

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4606647号
(P4606647)

(45) 発行日 平成23年1月5日(2011.1.5)

(24) 登録日 平成22年10月15日(2010.10.15)

(51) Int. Cl. F I
HO4B 7/08 (2006.01) HO4B 7/08 D
HO4B 7/005 (2006.01) HO4B 7/005

請求項の数 2 (全 13 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2001-166365 (P2001-166365) (22) 出願日 平成13年6月1日(2001.6.1) (65) 公開番号 特開2002-359586 (P2002-359586A) (43) 公開日 平成14年12月13日(2002.12.13) 審査請求日 平成20年5月20日(2008.5.20)</p>	<p>(73) 特許権者 000006633 京セラ株式会社 京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿町6番地 (73) 特許権者 000208891 KDDI株式会社 東京都新宿区西新宿二丁目3番2号 (73) 特許権者 599108264 株式会社KDDI研究所 埼玉県ふじみ野市大原二丁目1番15号 (74) 代理人 100064908 弁理士 志賀 正武 (74) 代理人 100089037 弁理士 渡邊 隆</p>
---	---

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 適応送受信機

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

所定の配置形状で近接して並置されたK個(Kは2以上の整数)のアンテナ素子からなるアレーアンテナによって受信されたK個の、フレーム同期信号を含むフレーム構成の受信信号から、最も早くアレーアンテナに到達する先行波信号と、上記先行波信号から遅延して到達するN-1個(NはK-1以下の整数)の遅延波信号とを用いて送信信号に対するタイミングと重みを計算する適応送受信機であって、

上記受信信号を、上記K個のアンテナ素子で受信し、ベースバンド帯へ周波数変換をして受信ベースバンド信号を出力する受信手段と、

上記受信ベースバンド信号に対して、上記先行波信号と上記N-1個の遅延波信号を含むL個の信号に対応する複数の重み係数を乗算し、合成することによって、上記先行波信号と上記N-1個の遅延波信号を含むL個の信号を取り出して出力するビーム形成手段と

10

上記受信ベースバンド信号と上記ビーム形成手段の出力信号から、上記先行波信号と上記N-1個の遅延波信号を含むL個の信号にそれぞれ対応する上記重み付け係数を乗算して出力するとともに、上記先行波信号と上記N-1個の遅延波信号を含むL個の信号に対応するフレームの同期タイミングを出力する適応制御手段と、

上記適応制御手段から出力される上記先行波信号と上記N-1個の遅延波信号を含むL個の信号に対応するフレームの同期タイミングに基づいて、上記先行波信号と上記N-1個の遅延波信号のフレーム同期タイミングが一致するように、上記先行波信号と上記N-

20

1 個の遅延波信号を含む L 個の信号の遅延補正を行う遅延補正手段と、

上記受信ベースバンド信号と、参照信号メモリに保持されている上記フレーム同期信号との相関値から、上記先行波信号と上記 N - 1 個の遅延波信号の電力を推定して出力する電力推定手段と、

上記遅延補正手段の出力信号のうち、上記電力推定手段の出力から推定した電力の大きい M (M は N 以下) 波の出力信号を合成し、前記到来波信号を出力する合成手段と、

上記適応制御手段から出力される上記先行波信号と上記 N - 1 個の遅延波信号を含む L 個の信号に対応するフレームの同期タイミングを用いて、L 個の異なるタイミングの送信信号を生成する送信タイミング制御手段と、

上記送信タイミング制御手段の出力に上記適応制御手段から出力される上記先行波信号と上記 N - 1 個の遅延波信号を含む L 個の信号にそれぞれ対応する重み係数を乗算する送信ビーム形成手段と、

上記送信ビーム形成手段の出力を RF 帯へ周波数変換をして送信 RF 信号を出力する送信手段と、

を備え、

前記適応制御手段は、

上記受信ベースバンド信号のサンプリング時間間隔毎に、上記アンテナ素子毎の受信ベースバンド信号と、上記 L 個のビーム形成手段の出力信号と参照信号との差を表す誤差信号とから、任意のアルゴリズムを用いて誤差信号の平均 2 乗誤差が最小となるように上記アンテナ素子毎の重み付けの重み付け係数を決定する重み演算回路と、

上記 L 個のビーム形成手段の各々の上記誤差信号の平均 2 乗誤差を計算する平均 2 乗誤差演算器と、

上記平均 2 乗誤差演算器の出力する L 個の平均 2 乗誤差と、予め設定した閾値とを比較し、上記平均 2 乗誤差が閾値以下に下がった時刻を、上記先行波信号と上記 N - 1 個の遅延波信号を含む L 個の到来波信号のフレーム同期タイミングとして出力する閾値比較器と、
 で構成されたことを特徴とする適応送受信機。

【請求項 2】

所定の配置形状で近接して並置された K 個 (K は 2 以上の整数) のアンテナ素子からなるアレーアンテナによって受信された K 個の、フレーム同期信号を含むフレーム構成の受信信号から、最も早くアレーアンテナに到達する先行波信号と、上記先行波信号から遅延して到達する N - 1 個 (N は K - 1 以下の整数) の遅延波信号とを用いて送信信号に対するタイミングと重みを計算する適応送受信機であって、

上記受信信号を、上記 K 個のアンテナ素子で受信し、ベースバンド帯へ周波数変換をして受信ベースバンド信号として出力する受信手段と、

上記受信ベースバンド信号に対して、上記先行波信号と上記 N - 1 個の遅延波信号を含む L 個の信号に対応する複数の重み付け係数を乗算し、合成することによって、上記先行波信号と上記 N - 1 個の遅延波信号を含む L 個の信号を取り出して出力するビーム形成手段と、

上記受信ベースバンド信号と上記ビーム形成手段の出力信号から、上記先行波信号と上記 N - 1 個の遅延波信号を含む L 個の信号に対応する重み係数を演算して出力するとともに、上記先行波信号と上記 N - 1 個の遅延波信号を含む L 個の信号に対応するフレームの同期タイミングを出力すると共に、上記同期タイミングの検出に用いた平均 2 乗誤差の値を出力する適応制御手段と、

上記適応制御手段から出力される上記先行波信号と上記 N - 1 個の遅延波信号を含む L 個の信号に対応するフレームの同期タイミングに基づいて、上記先行波信号と上記 N - 1 個の遅延波信号のフレーム同期タイミングが一致するように、上記先行波信号と上記 N - 1 個の遅延波信号を含む L 個の信号の遅延補正を行う遅延補正手段と、

上記遅延補正手段の出力信号のうち、上記適応制御手段が出力する L 個の平均 2 乗誤差値の内、値の小さい M (M は N 以下) 個を選択し、それに対応する M 個の到来波推定信号を合成し出力する合成手段と、

10

20

30

40

50

上記適応制御手段から出力される上記先行波信号と上記N - 1個の遅延波信号を含むL個の信号に対応するフレームの同期タイミングを用いて、L個の異なるタイミングの送信信号を生成する送信タイミング制御手段と、

上記送信タイミング制御手段出力に上記適応制御手段から出力される上記先行波信号と上記N - 1個の遅延波信号を含むL個の信号にそれぞれ対応する重みを乗算する送信ビーム形成手段と、

上記送信ビーム形成手段の出力をRF帯へ周波数変換をして送信RF信号を出力する送信手段と、

を備え、

前記適応制御手段は、

上記受信ベースバンド信号のサンプリング時間間隔毎に、上記アンテナ素子毎の受信ベースバンド信号と、上記L個のビーム形成手段の出力信号と参照信号との差を表す誤差信号とから、任意のアルゴリズムを用いて誤差信号の上記平均2乗誤差が最小となるように上記アンテナ素子毎の重み付けの為の重み係数を決定する重み演算回路と、

上記L個のビーム形成手段の各々の上記誤差信号の上記平均2乗誤差を計算する平均2乗誤差演算器と、

上記平均2乗誤差演算器の出力するL個の平均2乗誤差と、予め設定した閾値とを比較し、上記平均2乗誤差が閾値以下に下がった時刻を、上記先行波信号と上記N - 1個の遅延波信号を含むL個の到来波信号のフレーム同期タイミングとして出力し、該同期タイミングの検出に用いた上記平均2乗誤差の値を出力する閾値比較器と、で構成されたことを特徴とする適応送受信機。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明はデジタル無線通信システムにおいて、同一チャネル干渉波が存在する伝搬環境下、又はマルチパス伝搬環境下で複数のアンテナ素子から成るアレーアンテナを用いてアンテナ指向性のビームを生成してパスダイバーシチ受信を実現すると共に、そのアンテナ指向性のビームを用いて送信を行う適応送受信機の改良に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

干渉波の存在する環境におけるデジタル通信において、アダプティブアレーアンテナは干渉波の方向に指向性のヌルを形成することによって干渉波を抑圧する。また、図6に示すように従来のK個のアンテナ素子からなるアレーアンテナを用いることによって、受信された信号を先行波信号と複数の遅延波信号に分離した後、遅延時間差から異なるタイミングの送信信号を生成し、重み付けをして合成することにより通信相手の受信環境に適した送信信号を生成し送信することを実現している。

【0003】

図6はアダプティブアレーアンテナを用いた従来例の適応送受信機のブロック図である。同図において、Rは受信部、Tは送信部、 $31_1 \sim 31_K$ はアンテナ素子で、送受信用アレーアンテナを構成する。受信部Rにおいて、 $32_1 \sim 32_L$ はベースバンド信号発生器、33は参照信号メモリ、34は相関器、 $35_{11} \sim 35_{LK}$ は複素用掛算器、 $36_1 \sim 36_L$ は複素加算器、 $37_1 \sim 37_L$ は遅延補正器、38はM波合成器、39は適応制御プロセッサである。また送信部Tにおいて、 $3a_1 \sim 3a_L$ は遅延器、 $3b_{11} \sim 3b_{LK}$ は複素掛算器、 $3c_1 \sim 3c_K$ は複素加算器、 $3d_1 \sim 3d_K$ はRF信号発生器である。上記適応送受信機は送信信号に対する適応制御を行うが、その制御の為の情報を受信部Rから得る。受信部Rで得られる受信信号は送受局にてデジタル信号によりデジタル変調され、図5に示すように、時間幅Tpreのフレーム同期タイミング検出等に用いるプリアンプル信号の後に、時間幅Tdのデータ信号が続くフレーム構成で送られてくるものとする。まず、K個の各アンテナ素子 $31_1 \sim 31_K$ からの受信信号に対して、それぞれベースバンド信号発生器 $32_1 \sim 32_K$ で、RF周波数帯の受信信号をベースバンド帯

10

20

30

40

50

へ周波数変換し、受信ベースバンド信号 $x_1(t) \sim x_K(t)$ を生成する。次に、各ベースバンド信号発生器 $32_1 \sim 32_K$ からの受信ベースバンド信号 $x_1(t) \sim x_K(t)$ は掛算器 $35_{11} \sim 35_K$ により適応制御プロセッサ 39 からの異なる L 個の重み付け係数のベクトル $W_1 \sim W_L$ で重み付けを行い、先行波信号と $N - 1$ 個の遅延波信号を含む計 L 個の到来波信号 $y_1(t) \sim y_K(t)$ を推定して出力する。具体的には以下の式で到来波信号 $y_1(t)$ を推定する。

【0004】

【数1】

$$y_i(t) = \sum_{j=1}^K w_{ij} x_j(t) \quad i=1, \dots, L$$

10

【0005】

一方、 L 個の各到来波信号のフレーム同期タイミングは、参照信号メモリ 33 に保持されているプリアンプル信号 21 と受信ベースバンド信号を元に計算する。すなわち、相関器 34 においてフレーム信号区間 $T_f (T_{pre} + T_d)$ でプリアンプル信号と受信ベースバンド信号との間の相関値を計算し、その絶対値 2 乗の大きいほうから L 個のピークが検出されるタイミングを L 個の各到来波信号のフレーム同期タイミング $t_1 \sim t_L$ とする。

【0006】

相関器 34 で得られた L 個の各到来波信号のフレーム同期タイミング $t_1 \sim t_L$ を元に、各受信信号の遅延時間の補正を遅延補正器 $37_1 \sim 37_L$ で行い、また、相関器 34 で各到来波信号のタイミング検出に利用する相関値のピークの高さから各到来波信号の受信信号の電力 $P_1 \sim P_L$ を推定し、 M 波合成器 38 で遅延補正された各受信信号の内、受信信号電力の大きいほうから M 個を選択し合成を行い、到来波信号を出力する。

20

【0007】

遅延器 $3a_1 \sim 3a_L$ では相関器 34 で得られた L 個の各到来波信号のフレーム同期タイミング $t_1 \sim t_L$ に対応して、 L 個の異なるタイミングの送信信号 $s(t)$ を生成する。そして、その L 個の送信信号に対し掛算器 $3b_{11} \sim 3b_{LK}$ により重み付け係数のベクトル $W_1 \sim W_L$ で重み付けを行い加算器 $3c_1 \sim 3c_K$ で合成を行い、 K 個の各アンテナ素子 $31_1 \sim 31_K$ から送信する K 個の送信信号 $s_1(t) \sim s_K(t)$ を出力する。具体的には以下の式で各アンテナ素子に対する送信信号を生成する。

30

【0008】

【数2】

$$s_i(t) = \sum_{j=1}^L w_{ji} s(t - t_j) \quad i=1, \dots, K$$

【0009】

RF 信号発生器 $3d_1 \sim 3d_K$ では K 個の送信信号 $S_1(t) \sim S_K(t)$ を周波数変換して RF 信号を出力する。

【0010】

図7は図6に示す従来の適応送信機における適応制御プロセッサの構成を示している。図7において、複素減算器 $42_1 \sim 42_L$ は上述の推定された L 個の到来波信号 $y_1(t) \sim y_K(t)$ と参照信号メモリ 43 に保持されているプリアンプル信号 21 の差分である誤差信号 $e_1(t) \sim e_K(t)$ を出力する。重み演算回路 41 では、受信ベースバンド信号 $x_1(t) \sim x_K(t)$ と誤差信号 $e_1(t) \sim e_K(t)$ を用いて、誤差信号 $e_1(t) \sim e_K(t)$ の 2 乗平均が小さくなるように、重み付け係数のベクトル $W_1 \sim W_L$ を任意のアルゴリズムで求め、出力する。

40

【0011】

【発明が解決しようとする課題】

図6に示した従来の適応送信機の構成では、上述したようにマルチパス伝搬環境下で電力の大きいほうから L 個の到来波信号のフレーム同期タイミングを検出して、そのタイミン

50

グでL個の異なるタイミングの送信信号を遅延器 $3a_1 \sim 3a_L$ で生成する。しかしこのような構成であると、マルチパスフェージング環境下では各到来波信号の電力が時間と共に変化し、フレーム同期タイミングのジッタが増える。フレーム同期タイミングのジッタが増え、検出精度の劣化が起こると、遅延器 $3a_1 \sim 3a_L$ で送信信号に与える遅延時間に影響を及ぼす。また、同一チャネル干渉波が存在し、その電力が所望波よりある程度以上強くなるとフレーム同期の検出精度は劣化し、上述と同様の影響がでる。この影響によって、通信相手側の受信信号が劣化し通信相手側の受信特性に影響を及ぼす。

【0012】

本発明の目的は、同一チャネル干渉波が所望波より強いような環境においても、精度の高い各受信波信号の同期タイミングの検出を行え、そのタイミングを用いて送信ビームを形成する適応送受信機を提供することにある。

【0013】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するため、本発明に係る請求項1記載された適応送受信機は、所定の配置形状で近接して並置されたK個（Kは2以上の整数）のアンテナ素子からなるアレーアンテナによって受信されたK個の、フレーム同期信号を含むフレーム構成の受信信号から、最も早くアレーアンテナに到達する先行波信号と、上記先行波信号から遅延して到達するN-1個（NはK-1以下の整数）の遅延波信号とを用いて送信信号に対するタイミングと重みを計算する適応送受信機であって、上記受信信号を、上記K個のアンテナ素子で受信し、ベースバンド帯へ周波数変換をして受信ベースバンド信号を出力する受信手段と、上記受信ベースバンド信号に対して、上記先行波信号と上記N-1個の遅延波信号を含むL個の信号に対応する複数の重み係数を乗算し、合成することによって、上記先行波信号と上記N-1個の遅延波信号を含むL個の信号を取り出して出力するビーム形成手段と、上記受信ベースバンド信号と上記ビーム形成手段の出力信号から、上記先行波信号と上記N-1個の遅延波信号を含むL個の信号にそれぞれ対応する上記重み付け係数を乗算して出力するとともに、上記先行波信号と上記N-1個の遅延波信号を含むL個の信号に対応するフレームの同期タイミングを出力する適応制御手段と、上記適応制御手段から出力される上記先行波信号と上記N-1個の遅延波信号を含むL個の信号に対応するフレームの同期タイミングに基づいて、上記先行波信号と上記N-1個の遅延波信号のフレーム同期タイミングが一致するように、上記先行波信号と上記N-1個の遅延波信号を含むL個の信号の遅延補正を行う遅延補正手段と、上記受信ベースバンド信号と、参照信号メモリに保持されている上記フレーム同期信号との相関値から、上記先行波信号と上記N-1個の遅延波信号の電力を推定して出力する電力推定手段と、上記遅延補正手段の出力信号のうち、上記電力推定手段の出力から推定した電力の大きいM（MはN以下）波の出力信号を合成し、前記到来波信号を出力する合成手段と、上記適応制御手段から出力される上記先行波信号と上記N-1個の遅延波信号を含むL個の信号に対応するフレームの同期タイミングを用いて、L個の異なるタイミングの送信信号を生成する送信タイミング制御手段と、上記送信タイミング制御手段の出力に上記適応制御手段から出力される上記先行波信号と上記N-1個の遅延波信号を含むL個の信号にそれぞれ対応する重み係数を乗算する送信ビーム形成手段と、上記送信ビーム形成手段の出力をRF帯へ周波数変換をして送信RF信号を出力する送信手段と、を備え、前記適応制御手段は、上記受信ベースバンド信号のサンプリング時間間隔毎に、上記アンテナ素子毎の受信ベースバンド信号と、上記L個のビーム形成手段の出力信号と参照信号との差を表す誤差信号とから、任意のアルゴリズムを用いて誤差信号の平均2乗誤差が最小となるように上記アンテナ素子毎の重み付けの重み付け係数を決定する重み演算回路と、上記L個のビーム形成手段の各々の上記誤差信号の平均2乗誤差を計算する平均2乗誤差演算器と、上記平均2乗誤差演算器の出力するL個の平均2乗誤差と、予め設定した閾値とを比較し、上記平均2乗誤差が閾値以下に下がった時刻を、上記先行波信号と上記N-1個の遅延波信号を含むL個の到来波信号のフレーム同期タイミングとして出力する閾値比較器と、で構成されたことを特徴とする。

10

20

30

40

50

【0014】

以上のように構成された請求項1記載の適応送受信機においては、上記各アンテナ素子によって受信されたK個の受信信号に対してそれぞれ、対応する重み付け係数が乗算され、上記先行波信号と上記N-1個の遅延波信号を含むL個の信号が、所定の時間間隔で取り出されて上記ビーム形成手段から出力される。上記ビーム形成手段から出力された上記先行波信号とN-1個の遅延波信号を含むL個の信号に対してそれぞれ、上記適応制御手段から出力されるフレームの同期タイミングに基づいて、上記先行波信号と上記N-1個の遅延波信号を含むL個の信号のフレーム同期タイミングが一致するよう遅延の補正が行われる。一方、L個の到来波信号の受信電力が、受信信号とプリアンプル信号との間の相関値から推定され、その値から遅延補正が行われた上記先行波信号と上記N-1個の遅延波信号を含むL個の信号の内、電力の大きいM個が選択され合成されて出力される。また、上記適応制御手段から出力されるフレーム同期タイミングに基づいて、L個の異なるタイミングの送信信号を生成し、上記適応制御手段から出力される重み付け係数を乗算することで送信側の指向性ビームを形成する。これをRF信号に周波数変換をして送信する。

10

【0015】

上記送信タイミング制御手段で正確なタイミング制御が行われないと、正確な送信ビームが形成されないため、より正確なフレームの同期タイミングを適応制御手段から得ている。これによって、請求項1記載の適応送受信機は、適切な送信ビームの形成が可能となり、従来例に比較して特性の改善を図ることができる。

20

【0016】

また、本発明の請求項1に記載された適応送受信機は、前記適応制御手段が、上記受信ベースバンド信号のサンプリング時間間隔毎に、上記アンテナ素子毎の受信ベースバンド信号と、上記L個のビーム形成手段の出力信号と参照信号との差を表す誤差信号とから、任意のアルゴリズムを用いて誤差信号の平均2乗誤差が最小となるように上記アンテナ素子毎の重み付けの重み付け係数を決定する重み演算回路と、上記誤差信号の平均2乗誤差を計算する平均2乗誤差演算器と、上記平均2乗誤差演算器の出力と閾値との比較から上記先行波信号と上記N-1個の遅延波信号を含むL個の信号の前記フレーム同期タイミングを出力する閾値比較器と、で構成されたことを要旨とする。

【0017】

このような構成により、上記先行波信号と上記N-1個の遅延波信号を含むL個の信号の各フレーム同期タイミングを上記ビーム形成手段の出力と保持しておいたプリアンプル信号との差である誤差信号から得ることを特徴としているので、請求項1記載の適応送受信機は、従来の受信信号とプリアンプル信号との相関値から得られるフレームの同期タイミングより精度の高い同期タイミングを用いて、送信ビームの形成を行う為、通信相手側の受信特性の改善を図ることができる。

30

【0018】

本発明の請求項2に記載された適応送受信機は、請求項1記載の適応送受信機において、上記先行波信号と上記N-1個の遅延波信号を含むL個の到来波推定信号の内、合成するM個の信号の選択基準が異なるだけで、他の構成は同一である。請求項2記載の適応送受信機は、請求項1記載の適応送受信機における電力推定手段がない。その代わりに、適応制御手段より出力される上記先行波信号と上記N-1個の遅延波信号を含むL個の到来波推定信号の各フレーム同期タイミングを検出した時刻における誤差信号の平均2乗誤差値の小さいM波を選択して合成することを特徴とする。

40

【0019】

以上のように、請求項2記載の適応送受信機は請求項1記載の適応送受信機で必要であった電力推定手段を必要としないため、回路規模を少なくした適応送受信機を実現することができる。

【0020】

また、本発明の請求項2記載の適応送受信機は、前記適応制御手段において、閾値比較器が、前記フレームの同期タイミングだけでなく、これと同時に該フレーム同期タイミン

50

グの検出に用いた上記平均 2 乗誤差の値を出力する点が請求項 1 とは異なっている。

【 0 0 2 1 】

【 発明の実施の形態 】

次に、図面を参照して本発明の実施の形態を説明する。

図 1 は本発明の適応送受信機の第 1 の実施例を示す。同図において、 $51_1 \sim 51_K$ はアレーアンテナを構成するアンテナ素子、R は受信部、T は送信部である。

受信部 R において、 $52_1 \sim 52_K$ はベースバンド信号発生器、 $55_{11} \sim 55_{LK}$ は複素掛算器及び $56_1 \sim 56_L$ は複素加算器でビーム形成手段 B 1 を構成する。 $57_1 \sim 57_L$ は遅延補正器で遅延補正手段 B 2 を構成する。 53 は参照信号メモリ、 54 は相関器、 58 は M 波合成器、 59 は適応制御プロセッサである。

10

【 0 0 2 2 】

送信部 T において、 $5a_1 \sim 5a_b$ は遅延器で、送信タイミング制御手段 B 3 を構成する。 $5b_{11} \sim 5b_{LK}$ は複素掛算器、 $5c_1 \sim 5c_K$ は複素加算器で送信ビーム形成手段 B 4 を構成する。 $5d_1 \sim 5d_K$ は R F 信号発生器である。

【 0 0 2 3 】

上記実施例の主要な構成部分の機能は下記の通りである。

(1) 受信ベースバンド信号発生器 $52_1 \sim 52_K$ は、複数のアンテナ素子 $51_1 \sim 51_K$ からの受信信号をベースバンド帯へ周波数変換をして受信ベースバンド信号 $x_1(t) \sim x_K(t)$ を生成する。

(2) 適応制御プロセッサ 59 は、ベースバンド信号発生器 $52_1 \sim 52_K$ の出力信号 $x_1(t) \sim x_K(t)$ とビーム形成手段 B 1 の出力信号 $y_1(t) \sim y_L(t)$ に基づいて、上記先行波信号と上記 $N - 1$ 個の遅延波信号を含む L 個の到来波信号に対応する重み付け係数のベクトル $W_1 \sim W_L$ 、及びフレームの同期タイミング $t_1 \sim t_L$ を推定し出力する。

20

(3) ビーム形成手段 B 1 はベースバンド信号発生器 $52_1 \sim 52_K$ の出力信号 $x_1(t) \sim x_K(t)$ を適応制御プロセッサ 59 から出力される重み付け係数ベクトル $W_1 \sim W_L$ を用いて合成を行い、出力する。

(4) 相関器 54 は参照信号メモリ 53 に保持されているプリアンブル信号 21 とベースバンド信号発生器 52_1 から出力される受信ベースバンド信号 $x_1(t)$ との間の相関値を計算し、 L 個の高いピーク値から L 個の到来波信号の受信電力を推定し出力する。

(5) 遅延補正手段 B 2 は適応制御プロセッサ 59 から出力される L 個の到来波信号 $y_1(t) \sim y_L(t)$ のフレーム同期タイミング $t_1 \sim t_L$ を用いて、各ビーム形成手段 B 1 出力信号 $y_1(t) \sim y_L(t)$ のフレームの同期が一致するよう、適切な遅延処理を行う。

30

(6) M 波合成器 58 は相関器 54 で推定された L 個の到来波信号の受信電力を用いて、遅延補正手段 B 2 の出力信号の内、電力の強い M 波を選択して合成を行い出力 $y_1(t)$ を生成する。

(7) 送信タイミング制御手段 B 3 は適応制御プロセッサ 59 から出力される L 個のタイミングを用いて、 L 個の異なるタイミングの送信信号 $s(t)$ を生成する。

(8) 送信ビーム形成手段 B 4 は、送信タイミング制御手段 B 3 から出力される L 個の送信信号に適応制御プロセッサ 59 から出力される重み付け係数のベクトル $W_1 \sim W_L$ を乗算し、その結果の要素毎の合成を行い、出力する。

40

(9) R F 信号発生器 $5d_1 \sim 5d_K$ では送信ビーム形成手段 B 4 から出力される信号を周波数変換して、R F 帯の信号を出力する。

【 0 0 2 4 】

また、適応制御プロセッサ 59 の構成を図 2 に示す。同図において、 61 は重み演算回路、 $62_1 \sim 62_L$ は複素減算器、 63 は参照信号メモリ、 $64_1 \sim 64_L$ は平均 2 乗誤差演算器、 $65_1 \sim 65_L$ は閾値比較器で、同図における主要な構成部分の機能は下記の通りである。

(1) 重み演算回路 61 はベースバンド信号発生器 $52_1 \sim 52_K$ の出力信号 $x_1(t) \sim x_K(t)$ と減算器 $62_1 \sim 62_L$ から出力される誤差信号 $e_1(t) \sim e_K(t)$ を元に重み付け係数ベクトル $W_1 \sim W_L$ を出力する。

50

(2) 減算器 62₁ ~ 62_L はビーム形成手段 B 1 の出力信号 $y_1(t) \sim y_L(t)$ と参照信号メモリ 63 に保持されているプリアンプル信号 21 の内参照する信号区間 $d(t)$ との差分を計算し、誤差信号 $e_1(t) \sim e_k(t)$ として出力する。

(3) 平均 2 乗誤差演算器 64₁ ~ 64_L は、誤差信号 $e_1(t) \sim e_k(t)$ の 2 乗平均を逐次計算し出力する。

(4) 閾値比較器 65₁ ~ 65_L は、平均 2 乗誤差演算器 64₁ ~ 64_L の出力とある閾値との比較を行い、平均 2 乗誤差演算器 64₁ ~ 64_L の出力が閾値以下に下がった時刻を L 個の到来波信号のフレーム同期タイミングとして出力する。

【0025】

次に、第 1 の実施例の動作を説明する。K 本 (K は 2 以上の整数) のアンテナ素子 51₁ ~ 51_K からの受信信号は、ベースバンド信号発生器 52₁ ~ 52_K でベースバンド帯にダウンコンバートされ受信ベースバンド信号 $x_1(t) \sim x_K(t)$ として出力される。適応制御プロセッサ 59 はサンプリング周期 T_s ごとにベースバンド信号発生器 52₁ ~ 52_K からの出力信号 $x_1(t) \sim x_K(t)$ と後述するビーム形成手段 B 1 の出力信号 $y_1(t) \sim y_L(t)$ とを入力として、そのビーム形成手段 B 1 の出力信号 $y_1(t) \sim y_L(t)$ と送信されたプリアンプル信号 21 との平均 2 乗が最小となるように、任意のアルゴリズムを用いて重み付け係数のベクトル $W_1 \sim W_L$ を推定し、ビーム形成手段 B 1 へ出力する。

【0026】

ビーム形成手段 B 1 はサンプリング周期 T_s ごとに更新され入力される重み付け係数のベクトル $W_1 \sim W_L$ と受信ベースバンド信号 $x_1(t) \sim x_K(t)$ を複素乗算器 55_{1i} ~ 55_{Li} ($1 \leq i \leq K$) で乗算し、複素加算器 56₁ ~ 56_L において、その乗算結果を足し合わせて、サンプリング周期 T_s ごとに合成信号 $y_1(t) \sim y_L(t)$ を出力する。上述の操作は、L 個の独立な線形合成を行うことに相当し、受信ベースバンド信号に含まれる干渉波信号を打ち消すことでその電力を雑音電力程度にまで抑圧し、L 個の到来波の信号を抽出することができる。

【0027】

参照信号メモリ 63 は時間間隔 T_{pre} のプリアンプル信号のうち参照する信号区間を保持して、その信号 $d(t)$ を出力する。減算器 62₁ ~ 62_L はプリアンプル信号 $d(t)$ と L 個の到来波の推定信号であるビーム形成手段出力 $y_1(t) \sim y_L(t)$ との差分である誤差信号

【0028】

【数 3】

$$(0 \leq i \leq T_{ref}/T_s, 1 \leq k \leq L) e_k(i) = d_k(i) - y_k(j-i)$$

を時刻サンプリング点 j ごとに出力する。

【0029】

平均 2 乗誤差演算器 64₁ ~ 64_L では減算器 62₁ ~ 62_L からの L 個の誤差信号 $e_1(t) \sim e_L(t)$ の各平均 2 乗誤差

【0030】

【数 4】

$$mean[|e_k(i)|^2] = (1/(T_{ref}/T_s + 1)) \sum_{i=0}^{T_{ref}/T_s} |e_k(i)|^2 \quad 1 \leq k \leq L$$

【0031】

を計算する。閾値比較部 65₁ ~ 65_L では、平均 2 乗誤差演算器 64₁ ~ 64_L の出力を所定閾値と比較を行い、誤差信号の 2 乗平均が閾値以下に落ちたタイミングから L 個の到来波のフレームの同期タイミングを求め出力する。これは、プリアンプル信号 $d(t)$ とビーム形成手段の出力信号 $y_1(t) \sim y_L(t)$ とのタイミングが一致した時、誤差信号 $e_1(t) \sim e_L(t)$ の 2 乗平均が確率的に一番小さくなるからである。

【0032】

遅延補正手段 B 2 では L 個の到来波の推定信号であるビーム形成手段 B 1 の出力信号 y_1

10

20

30

40

50

(t) ~ $y_L(t)$ の間のフレーム同期を一致させることを行う。L 個の到来波信号は各々違ったフレームタイミングで到来するが、この L 個の到来波信号の推定信号を後述の M 波合成器 58 で合成するためには、各々の信号のフレーム同期を一致させる必要がある。適応制御プロセッサ 59 より入力される L 個の到来波推定信号 $y_1(t) \sim y_L(t)$ に対するフレーム同期タイミング $t_1 \sim t_L$ に基づいて、各々の L 個の信号を適切に遅延させ L 個全ての推定信号のフレームを同期させる。

【0033】

M 波合成器 58 では遅延補正手段 B2 の L 個の出力信号の内、相関器 54 より入力される各々の到来波推定信号に対する受信電力 P を用い、その受信電力の大きい M 個の到来波推定信号のみを合成して到来波信号を出力する。

10

【0034】

送信タイミング制御手段 B3 では L 個の到来波の推定信号から得られる各信号の遅延時間を用いて、送信信号 $s(t)$ の送信タイミングの制御を行う。遅延時間の差は伝播距離の差であるため、送信側で前もって L 個の異なるタイミングの送信信号を生成し、到来方向にビームを向けて送信すれば、受信側ではタイミングの一致したマルチパスを介して受信することが出来る。

【0035】

送信ビーム形成手段 B4 ではサンプリング周期 T_s ごとに更新され入力される重み付け係数のベクトル $W_1 \sim W_L$ と異なるタイミングの送信信号 $s(t - t_1) \sim s(t - t_L)$ を複素乗算器 $5b_{1i} \sim 5b_{Li}$ ($1 \leq i \leq K$) で乗算し、複素加算器 $5c_1 \sim 5c_K$ において、その乗算結果を足し合わせて、サンプリング周期 T_s ごとに合成信号を出力する。上述の操作は、L 個の独立な線形合成を行うことに相当し、受信部で得られた重み付け係数ベクトルを用いることで、到来波と同じ方向にビームを持つ放射パターンで送信信号を送信することが出来る。

20

RF 信号発生器 $5d_1 \sim 5d_K$ は送信ビーム形成手段 B3 の出力信号に周波数変換を施し、RF 帯の信号としてアンテナ素子 $51_1 \sim 51_K$ に送る。

【0036】

本発明の第 2 の実施例を説明する構成図を図 3 に示す。

第 2 の実施例が図 4 で表された第 1 の実施例と異なる点は、図 3 における M 波合成器 78 と適応制御プロセッサ 79 の機能である。

30

適応制御プロセッサ 79 の具体的な構成を図 4 に示す。適応制御プロセッサ 79 の基本的な構成は第 1 の実施例の適応制御プロセッサ 59 を表した図 2 とほぼ同じであるが、閾値比較器 $85_1 \sim 85_L$ の出力が異なる。閾値比較器 $85_1 \sim 85_L$ の出力は、入力である各々到来波推定信号の誤差信号 $e_1(t) \sim e_K(t)$ の 2 乗平均が閾値以下に落ちたタイミングから L 個の到来波のフレーム同期タイミング $t_1 \sim t_L$ 、およびその時点での誤差信号の 2 乗平均の値 $e_1 \sim e_L$ を出力する。

【0037】

M 波合成器 78 は適応制御プロセッサ 79 から入力される L 個の誤差値の内、値の小さい M 個を選択し、その誤差値が出力される M 個の到来波推定信号を合成し出力する。

以上が第 1 の実施例と異なる点であり、他の動作は全く同じである。

40

【0038】

【発明の効果】

以上述べた通り、本発明による適応送受信機によれば、干渉波抑圧のためにアレーアンテナを適用し、重み付けのための重み付け係数を計算するために必要な誤差信号を到来波のフレームタイミング検出にも用いることで新たな同期回路が不要となる。また誤差信号から得られるフレームタイミングの検出精度は高く、そのタイミングを用いて送信信号の適応制御を行えば、通信相手側の受信特性を改善することが出来る。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の適応送受信機の第 1 の実施例の構成を説明するためのブロック図である。

50

【図2】図1の実施例における適応制御プロセッサの構成を説明するためのブロック図である。

【図3】本発明の適応送受信機の第2の実施例の構成を説明するためのブロック図である。

【図4】図3の実施例における適応制御プロセッサの構成を説明するためのブロック図である。

【図5】送信信号のフレーム構成を説明するための図である。

【図6】従来の適応送受信機の第1の実施例の構成を説明するためのブロック図である。

【図7】図6の適応制御プロセッサの構成を説明するためのブロック図である。

【符号の説明】

2 1 プリアンブル信号

2 2 データ信号

3 1₁乃至3 1_K、5 1₁乃至5 1_K アンテナ素子

3 2₁乃至3 2_K、5 2₁乃至5 2_K ベースバンド信号発生器

3 3、4 3、5 3、6 3 参照信号メモリ

3 4、5 4 相関器

3 5_{1m}乃至3 5_{Lm}、3 b_{1m}乃至3 b_{Lm}、5 5_{1m}乃至5 5_{Lm}、5 b_{1m}乃至5 b_{Lm} 複素乗算器

3 6₁乃至3 6_L、3 c₁乃至3 c_K、5 6₁乃至5 6_L、5 c₁乃至5 c_K 複素加算器

3 7₁乃至3 7_L、3 a₁乃至3 a_L、5 7₁乃至5 7_L、5 a₁乃至5 a_L 遅延器

3 8、5 8、7 8 M波合成器

3 9、5 9、7 9 適応制御プロセッサ

4 1、6 1 重み演算回路

4 2₁乃至4 2_L、6 2₁乃至6 2_L 複素減算器

6 4₁乃至6 4_L 平均2乗誤差演算器

6 5₁乃至6 5_L、8 5₁乃至8 5_L 閾値比較器

3 d₁乃至3 d_K、5 d₁乃至5 d_K R F信号発生器

B 1 ビーム形成手段

B 2 遅延補正手段

B 3 送信タイミング制御手段

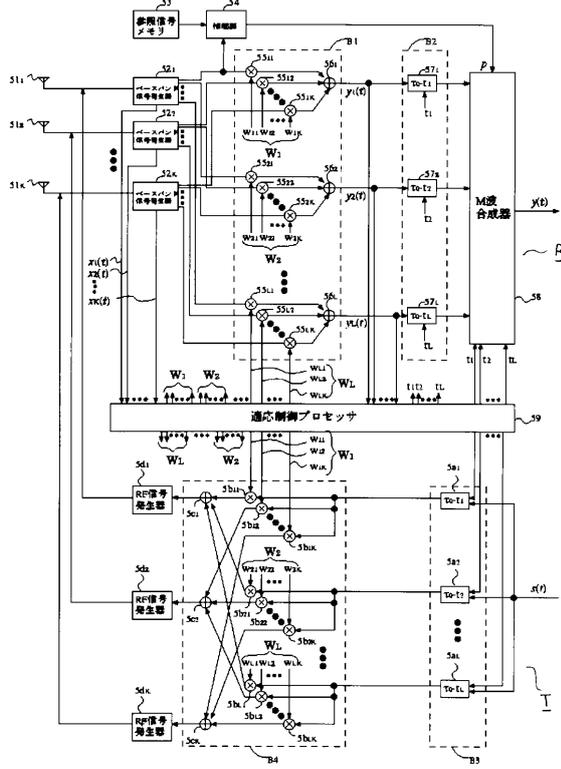
B 4 送信ビーム形成手段

10

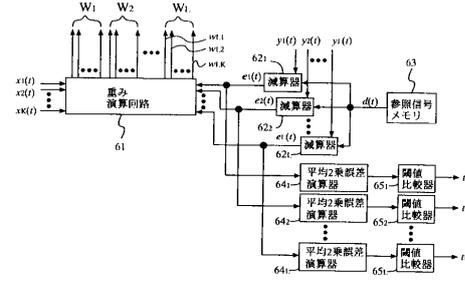
20

30

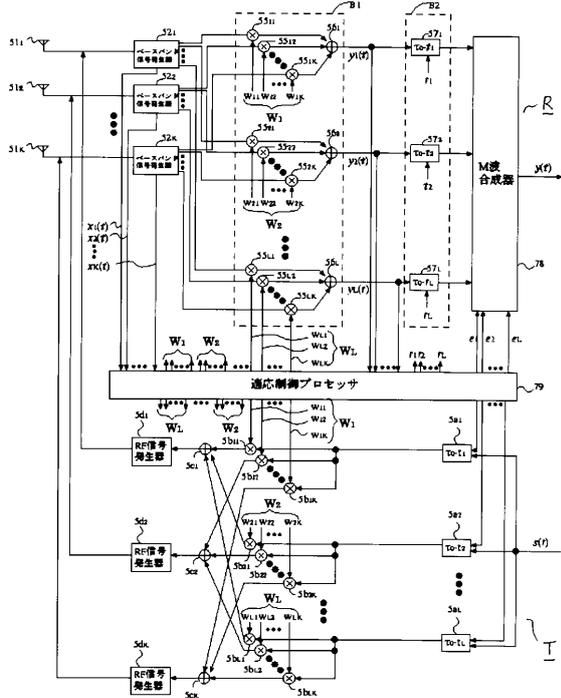
【図1】



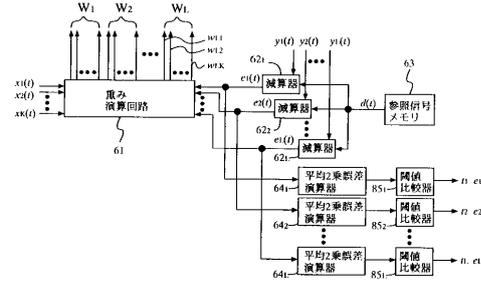
【図2】



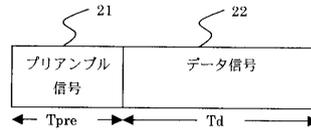
【図3】



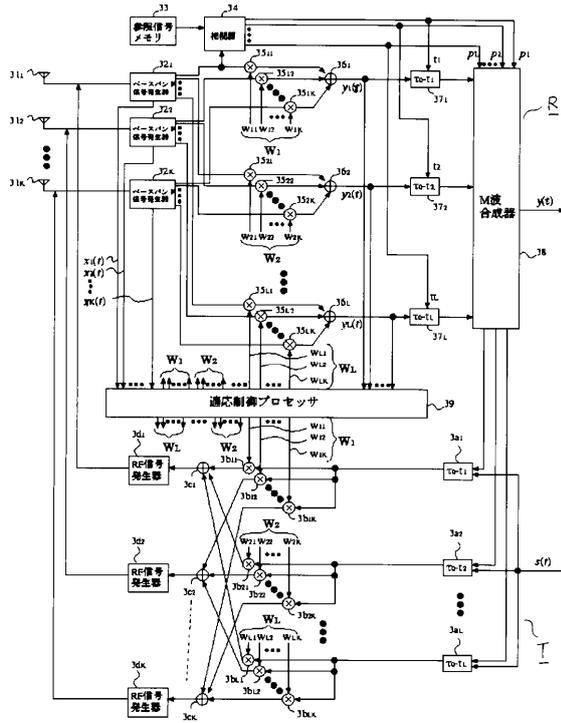
【図4】



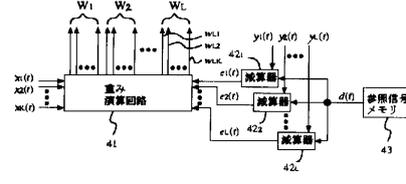
【図5】



【図6】



【図7】



フロントページの続き

- (72)発明者 袁 浩
埼玉県上福岡市大原 2 - 1 - 1 5 株式会社ケイディーディーアイ研究所内
- (72)発明者 大関 武雄
埼玉県上福岡市大原 2 - 1 - 1 5 株式会社ケイディーディーアイ研究所内
- (72)発明者 石 嵩
埼玉県上福岡市大原 2 - 1 - 1 5 株式会社ケイディーディーアイ研究所内

審査官 稲葉 崇

- (56)参考文献 特開 2 0 0 0 - 0 2 2 6 1 2 (J P , A)
特開 2 0 0 0 - 2 5 2 8 6 3 (J P , A)
特開平 0 6 - 3 0 3 1 7 2 (J P , A)
特開 2 0 0 0 - 2 6 1 3 9 7 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

H04B 7/02-7/12

H01Q 3/26