの出力が選択されるように制御信号を生成し、それをスイッチ部 1 2 2 に与える。この場合に選択される重み係数は、図 7 に示されるように、ある 1 つの方向又は平均的な 1 つの到来方向にメインビームが向くビームパターンを実現するようなものである。

【 0 0 3 3 】

ステップ 2 1 2 にて（全パスにつき 1 組の重み係数を算出する重み係数算出部 1 2 4 にて）算出される重み係数は、例えば、次式に示される数式を利用して算出することが可能である。

【 0 0 3 4 】

【 数 3 】

20

$$w = \frac{1}{\sqrt{M}} \begin{bmatrix} 1 \\ \exp\{j2\pi d \sin\theta / \lambda_u\} \\ \vdots \\ \exp\{j2\pi d(M-1) \sin\theta / \lambda_u\} \end{bmatrix}$$

但し、 w は M 個 1 組の重み係数ベクトルであり、 M はアンテナ素子数であり、 θ は所望の 1 つの到来方向であり、 d は隣接するアンテナ素子間の距離であり、 λ_u はキャリア周波数における波長である。この重み係数は、方位角 θ の方向に指向性を有するビームパターンを実現する。ステップ 2 1 0（パス毎の重み係数算出部 1 2 0）で算出される重み係数は、パス毎に上記の数式で算出されるような重み係数を算出し、それらを重ね合わせることで求めることが可能である。尚、重み係数の具体的な算出方法は、上記の数式を利用する場合に限定されず、様々な既存の手法を利用して求めることが可能である。

30

【 0 0 3 5 】

重み係数が設定されると、フロー 2 0 0 はステップ 2 1 4 に進み、重み係数を決定する処理を終え、以後受信信号処理が行なわれる。設定された重み係数は、乗算部 1 3 0 にて受信信号に乗算され、重み付けされた受信信号は、加算部 1 3 2 にて合成され、復調部 1 3 4 に与えられることによって、復調される。

40

【 0 0 3 6 】

本願実施例によれば、電波の到来方向を推定しながら重み係数を算出するので、LMS のような収束に長時間を要するアルゴリズムを使用せずに、適切なビームパターンを速やかに作成することが可能になる。

【 0 0 3 7 】

本願実施例によれば、到来波の角度広がりの広狭に合わせて重み係数の算出方法を適宜切り替えるので、角度広がりの広狭によらず、適切なビームパターンを作成することが可能になる。即ち、角度広がりが大きい場合は、パス毎に算出される重み係数を利用することで、受信特性の劣化を抑制する。一方、角度広がりが小さい場合には、全パスを合成し

50

た信号に基づいて重み係数を算出することで、重み係数の推定精度を向上させる。従って、パス間の角度広がり広狭によらず、重み係数の推定精度及び受信特性の劣化を抑制し、良好なビームパターンを実現することが可能になる。

【実施例 2】

【0038】

図 8 は、本願実施例による無線通信機の内、本発明に特に関連する機能を示す機能ブロック図である。概して、図 8 に示される要素には、「8」から始まる参照番号が付される。無線受信機 800 は、アレーアンテナ部 802 を形成する複数のアンテナ素子 804 を有する。簡単のため、3つのアンテナ素子 804 のみが描かれているが、アンテナ素子数は適切な任意の数に設定することが可能である。アレーアンテナ部 802 の各アンテナ素子 804 は、適切な指向性（ビームパターン）を実現するのに適切であるように、その寸法、間隔及び形状等が設定される。各アンテナ素子 804 には受信フロントエンド部 806 が接続され、受信フロントエンド部 806 は、周波数変換、帯域制限、電力増幅その他の受信フロントエンドに関する処理を行なう。各受信フロントエンド部 806 の出力にはアナログディジタル変換部 808 がそれぞれ設けられている。各アナログディジタル変換部 808 の出力は、それぞれベースバンド受信部 810, 812, 814 に与えられる。ベースバンド受信部は、図 1 のアナログディジタル変換部 108 以降に示される要素（具体的には、参照番号 110 乃至 134 で示される要素）のような信号処理を行なう。ベースバンド受信部 810, 812, 814 は、それぞれ第 1 乃至第 3 移動端末に対する再生データを出力する。但し、図 8 では、第 1 乃至第 3 移動端末毎に別々にベースバンド受信部が描かれている点、即ち到来波の送信元を区別しながら受信信号処理が行われる点に留意を要する。尚、本実施例では、簡単のため無線基地局は 3 つの移動端末と通信するように図示されているが、任意の数の移動端末と通信する場合に本発明を適用することが当然に可能である。また、アンテナ素子数と移動端末の数を一致させることは必須ではない。

【0039】

無線通信機 800 はベースバンド送信部 816, 818, 820 を有し、第 1 乃至第 3 移動端末に対する送信データに関するベースバンドにおける信号処理を行なう。無線送信機 800 は、アンテナ素子 808 毎に設けられた加算部 822 を有し、各加算部 822 が、各ベースバンド送信部 816, 818, 820 から出力される信号を重ね合わせ、その出力をディジタルアナログ変換部 824 に与える。無線送信機 800 は、アンテナ素子 804 毎に設けられた送信フロントエンド部 826 を有し、各送信フロントエンド部 826 は、ディジタルアナログ変換部 824 の出力に、周波数変換、帯域制限、電力増幅その他の送信フロントエンド部に関する信号処理を行なう。送信フロントエンド部 826 からの出力は、サーキュレータ部 828 を通じてアンテナ素子 804 に接続され、無線送信される。

【0040】

図 9 は、あるベースバンド送信部に関する機能ブロック図を示す。説明の便宜上、このベースバンド送信部は、第 1 移動端末用のベースバンド送信部 816 であるとするが、他の移動端末用のベースバンド送信部 818, 820 についても同様である。ベースバンド送信部 816 は到来方向記憶部 902 を有し、到来方向記憶部 902 は、ベースバンド受信部 810 にて推定された、第 1 移動端末からの受信信号に含まれるパスの到来方向及び角度広がりに関するデータが格納される。より具体的には、第 1 移動端末用のベースバンド受信部 810 を構成する到来方向推定部、角度広がり推定部及び閾値判別部（図 1 の 110, 126, 128）等から得られた情報が、第 1 移動端末に関する到来方向情報として到来方向記憶部 902 に格納される。ベースバンド送信部 816 は、到来方向情報に基づいて、M 個 1 組の送信時の重み係数を算出する重み係数算出部 904 を有する。但し、M はアンテナ素子 804 の素子数である。重み係数算出部 904 で算出された重み係数は、アンテナ素子毎に設けられた乗算部 906 の一方の入力にそれぞれ与えられる。他方、ベースバンド送信部 816 は送信フレーム生成部 908 を有し、送信フレーム生成部 908 は、第 1 移動端末宛の送信データを、例えば適切な無線パケットを形成するようにフレー

ム構成を変換する。更に、ベースバンド送信部 816 は分配部 910 を有し、分配部 910 は、送信フレーム生成部 908 の出力を、アンテナ素子 804 の数だけ分配させ、それらを乗算部 906 の他方の入力に入力する。各乗算部 906 の出力は、それぞれ加算部 822 に与えられる。

【0041】

図 10 は、無線通信機 800 の本発明に関する主要な動作を示すフローチャートである。本実施例では、無線通信機 800 は、移動端末 1, 2, 3 と通信を行う無線基地局である。フロー 1000 は、ステップ 1002 から始まり、複数のアンテナ素子 804 を通じて信号が受信され、受信フロントエンド及びアナログディジタル変換部における適切な信号処理が行なわれる。各アナログディジタル変換部 808 からの出力は、ベースバンド受信部 810, 812, 814 に入力される。そして、フロー 1000 はステップ 1004 に進む。概して、ステップ 1004, 1006 及び 1008 における動作は、図 2 のステップ 204, 206 及び 208 に関して説明した動作と同様である。

【0042】

ステップ 1004 では、受信信号に含まれる複数のパスの到来方向が推定される。この処理は、図 1 の到来方向推定部 110 に関連して説明したようにして行なわれる。

【0043】

ステップ 1006 では、図 1 の角度広がり推定部 126 に関連して説明したようにして、複数のパス間の角度広がりが測定される。

【0044】

ステップ 1008 では、測定された角度広がりが所定値を超えるか否かが判別される。この判別は、図 1 の閾値判定部 128 のような要素にて行なわれる。ステップ 1004 にて推定したパス毎の到来方向、ステップ 1006 にて測定した角度広がり、及びステップ 1008 にて判別した角度広がりの大小関係等に関する情報は、到来方向情報として、各ベースバンド送信部 816, 818, 820 (図 8) の到来方向記憶部 902 (図 9) に格納される。角度広がりが閾値より大きい場合は、フロー 1000 はステップ 1010 に進み、そうでなければステップ 1012 に進み、適切な重み係数が算出される。到来方向情報に基づいて、各移動端末に対する送信信号のビームパターンを決定する重み係数が算出される。これは、重み係数算出部 904 にて行なわれる。図 11 乃至図 13 に示されるように、様々な重み係数を算出することが可能である。

【0045】

図 11 は、複数のパス内、最大受信電力を与えるパスの到来方向 θ_1 に、送信ビームのメインローブを向けるように重み係数を算出する様子を示す。図中、 w は重み係数ベクトルであり、 M はアンテナ素子数であり、 d はアンテナ素子間の間隔であり、 λ_D はダウンリンクのキャリア周波数における波長を表す。

【0046】

図 12 は、複数のパスの到来方向の各々 $\theta_1, \dots, \theta_L$ に、送信ビームのメインローブを向けるように重み係数を算出する様子を示す。

【0047】

図 13 は、複数のパスに関する平均的な到来方向 θ_{ave} に、送信ビームのメインローブを向けるように重み係数を算出する様子を示す。

【0048】

図 12 に示されるビームパターンを実現する重み係数は、角度広がりが大きい場合に有利であり、図 13 に示されるような重み係数は、角度広がりが小さい場合に有利である。図 11 に示されるような重み係数は、角度広がりが小さい場合に使用可能であるのはもちろんのこと、角度広がりが大きい場合に使用する余地もある。というのも、通信環境によっては、角度広がりが大きい場合に総てのパスに向けて送信信号を分散させるよりも、特定の方向に送信信号を集中させて送信した方が移動端末に良好に到達する場合もあり得るからである。ステップ 1010 及びステップ 1012 において、図 11 に示されるビームパターンを実現する重み係数を採用するか又はそれ以外の重み係数を採用するかについて

は、角度広がり広狭に加えて、例えば電力プロファイルにおける遅延時間の長短を考慮することも可能である。例えば、角度広がり広い場合に、各パスの遅延時間が短ければ図12に示される重み係数を選択し、遅延時間が長ければ図11に示す重み係数を選択することが可能である。

【0049】

このようにして重み係数が適切に設定された後は、フロー1000はステップ1014に進み、送信時の重み係数の設定を終了する。

【0050】

本実施例によれば、到来波の送信元を識別しながら到来方向を推定し、その推定結果を用いて送信時の重み係数を算出するので、所望の通信相手に信号を送信する場合に、効果的に干渉波を抑圧しながら送信信号を送信することが可能になる。

10

【0051】

本実施例によれば、パス間の角度広がり及び/又は遅延時間の長短等に応じて、様々なビームパターンを実現する重み係数の中で適切なものを使用される。従って、通信環境又は伝送路の状況に合わせて適切な信号伝送を行なうことが可能になる。

【0052】

本実施例によれば、パス間の角度広がり広狭に応じて適切な重み係数が算出されるので、通信相手に効率的に信号を送信することができる。その結果、例えば無線基地局における送信電力を節約することが可能になり、節約できた分だけカバレッジ及びリンク容量を増加させることも可能になる。

20

【0053】

以上説明したように、本願実施例によれば、上下リンクの通信が非対称な無線通信環境であっても、良好に干渉波を抑圧するアレーアンテナのビームパターンを作成することが可能になる。

【図面の簡単な説明】

【0054】

【図1】本願実施例による無線受信機の主要な要素の機能ブロック図を示す。

【図2】本願実施例による無線受信機の主要な動作を示すフローチャートである。

【図3】パスの到来方向を測定する様子を示す概念図である。

【図4】パスの到来方向及び遅延時間に関する電力プロファイルの模式図を示す。

30

【図5】角度広がり算出のために使用される電力プロファイルの模式図を示す。

【図6】パス毎に算出される重み係数により実現されるビームパターンを示す図である。

【図7】全パスに共通する重み係数により実現されるビームパターンを示す図である。

【図8】本願実施例による無線通信装置の主要な要素の機能ブロック図を示す。

【図9】本願実施例による無線通信装置に使用されるベースバンド送信部の機能ブロック図を示す。

【図10】本願実施例による無線通信装置の主要な動作を示すフローチャートである。

【図11】本願実施例による無線通信装置の送信ビームパターン例を示す概念図である。

【図12】本願実施例による無線通信装置の送信ビームパターン例を示す概念図である。

【図13】本願実施例による無線通信装置の送信ビームパターン例を示す概念図である。

40

【符号の説明】

【0055】

100 無線受信装置

102 アレーアンテナ部

104 アンテナ素子

106 受信フロントエンド部

108 アナログデジタル変換部

110 到来方向推定部

112 第1到来方向推定部

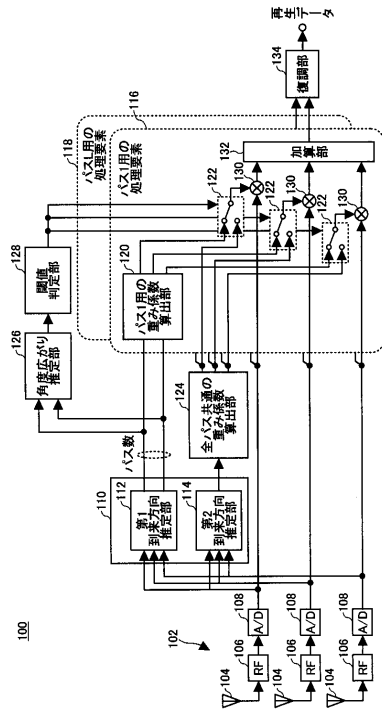
114 第2到来方向推定部

50

1 1 6 , 1 1 8	パス毎の処理要素	
1 2 0	パス 1 用の重み係数算出部	
1 2 2	スイッチ部	
1 2 4	全パス共通の重み係数算出部	
1 2 6	角度広がり推定部	
1 2 8	閾値判定部	
1 3 0	乗算部	
1 3 2	加算部	
1 3 4	復調部	
3 0 2	移動端末	10
3 0 4	無線基地局	
3 0 6	ビームパターン	
8 0 0	無線通信装置	
8 0 2	アレーアンテナ部	
8 0 4	アンテナ素子	
8 0 6	受信フロントエンド部	
8 0 8	アナログデジタル変換部	
8 1 0 , 8 1 2 , 8 1 4	ベースバンド受信部	
8 1 6 , 8 1 8 , 8 2 0	ベースバンド送信部	
8 2 2	加算部	20
8 2 4	デジタルアナログ変換部	
8 2 6	送信フロントエンド部	
8 2 8	サーキュレータ部	
9 0 2	到来方向記憶部	
9 0 4	重み係数算出部	
9 0 6	乗算部	
9 0 8	送信フレーム生成部	
9 1 0	分配部	

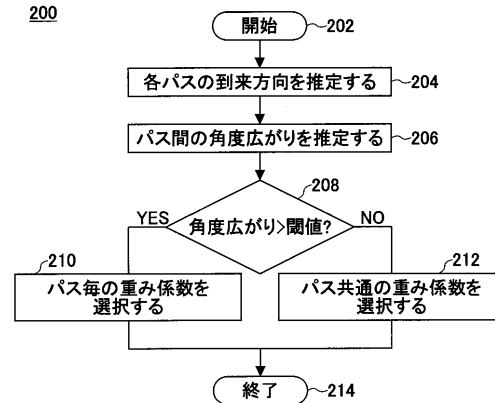
【図 1】

本願実施例による無線受信機の主要な要素の機能ブロック図



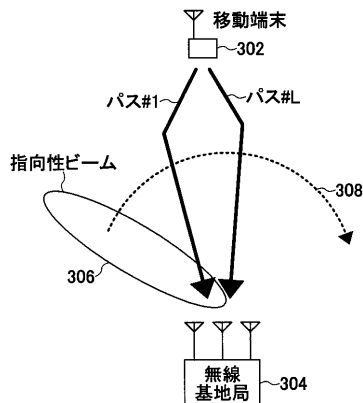
【図 2】

本願実施例による無線受信機の主要な動作を示すフローチャート



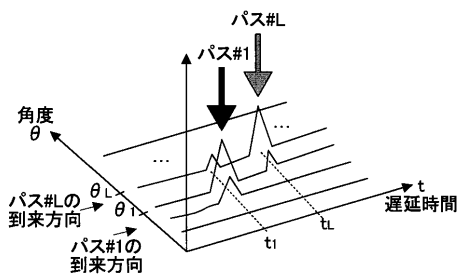
【図 3】

パスの到来方向を測定する様子を示す概念図



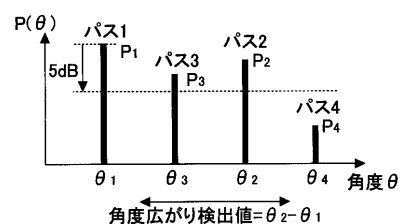
【図 4】

パスの到来方向及び遅延時間に関する電力プロファイルの模式図



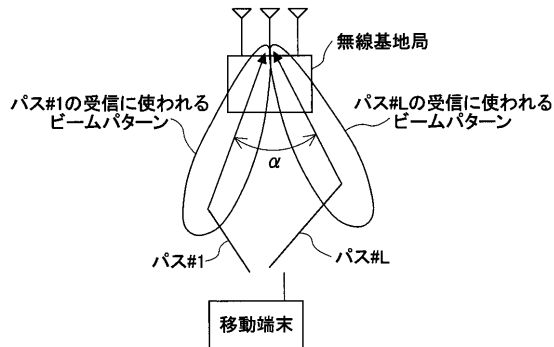
【図 5】

角度広がり算出するために使用される電力プロファイルの模式図



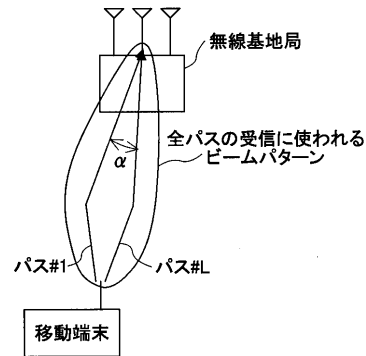
【 図 6 】

パス毎に算出される重み係数により実現される
ビームパターンを示す図



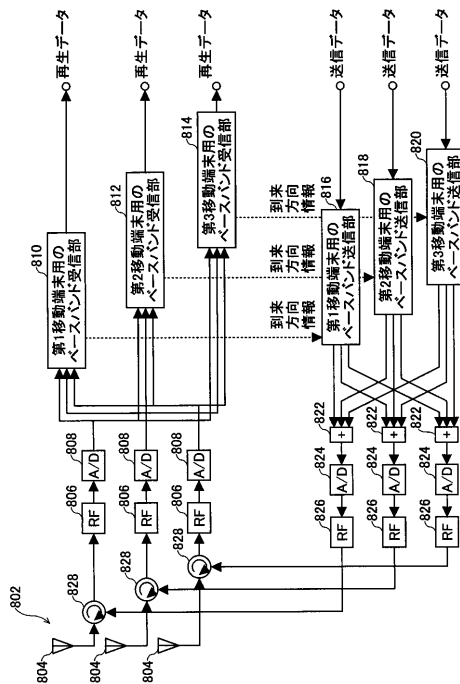
【 図 7 】

全パスに共通する重み係数により実現される
ビームパターンを示す図



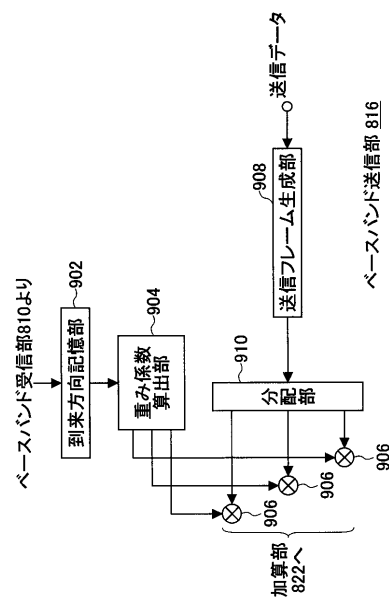
【 図 8 】

本願実施例による無線通信装置の 主要な要素の機能ブロック図



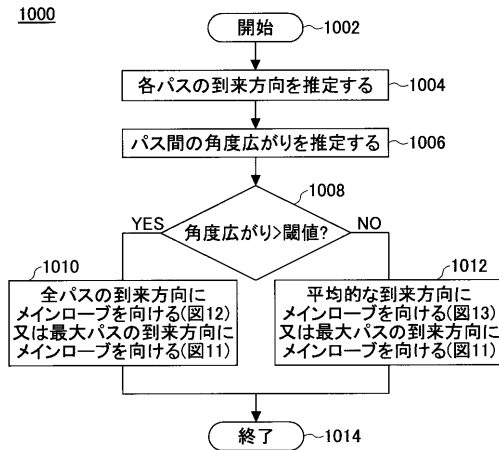
【 図 9 】

本願実施例による無線通信装置に使用される
ベースバンド送信部の機能ブロック図



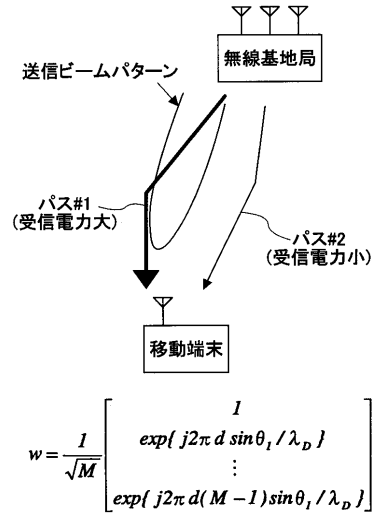
【図 10】

本願実施例による無線通信装置の
主要な動作を示すフローチャート



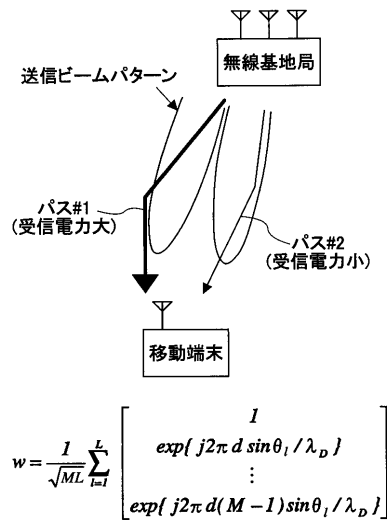
【図 11】

本願実施例による無線通信装置の
送信ビームパターン例を示す概念図



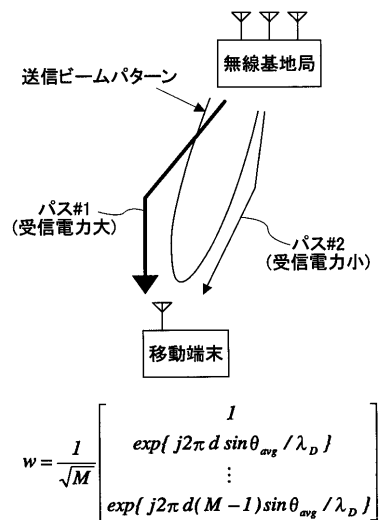
【図 12】

本願実施例による無線通信装置の
送信ビームパターン例を示す概念図



【図 13】

本願実施例による無線通信装置の
送信ビームパターン例を示す概念図



フロントページの続き

(72)発明者 佐和橋 衛

東京都千代田区永田町二丁目 1 1 番 1 号 株式会社エヌ・ティ・ティ・ドコモ内

審査官 丹治 彰

(56)参考文献 特開 2 0 0 4 - 0 3 2 6 5 6 (J P , A)

特開 2 0 0 3 - 1 1 0 4 7 6 (J P , A)

特開 2 0 0 1 - 2 2 3 5 1 6 (J P , A)

特開 2 0 0 2 - 0 1 6 5 3 4 (J P , A)

特開 2 0 0 2 - 3 6 8 6 6 3 (J P , A)

特開 2 0 0 2 - 0 8 4 2 1 7 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

H 0 4 B 7 / 0 2 - 7 / 1 2

H 0 1 Q 3 / 2 6