

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5267900号
(P5267900)

(45) 発行日 平成25年8月21日(2013.8.21)

(24) 登録日 平成25年5月17日(2013.5.17)

(51) Int.Cl.		F I
GO 1 S 3/46	(2006.01)	GO 1 S 3/46
GO 1 S 3/74	(2006.01)	GO 1 S 3/74
HO 1 Q 21/06	(2006.01)	HO 1 Q 21/06

請求項の数 8 (全 24 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2007-87209 (P2007-87209)</p> <p>(22) 出願日 平成19年3月29日 (2007.3.29)</p> <p>(65) 公開番号 特開2008-249333 (P2008-249333A)</p> <p>(43) 公開日 平成20年10月16日 (2008.10.16)</p> <p>審査請求日 平成22年3月19日 (2010.3.19)</p> <p>(出願人による申告) 平成18年度、支出負荷行為担当 官、総務省大臣官房会計課企画官、研究テーマ「空間軸 上周波数有効利用技術の研究開発」に関する委託研究、 産業活力再生特別措置法第30条の適用を受ける特許出 願</p>	<p>(73) 特許権者 393031586 株式会社国際電気通信基礎技術研究所 京都府相楽郡精華町光台二丁目2番地2</p> <p>(74) 代理人 100112715 弁理士 松山 隆夫</p> <p>(72) 発明者 平館 郁雄 京都府相楽郡精華町光台二丁目2番地2 株式会社国際電気通信基礎技術研究所内</p> <p>(72) 発明者 矢野 一人 京都府相楽郡精華町光台二丁目2番地2 株式会社国際電気通信基礎技術研究所内</p> <p>(72) 発明者 太郎丸 眞 京都府相楽郡精華町光台二丁目2番地2 株式会社国際電気通信基礎技術研究所内</p> <p style="text-align: right;">最終頁に続く</p>
--	--

(54) 【発明の名称】 到来方向推定装置およびそれを備えた無線通信装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

複数のアンテナ素子からなり、到来波を受信するアレーアンテナと、
前記アレーアンテナが前記到来波を受信したときの受信信号を生成する受信手段と、
前記受信手段によって生成された受信信号と前記アレーアンテナが前記到来波を受信したときの前記複数のアンテナ素子の応答ベクトルであり、かつ、第1の角度ステップで作成された第1のアンテナパターンテーブルとを用いて、前記到来波が伝搬するときの前記到来波の遅延時間、到来角および複素振幅減衰からなる伝搬パラメータを前記第1のアンテナパターンテーブルの前記第1の角度ステップと同じ分解能で推定する第1の推定処理を実行する第1の推定手段と、

前記第1の推定手段によって推定された伝搬パラメータと前記第1のアンテナパターンテーブルとを用いて演算した到来方向の評価関数を前記第1のアンテナパターンテーブルの前記第1の角度ステップよりも小さいサンプル幅でサンプリングして前記到来波の到来方向を推定する第2の推定処理を実行する第2の推定手段とを備える到来方向推定装置。

【請求項2】

前記第1の推定手段は、前記第1の推定処理に代えて、前記第1のアンテナパターンテーブルに基づいて前記第1の角度ステップよりも小さい第2の角度ステップで作成された第2のアンテナパターンテーブルと前記受信信号とを用いて、前記伝搬パラメータを前記第2のアンテナパターンテーブルの前記第2の角度ステップと同じ分解能で推定する第3の推定処理を実行し、

前記第 2 の推定手段は、前記第 2 の推定処理に代えて、前記第 1 の推定手段によって推定された伝搬パラメータと前記第 2 のアンテナパターンテーブルとを用いて演算した到来方向の評価関数を前記第 2 のアンテナパターンテーブルの前記第 2 の角度ステップよりも小さいサンプル幅でサンプリングして前記到来波の到来方向を推定する第 4 の推定処理を実行する、請求項 1 に記載の到来方向推定装置。

【請求項 3】

前記第 1 の推定手段は、前記伝搬パラメータの初期値を用いて前記第 1 の推定処理または前記第 3 の推定処理を開始し、前記伝搬パラメータが収束するまで前記第 1 の推定処理または前記第 3 の推定処理を繰り返し実行して前記伝搬パラメータを推定し、

前記第 2 の推定手段は、前記収束した伝搬パラメータを用いて前記第 2 の推定処理または前記第 4 の推定処理を実行して前記到来波の到来方向を推定する、請求項 1 または請求項 2 に記載の到来方向推定装置。

10

【請求項 4】

前記第 1 の推定手段は、前記伝搬パラメータの初期値を用いて前記第 1 の推定処理または前記第 3 の推定処理を開始し、前記伝搬パラメータが収束するまで前記第 1 の推定処理または前記第 3 の推定処理を繰り返し実行して前記伝搬パラメータを推定し、

前記第 2 の推定手段は、前記第 1 の推定処理または前記第 3 の推定処理が実行されるごとに前記第 2 の推定処理または前記第 4 の推定処理を実行し、前記伝搬パラメータが収束するまで前記第 1 の推定手段によって推定された伝搬パラメータを用いて前記到来波の到来方向を推定する、請求項 1 または請求項 2 に記載の到来方向推定装置。

20

【請求項 5】

前記伝搬パラメータの初期値は、予め任意に設定されたパラメータからなる、請求項 3 または請求項 4 に記載の到来方向推定装置。

【請求項 6】

前記伝搬パラメータの初期値は、前記送信信号が前記受信信号に近づくように検出された前記到来波の遅延時間、到来角および複素振幅減衰からなる、請求項 3 または請求項 4 に記載の到来方向推定装置。

【請求項 7】

前記伝搬パラメータの初期値は、前記受信信号と送信信号との相関値に基づいて検出された前記到来波の遅延時間、到来角および複素振幅減衰からなる、請求項 6 に記載の到来方向推定装置。

30

【請求項 8】

請求項 1 から請求項 7 のいずれか 1 項に記載の到来方向推定装置と、

前記到来方向推定装置によって推定された到来方向にビームを形成して信号を送信する送信手段とを備える無線通信装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、到来波の到来方向を推定する到来方向推定装置およびそれを備えた無線通信装置に関するものである。

40

【背景技術】

【0002】

近年、無線通信システムにおいて、加入者容量の更なる増大および伝送速度の更なる高速化を図るために、AAA (Adaptive Antenna Array) および MIMO (Multiple Input Multiple Output) に代表される時間領域と空間領域とを利用した時空間信号処理技術の適用が検討されている。

【0003】

そして、これらの技術を精度良く評価するために、到来する電波の時間方向と到来方向とを同時に扱える時空間パスモデルが必須とされている。このモデルを提案するためには、まず、実環境における時空間マルチパス伝搬路の詳細な解析を行う必要がある。

50

【0004】

このように、素波の到来角度を高分解能で推定する超分解能到来方向推定法と呼ばれるものにMUSIC(Multiple Signal Classification)(非特許文献1)およびESPRIT(Estimation of Signal Parameters via Rotational Invariance Techniques)(非特許文献2)と言うアルゴリズムがある。

【0005】

しかし、これらのアルゴリズムは、スナップショット数が少ない場合やコヒーレントな波が到来してきた場合、低SNR(Signal to Noise Ratio)のような環境で精度が劣化してしまう。また、これらのアルゴリズムでは、アレーの形状にも制約があるため、最近では、アレーの形状によらずパラメータの多次元化が容易であることから、最尤推定に基づいたSAGE(Space Alternating Generalized EM algorithm)アルゴリズムが用いられている(非特許文献3)。

【非特許文献1】R.O.Schmidt "Multiple Emitter Location and Signal Parameter Estimation," IEEE Trans., vol.AP-34, No.3, pp.276-280(Mar. 1986).

【非特許文献2】R.Roy and T.Kailath "Estimation of Signal Parameters via Rotational Invariance Techniques," IEEE Trans., vol.ASSP-37, pp.984-995(July 1989).

【非特許文献3】Bernard H. Fleury, Patrik Jourdan, Andreas Stucki "High-Resolution Channel Parameter Estimation for MIMO Applications Using the SAGE Algorithm"

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかし、SAGEアルゴリズムは、角度走査により逐次的に到来波を検出するので、到来角度の推定における限界分解能は、アレー応答ベクトルに依存する。そして、SAGEアルゴリズムを実際の装置で使用することを考慮すると、アレー応答ベクトルは、様々な誤差要因によって変化する。例えば、受信機の各ポートのアナログ回路部の利得・位相のばらつきによる誤差や、各素子の位置に誤差がある場合や、アレー素子長など素子形状の製作誤差が考えられる。

【0007】

この為、誤差要因を推定/測定し、その影響を取り除くことにより、誤差の影響を補償したアレー応答ベクトルが得られる。これは、アレーアンテナを用いた到来方向システムのアレーキャリブレーションと呼ばれるが、上記誤差要因を補償するために、電波暗室などでアレー応答ベクトルを直接測定するという方法がある。これによって、ある一定の角度ステップごとにデータを取得してアンテナパターンテーブルとして保持し、対応する角度の推定時に参照する。

【0008】

しかし、高分解能な到来方向推定を行う場合、角度ステップが小さく、全ての探索範囲を網羅したアンテナパターンテーブルを作成する必要があるが、これはアレー素子が多い場合に測定が困難であるという問題がある。

【0009】

また、実機に、この膨大なアンテナパターンテーブルを保持させる場合、メモリ容量も増大してしまうという問題がある。

【0010】

そこで、この発明は、かかる問題を解決するためになされたものであり、その目的は、アンテナパターンテーブルの精度よりも高い精度で到来波の到来方向を推定可能な到来方向推定装置を提供することである。

【0011】

また、この発明の別の目的は、アンテナパターンテーブルの精度よりも高い精度で到来

10

20

30

40

50

波の到来方向を推定可能な到来方向推定装置を備える無線通信装置を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0012】

この発明によれば、到来方向推定装置は、アレーアンテナと、受信手段と、第1および第2の推定手段とを備える。アレーアンテナは、複数のアンテナ素子からなり、到来波を受信する。受信手段は、アレーアンテナが到来波を受信したときの受信信号を生成する。第1の推定手段は、受信手段によって生成された受信信号とアレーアンテナが到来波を受信したときの複数のアンテナ素子の応答ベクトルであるアンテナパターンテーブルとを用いて、到来波が伝搬するときの伝搬パラメータを第1の分解能で推定する第1の推定処理
10

【0013】

好ましくは、第1の推定手段は、伝搬パラメータの初期値を用いて第1の推定処理を開始し、伝搬パラメータが収束するまで第1の推定処理を繰り返し実行して伝搬パラメータを推定する。第2の推定手段は、収束した伝搬パラメータを用いて第2の推定処理を実行して到来波の到来方向を推定する。

【0014】

好ましくは、第1の推定手段は、伝搬パラメータの初期値を用いて第1の推定処理を開始し、伝搬パラメータが収束するまで第1の推定処理を繰り返し実行して伝搬パラメータを推定する。第2の推定手段は、第1の推定処理が実行されるごとに第2の推定処理を実行し、伝搬パラメータが収束するまで第1の推定手段によって推定された伝搬パラメータを用いて到来波の到来方向を推定する。
20

【0015】

好ましくは、アンテナパターンテーブルは、第1の分解能と同じ角度ステップに対して作成されている。

【0016】

好ましくは、アンテナパターンテーブルは、第1の分解能と同じ角度ステップに対して作成されたアンテナパターンテーブルを補間したパターンテーブルからなる。
30

【0017】

好ましくは、伝搬パラメータの初期値は、予め任意に設定されたパラメータからなる。

【0018】

好ましくは、伝搬パラメータの初期値は、送信信号が受信信号に近づくように検出された伝搬パラメータからなる。

【0019】

好ましくは、伝搬パラメータの初期値は、受信信号と送信信号との相関値に基づいて検出された伝搬パラメータからなる。

【0020】

また、この発明によれば、無線通信装置は、到来方向推定装置と、送信手段とを備える。到来方向推定装置は、請求項1から請求項8のいずれか1項に記載の到来方向推定装置からなる。送信手段は、到来方向推定装置によって推定された到来方向にビームを形成して信号を送信する。
40

【発明の効果】

【0021】

この発明による到来方向推定装置においては、第1の推定手段は、アンテナパターンテーブルを用いて第1の分解能で伝搬パラメータを推定し、第2の推定手段は、第1の推定手段によって推定された伝搬パラメータを用いて第2の分解能で到来方向を推定する。

【0022】

従って、この発明によれば、アンテナパターンテーブルの角度ステップよりも高分解能
50

で到来方向を推定できる。

【0023】

その結果、膨大なデータ量からなるアンテナパターンテーブルを実装する必要がなく、メモリ容量の増大を抑制できる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0024】

本発明の実施の形態について図面を参照しながら詳細に説明する。なお、図中同一または相当部分には同一符号を付してその説明は繰返さない。

【0025】

[実施の形態1]

図1は、この発明の実施の形態1による到来方向推定装置の構成を示す概略ブロック図である。実施の形態1による到来方向推定装置100は、アンテナ101と、受信部102と、既知信号発生部103と、伝搬パラメータ初期値発生部104と、レプリカ信号作成部105と、伝搬パラメータ推定部106と、収束判定部107と、角度高分解能処理部108と、伝搬パラメータ記憶部109とを備える。

【0026】

アレーアンテナ101は、 K (K は2以上の整数)本のアンテナ素子 $101-1 \sim 101-K$ からなる。そして、アレーアンテナ101は、 L (L は正の整数)個のパスから到来する到来波を K 本のアンテナ素子 $101-1 \sim 101-K$ によって受信し、その受信した到来波の受信信号を受信部102へ出力する。

【0027】

受信部102は、 K 本のアンテナ素子 $101-1 \sim 101-K$ から受けた受信信号に基づいて、 K 本のアンテナ素子 $101-1 \sim 101-K$ に対応した K 個のベースバンド信号 $y_k(t)$ ($k=1 \sim K$)を生成し、その生成した K 個のベースバンド信号 $y_k(t)$ をレプリカ信号作成部105へ出力する。

【0028】

既知信号発生部103は、送信信号からなる既知信号 $s(t)$ を発生し、その発生した既知信号 $s(t)$ をレプリカ信号作成部105へ出力する。伝搬パラメータ初期値発生部104は、1番目 $\sim L$ 番目のパスによって到来する到来波の遅延時間 $\tau_1 \sim \tau_L$ の初期値 $\tau_{10} \sim \tau_{L0}$ 、1番目 $\sim L$ 番目のパスによって到来する到来波の到来角(方位角 $\theta_1 \sim \theta_L$ および仰角 $\phi_1 \sim \phi_L$ からなる)の初期値 $\theta_{10} \sim \theta_{L0}$ 、 $\phi_{10} \sim \phi_{L0}$ 、および1番目 $\sim L$ 番目のパスによって到来する到来波の複素振幅減衰 $\alpha_1 \sim \alpha_L$ の初期値 $\alpha_{10} \sim \alpha_{L0}$ を保持し、到来波の遅延時間、到来角および複素振幅減衰からなる伝搬パラメータの推定が開始されると、その保持した遅延時間 $\tau_1 \sim \tau_L$ の初期値 $\tau_{10} \sim \tau_{L0}$ 、到来角の初期値 $\theta_{10} \sim \theta_{L0}$ 、 $\phi_{10} \sim \phi_{L0}$ 、および複素振幅減衰 $\alpha_1 \sim \alpha_L$ の初期値 $\alpha_{10} \sim \alpha_{L0}$ をレプリカ信号作成部105へ出力する。

【0029】

レプリカ信号作成部105は、到来波を受信したときの K 本のアンテナ素子 $101-1 \sim 101-K$ の応答ベクトルであるアンテナパターンテーブル $V_k(\theta_l, \phi_l)$ ($k=1 \sim K$, $l=1 \sim L$)を保持し、受信部102から K 個のベースバンド信号 $y_k(t)$ を受け、既知信号発生部103から既知信号 $s(t)$ を受け、伝搬パラメータ初期値発生部104から遅延時間 $\tau_1 \sim \tau_L$ の初期値 $\tau_{10} \sim \tau_{L0}$ 、到来角の初期値 $\theta_{10} \sim \theta_{L0}$ 、 $\phi_{10} \sim \phi_{L0}$ 、および複素振幅減衰 $\alpha_1 \sim \alpha_L$ の初期値 $\alpha_{10} \sim \alpha_{L0}$ を受ける。そして、レプリカ信号作成部105は、遅延時間 $\tau_1 \sim \tau_L$ の初期値 $\tau_{10} \sim \tau_{L0}$ 、到来角の初期値 $\theta_{10} \sim \theta_{L0}$ 、 $\phi_{10} \sim \phi_{L0}$ 、および複素振幅減衰 $\alpha_1 \sim \alpha_L$ の初期値 $\alpha_{10} \sim \alpha_{L0}$ を初期値 $[\tau_{10}, \tau_{10}, \tau_{10}, \tau_{10}], [\tau_{20}, \tau_{20}, \tau_{20}, \tau_{20}], \dots, [\tau_{L0}, \tau_{L0}, \tau_{L0}, \tau_{L0}]$ の形式で保持する。

【0030】

また、レプリカ信号作成部105は、 K 個のベースバンド信号 $y_k(t)$ 、アンテナパ

10

20

30

40

50

ターンテーブル $V_k(\theta_l, \phi_l)$ 、既知信号 $s(t)$ および遅延時間 $\tau_1 \sim \tau_L$ の初期値 $\tau_{10} \sim \tau_{L0}$ 、到来角の初期値 $\theta_{10} \sim \theta_{L0}$ 、 $\phi_{10} \sim \phi_{L0}$ 、および複素振幅減衰 $\alpha_1 \sim \alpha_L$ の初期値 $\alpha_{10} \sim \alpha_{L0}$ に基づいて、後述する方法によって、 k 番目のアンテナ素子 $101-k$ における l 番目のパスのレプリカ信号 $x_{k,l}(t)$ ($l = 1 \sim L$)を作成する。

【0031】

そうすると、レプリカ信号作成部105は、その作成したレプリカ信号 $x_{k,l}(t)$ と、既知信号 $s(t)$ と、伝搬パラメータ $[\tau_{1n}, \theta_{1n}, \phi_{1n}, \alpha_{1n}]$ (n は、正の整数からなり、推定回数を表す)とを伝搬パラメータ推定部106へ出力する。

【0032】

更に、レプリカ信号作成部105は、伝搬パラメータ推定部106から推定された l 番目のパスの伝搬パラメータ $[\tau_{1n}, \theta_{1n}, \phi_{1n}, \alpha_{1n}]$ を受けると、その受けた伝搬パラメータ $[\tau_{1n}, \theta_{1n}, \phi_{1n}, \alpha_{1n}]$ によって l 番目のパスの伝搬パラメータを更新する。

【0033】

なお、レプリカ信号作成部105は、伝搬パラメータの推定を停止するための停止信号STPを収束判定部107から受けると、レプリカ信号 $x_{k,l}(t)$ の作成を停止し、伝搬パラメータ推定部106へ何も出力しない。これによって、伝搬パラメータ推定部106における伝搬パラメータの推定動作は、停止される。

【0034】

伝搬パラメータ推定部106は、アンテナパターンテーブル $V_k(\theta_l, \phi_l)$ ($k = 1 \sim K, l = 1 \sim L$)を保持し、レプリカ信号作成部105からレプリカ信号 $x_{k,l}(t)$ ($l = 1 \sim L$)と、既知信号 $s(t)$ と、伝搬パラメータの初期値 $[\tau_{10}, \theta_{10}, \phi_{10}, \alpha_{10}]$ とを受けると、そして、伝搬パラメータ推定部106は、レプリカ信号 $x_{k,l}(t)$ ($l = 1 \sim L$)、既知信号 $s(t)$ および伝搬パラメータ $[\tau_{1n}, \theta_{1n}, \phi_{1n}, \alpha_{1n}]$ に基づいて、後述する方法によって、遅延時間 τ_1 、到来角 θ_1, ϕ_1 および複素振幅減衰 α_1 を推定するとともに、伝搬パラメータの推定回数 n をカウントする。また、伝搬パラメータ推定部106は、その推定した遅延時間 τ_1 、到来角 θ_1, ϕ_1 および複素振幅減衰 α_1 からなる伝搬パラメータ $[\tau_{1n}, \theta_{1n}, \phi_{1n}, \alpha_{1n}]$ をレプリカ信号作成部105へ出力し、伝搬パラメータ $[\tau_{1n}, \theta_{1n}, \phi_{1n}, \alpha_{1n}]$ および推定回数 n を収束判定部107へ出力する。

【0035】

収束判定部107は、伝搬パラメータ推定部106から伝搬パラメータ $[\tau_{1n}, \theta_{1n}, \phi_{1n}, \alpha_{1n}]$ および推定回数 n を受け、後述する方法によって、伝搬パラメータ $[\tau_{1n}, \theta_{1n}, \phi_{1n}, \alpha_{1n}]$ が収束したか否かを判定する。そして、収束判定部107は、伝搬パラメータが収束したと判定したとき、伝搬パラメータ推定部106から最後に受けた伝搬パラメータ $[\tau_{1n}, \theta_{1n}, \phi_{1n}, \alpha_{1n}]$ を角度高分解能処理部108へ出力するとともに、伝搬パラメータの推定を停止するための停止信号STPをレプリカ信号作成部105へ出力する。

【0036】

角度高分解能処理部108は、収束判定部107から受けた伝搬パラメータ $[\tau_{1n}, \theta_{1n}, \phi_{1n}, \alpha_{1n}]$ に基づいて、後述する方法によって、到来波の到来方向(方位角 θ および仰角 ϕ からなる)を推定し、その推定した到来波の到来方向(方位角 θ および仰角 ϕ からなる)を伝搬パラメータ記憶部109へ出力する。

【0037】

伝搬パラメータ記憶部109は、角度高分解能処理部108から受けた到来波の到来方向(方位角 θ および仰角 ϕ からなる)を記憶する。

【0038】

伝搬パラメータの詳細について説明する。図2は、図1に示すレプリカ信号作成部105が保持する伝搬パラメータテーブルの概念図である。伝搬パラメータの推定が開始され

10

20

30

40

50

ると、レプリカ信号作成部 105 は、既知信号 $s(t)$ 、伝搬パラメータの初期値 $[\theta_{10}, \phi_{10}, \tau_{10}]$ 、および 1 番目のアンテナ素子 101-1 におけるベースバンド信号 $y_{1,1}(t)$ を次式に代入して、1 番目のアンテナ素子における 1 番目のパスのレプリカ信号 $x_{1,1}(t)$ を作成する。

【0039】

【数1】

$$x_{k,l}(t) = y_k(t) - \sum_{l' \neq l, l'=1}^L \alpha_{l'} \cdot V_k(\phi_{l'}, \theta_{l'}) \cdot s(t - \tau_{l'})$$

$s(t)$: 既知信号

$y_k(t)$: アンテナ k 番目素子における受信ベースバンド信号

$x_{k,l}(t)$: アンテナ k 番目素子における l パス目のレプリカ信号

L : 全到来パス数

K : 受信アンテナ素子数

α_l : l パス目の複素振幅

ϕ_l : l パス目の到来角度 (仰角)

θ_l : l パス目の到来角度 (方位角)

τ_l : l パス目の遅延時間

$V_k(\phi_l, \theta_l)$: k 番目素子における仰角の初期値 ϕ_l 、方位角の初期値 θ_l 時のアレー応答値

10
 (1)
 20

【0040】

なお、式 (1) における l' は、1 番目のパス以外のパスによる成分を表し、式 (1) の第 2 項は、1 番目のパスの伝搬パラメータを推定するときに、1 番目のパス以外のパスによる成分を除去することを意味する。

【0041】

そして、レプリカ信号作成部 105 は、レプリカ信号 $x_{1,1}(t)$ を作成すると、その作成したレプリカ信号 $x_{1,1}(t)$ と、既知信号 $s(t)$ と、伝搬パラメータの初期値 $[\theta_{10}, \phi_{10}, \tau_{10}]$ とを伝搬パラメータ推定部 106 へ出力する。

30

【0042】

伝搬パラメータ推定部 106 は、レプリカ信号作成部 105 からレプリカ信号 $x_{1,1}(t)$ 、既知信号 $s(t)$ および伝搬パラメータの初期値 $[\theta_{10}, \phi_{10}, \tau_{10}]$ を受け、その受けたレプリカ信号 $x_{1,1}(t)$ 、既知信号 $s(t)$ および伝搬パラメータの初期値 $[\theta_{10}, \phi_{10}, \tau_{10}]$ を次式に代入して遅延時間 τ の評価関数 $Z(\tau)$ を演算する。

【0043】

【数2】

$$Z(\tau) = \sum_K \left| \sum_T x_{k,l}(t)^* \cdot s(t - \tau) \right| \dots (2)$$

40

【0044】

即ち、伝搬パラメータ推定部 106 は、レプリカ信号 $x_{1,1}(t)$ と既知信号 $s(t)$ との相互相関をとることによって評価関数 $Z(\tau)$ を演算する。

【0045】

そして、伝搬パラメータ推定部 106 は、次式によって、評価関数 $Z(\tau)$ が最大となるときの遅延時間 τ を探索することによって遅延時間 τ を推定する。

50

【 0 0 4 6 】

【 数 3 】

$$\tau_l = \arg \max_{\tau} Z(\tau) \cdot \cdot \cdot (3)$$

【 0 0 4 7 】

これによって、伝搬パラメータ推定部 1 0 6 は、遅延時間 の推定値 τ_l を得る。

【 0 0 4 8 】

その後、伝搬パラメータ推定部 1 0 6 は、レプリカ信号 $x_{k,l}(t)$ 、既知信号 $s(t)$ および伝搬パラメータの初期値 $[\tau_{11}, \tau_{10}, \tau_{10}]$ を次式に代入して方位角の評価関数 $Z(\theta)$ を演算する。 10

【 0 0 4 9 】

【 数 4 】

$$Z(\theta) = \left| \sum_K \sum_T x_{k,l}(t) \cdot \{s(t - \tau_l) \cdot V_k(\varphi_l, \theta)\}^* \right| \cdot \cdot \cdot (4)$$

【 0 0 5 0 】

即ち、伝搬パラメータ推定部 1 0 6 は、式 (2) , (3) によって推定された遅延時間の推定値 τ_l を用いて、レプリカ信号 $x_{k,l}(t)$ と、遅延時間の推定値 τ_l だけシフトさせた既知信号 $s(t - \tau_l)$ と、仰角 を初期値 τ_{10} に固定したアンテナパターンテーブル $V_k(\tau_{10}, \cdot)$ との相互相関を取ることによって評価関数 $Z(\theta)$ を演算する。 20

【 0 0 5 1 】

そして、伝搬パラメータ推定部 1 0 6 は、次式によって、評価関数 $Z(\theta)$ が最大となるときの方位角 を探索することによって方位角 を推定する。

【 0 0 5 2 】

【 数 5 】

$$\theta = \arg \max_{\theta} Z(\theta) \cdot \cdot \cdot (5)$$

【 0 0 5 3 】

これによって、伝搬パラメータ推定部 1 0 6 は、方位角 の推定値 θ を得る。

【 0 0 5 4 】

引き続き、伝搬パラメータ推定部 1 0 6 は、レプリカ信号 $x_{k,l}(t)$ 、既知信号 $s(t)$ および伝搬パラメータの初期値 $[\tau_{11}, \tau_{10}, \tau_{10}]$ を次式に代入して仰角の評価関数 $Z(\varphi)$ を演算する。 40

【 0 0 5 5 】

【 数 6 】

$$Z(\varphi) = \left| \sum_K \sum_T x_{k,l}(t) \cdot \{s(t - \tau_l) \cdot V_k(\varphi, \theta_l)\}^* \right| \cdot \cdot \cdot (6)$$

【 0 0 5 6 】

即ち、伝搬パラメータ推定部 1 0 6 は、式 (2) , (3) によって推定された遅延時間の推定値 τ_l を用いて、レプリカ信号 $x_{k,l}(t)$ と、遅延時間の推定値 τ_l だけ 50

シフトさせた既知信号 $s(t - \tau_{11})$ と、方位角 θ を初期値 θ_{10} に固定したアンテナパターンテーブル $V_k(\phi, \theta_{10})$ との相互相関を取ることによって評価関数 $Z(\phi)$ を演算する。

【0057】

そして、伝搬パラメータ推定部 106 は、次式によって、評価関数 $Z(\phi)$ が最大となるときの仰角 θ を探索することによって仰角 θ を推定する。

【0058】

【数7】

$$\phi = \arg \max_{\phi} Z(\phi) \quad \dots (7)$$

10

【0059】

これによって、伝搬パラメータ推定部 106 は、仰角 θ の推定値 θ_{11} を得る。

【0060】

更に、その後、伝搬パラメータ推定部 106 は、レプリカ信号 $x_{11}(t)$ 、既知信号 $s(t)$ および伝搬パラメータ $[\tau_{10}, \theta_{11}, \phi_{11}]$ を次式に代入して複素振幅減衰 α の推定値 α を演算する。

【0061】

【数8】

$$\alpha = \frac{\sum_K \sum_T x_{k,l}(t) \cdot \{s(t - \tau_l) \cdot V_k(\phi_l, \theta_l)\}^*}{\sum_K \sum_T |s(t - \tau_l)| \cdot |V_k(\phi_l, \theta_l)|} \quad \dots (8)$$

20

【0062】

即ち、伝搬パラメータ推定部 106 は、式(4)~(7)によって推定された仰角 θ の推定値 θ_{11} および方位角 ϕ の推定値 ϕ_{11} を用いたアンテナパターンテーブル $V_k(\phi_{11}, \theta_{11})$ の成分と、既知信号 $s(t)$ の成分とをレプリカ信号 $x_{11}(t)$ から除去することによって複素振幅減衰 α の推定値 α を演算する。

30

【0063】

そうすると、伝搬パラメータ推定部 106 は、伝搬パラメータの推定回数を“1”とカウントし、そのカウントした推定回数“1”を収束判定部 107 へ出力するとともに、伝搬パラメータの推定値 $[\tau_{11}, \theta_{11}, \phi_{11}]$ をレプリカ信号作成部 105 へ出力する。

【0064】

レプリカ信号作成部 105 は、当初、伝搬パラメータテーブル PTB1 (図2参照) を保持しており、伝搬パラメータ推定部 106 から伝搬パラメータの推定値 $[\tau_{11}, \theta_{11}, \phi_{11}]$ を受けると、その受けた伝搬パラメータの推定値 $[\tau_{11}, \theta_{11}, \phi_{11}]$ によって伝搬パラメータテーブル PTB1 の初期値 $[\tau_{10}, \theta_{10}, \phi_{10}]$ を更新し、伝搬パラメータテーブル PTB1 を伝搬パラメータテーブル PTB2 に更新する (図2参照)。

40

【0065】

その後、レプリカ信号作成部 105 は、既知信号 $s(t)$ 、伝搬パラメータの初期値 $[\tau_{20}, \theta_{20}, \phi_{20}]$ 、および1番目のアンテナ素子 101-1 におけるベースバンド $y_1(t)$ を式(1)に代入して、1番目のアンテナ素子における2番目のパスのレプリカ信号 $x_{12}(t)$ を作成する。

【0066】

その後、上述した動作が繰り返され、2番目のパスの伝搬パラメータの推定値 $[\tau_{21}, \theta_{21}, \phi_{21}]$

50

$[\theta_{21}, \theta_{21}, \theta_{21}]$ が得られる。そして、伝搬パラメータ推定部 106 は、伝搬パラメータの推定値 $[\theta_{21}, \theta_{21}, \theta_{21}, \theta_{21}]$ をレプリカ信号作成部 105 へ出力し、レプリカ信号作成部 105 は、伝搬パラメータ推定部 106 から受けた伝搬パラメータの推定値 $[\theta_{21}, \theta_{21}, \theta_{21}, \theta_{21}]$ によって伝搬パラメータテーブル PTB2 の初期値 $[\theta_{20}, \theta_{20}, \theta_{20}, \theta_{20}]$ を更新し、伝搬パラメータテーブル PTB2 を伝搬パラメータテーブル PTB3 に更新する (図 2 参照)。

【0067】

以後、上述した動作が繰り返し実行され、伝搬パラメータ推定部 106 は、1 番目のアンテナ素子 101-1 における 3 番目 ~ L 番目のパスの伝搬パラメータの推定値 $[\theta_{30}, \theta_{30}, \theta_{30}, \theta_{30}] \sim [\theta_{L0}, \theta_{L0}, \theta_{L0}, \theta_{L0}]$ をレプリカ信号作成部 105 へ出力し、レプリカ信号作成部 105 は、伝搬パラメータテーブル PTB3 を伝搬パラメータテーブル PTBL に更新する (図 2 参照)。

10

【0068】

更に、その後、上述した動作が繰り返し実行され、1 番目 ~ K 番目のアンテナ素子 101-1 ~ 101-K における 1 番目 ~ L 番目のパスの伝搬パラメータの n 回目の推定値が得られる。そして、レプリカ信号作成部 105 は、最終的に、伝搬パラメータテーブル PTBL を伝搬パラメータテーブル PTBLn に更新する (図 2 参照)。

【0069】

このように、伝搬パラメータは、初期値 $[\theta_{10}, \theta_{10}, \theta_{10}, \theta_{10}]$ から出発して逐次的に推定され、かつ、更新される。

20

【0070】

そして、伝搬パラメータ推定部 106 は、伝搬パラメータの n 回目の推定値 $[\theta_{1n}, \theta_{1n}, \theta_{1n}, \theta_{1n}] \sim [\theta_{Ln}, \theta_{Ln}, \theta_{Ln}, \theta_{Ln}]$ を収束判定部 107 へ出力し、収束判定部 107 は、伝搬パラメータの n 回目の推定値 $[\theta_{1n}, \theta_{1n}, \theta_{1n}, \theta_{1n}] \sim [\theta_{Ln}, \theta_{Ln}, \theta_{Ln}, \theta_{Ln}]$ および推定回数 n に基づいて、伝搬パラメータが収束したか否かを判定する。この場合、収束判定部 107 は、推定回数 n が所定回数に達したか否かによって伝搬パラメータが収束したか否かを判定する。また、収束判定部 107 は、n-1 回の推定によって推定された伝搬パラメータの推定値 $[\theta_{1n-1}, \theta_{1n-1}, \theta_{1n-1}, \theta_{1n-1}] \sim [\theta_{Ln-1}, \theta_{Ln-1}, \theta_{Ln-1}, \theta_{Ln-1}]$ と、伝搬パラメータの n 回目の推定値 $[\theta_{1n}, \theta_{1n}, \theta_{1n}, \theta_{1n}] \sim [\theta_{Ln}, \theta_{Ln}, \theta_{Ln}, \theta_{Ln}]$ との差分が閾値よりも小さいか否かによって伝搬パラメータが収束したか否かを判定する。

30

【0071】

そして、収束判定部 107 は、伝搬パラメータが収束したと判定すると、伝搬パラメータの n 回目の推定値 $[\theta_{1n}, \theta_{1n}, \theta_{1n}, \theta_{1n}] \sim [\theta_{Ln}, \theta_{Ln}, \theta_{Ln}, \theta_{Ln}]$ を角度高分解能処理部 108 へ出力する。

【0072】

図 3 は、図 1 に示す伝搬パラメータ推定部 106 における推定動作を説明するためのフローチャートである。一連の動作が開始されると、受信部 102 は、ベースバンド信号 $y_1(t) \sim y_k(t)$ を生成してレプリカ信号作成部 105 へ出力し、既知信号発生部 103 は、既知信号 $s(t)$ を発生してレプリカ信号作成部 105 へ出力し、伝搬パラメータ初期値発生部 104 は、保持している伝搬パラメータの初期値をレプリカ信号作成部 105 へ出力する。そして、レプリカ信号作成部 105 は、ベースバンド信号 $y_1(t) \sim y_k(t)$ 、既知信号 $s(t)$ および伝搬パラメータの初期値に基づいて、上述した方法によって、レプリカ信号 $x_{k,1}(t)$ を作成し (ステップ S1)、その作成したレプリカ信号 $x_{k,1}(t)$ と、既知信号 $s(t)$ と、伝搬パラメータの初期値とを伝搬パラメータ推定部 106 へ出力する。

40

【0073】

伝搬パラメータ推定部 106 は、レプリカ信号 $x_{k,1}(t)$ 、既知信号 $s(t)$ 、および伝搬パラメータの初期値をレプリカ信号作成部 105 から受ける。そして、伝搬パラ

50

メータ推定部 106 は、伝搬パラメータの推定回数 n を “ 1 ” に設定し（ステップ S 2）、パス数 l を “ 1 ” に設定する（ステップ S 3）。

【 0074 】

そうすると、伝搬パラメータ推定部 106 は、レプリカ信号作成部 105 から受けたレプリカ信号 $x_{k, l}(t)$ 、既知信号 $s(t)$ 、および伝搬パラメータの初期値に基づいて、 l 番目のパスのレプリカ信号 $x_{k, l}(t)$ を再生する（ステップ S 4）。

【 0075 】

そして、伝搬パラメータ推定部 106 は、上述した方法によって、 l 番目のパスの伝搬パラメータ $[k_{l1}, k_{l1}, k_{l1}, k_{l1}]$ を遅延時間、到来角（方位角）、到来角（仰角）、および複素振幅減衰の順で推定し、その推定した l 番目のパスの伝搬パラメータの推定値 $[k_{l1}, k_{l1}, k_{l1}, k_{l1}]$ をレプリカ信号作成部 105 へ出力する。

10

【 0076 】

レプリカ信号作成部 105 は、 l 番目のパスの伝搬パラメータの推定値 $[k_{l1}, k_{l1}, k_{l1}, k_{l1}]$ を伝搬パラメータ推定部 106 から受け、その受けた l 番目のパスの伝搬パラメータの推定値 $[k_{l1}, k_{l1}, k_{l1}, k_{l1}]$ によって伝搬パラメータを更新する（ステップ S 5）。

【 0077 】

その後、レプリカ信号作成部 105 は、更新した伝搬パラメータを用いてレプリカ信号を生成し（ステップ S 6）、 l を $l + 1$ に設定し（ステップ S 7）、 l が L よりも大きいか否かを判定する（ステップ S 8）。

20

【 0078 】

ステップ S 8 において、 l が L よりも大きくないと判定されると、一連の動作は、ステップ S 4 へ戻り、ステップ S 8 において、 l が L よりも大きいと判定されるまで、上述したステップ S 4 ~ ステップ S 8 が繰り返し実行される。

【 0079 】

そして、ステップ S 8 において、 l が L よりも大きいと判定されると、伝搬パラメータ推定部 106 は、 $n = n + 1$ を設定し（ステップ S 9）、 n が N に等しいか否かを判定する（ステップ S 10）。

【 0080 】

30

ステップ S 10 において、 n が N に等しくないとは判定されたとき、一連の動作は、ステップ S 3 へ戻り、ステップ S 10 において、 n が N に等しいとは判定されるまで、上述したステップ S 3 ~ ステップ S 10 が繰り返し実行される。そして、ステップ S 10 において、 n が N に等しいとは判定されると、一連の動作は終了する。

【 0081 】

次に、角度高分解能処理部 108 における到来方向の推定方法について説明する。角度高分解能処理部 108 は、アンテナパターンテーブル $V_k(\theta, \phi)$ を保持するとともに、収束判定部 107 から伝搬パラメータの n 回目の推定値 $[k_{n1}, k_{n1}, k_{n1}, k_{n1}] \sim [k_{nL}, k_{nL}, k_{nL}, k_{nL}]$ を受ける。そして、角度高分解能処理部 108 は、伝搬パラメータの n 回目の推定値 $[k_{n1}, k_{n1}, k_{n1}, k_{n1}] \sim [k_{nL}, k_{nL}, k_{nL}, k_{nL}]$ を上述した式 (4)、(6) に代入して、それぞれ、評価関数 $Z(\theta, \phi)$ および評価関数 $Z(\theta, \phi)$ を演算する。

40

【 0082 】

図 4 は、図 1 に示す角度高分解能処理部 108 における到来方向の推定方法を説明するための図である。図 4 の (a) は、方位角 θ の評価関数 $Z(\theta, \phi)$ を示す。図 4 の (a) において、縦軸は、評価関数値を表し、横軸は、方位角 θ を表す。

【 0083 】

また、図 4 の (b) は、図 4 の (a) に示す評価関数 $Z(\theta, \phi)$ のサンプル値をフーリエ変換したものを示す。図 4 の (b) において、縦軸は、評価関数値のフーリエ変換の値を表し、横軸は、サンプル数を表す。更に、図 4 の (c) は、図 4 の (b) に示すスペクト

50

ルの高周波成分を除去したものを逆フーリエ変換したものを示す。図4の(c)において、縦軸は、評価関数値を表し、横軸は、方位角を表す。更に、図4の(d)は、従来の方法による到来方向の推定結果を示す。図4の(d)において、縦軸は、評価関数値を表し、横軸は、方位角を表す。なお、方位角の所望値は、 -1.2 度である。

【0084】

角度高分解能処理部108は、評価関数 $Z(\theta)$ を演算すると、その演算した評価関数 $Z(\theta)$ をアンテナパターンテーブル $V_k(\theta, \phi)$ の角度ステップよりも小さいサンプル幅でサンプリングする(図4の(a)参照)。角度高分解能処理部108は、例えば、 0.5 度のサンプル幅で評価関数 $Z(\theta)$ をサンプリングする。

【0085】

そして、角度高分解能処理部108は、サンプリングした評価関数値をフーリエ変換する。これによって、曲線 $k1$ によって表されるスペクトルが得られる(図4の(b)参照)。

【0086】

そうすると、角度高分解能処理部108は、スペクトル $k1$ の高周波成分を除去し、その高周波成分を除去したスペクトル $k1$ を逆フーリエ変換する。これによって、図4の(c)に示す 0.5 度間隔の評価関数値が得られる。そして、角度高分解能処理部108は、図4の(c)に示す評価関数値が最大になる方位角 θ_{opt} ($= -1.5$ 度)を到来方向の方位角 θ_{opt} と推定する(図4の(c)参照)。

【0087】

このように、角度高分解能処理部108は、評価関数 $Z(\theta)$ をアンテナパターンテーブル $V_k(\theta, \phi)$ の角度ステップよりも小さいサンプル幅でサンプリングして到来方向の方位角 θ_{opt} を推定する。

【0088】

図4の(d)に示す評価関数値は、評価関数 $Z(\theta)$ をアンテナパターンテーブル $V_k(\theta, \phi)$ の角度ステップと同じサンプル幅でサンプリングした場合の評価関数値である。その結果、従来の方法によって推定した方位角 θ_{opt} は、 -2 度であった(図4の(d)参照)。

【0089】

従って、方位角の所望値($= -1.2$ 度)に対して、この発明による推定方法を用いると、 -1.5 度の方位角 θ_{opt} が到来方向の方位角 θ_{opt} と推定され、従来の推定方法による推定値($= -2$ 度)よりも精度が高い。

【0090】

角度高分解能処理部108は、同様にして、評価関数 $Z(\theta)$ をアンテナパターンテーブル $V_k(\theta, \phi)$ の角度ステップよりも小さいサンプル幅でサンプリングして到来方向の仰角 ϕ_{opt} を推定する。

【0091】

角度高分解能処理部108は、上述した方法によって、到来方向の方位角 θ_{opt} および仰角 ϕ_{opt} を推定すると、その推定した方位角 θ_{opt} および仰角 ϕ_{opt} を伝搬パラメータ記憶部109に格納する。そして、伝搬パラメータ記憶部109は、方位角 θ_{opt} および仰角 ϕ_{opt} を記憶する。

【0092】

図5は、実施の形態1における到来方向の推定動作を説明するためのフローチャートである。一連の動作が開始されると、図3に示すフローチャートに従って、伝搬パラメータ初期値発生部104に予め設定された伝搬パラメータの初期値を用いてアンテナパターンテーブル $V_k(\theta, \phi)$ の角度ステップと同じ分解能で伝搬パラメータが収束するまで推定される(ステップS11)。

【0093】

そして、収束した伝搬パラメータを用いてアンテナパターンテーブル $V_k(\theta, \phi)$ の角度ステップよりも高い分解能で到来方向が推定される(ステップS12)。これによ

10

20

30

40

50

て、到来方向を推定する動作が終了する。

【0094】

上述したように、実施の形態1によれば、伝搬パラメータ推定部106は、伝搬パラメータが収束するまでアンテナパターンテーブル $V_k(\theta, \phi)$ を用いて伝搬パラメータを推定し、角度高分解能処理部108は、伝搬パラメータ推定部106によって推定された伝搬パラメータを用いて到来方向の方位角 θ および仰角 ϕ の評価関数をアンテナパターンテーブル $V_k(\theta, \phi)$ の角度ステップよりも高い分解能でサンプリングして方位角 θ および仰角 ϕ を推定する。つまり、伝搬パラメータ推定部106は、伝搬パラメータが収束するまでアンテナパターンテーブル $V_k(\theta, \phi)$ の角度ステップと同じ分解能で伝搬パラメータを推定し、角度高分解能処理部108は、伝搬パラメータが収束すると、その収束した伝搬パラメータを用いて到来方向の方位角 θ および仰角 ϕ の評価関数をアンテナパターンテーブル $V_k(\theta, \phi)$ の角度ステップよりも高い分解能でサンプリングして方位角 θ および仰角 ϕ を推定する。

10

【0095】

従って、この発明によれば、従来と同様の粗い角度ステップに対して作成されたアンテナパターンテーブルを用いて従来の推定方法よりも高い精度で到来方向を推定できる。

【0096】

なお、伝搬パラメータ推定部106は、「第1の推定手段」を構成し、角度高分解能処理部108は、「第2の推定手段」を構成する。

【0097】

また、伝搬パラメータ推定部106による推定処理は、「第1の推定処理」を構成し、角度高分解能処理部108による推定処理は、「第2の推定処理」を構成する。

20

【0098】

[実施の形態2]

図6は、実施の形態2による到来方向推定装置の構成を示す概略ブロック図である。実施の形態2による到来方向推定装置200は、図1に示す到来方向推定装置100の伝搬パラメータ初期値発生部104を相関値算出部111および角度スペクトラム算出部112に代えたものであり、その他は、到来方向推定装置100と同じである。

【0099】

なお、到来方向推定装置200においては、受信部102は、ベースバンド信号 $y_1(t) \sim y_k(t)$ を相関値算出部111へ出力し、既知信号発生部103は、既知信号 $s(t)$ をレプリカ信号作成部105および相関値算出部111へ出力する。

30

【0100】

相関値算出部111は、既知信号発生部103から受けた既知信号 $s(t)$ と、受信部102から受けたベースバンド信号 $y_1(t) \sim y_k(t)$ の各々との相互相関を演算し、その演算したK個の相互相関を合成した合成波形を生成する。

【0101】

図7は、図6に示す相関値算出部111によって合成された合成波形を示す図である。図7において、縦軸は、相関値を表し、横軸は、遅延時間を表す。そして、合成波形 $k2$ は、ピーク $P1 \sim P7$ を有する。

40

【0102】

相関値算出部111は、図7に示す合成波形を生成すると、その生成した合成波形 $k2$ の相関値が最大となるピークから順番にピークサーチを行ない、パスを抽出する。この場合、相関値算出部111は、予め設定したパス数分のパスを抽出するという規則、ピークから何[dB]までのパスを抽出するという規則、およびノイズフロアから何[dB]以上のパスを抽出するという規則のいずれかの規則によってパスを抽出する。

【0103】

その結果、相関値算出部111は、例えば、ピーク $P1 \sim P7$ をそれぞれ第1パス～第7パスとして抽出する。そして、相関値算出部111は、その抽出した第1パス～第7パス(=ピーク $P1 \sim P7$)の遅延時間 $\tau_1 \sim \tau_7$ を検出し、その検出した遅延時間 $\tau_1 \sim$

50

と、ベースバンド信号 $y_1(t) \sim y_K(t)$ とをレプリカ信号作成部 105 へ出力する。

【0104】

また、相関値算出部 111 は、ベースバンド信号 $y_1(t) \sim y_K(t)$ と、既知信号 $s(t)$ と、各パスの遅延時間 $\tau_1 \sim \tau_7$ と、合成波形 k_2 とを角度スペクトラム算出部 112 へ出力する。

【0105】

図 8 は、図 6 に示す角度スペクトラム算出部 112 によって算出される角度スペクトラムを示す図である。なお、図 8 の各角度スペクトラムは、方位角に対する角度スペクトラムである。

10

【0106】

図 8 において、縦軸は、強度を表し、横軸は、角度を表す。また、曲線 k_3 は、ピーク P_1 における角度スペクトラムを示し、曲線 k_4 は、ピーク P_7 における角度スペクトラムを示す。

【0107】

角度スペクトラム算出部 112 は、アンテナパターンテーブル $V_k(\phi, \theta)$ を保持しており、ベースバンド信号 $y_1(t) \sim y_K(t)$ 、既知信号 $s(t)$ 、各パスの遅延時間 $\tau_1 \sim \tau_7$ および合成波形 k_2 を相関値算出部 111 から受ける。

【0108】

そして、角度スペクトラム算出部 112 は、相関値算出部 111 から各パスの遅延時間 $\tau_1 \sim \tau_7$ および合成波形 k_2 を受けると、その受けた遅延時間 $\tau_1 \sim \tau_7$ および合成波形 k_2 に基づいて、各遅延時間 $\tau_1 \sim \tau_7$ ごとに方位角 ϕ に対する角度スペクトラム k_3, k_4 を算出する。

20

【0109】

そして、角度スペクトラム算出部 112 は、その算出した角度スペクトラム k_3, k_4 の各角度スペクトラムごとにピークサーチを行ない、ピークとなる到来角度を方位角 $\phi_1 \sim \phi_7$ として検出する。

【0110】

また、角度スペクトラム算出部 112 は、同様にして、遅延時間 $\tau_1 \sim \tau_7$ および合成波形 k_2 に基づいて、各遅延時間 $\tau_1 \sim \tau_7$ ごとに仰角 θ に対する角度スペクトラムを算出し、その算出した角度スペクトラムのピークサーチを行ない、ピークとなる到来角度を仰角 $\theta_1 \sim \theta_7$ として検出する。

30

【0111】

更に、角度スペクトラム算出部 112 は、既知信号 $s(t)$ 、ベースバンド信号 $y_1(t) \sim y_K(t)$ 、アンテナパターンテーブル $V_k(\phi, \theta)$ 、遅延時間 $\tau_1 \sim \tau_7$ および検出した到来角度 (= 方位角 $\phi_1 \sim \phi_7$ および仰角 $\theta_1 \sim \theta_7$) を次式に代入して複素振幅減衰 $\alpha_1 \sim \alpha_K$ を算出する。

【0112】

【数 9】

40

$$\alpha = \frac{\sum_K \sum_T y_k(t) \cdot \{s(t - \tau_l) \cdot V_k(\phi_l, \theta_l)\}^*}{\sum_K \sum_T |s(t - \tau_l)| \cdot |V_k(\phi_l, \theta_l)|} \quad \dots \quad (9)$$

【0113】

そうすると、角度スペクトラム算出部 112 は、到来角度 (= 方位角 $\phi_1 \sim \phi_7$ および仰角 $\theta_1 \sim \theta_7$) および複素振幅減衰 $\alpha_1 \sim \alpha_K$ をレプリカ信号作成部 105 へ出力する。

【0114】

50

到来方向推定装置 200 においては、レプリカ信号作成部 105 は、既知信号発生部 103 から既知信号 $s(t)$ を受け、相関値算出部 111 から遅延時間 $\tau_1 \sim \tau_7$ およびベースバンド信号 $y_1(t) \sim y_K(t)$ を受け、角度スペクトラム算出部 112 から到来角度 (= 方位角 $\theta_1 \sim \theta_7$ および仰角 $\phi_1 \sim \phi_7$) および複素振幅減衰 $\alpha_1 \sim \alpha_K$ を受ける。

【0115】

そして、レプリカ信号作成部 105 は、遅延時間 $\tau_1 \sim \tau_7$ 、到来角度 (= 方位角 $\theta_1 \sim \theta_7$ および仰角 $\phi_1 \sim \phi_7$) および複素振幅減衰 $\alpha_1 \sim \alpha_K$ を伝搬パラメータの初期値として用い、既知信号 $s(t)$ およびベースバンド信号 $y_1(t) \sim y_K(t)$ に基づいて、実施の形態 1 と同様にしてレプリカ信号 $x_{k,1}(t)$ を作成して伝搬パラメータ推定部 106 へ出力するとともに、伝搬パラメータ推定部 106 から受けた伝搬パラメータによって伝搬パラメータを更新する。

10

【0116】

その後、伝搬パラメータ推定部 106 は、実施の形態 1 と同様にして伝搬パラメータを収束するまで推定し、角度高分解能処理部 108 は、実施の形態 1 と同様にして、収束した伝搬パラメータを用いて到来方向を推定する。

【0117】

上述したように、実施の形態 2 においては、相関値算出部 111 は、ベースバンド信号 $y_1(t) \sim y_K(t)$ と既知信号 $s(t)$ との相関値を演算して遅延時間 $\tau_1 \sim \tau_7$ を検出し、その検出した遅延時間 $\tau_1 \sim \tau_7$ をレプリカ信号作成部 105 へ出力する。また、角度スペクトラム算出部 112 は、ベースバンド信号 $y_1(t) \sim y_K(t)$ と既知信号 $s(t)$ との相関値から得られた合成波形 k_2 と遅延時間 $\tau_1 \sim \tau_7$ とに基づいて、到来角度 (= 方位角 $\theta_1 \sim \theta_7$ および仰角 $\phi_1 \sim \phi_7$) を検出し、遅延時間 $\tau_1 \sim \tau_7$ および到来角度 (= 方位角 $\theta_1 \sim \theta_7$ および仰角 $\phi_1 \sim \phi_7$) に基づいて、複素振幅減衰 $\alpha_1 \sim \alpha_K$ を検出する。そして、角度スペクトラム算出部 112 は、到来角度 (= 方位角 $\theta_1 \sim \theta_7$ および仰角 $\phi_1 \sim \phi_7$) および複素振幅減衰 $\alpha_1 \sim \alpha_K$ をレプリカ信号作成部 105 へ出力する。

20

【0118】

そして、レプリカ信号作成部 105 は、相関値算出部 111 から受けた遅延時間 $\tau_1 \sim \tau_7$ と、角度スペクトラム算出部 112 から受けた到来角度 (= 方位角 $\theta_1 \sim \theta_7$ および仰角 $\phi_1 \sim \phi_7$) および複素振幅減衰 $\alpha_1 \sim \alpha_K$ とを伝搬パラメータの初期値として用いてレプリカ信号 $x_{k,1}(t)$ を作成する。

30

【0119】

従って、実施の形態 2 においては、既知信号 $s(t)$ がアレーアンテナ 101 によって実際に受信された受信信号 (= ベースバンド信号 $y_1(t) \sim y_K(t)$) に近づくように伝搬パラメータの初期値が検出され、その検出された伝搬パラメータの初期値を用いて到来波の到来方向が推定される。

【0120】

図 9 は、実施の形態 2 における到来方向の推定動作を説明するためのフローチャートである。一連の動作が開始されると、相関値算出部 111 および角度スペクトラム算出部 112 は、既知信号 $s(t)$ およびベースバンド信号 $y_1(t) \sim y_K(t)$ に基づいて、ベースバンド信号 $y_1(t) \sim y_K(t)$ が既知信号 $s(t)$ に近づくように伝搬パラメータの初期値を検出し (ステップ S21)、その検出した伝搬パラメータの初期値をレプリカ信号作成部 105 へ出力する。

40

【0121】

そして、レプリカ信号作成部 105 および伝搬パラメータ推定部 106 は、相関値算出部 111 および角度スペクトラム算出部 112 から受けた伝搬パラメータの初期値を用いてアンテナパターンテーブル $V_{k,1}(t)$ の角度ステップと同じ分解能で伝搬パラメータを収束するまで推定する (ステップ S22)。

【0122】

50

その後、角度高分解能処理部 108 は、収束した伝搬パラメータを用いてアンテナパターンテーブル $V_k(\theta_1, \phi_1)$ の角度ステップよりも高い分解能で到来方向を推定する(ステップ S23)。これによって、一連の動作が終了する。

【0123】

このように、実施の形態 2 においては、既知信号 $s(t)$ が実際に受信された受信信号(=ベースバンド信号 $y_1(t) \sim y_k(t)$)に近づくように伝搬パラメータの初期値が検出され、その検出された伝搬パラメータの初期値を用いて到来波の到来方向が推定される。

【0124】

従って、この発明によれば、実施の形態 1 に比べ、より速く到来方向を推定できる。

10

【0125】

その他は、実施の形態 1 と同じである。

【0126】

[実施の形態 3]

図 10 は、実施の形態 3 による到来方向推定装置の構成を示す概略ブロック図である。実施の形態 3 による到来方向推定装置 300 は、図 1 に示す到来方向推定装置 100 の伝搬パラメータ推定部 106 を伝搬パラメータ推定部 106A に代え、角度高分解能処理部 108 を伝搬パラメータ推定部 106A 内へ移動したものであり、その他は、到来方向推定装置 100 と同じである。

【0127】

伝搬パラメータ推定部 106 は、伝搬パラメータ推定部 106 と、角度高分解能処理部 108 とからなる。

20

【0128】

実施の形態 3 においては、伝搬パラメータ推定部 106 は、上述した方法によって、伝搬パラメータを 1 回推定すると、その推定結果を角度高分解能処理部 108 へ出力する。また、角度高分解能処理部 108 は、伝搬パラメータ推定部 106 から受けた伝搬パラメータを用いて上述した方法によってアンテナパターンテーブル $V_k(\theta_1, \phi_1)$ の角度ステップよりも高い分解能で到来方向を推定する。そして、角度高分解能処理部 108 は、収束判定部 107 から停止信号を受けると、最終的に推定した到来方向(=方位角 θ および仰角 ϕ からなる)を収束判定部 107 へ出力する。

30

【0129】

なお、実施の形態 3 においては、収束判定部 107 は、角度高分解能処理部 108 から到来方向(=方位角 θ および仰角 ϕ からなる)を受けると、その受けた到来方向(=方位角 θ および仰角 ϕ からなる)を伝搬パラメータ記憶部 109 に格納する。

【0130】

図 11 は、実施の形態 3 における到来方向の推定動作を説明するためのフローチャートである。一連の動作が開始されると、受信部 102 は、ベースバンド信号 $y_1(t) \sim y_k(t)$ を生成してレプリカ信号作成部 105 へ出力し、既知信号発生部 103 は、既知信号 $s(t)$ を発生してレプリカ信号作成部 105 へ出力し、伝搬パラメータ初期値発生部 104 は、保持している伝搬パラメータの初期値をレプリカ信号作成部 105 へ出力する。

40

【0131】

そして、レプリカ信号作成部 105 および伝搬パラメータ推定部 106 は、 $n = 1$ を設定し(ステップ S31)、引き続いて $l = 1$ を設定する(ステップ S32)。

【0132】

その後、レプリカ信号作成部 105 および伝搬パラメータ推定部 106 は、伝搬パラメータの初期値を用いて伝搬パラメータ $[\theta_{1n}, \phi_{1n}, \theta_{2n}, \phi_{2n}]$ を上述した方法によって推定する(ステップ S33)。

【0133】

引き続いて、角度高分解能処理部 108 は、推定された伝搬パラメータ $[\theta_{1n}, \phi_{1n}, \theta_{2n}, \phi_{2n}]$

50

$n, l, n, l, n]$ を用いてアンテナパターンテーブル $V_k(\theta_l, \phi_l)$ の角度ステップよりも高分解能で上述した方法によって到来方向を推定する(ステップS34)。

【0134】

その後、レプリカ信号作成部105および伝搬パラメータ推定部106は、 $l = L$ であるか否かを判定する(ステップS35)。ステップS35において、 $l = L$ でないと判定されたとき、レプリカ信号作成部105および伝搬パラメータ推定部106は、 $l = l + 1$ を設定する(ステップS36)。そして、一連の動作は、ステップS33へ戻り、ステップS35において、 $l = L$ であると判定されるまで、上述したステップS33~ステップS36が繰り返し実行される。

【0135】

その後、ステップS35において、 $l = L$ であると判定されると、レプリカ信号作成部105および伝搬パラメータ推定部106は、 $n = N$ であるか否かを更に判定し(ステップS37)、 $n = N$ でないとき、 $n = n + 1$ を設定する(ステップS38)。そして、一連の動作は、ステップS33へ戻り、ステップS37において、 $n = N$ であると判定されるまで、上述したステップS33~ステップS38が繰り返し実行される。

【0136】

その後、ステップS37において、 $n = N$ であると判定されると、一連の動作は終了する。

【0137】

このように、実施の形態3においては、伝搬パラメータ推定部106がアンテナパターンテーブル $V_k(\theta_l, \phi_l)$ の角度ステップと同じ分解能で伝搬パラメータを1回推定するごとに、角度高分解能処理部108が推定された伝搬パラメータを用いてアンテナパターンテーブル $V_k(\theta_l, \phi_l)$ の角度ステップよりも高い分解能で到来方向を推定する(ステップS33, S34参照)。

【0138】

そして、実施の形態3においては、伝搬パラメータ推定部106および角度高分解能処理部108は、一体として実装されるので、コンパクトな到来方向推定装置を実現できる。

【0139】

なお、実施の形態3による到来方向推定装置は、図6に示す到来方向推定装置200の伝搬パラメータ推定部106を伝搬パラメータ推定部106Aに代え、角度高分解能処理部108を伝搬パラメータ推定部106A内へ移動した到来方向推定装置であってもよい。これにより、コンパクト、かつ、高速に到来方向を推定可能な到来方向推定装置を実現できる。

【0140】

その他は、実施の形態1, 2と同じである。

【0141】

[実施の形態4]

図12は、実施の形態4による到来方向推定装置の構成を示す概略ブロック図である。実施の形態4による到来方向推定装置400は、図1に示す到来方向推定装置100のレプリカ信号作成部105、伝搬パラメータ推定部106および角度高分解能処理部108をそれぞれレプリカ信号作成部105A、伝搬パラメータ推定部106Bおよび角度高分解能処理部108Aに代えたものであり、その他は、到来方向推定装置100と同じである。

【0142】

レプリカ信号作成部105A、伝搬パラメータ推定部106Bおよび角度高分解能処理部108Aの各々は、上述したアンテナパターンテーブル $V_k(\theta_l, \phi_l)$ に代えてアンテナパターンテーブル $V_k^*(\theta_l, \phi_l)$ を保持する。

【0143】

そして、レプリカ信号作成部105Aは、アンテナパターンテーブル $V_k^*(\theta_l, \phi_l)$

10

20

30

40

50

θ_1) を用いて上述した方法によってレプリカ信号 $x_{k, \theta_1}(t)$ を作成する。また、伝搬パラメータ推定部 106B は、アンテナパターンテーブル $V_k^*(\theta_1, \phi_1)$ を用いて後述する方法によって評価関数 $Z(\theta_1, \phi_1)$, $Z(\theta_1, \phi_1)$ を演算して仰角 θ_1 および方位角 ϕ_1 を推定するとともに、アンテナパターンテーブル $V_k^*(\theta_1, \phi_1)$ を用いて式 (8) によって複素振幅減衰 α_k を推定する。

【0144】

更に、角度高分解能処理部 108A は、アンテナパターンテーブル $V_k^*(\theta_1, \phi_1)$ を用いて後述する方法によって評価関数 $Z(\theta_1, \phi_1)$, $Z(\theta_1, \phi_1)$ を演算して到来方向 (= 仰角 θ_1 および方位角 ϕ_1) をアンテナパターンテーブル $V_k^*(\theta_1, \phi_1)$ の角度ステップよりも高い分解能で推定する。

10

【0145】

図 13 は、元の角度ステップで作成されたアンテナパターンテーブル $V_k(\theta_1, \phi_1)$ の概念図である。図 13 において、縦軸は、アンテナパターン値を表し、横軸は、角度を表す。また、曲線 k5 は、I 成分のアンテナパターン値を示し、曲線 k6 は、Q 成分のアンテナパターン値を示す。

【0146】

図 14 は、元の角度ステップよりも小さい角度ステップで作成されたアンテナパターンテーブル $V_k^*(\theta_1, \phi_1)$ の概念図である。図 14 において、縦軸は、アンテナパターン値を表し、横軸は、角度を表す。また、曲線 k7 は、I 成分のアンテナパターン値を示し、曲線 k8 は、Q 成分のアンテナパターン値を示す。

20

【0147】

曲線 k5 によって示された I 成分のアンテナパターン値を元の間隔よりも小さい間隔でサンプリングし、そのサンプリングした I 成分のサンプリング値をフーリエ変換して高周波成分を除去する。そして、その高周波成分を除去したフーリエ変換後の I 成分のサンプリング値を逆フーリエ変換して I 成分のアンテナパターン値 (= 曲線 k7) を作成する。

【0148】

同様に、曲線 k6 によって示された Q 成分のアンテナパターン値を元の間隔よりも小さい間隔でサンプリングし、そのサンプリングした Q 成分のサンプリング値をフーリエ変換して高周波成分を除去する。そして、その高周波成分を除去したフーリエ変換後の Q 成分のサンプリング値を逆フーリエ変換して Q 成分のアンテナパターン値 (= 曲線 k8) を作成する。

30

【0149】

そして、I 成分のアンテナパターン値 (= 曲線 k7) および Q 成分のアンテナパターン値 (= 曲線 k8) からなるアンテナパターンテーブル $V_k^*(\theta_1, \phi_1)$ をレプリカ信号作成部 105A、伝搬パラメータ推定部 106B および角度高分解能処理部 108A の各々に設定する。

【0150】

伝搬パターン推定部 106B は、上述したアンテナパターンテーブル $V_k^*(\theta_1, \phi_1)$ を用いて次の 3 つの方法のいずれかの方法を用いて評価関数を作成し、伝搬パラメータを推定する。

40

【0151】

MTH1) 実施の形態 1 における式 (4), (6) によってそれぞれ評価関数 $Z(\theta_1, \phi_1)$, $Z(\theta_1, \phi_1)$ を演算して伝搬パラメータを推定

MTH2) 式 (10) を用いて I 成分および Q 成分の各々で評価関数 $Z_I(\theta_1, \phi_1)$, $Z_I(\theta_1, \phi_1)$; $Z_Q(\theta_1, \phi_1)$, $Z_Q(\theta_1, \phi_1)$ を演算して伝搬パラメータを推定

MTH3) 式 (11) を用いて評価関数 $Z(\theta_1, \phi_1)$, $Z(\theta_1, \phi_1)$ を演算して伝搬パラメータを推定

【0152】

【数10】

$$Z(\varphi) = \sum_K \sum_T x_{k,l}(t) \cdot \left\{ s(t - \tau_l) \cdot V_k^*(\varphi, \theta_l) \right\}^* \cdot \dots \cdot (10)$$

【0153】

【数11】

$$Z(\varphi) = \left| \sum_K \sum_T x_{k,l}(t) \cdot \left\{ s(t - \tau_l) \cdot V_k^*(\varphi, \theta_l) \right\}^* \right|^2 \cdot \dots \cdot (11)$$

10

【0154】

また、角度高分解能処理部108Aは、上述したアンテナパターンテーブル $V_k^*(\theta_1, \theta_1)$ を用いて次の3つの方法のいずれかの方法を用いて評価関数を作成し、到来方向を推定する。

【0155】

MTH4) 実施の形態1における式(4)、(6)によってそれぞれ評価関数 $Z(\theta_1)$ 、 $Z(\theta_2)$ を演算して到来方向を推定

20

MTH5) 式(10)を用いてI成分およびQ成分の各々で評価関数 $Z_I(\theta_1)$ 、 $Z_I(\theta_2)$ ； $Z_Q(\theta_1)$ 、 $Z_Q(\theta_2)$ を演算して到来方向を推定

MTH6) 式(11)を用いて評価関数 $Z(\theta_1)$ 、 $Z(\theta_2)$ を演算して到来方向を推定

なお、実施の形態4による到来方向推定装置は、図6に示す到来方向推定装置200の角度スペクトラム算出部112、レプリカ信号作成部105、伝搬パラメータ推定部106および角度高分解能処理部108の各々がアンテナパターンテーブル $V_k^*(\theta_1, \theta_1)$ を保持し、角度スペクトラム算出部112がアンテナパターンテーブル $V_k^*(\theta_1, \theta_1)$ を用いて到来角度(方位角および仰角)からなる)および複素振幅減衰を算出し、レプリカ信号作成部105がアンテナパターンテーブル $V_k^*(\theta_1, \theta_1)$ を用いてレプリカ信号 $x_{k,l}(t)$ を作成し、伝搬パラメータ推定部106がアンテナパターンテーブル $V_k^*(\theta_1, \theta_1)$ を用いて伝搬パラメータを推定し、角度高分解能処理部108がアンテナパターンテーブル $V_k^*(\theta_1, \theta_1)$ を用いて到来方向を推定するようにした到来方向推定装置であってもよい。

30

【0156】

この場合、伝搬パラメータ推定部106は、上述した3つの方法MTH1、MTH2、MTH3のいずれかの方法を用いて伝搬パラメータを推定し、角度高分解能処理部108は、上述した3つの方法MTH4、MTH5、MTH6のいずれかの方法を用いて到来方向を推定する。

【0157】

また、実施の形態4による到来方向推定装置は、図12に示す到来方向推定装置400に実施の形態3を適用したのものであってよい。つまり、実施の形態4による到来方向推定装置は、伝搬パラメータ推定部106Bと角度高分解能処理部108とを一体化したのものであってよい。

40

【0158】

上述したように、実施の形態4によれば、元の間隔よりも小さい間隔で作成されたアンテナパターンテーブル $V_k^*(\theta_1, \theta_1)$ を用いて到来方向を推定するので、到来方向の精度をより高くできる。

【0159】

その他は、実施の形態1～実施の形態3と同じである。

【0160】

50

〔応用例〕

図15は、図1に示す到来方向推定装置100を用いた無線通信装置の構成を示す概略ブロック図である。無線通信装置500は、到来方向推定装置100と、送信ビーム設定部110と、変調部120と、アレー送信部130とを備える。

【0161】

送信ビーム設定部110は、到来方向推定装置100の伝搬パラメータ記憶部109から到来方向（方位角 θ_{pt} および仰角 ϕ_{pt} ）を受け、その受けた到来方向（方位角 θ_{pt} および仰角 ϕ_{pt} ）にビームを設定するための設定信号を生成してアレー送信部130へ出力する。

【0162】

変調部120は、送信データを外部から受け、その受けた送信データを所定の方式によって変調してアレー送信部130へ出力する。

【0163】

アレー送信部130は、到来方向（方位角 θ_{pt} および仰角 ϕ_{pt} ）にビームを設定するための設定信号に変調部120から受けた変調信号を重畳してアンテナ素子101-1～101-Kへ出力する。

【0164】

これによって、アレーアンテナ101は、到来方向（方位角 θ_{pt} および仰角 ϕ_{pt} ）にビームを設定して送信データを送信する。

【0165】

なお、無線通信装置500は、到来方向推定装置100に代えて到来方向推定装置200, 300, 400のいずれかを備えていてもよい。

【0166】

また、この発明においては、送信ビーム設定部110、変調部120およびアレー送信部130は、到来方向推定装置100によって推定された到来方向にビームを形成して信号を送信する「送信手段」を構成する。

【0167】

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、上記した実施の形態の説明ではなくて特許請求の範囲によって示され、特許請求の範囲と均等の意味およ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。

【産業上の利用可能性】

【0168】

この発明は、アンテナパターンテーブルの精度よりも高い精度で到来波の到来方向を推定可能な到来方向推定装置に適用される。また、この発明は、アンテナパターンテーブルの精度よりも高い精度で到来波の到来方向を推定可能な到来方向推定装置を備える無線通信装置に適用される。

【図面の簡単な説明】

【0169】

【図1】この発明の実施の形態1による到来方向推定装置の構成を示す概略ブロック図である。

【図2】図1に示すレプリカ信号作成部が保持する伝搬パラメータテーブルの概念図である。

【図3】図1に示す伝搬パラメータ推定部における推定動作を説明するためのフローチャートである。

【図4】図1に示す角度高分解能処理部における到来方向の推定方法を説明するための図である。

【図5】実施の形態1における到来方向の推定動作を説明するためのフローチャートである。

【図6】実施の形態2による到来方向推定装置の構成を示す概略ブロック図である。

10

20

30

40

50

【図7】図6に示す相関値算出部によって合成された合成波形を示す図である。

【図8】図6に示す角度スペクトラム算出部によって算出される角度スペクトラムを示す図である。

【図9】実施の形態2における到来方向の推定動作を説明するためのフローチャートである。

【図10】実施の形態3による到来方向推定装置の構成を示す概略ブロック図である。

【図11】実施の形態3における到来方向の推定動作を説明するためのフローチャートである。

【図12】実施の形態4による到来方向推定装置の構成を示す概略ブロック図である。

【図13】元の角度ステップで作成されたアンテナパターンテーブルの概念図である。

【図14】元の角度ステップよりも小さい角度ステップで作成されたアンテナパターンテーブルの概念図である。

【図15】図1に示す到来方向推定装置を用いた無線通信装置の構成を示す概略ブロック図である。

【符号の説明】

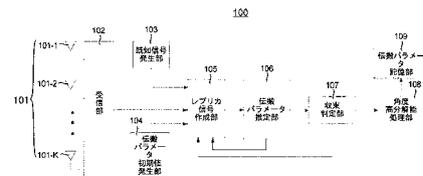
【0170】

100, 200, 300, 400 到来方向推定装置、101 アレーアンテナ、101-1~101-K アンテナ素子、102 受信部、103 既知信号発生部、104 伝搬パラメータ初期値発生部、105, 105A レプリカ信号作成部、106, 106A, 106B 伝搬パラメータ推定部、107 収束判定部、108, 108A 角度高分解能処理部、109 伝搬パラメータ記憶部、111 相関値算出部、112 角度スペクトラム算出部、110 送信ビーム設定部、120 変調部、130 アレー送信部、500 無線通信装置。

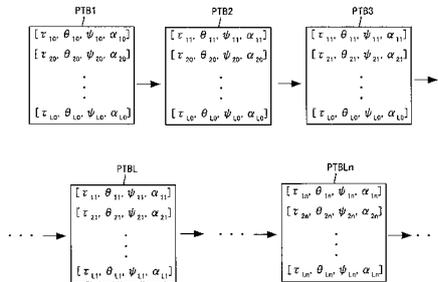
10

20

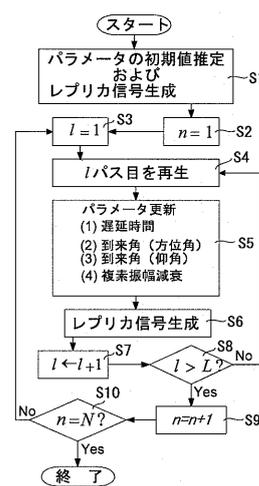
【図1】



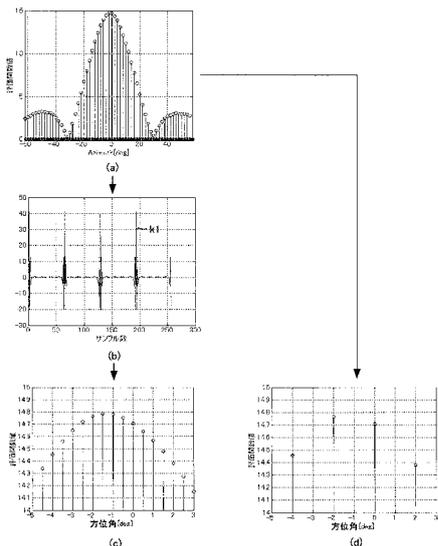
【図2】



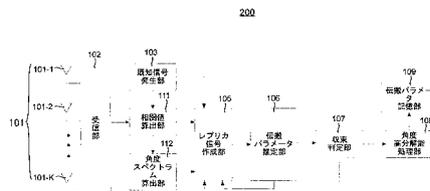
【図3】



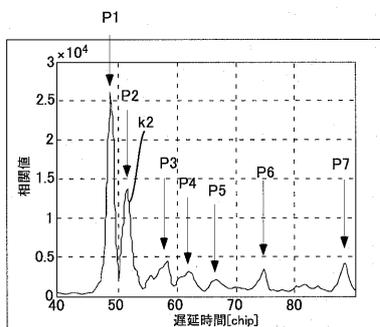
【図4】



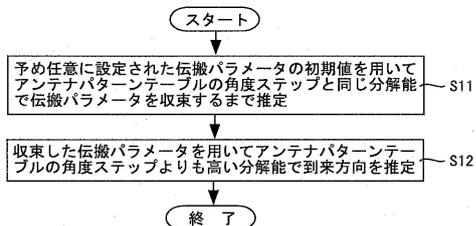
【図6】



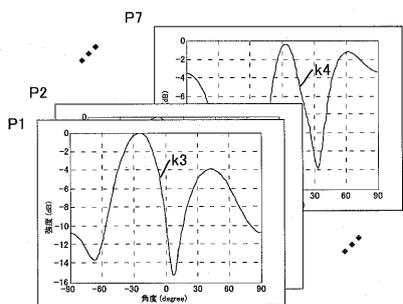
【図7】



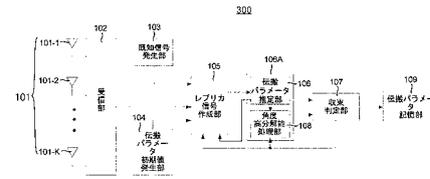
【図5】



【図8】

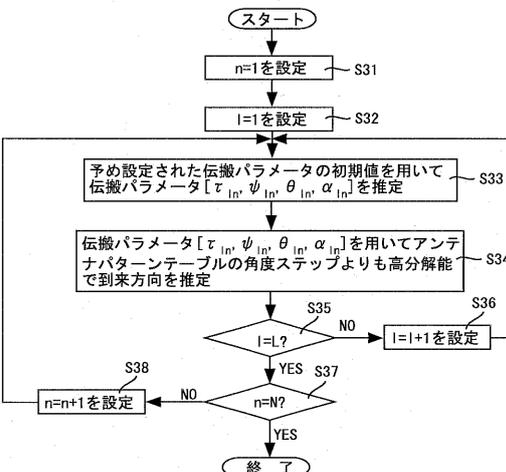
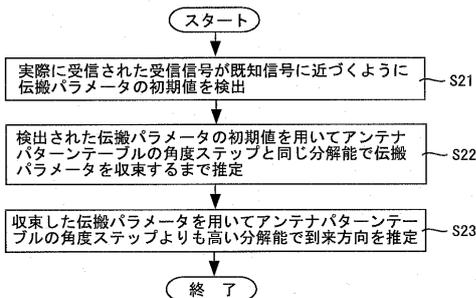


【図10】

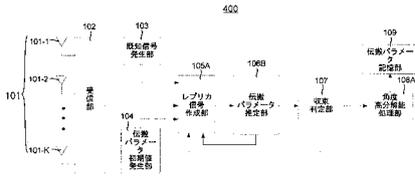


【図11】

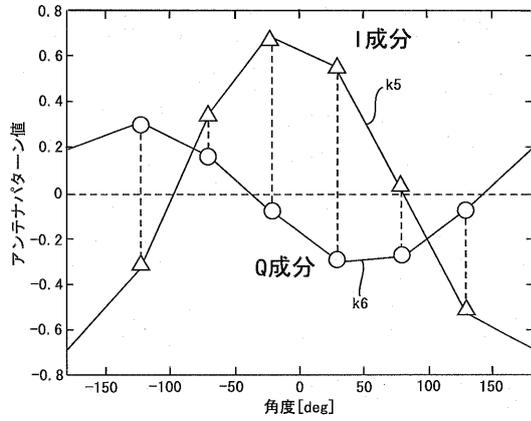
【図9】



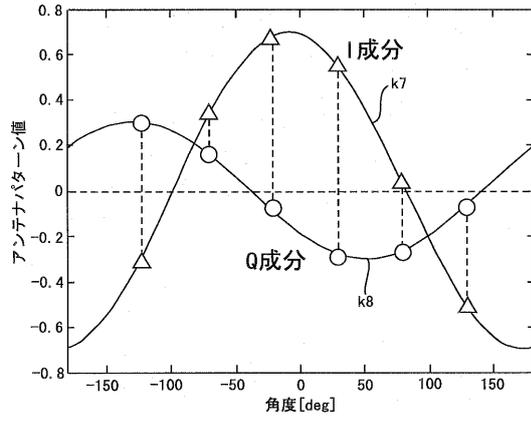
【図12】



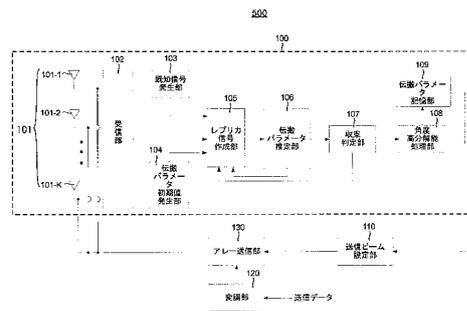
【図13】



【図14】



【図15】



フロントページの続き

審査官 中村 説志

- (56)参考文献 特開2005-201798(JP,A)
特開2005-077268(JP,A)
林 高弘, 市毛 弘一, 新井 宏之, EM,SAGEアルゴリズムを用いたDOA推定に関する一検討, 電子情報通信学会技術研究報告. A・P, アンテナ・伝播 103(22), 一般社団法人電子情報通信学会, 2003年 4月17日, p.57-62
平館郁雄、外2名, “SAGEアルゴリズムに基づく伝搬パラメータ推定”, 電子情報通信学会2007年総合大会講演論文集 通信1, 2007年 3月 7日, p.240
平館郁雄、外1名, “屋外都市環境におけるSAGEアルゴリズムを用いた伝搬パラメータ推定”, 電子情報通信学会2006年総合大会講演論文集 通信1, 2006年 3月 8日, p.204

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01S 3/00 - 3/74
H04B 7/00 - 7/12
H04B 7/24 - 7/26
H04W 4/00 - 99/00
H04J 99/00
H01Q 3/00 - 3/46
H01Q21/00 - 25/04