(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7597218号
(P7597218)

(45)発行日　令和6年12月10日(2024.12.10)

(24)登録日　令和6年12月2日(2024.12.2)

(51)国際特許分類
Ｇ０１Ｓ　3/20 (2006.01)

ＦＩ
Ｇ０１Ｓ　3/20

請求項の数　3　（全12頁）

(21)出願番号　特願2023-528818(P2023-528818)
(86)(22)出願日　令和3年6月15日(2021.6.15)
(86)国際出願番号　PCT/JP2021/022733
(87)国際公開番号　WO2022/264281
(87)国際公開日　令和4年12月22日(2022.12.22)
審査請求日　令和5年10月2日(2023.10.2)

(73)特許権者　000004226
日本電信電話株式会社
東京都千代田区大手町一丁目５番１号
(74)代理人　110003199
弁理士法人高田・高橋国際特許事務所
(72)発明者　吉岡 正文
東京都千代田区大手町一丁目５番１号
日本電信電話株式会社内
(72)発明者　永瀬 文昭
東京都千代田区大手町一丁目５番１号
日本電信電話株式会社内
(72)発明者　栗山 圭太
東京都千代田区大手町一丁目５番１号
日本電信電話株式会社内
(72)発明者　宮城 利文
最終頁に続く

(54)【発明の名称】　電波到来方向推定装置、電波到来方向推定方法、及び電波到来方向推定プログラム

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

アンテナパターンが不均一であるアンテナが任意の順次に向けられた複数の異なる方向を示すアンテナ角度をそれぞれ取得するアンテナ角度取得部と、

前記アンテナ角度取得部が取得したアンテナ角度それぞれにおいて前記アンテナが電波を受信した受信強度をそれぞれ測定する受信強度測定部と、

前記アンテナ角度取得部が取得したアンテナ角度、及び前記受信強度測定部が測定した受信強度と、前記アンテナのアンテナパターンとの一致度を、前記アンテナ角度取得部が取得したアンテナ角度ごとに算出する一致度算出部と、

前記一致度算出部が算出した一致度が最大であるアンテナ角度を電波の到来方向と推定する推定部と、

前記受信強度測定部が測定した受信強度から到来波又は遅延波の成分を分離させる分離部とを有し、

前記一致度算出部は、

前記アンテナ角度取得部が取得したアンテナ角度、及び前記分離部が分離させた到来波又は遅延波の受信強度と、前記アンテナのアンテナパターンとの一致度を、前記アンテナ角度取得部が取得したアンテナ角度ごとに算出し、

前記分離部は、

送信局が送信した既知パターンとの相関により、送信局からの伝搬時間が同一である到来波又は遅延波ごとに分離させること

を特徴とする電波到来方向推定装置。
【請求項２】
アンテナパターンが不均一であるアンテナが任意の順次に向けられた複数の異なる方向を示すアンテナ角度をそれぞれ取得するアンテナ角度取得工程と、
取得したアンテナ角度それぞれにおいて前記アンテナが電波を受信した受信強度をそれぞれ測定する受信強度測定工程と、
取得したアンテナ角度、及び測定した受信強度と、前記アンテナのアンテナパターンとの一致度を、取得したアンテナ角度ごとに算出する一致度算出工程と、
算出した一致度が最大であるアンテナ角度を電波の到来方向と推定する推定工程と、
測定した受信強度から到来波又は遅延波の成分を分離させる分離工程
を含み、
前記一致度算出工程では、
取得したアンテナ角度、及び分離させた到来波又は遅延波の受信強度と、前記アンテナのアンテナパターンとの一致度を、取得したアンテナ角度ごとに算出し、
前記分離工程では、
送信局が送信した既知パターンとの相関により、送信局からの伝搬時間が同一である到来波又は遅延波ごとに分離させること
を特徴とする電波到来方向推定方法。
【請求項３】
請求項１に記載の電波到来方向推定装置の各部としてコンピュータを機能させるための電波到来方向推定プログラム。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、電波到来方向推定装置、電波到来方向推定方法、及び電波到来方向推定プログラムに関する。
【背景技術】
【０００２】
無線通信システムにおける電波の到来方向を推定する方法として、従来から多くの方法が提案されている。例えば、複数のアンテナ素子を備えたアレーアンテナを用いて得られる相関行列から電波の到来方向を推定する方法は公知である。
【０００３】
また、非特許文献１には、ＭＵＳＩＣアルゴリズム（MUltiple SIgnal Classification）を使用し、アレイ・アンテナを用いて電波の到来方向を推定する方法が開示されている。
【先行技術文献】
【非特許文献】
【０００４】
【文献】Minseok Kim、「到来方向推定システムの基礎と実施例」、Design Wave Magazine、ＣＱ出版株式会社、2007年12月号、p.112-118
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【０００５】
しかしながら、従来は、メインローブやＮＵＬＬ点を自由に設定可能なアレーアンテナを用いることが前提とされていた。また、ＶＨＦ帯（Very High Frequency band）などの低周波数帯を用いる無線通信システムでは、アンテナ素子のサイズが大きくなってしまい、複数のアンテナ素子を用いたアレーアンテナを用意することは大きな負担となり、設置も困難になることがあった。
【０００６】
本発明は、指向性の強いアレーアンテナが用いられなくても、電波の到来方向を推定することができる電波到来方向推定装置、電波到来方向推定方法、及び電波到来方向推定プ

ログラム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】
【０００７】
本発明の一態様にかかる電波到来方向推定装置は、アンテナパターンが不均一であるアンテナが任意の順次に向けられた複数の異なる方向を示すアンテナ角度をそれぞれ取得するアンテナ角度取得部と、前記アンテナ角度取得部が取得したアンテナ角度それぞれにおいて前記アンテナが電波を受信した受信強度をそれぞれ測定する受信強度測定部と、前記アンテナ角度取得部が取得したアンテナ角度、及び前記受信強度測定部が測定した受信強度と、前記アンテナのアンテナパターンとの一致度を、前記アンテナ角度取得部が取得したアンテナ角度ごとに算出する一致度算出部と、前記一致度算出部が算出した一致度が最大であるアンテナ角度を電波の到来方向と推定する推定部と、前記受信強度測定部が測定した受信強度から到来波又は遅延波の成分を分離させる分離部とを有し、前記一致度算出部は、前記アンテナ角度取得部が取得したアンテナ角度、及び前記分離部が分離させた到来波又は遅延波の受信強度と、前記アンテナのアンテナパターンとの一致度を、前記アンテナ角度取得部が取得したアンテナ角度ごとに算出し、前記分離部は、送信局が送信した既知パターンとの相関により、送信局からの伝搬時間が同一である到来波又は遅延波ごとに分離させることを特徴とする。
【０００８】
また、本発明の一態様にかかる電波到来方向推定方法は、アンテナパターンが不均一であるアンテナが任意の順次に向けられた複数の異なる方向を示すアンテナ角度をそれぞれ取得するアンテナ角度取得工程と、取得したアンテナ角度それぞれにおいて前記アンテナが電波を受信した受信強度をそれぞれ測定する受信強度測定工程と、取得したアンテナ角度、及び測定した受信強度と、前記アンテナのアンテナパターンとの一致度を、取得したアンテナ角度ごとに算出する一致度算出工程と、算出した一致度が最大であるアンテナ角度を電波の到来方向と推定する推定工程と、測定した受信強度から到来波又は遅延波の成分を分離させる分離工程を含み、前記一致度算出工程では、取得したアンテナ角度、及び分離させた到来波又は遅延波の受信強度と、前記アンテナのアンテナパターンとの一致度を、取得したアンテナ角度ごとに算出し、前記分離工程では、送信局が送信した既知パターンとの相関により、送信局からの伝搬時間が同一である到来波又は遅延波ごとに分離させることを特徴とする。
【発明の効果】
【０００９】
本発明によれば、指向性の強いアレーアンテナが用いられなくても、電波の到来方向を推定することができる。
【図面の簡単な説明】
【００１０】
【図１】通信装置の構成例を示す図である。
【図２】（ａ）は、３つの異なるアンテナ角度でアンテナが受信した電波の受信強度を例示する図である。（ｂ）は、遅延波の成分及び雑音などを分離させた後の３つのアンテナ角度と電波強度を例示する図である。
【図３】（ａ）は、アンテナのアンテナパターンを例示する図である。（ｂ）は、推定部がアンテナパターンを用いて電波の到来方向を推定した結果を模式的に示す図である。
【図４】一実施形態にかかる電波到来方向推定装置の動作例を示すフローチャートである。
【図５】（ａ）は、アンテナパターン記憶部が記憶しているアンテナパターンのデータを例示する図である。（ｂ）は、アンテナが回転したときのアンテナ角度取得部が取得したアンテナ角度と、受信強度測定部が測定した受信強度との対応を例示する図である。（ｃ）は、一致度算出部が一致度を算出するときに行う処理を例示する図である。（ｄ）は、推定部が電波の到来方向を推定した結果を例示する図である。
【図６】一実施形態にかかる電波到来方向推定装置のハードウェア構成例を示す図である。
【発明を実施するための形態】

【００１１】
以下に、図面を用いて一実施形態にかかる電波到来方向推定装置について説明する。図１は、通信装置１の構成例を示す図である。通信装置１は、アンテナ２、回転駆動部３、制御部４、及び一実施形態にかかる電波到来方向推定装置５を備え、受信局としての機能を有する。
【００１２】
アンテナ２は、例えば水平方向に回転自在に設けられており、ＶＨＦ帯などの低周波数帯の送信局から送信された電波（信号）を受信し、受信信号を電波到来方向推定装置５に対して出力する。アンテナ２のアンテナパターン（放射パターン）は、不均一になっている（図４参照）。なお、アンテナパターンが不均一であるとは、無指向性ではなく、弱い指向性があることを示すこととする。
【００１３】
回転駆動部３は、制御部４の制御に応じてアンテナ２を例えば水平方向に回転させるように駆動し、アンテナ２を順次に３６０度の全方向へ向ける。
【００１４】
制御部４は、操作部（図示せず）に対する作業者の操作に応じて、回転駆動部３及び電波到来方向推定装置５を制御する。なお、アンテナ２は、回転駆動部３及び制御部４によらず、作業者の手によって任意の方向に向けられてもよい。
【００１５】
電波到来方向推定装置５は、アンテナ角度取得部５０、受信強度測定部５１、分離部５２、取得情報記憶部５３、アンテナパターン記憶部５４、一致度算出部５５、及び推定部５６を有する。
【００１６】
アンテナ角度取得部５０は、回転駆動部３が回転させたアンテナ２が順次に向けられた複数の異なる方向を示すアンテナ角度をそれぞれ取得し、受信強度測定部５１及び取得情報記憶部５３に対して出力する。アンテナ角度取得部５０は、アンテナ角度を示すデータをアンテナ２から受信してもよいし、制御部４から取得してもよい。また、アンテナ角度取得部５０は、作業者が操作部（図示せず）に対して入力するデータからアンテナ角度をそれぞれ取得してもよい。
【００１７】
受信強度測定部５１は、アンテナ角度取得部５０が取得したアンテナ角度それぞれにおいてアンテナ２が電波を受信した受信強度をそれぞれ対応づけて測定し、測定結果を分離部５２に対して出力する。
【００１８】
例えば、受信強度測定部５１は、等間隔に離れた複数のアンテナ角度において受信強度を測定する。また、受信強度測定部５１は、受信強度を測定するアンテナ角度の全部又は一部を、設定可能なアンテナ角度の両端（最大角度と最小角度）と、残りの範囲の等間隔で離れたアンテナ角度に設定されて電波の受信強度を測定してもよい。また、受信強度測定部５１は、作業者が操作部（図示せず）に対して入力する受信強度の測定データから、アンテナ角度それぞれに対する受信強度をそれぞれ取得してもよい。
【００１９】
分離部５２は、受信強度測定部５１が測定した受信強度から、例えば遅延波の成分及び雑音などを分離させ、所定の到来波又は遅延波の受信強度とアンテナ角度を対応付けたデータそれぞれを取得情報記憶部５３に対して出力する。例えば、分離部５２は、送信局が送信する同期信号などの既知パターンと受信信号の相関により、干渉波や雑音を含まないように到来波及び遅延波を分離させる。
【００２０】
図２は、分離部５２が遅延波の成分及び雑音などを分離させて取得情報記憶部５３へ出力するデータを例示する図である。図２（ａ）は、３つの異なるアンテナ角度でアンテナ２が受信した電波の受信強度（縦軸）を例示する図である。図２（ｂ）は、遅延波の成分

及び雑音などを分離させた後の３つのアンテナ角度と電波強度を例示する図である。

【００２１】

送信局が送信し、マルチパスを介して伝搬される電波は、受信局では、到来波及び遅延波がある方向からある強度で到来しているように測定される。このとき、到来波及び遅延波が到来する方向は、一定（真値・一定値）である。

【００２２】

電波を受信するアンテナに指向性がある場合には、受信強度は、そのアンテナが向けられている角度における特性（指向性）により、測定値が大きくなったり小さくなったりする。つまり、受信強度は、アンテナの向けられている方向によって異なるように歪んでおり、均一ではない。

【００２３】

そこで、電波到来方向推定装置５は、アンテナ２の指向性（歪みの特性：アンテナパターン）を後述するアンテナパターン記憶部５４が記憶しているので、当該アンテナパターンを用いて到来方向（真値）を推定する。

【００２４】

図２（ａ）に示すように、例えば３つの異なるアンテナ角度Ａ，Ｂ，Ｃにおいて、アンテナ２は、それぞれ異なる受信強度の到来波及び遅延波を受信する。

【００２５】

そして、分離部５２は、送信局からアンテナ２までの伝搬時間などに基づいて、アンテナ２のアンテナ角度Ａ，Ｂ，Ｃそれぞれで受信した同一伝搬時間の到来波又は遅延波（若しくは第２遅延波以降の遅延波）ごとに分離する（図２（ａ））。

【００２６】

また、図２（ｂ）に示すように分離部５２は、アンテナ２の回転によるアンテナ角度Ａ，Ｂ，Ｃにおける同一伝搬時間の到来波（又は同一伝搬時間の遅延波）ごとに分離した受信強度を取得情報記憶部５３に対して出力する。つまり、分離部５２が取得情報記憶部５３に対して出力するデータは、アンテナ角度Ａ，Ｂ，Ｃの値と、アンテナ角度それぞれの受信強度との組み合わせであるため、図２（ｂ）に示した３つのベクトルに相当する。

【００２７】

ただし、分離部５２が取得情報記憶部５３に対して出力するデータは、送信局からアンテナ２までの距離が遠い場合には、いずれのアンテナ角度であっても受信強度が小さくなってしまう。そのため、後述する一致度算出部５５は、アンテナ角度Ａ，Ｂ，Ｃの値と、アンテナ角度それぞれの受信強度との組み合わせを、全体的に原点を基準として拡大又は縮小させて、アンテナパターンとの対比を容易にする。つまり、原点を基準に拡大又は縮小させた後の同一伝搬時間のアンテナ角度それぞれの受信強度の組合せを、原点を基準に回転させることによって、電波の真の到来方向を推定することが可能となる。

【００２８】

分離部５２は、アンテナ角度それぞれに対して、同一伝搬時間の到来波ごとに分離してもよいし、同一伝搬時間の遅延波ごとに分離してもよい。例えば、分離部５２は、最初の到来波を分離することが容易でない場合には、同一伝搬時間の遅延波ごとに分離したデータを取得情報記憶部５３に対して出力する。すなわち、電波到来方向推定装置５は、同一伝搬時間の到来波、又は同一伝搬時間の遅延波ごとに、受信強度の測定時刻における電波の到来方向をそれぞれ推定可能である。

【００２９】

取得情報記憶部５３（図１）は、例えばアンテナ角度取得部５０が取得したアンテナ角度を示すデータ、及び分離部５２が分離させた所定の到来波の受信強度とアンテナ角度を対応付けたデータそれぞれを記憶し、一致度算出部５５からのアクセスに応じて出力する。

【００３０】

アンテナパターン記憶部５４は、アンテナ２のアンテナパターンを示すデータ（アンテナ角度それぞれの利得）を記憶しており、一致度算出部５５からのアクセスに応じて出力する。

【００３１】
一致度算出部５５は、取得情報記憶部５３が記憶しているデータと、アンテナパターン記憶部５４が記憶しているデータとをそれぞれ読出して取得し、マッチング（一致度の比較）を図る。
【００３２】
例えば、一致度算出部５５は、アンテナ角度取得部５０が取得したアンテナ角度、及び受信強度測定部５１が測定した受信強度と、アンテナ２のアンテナパターンとの一致度を、アンテナ角度取得部５０が取得したアンテナ角度ごとに算出し、推定部５６に対して出力する。
【００３３】
より具体的には、一致度算出部５５は、アンテナ角度取得部５０が取得したアンテナ角度、及び分離部５２が遅延波の成分及び雑音を分離させた後の受信強度と、アンテナ２のアンテナパターンとの一致度を、アンテナ角度取得部５０が取得したアンテナ角度ごとに算出し、推定部５６に対して出力する。
【００３４】
また、一致度算出部５５は、伝送距離などによる受信電力の強弱を調整するために、任意のアンテナ角度の受信強度、受信電力の平均値に近いアンテナ角度の受信強度、受信電力が最大のアンテナ角度の受信強度等、又は所定のアンテナ角度の受信強度などを基準にして、他のアンテナ角度における受信強度を補正してもよい。また、一致度算出部５５は、アンテナ角度Ａ，Ｂ，Ｃの値と、アンテナ角度それぞれの受信強度との組み合わせを、全体的に原点を基準として拡大又は縮小させて、アンテナパターンとの照合を行ってもよい。
【００３５】
このように、一致度算出部５５は、同一伝搬時間のアンテナ角度それぞれの到来波（又は遅延波）の受信強度と、アンテナパターンとを照合して一致度を算出する。例えば、一致度算出部５５は、全体的に原点を基準として拡大又は縮小させたアンテナ角度それぞれの受信強度の組み合わせを、原点を基準として回転させて、アンテナパターンとの一致度を各方向に対して算出する。
【００３６】
このとき、一致度算出部５５は、同一伝搬時間に測定された受信強度の全てのデータを用いなくてもよい。例えば、一致度算出部５５は、図５を用いて後述する電波到来方向推定装置５の具体的な動作例のように、アンテナパターンとの差が大きな受信強度のデータを除外対象として用いずに、アンテナパターンとの一致度を算出する。
【００３７】
ただし、送信局からアンテナ２までの距離が長い場合には、アンテナ角度それぞれにおける受信強度が小さくなるため、アンテナパターンと照合して一致度を算出するときに、精度が低下することが考えられる。
【００３８】
そのため、一致度算出部５５は、まずアンテナ角度それぞれの受信強度の組み合わせを、全体的に原点を基準として拡大（又は縮小）させて、照合対象となるアンテナ角度それぞれにおける受信強度の大きさをアンテナパターンの大きさに近づける処理を行う。このとき、一致度算出部５５は、図５を用いて後述するように、ずれが大きな異常値と推定されるデータを除外する。
【００３９】
そして、一致度算出部５５は、大きさを近づけた照合対象を、原点を基準として回転させて、アンテナパターンとの一致度を各方向に対して算出することにより、一致度の算出精度を向上させる。
【００４０】
なお、一致度算出部５５は、到来波の角度及び受信強度と、アンテナパターンとの一致度の比較方法として、利得の差の絶対値の総和が最小になる組合せを選択してもよいし、

絶対値の２乗の総和が最小になる組合せなどを選択してもよい。

【００４１】

推定部５６は、一致度算出部５５が算出した一致度が最大であるアンテナ角度を、通信装置１に対する電波の到来方向であると推定する。ここで、一致度が最大とは、例えば、アンテナ角度及び受信強度と、アンテナパターンとの差が最小になる組合せとする。

【００４２】

図３は、推定部５６が推定する電波の到来方向を例示する図である。図３（ａ）は、アンテナ２のアンテナパターンを例示する図である。図３（ｂ）は、推定部５６がアンテナパターンを用いて電波の到来方向を推定した結果を模式的に示す図である。

【００４３】

推定部５６は、例えば一致度算出部５５がアンテナパターンの大きさに近づけるように拡大（又は縮小）させて算出したアンテナ角度それぞれの受信強度（図２（ｂ）参照）を、原点を基準として回転させて、アンテナパターン（図３（ａ））に対する一致度が最大であるアンテナ角度（図３（ｂ））を、通信装置１に対する電波の到来方向であると推定する。

【００４４】

図４は、一実施形態にかかる電波到来方向推定装置５の動作例を示すフローチャートである。図４に示すように、電波到来方向推定装置５は、回転するアンテナ２を介して、送信局が送信した信号を受信し（Ｓ１００）、複数のアンテナ角度に対する受信強度として到来波を取得する（Ｓ１０２）。

【００４５】

次に、電波到来方向推定装置５は、アンテナ角度それぞれにおける到来順が同じになる到来波を選択（抽出）し（Ｓ１０４）、アンテナ角度及び受信強度と、アンテナパターンとの一致度を、アンテナ角度ごとに算出する（Ｓ１０６）。

【００４６】

そして、電波到来方向推定装置５は、一致度が最大であるアンテナ角度を、通信装置１に対する電波の到来方向であると推定する（Ｓ１０８）。つまり、電波到来方向推定装置５は、アンテナパターンと実際に測定したアンテナ角度とを合わせて、電波の到来方向を推定する。

【００４７】

次に、電波到来方向推定装置５が電波の到来方向を推定する場合の具体的な動作例について説明する。図５は、電波到来方向推定装置５が電波の到来方法を推定する場合の具体的な動作例を示す図である。ここでは、１波のみが到来していることとする。

【００４８】

図５（ａ）は、アンテナパターン記憶部５４（図１）が記憶しているアンテナパターンのデータを例示する図である。図５（ｂ）は、アンテナ２が回転したときのアンテナ角度取得部５０が取得したアンテナ角度と、受信強度測定部５１が測定した受信強度との対応を例示する図である。図５（ｃ）は、一致度算出部５５が一致度を算出するときに行う処理を例示する図である。図５（ｄ）は、推定部５６が電波の到来方向を推定した結果を例示する図である。

【００４９】

図５（ａ）に示したように、アンテナパターン記憶部５４は、例えば－１７９度～＋１８０度の範囲で複数の角度（方向）と利得との組合せによって示されるアンテナパターンを示すデータを記憶している。

【００５０】

一致度算出部５５は、アンテナパターン記憶部５４が記憶しているデータから、例えば測定角度の組合せ（例えば、角度Ｅを中心に、角度Ｄと角度Ｅの差、及び角度Ｅと角度Ｆの差の３ポイント）を抜き出す。

【００５１】

例として、一致度算出部５５は、例えば以下の３ポイントを組みとして、アンテナパタ

ーン記憶部５４から複数の組（例１、例２など）を取得する。
【００５２】
（例１）
－４５度、－５ｄＢ
０度、０ｄＢ
＋４５度、－５ｄＢ
（例２）
０度、０ｄＢ
＋４５度、－５ｄＢ
＋９０度、－２０ｄＢ
【００５３】
また、一致度算出部５５は、図５（ｂ）に示したような測定されたデータを取得情報記憶部５３から取得する。また、一致度算出部５５は、図５（ｃ）に例示したように、測定された各アンテナ角のデータに対し、以下のように最大値に対する相対電力と反転角度（±の入れ替え）を算出する。
【００５４】
・角度Ｄ　→　０度、－５ｄＢ
・角度Ｅ　→　－４５度、０ｄＢ
・角度Ｆ　→　－９０度、－６ｄＢ
【００５５】
次に、一致度算出部５５は、アンテナ角度の小さい方から順に、（アンテナパターンｄＢ）－（測定結果ｄＢ）を算出し、±の差分が大きいデータを測定できなかったものとして除外対象とする。このとき、一致度算出部５５は、送信局からの距離などによって生じる受信電力の減衰の影響を補うように、アンテナ角度ごとの受信強度を、原点を基準として拡大（又は縮小）させて、アンテナパターンからずれていると推定されるデータを除外対象とする。
【００５６】
（例１）
－４５度→（－５ｄＢ）－（－６ｄＢ）＝１ｄＢ　・・・（除外対象）
０度→　（０ｄＢ）－（０ｄＢ）＝０ｄＢ
＋４５度→（－５ｄＢ）－（－５ｄＢ）＝０ｄＢ
（例２）
０度→（０ｄＢ）－（－６ｄＢ）＝６ｄＢ
＋４５度→（－５ｄＢ）－（０ｄＢ）＝－５ｄＢ
＋９０度→（－２０ｄＢ）－（－５ｄＢ）＝－１５ｄＢ　・・・（除外対象）
【００５７】
一致度算出部５５は、除外対象としたデータ以外の結果を用いて、アンテナパターンに対する差分を算出し記憶する。
【００５８】
（例１）
０度→（０ｄＢ）－（０ｄＢ）＝０ｄＢ
＋４５度→（－５ｄＢ）－（－５ｄＢ）＝０ｄＢ
差分合計値→｜０ｄＢ｜＋｜０ｄＢ｜＝０ｄＢ
（例２）
０度→（０ｄＢ）－（－６ｄＢ）＝６ｄＢ
＋４５度→（－５ｄＢ）－（０ｄＢ）＝－５ｄＢ
差分合計値→｜６ｄＢ｜＋｜－５ｄＢ｜＝１１ｄＢ
【００５９】
そして、推定部５６は、一致度算出部５５が記憶している各データを取得し、アンテナ角度及び受信強度と、アンテナパターンとの差が最小（一致度が最大）になる組合せを選

択する。ここでは、例１の組合せが選択される。

【００６０】

つまり、推定部５６は、複数のアンテナ角度で測定された到来波に対し、アンテナ角度それぞれの受信強度と、アンテナパターン（アンテナの角度と利得）とのマッチング（一致度の比較）を行うことにより、各到来波の到来方向を推定する（図５（ｄ））。

【００６１】

このように、電波到来方向推定装置５は、一致度算出部５５が算出した一致度が最大であるアンテナ角度を電波の到来方向と推定するので、指向性の強いアレーアンテナが用いられなくても、電波の到来方向を推定することができる。すなわち、電波到来方向推定装置５は、電波の到来方向を推定するための指向性の強いアレーアンテナなどを準備されなくても、ＶＨＦ帯等の比較的低周波の電波に対しても、容易かつ低コストに到来方向を推定することができる。

【００６２】

なお、電波到来方向推定装置５は、受信した信号から自信号を取り出すために、送信局が信号の送信を止めた状態と、信号を送信した状態との差（Ｃ／Ｎ）を、受信強度の代わりに用いてもよい。

【００６３】

また、電波到来方向推定装置５が有する各機能は、それぞれ一部又は全部がＰＬＤ（Programmable Logic Device）やＦＰＧＡ（Field Programmable Gate Array）等のハードウェアによって構成されてもよいし、ＣＰＵ等のプロセッサが実行するプログラムとして構成されてもよい。

【００６４】

例えば、本発明にかかる電波到来方向推定装置５は、コンピュータとプログラムを用いて実現することができ、プログラムを記憶媒体に記録することも、ネットワークを通して提供することも可能である。

【００６５】

図６は、一実施形態にかかる電波到来方向推定装置５のハードウェア構成例を示す図である。図６に示すように、例えば電波到来方向推定装置５は、入力部６０、出力部６１、通信部６２、ＣＰＵ６３、メモリ６４及びＨＤＤ６５がバス６６を介して接続され、コンピュータとしての機能を備える。また、電波到来方向推定装置５は、コンピュータ読み取り可能な記憶媒体６７との間でデータを入出力することができるようにされている。

【００６６】

入力部６０は、例えばキーボード及びマウス等である。出力部６１は、例えばディスプレイなどの表示装置である。通信部６２は、例えば有線又は無線のネットワークインターフェースなどである。

【００６７】

ＣＰＵ６３は、電波到来方向推定装置５を構成する各部を制御し、所定の処理等を行う。メモリ６４及びＨＤＤ６５は、データ等を記憶する上述の取得情報記憶部５３及びアンテナパターン記憶部５４に対応する。記憶媒体６７は、電波到来方向推定装置５が有する機能を実行させるプログラム等を記憶可能にされている。なお、電波到来方向推定装置５を構成するアーキテクチャは図６に示した例に限定されない。

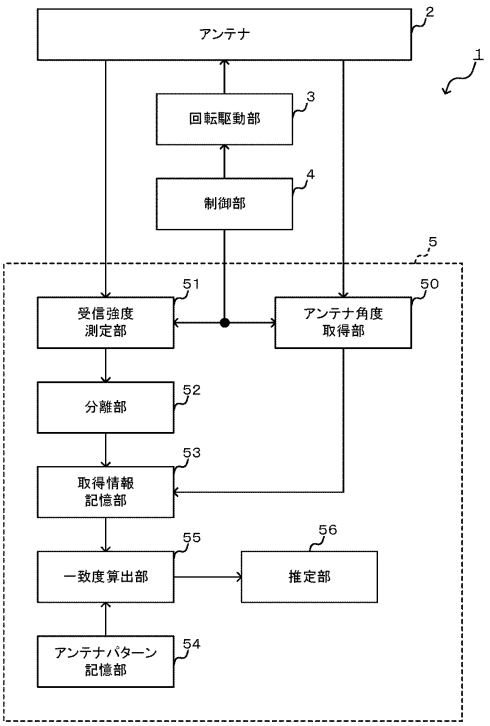
【符号の説明】

【００６８】

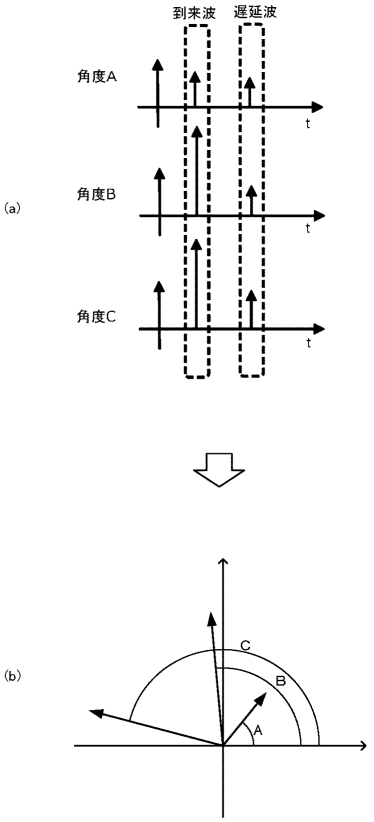
１・・・通信装置、２・・・アンテナ、３・・・回転駆動部、４・・・制御部、５・・・電波到来方向推定装置、５０・・・アンテナ角度取得部、５１・・・受信強度測定部、５２・・・分離部、５３・・・取得情報記憶部、５４・・・アンテナパターン記憶部、５５・・・一致度算出部、５６・・・推定部、６０・・・入力部、６１・・・出力部、６２・・・通信部、６３・・・ＣＰＵ、６４・・・メモリ、６５・・・ＨＤＤ、６６・・・バス、６７・・・記憶媒体

【図面】

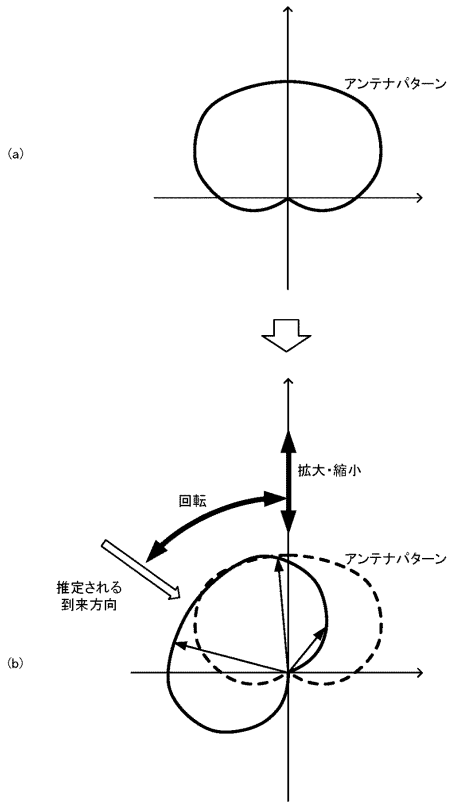
【図１】


アンテナ
2
1
回転駆動部
3
制御部
4
5
受信強度
測定部
51
アンテナ角度
取得部
50
分離部
52
取得情報
記憶部
53
一致度算出部
55
推定部
56
アンテナパターン
記憶部
54

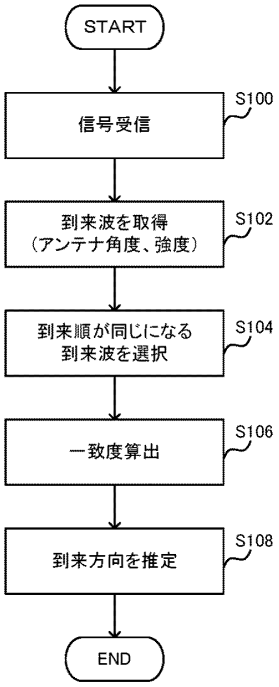
【図２】


(a)
到来波
遅延波
角度A
角度B
角度C
t
(b)
C
B
A

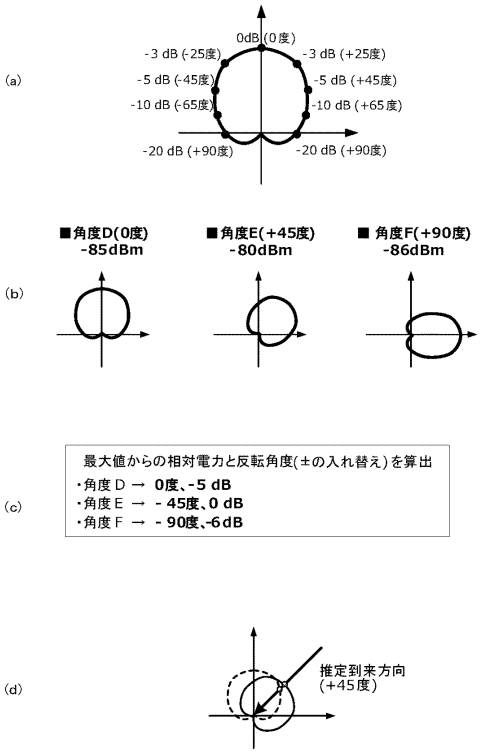
【図３】


(a)
アンテナパターン
拡大・縮小
回転
推定される
到来方向
アンテナパターン
(b)

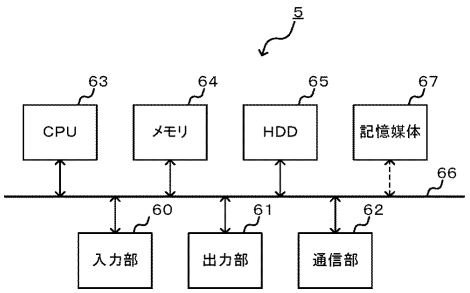
【図４】


START
信号受信
S100
到来波を取得
（アンテナ角度、強度）
S102
到来順が同じになる
到来波を選択
S104
一致度算出
S106
到来方向を推定
S108
END

【図５】


(a)
0dB(0度)
-3 dB (-25度)
-3 dB (+25度)
-5 dB (-45度)
-5 dB (+45度)
-10 dB (-65度)
-10 dB (+65度)
-20 dB (+90度)
-20 dB (+90度)
(b)
■角度D(0度)
-85dBm
■角度E(+45度)
-80dBm
■角度F(+90度)
-86dBm
(c)
最大値からの相対電力と反転角度(±の入れ替え)を算出
・角度D → 0度、-5 dB
・角度E → -45度、0 dB
・角度F → -90度、-6dB
(d)
推定到来方向
(+45度)

【図６】


5
63
64
65
67
CPU
メモリ
HDD
記憶媒体
66
60
61
62
入力部
出力部
通信部

フロントページの続き

東京都千代田区大手町一丁目５番１号 日本電信電話株式会社内

審査官　山下 雅人

(56)参考文献　特開２０１４－２３５０４４（ＪＰ，Ａ）
特開平０１－２９２２７７（ＪＰ，Ａ）
国際公開第２０２１／００１９３４（WO，Ａ１）
特開２００４－１４４５４３（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野　(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｇ０１Ｓ ３／００－ ３／７４