

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4574565号
(P4574565)

(45) 発行日 平成22年11月4日(2010.11.4)

(24) 登録日 平成22年8月27日(2010.8.27)

(51) Int.Cl. F I
H04 J 99/00 (2009.01) H04 J 15/00

請求項の数 2 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2006-33739 (P2006-33739)	(73) 特許権者	000004226
(22) 出願日	平成18年2月10日 (2006.2.10)		日本電信電話株式会社
(65) 公開番号	特開2007-214975 (P2007-214975A)		東京都千代田区大手町二丁目3番1号
(43) 公開日	平成19年8月23日 (2007.8.23)	(74) 代理人	100064908
審査請求日	平成20年1月25日 (2008.1.25)		弁理士 志賀 正武
		(74) 代理人	100108453
			弁理士 村山 靖彦
		(72) 発明者	太田 厚
			東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日 本電信電話株式会社内
		(72) 発明者	鷹取 泰司
			東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日 本電信電話株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 無線通信システム及び無線通信方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

第1無線局装置と第2無線局装置により構成され、前記第1無線局装置は複数本のアンテナで構成される第1アンテナ群を備え、前記第2無線局装置は複数本のアンテナで構成される第2アンテナ群を備え、前記第1無線局装置の前記第1アンテナ群および前記第2無線局装置の前記第2アンテナ群により構成されるMIMO(Multiple Input Multiple Output)チャネルを介して複数の信号系統を同一周波数チャネルおよび同一時刻に空間多重してMIMO通信する無線通信システムであって、

前記第2無線局装置は、

前記第1アンテナ群または該アンテナ群のアレー合成により構成される仮想アンテナ群と前記第2アンテナ群の間のMIMOチャネルの各伝達関数行列を取得する手段と、

空間多重された信号系列の個別の変調多値数を判断する手段と、

前記伝達関数行列において、複数の信号系列の信号により構成される送信信号ベクトルの各要素の並びが上段の行に対応した信号ほど変調多値数が高くなるように行列の要素を並べ替える手段と、

該並べ替えを施した伝達関数行列すなわち変換伝達関数行列に対しQR分解を行う手段と、

各受信アンテナで受信された信号を要素とする受信信号ベクトルに対し、前記QR分解におけるユニタリ行列Qのエルミート共役な行列 Q^H を乗算し変換受信信号ベクトルを算出する手段と、

10

20

当該変換受信信号ベクトルと前記QR分解における上三角行列Rと送信信号ベクトルとで表される複数の方程式のうちの最下段の行に関する方程式を解く手段と、

該方程式の解として得られた送信点の近傍で実際に送信信号として取りうる値を所定の数だけ送信信号点候補として選択する手段と、

その選択された送信信号点候補を用い、複数の方程式のうちの下から2段目の行に関する方程式を解く手段と、

該方程式の解として得られた送信点の近傍で実際に送信信号として取りうる値を所定の数だけ送信信号点候補として選択する手段と、

同様の処理を下段から上段方向に順番に実施し、最終的に、複数の方程式のうちの最上段の行に関する方程式を解く手段と、

10

該方程式の解として得られた送信点の近傍で実際に送信信号として取りうる値を所定の数だけ送信信号点候補として選択する手段と、

前記選択した複数の送信信号点候補の組み合わせに関し、送信信号ベクトルに対する推定受信信号ベクトルと実際の受信信号の間の幾何学的距離または該幾何学的距離と比例関係にある物理量またはその近似値のいずれかを算出する手段と、

該算出値を最小にする送信信号ベクトルを選択する手段と、

その選択した送信信号ベクトルに対し、前記並べ替えの逆の並べ替え処理を行う手段と

、その並び替え処理により得られた送信信号ベクトルの全てないしはその一部を抜き出した情報を合成しデータを再生し出力する手段と、

20

を備えることを特徴とする無線通信システム。

【請求項2】

第1無線局装置と第2無線局装置により構成され、前記第1無線局装置は複数本のアンテナで構成される第1アンテナ群を備え、前記第2無線局装置は複数本のアンテナで構成される第2アンテナ群を備え、前記第1無線局装置の前記第1アンテナ群および前記第2無線局装置の前記第2アンテナ群により構成されるMIMO(Multiple Input Multiple Output)チャンネルを介して複数の信号系統を同一周波数チャンネルおよび同一時刻に空間多重してMIMO通信する無線通信システムにおける無線通信方法であって、

前記第2無線局装置は、

前記第1アンテナ群または該アンテナ群のアレー合成により構成される仮想アンテナ群と前記第2アンテナ群の間のMIMOチャンネルの各伝達関数行列を取得する処理と、

30

空間多重された信号系列の個別の変調多値数を判断する処理と、

前記伝達関数行列において、複数の信号系列の信号により構成される送信信号ベクトルの各要素の並びが上段の行に対応した信号ほど変調多値数が高くなるように行列の要素を並べ替える処理と、

該並べ替えを施した伝達関数行列すなわち変換伝達関数行列に対しQR分解を行う処理と、

各受信アンテナで受信された信号を要素とする受信信号ベクトルに対し、前記QR分解におけるユニタリ行列Qのエルミート共役な行列 Q^H を乗算し変換受信信号ベクトルを算出する処理と、

40

当該変換受信信号ベクトルと前記QR分解における上三角行列Rと送信信号ベクトルとで表される複数の方程式のうちの最下段の行に関する方程式を解く処理と、

該方程式の解として得られた送信点の近傍で実際に送信信号として取りうる値を所定の数だけ送信信号点候補として選択する処理と、

その選択された送信信号点候補を用い、複数の方程式のうちの下から2段目の行に関する方程式を解く処理と、

該方程式の解として得られた送信点の近傍で実際に送信信号として取りうる値を所定の数だけ送信信号点候補として選択する処理と、

同様の処理を下段から上段方向に順番に実施し、最終的に、複数の方程式のうちの最上段の行に関する方程式を解く処理と、

50

該方程式の解として得られた送信点の近傍で実際に送信信号として取りうる値を所定の数だけ送信信号点候補として選択する処理と、

前記選択した複数の送信信号点候補の組み合わせに関し、送信信号ベクトルに対する推定受信信号ベクトルと実際の受信信号の間の幾何学的距離または該幾何学的距離と比例関係にある物理量またはその近似値のいずれかを算出する処理と、

該算出値を最小にする送信信号ベクトルを選択する処理と、

その選択した送信信号ベクトルに対し、前記並べ替えの逆の並べ替え処理を行う処理と、

その並び替え処理により得られた送信信号ベクトルの全てないしはその一部を抜き出した情報を合成しデータを再生し出力する処理と、

を有す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、ひとつの基地局装置が複数の端末局装置と同時に空間多重して通信を行うMIMO (Multiple Input Multiple Output) 通信の手法を利用した無線中継システムおよび無線中継方法に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、2.4GHz帯または5GHz帯を用いた高速無線アクセスシステムとして、IEEE802.11g規格、IEEE802.11a規格などの普及が目覚ましい。これらのシステムでは、マルチパスフェージング環境での特性を安定化させるための技術である直交周波数分割多重 (OFDM: Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 変調方式を用い、最大で54Mbpsの伝送速度を実現している。ただし、ここでの伝送速度とは物理レイヤ上での伝送速度であり、実際にはMAC (Medium Access Control) レイヤでの伝送効率が50~70%程度であるため、実際のスループットの上限値は30Mbps程度である。一方で、有線LANの世界ではEthernetの100Base-Tインタフェースをはじめ、各家庭にも光ファイバを用いたFTTH (Fiber to the home) が普及し、また100Mbpsの高速回線の提供が普及しており、無線LANの世界においても更なる伝送速度の高速化が求められている。

【0003】

そのための技術としては、MIMO技術が有力である。このMIMO技術とは、送信局装置側において複数の送信アンテナから同一チャネル上で異なる独立な信号を送信し、受信局装置側において同じく複数のアンテナを用いて信号を受信し、各送信アンテナ/受信アンテナ間の伝達関数行列を求め、この行列を用いて送信局装置側の各アンテナから送信した独立な信号を受信側で推定し、データを再生するものである。

【0004】

ここで、送信局装置がN本の送信アンテナを用いてN系統の信号を送信し、受信局装置がM本のアンテナを用いて信号を受信する場合を考える。まず、送信局装置と受信局装置の各アンテナ間にはM×N個の無線伝送のパスが存在し、第i送信アンテナから送信され第j受信アンテナで受信される場合の伝達関数を $h_{j,i}$ とし、これを第(j,i)成分とするM行N列の行列をHと表記する。さらに、第i送信アンテナからの送信信号を x_i とし $(x_1, x_2, x_3, \dots, x_N)$ を成分とする列ベクトルを T_x 、第j受信アンテナでの受信信号を y_j とし $(y_1, y_2, y_3, \dots, y_M)$ を成分とする列ベクトルを R_x 、第j受信アンテナの熱雑音を n_j とし $(n_1, n_2, n_3, \dots, n_M)$ を成分とする列ベクトルをnと表記する。この場合、以下の関係式が成り立つ。

【0005】

10

20

30

40

【数 1】

$$R_x = H \cdot T_x + n \quad \dots \text{(式 1)}$$

【0006】

したがって、受信局装置側で受信した信号 R_x をもとに、送信信号 T_x を推定する技術が求められている。受信局装置側において行われるこの信号 T_x を推定する技術、すなわち各信号系列に対し信号分離・信号検出の方法としては、MLD (Maximum Likelihood Detection) 法が最も特性的に優れる。MLD 法の原理は、送信信号 T_x の取りうる全ての選択枝に対し以下の演算を行い、実際の受信信号 R_x と、送信信号 $T_x^{[j]}$ を仮定した場合に予想される受信信号との距離 $D^{[j]}$ を求め、この距離 $D^{[j]}$ が最小となる送信信号 $T_x^{[j]}$ が最も確からしいとする方法である。

10

【0007】

【数 2】

$$D^{[j]} = (R_x - H \cdot T_x^{[j]})^H \cdot (R_x - H \cdot T_x^{[j]}) \quad \dots \text{(式 2)}$$

【0008】

しかし、この方法では、例えば全ての信号系列が 64 QAM だとすると、空間多重数 N に対し 64^N 種類の送信信号の候補に対し同様の演算を行うと共に、その中で最も $D^{[j]}$ が小さくなる送信信号 $T_x^{[j]}$ を検索しなければならない。例えば $N = 4$ と仮定すると、 $64^4 = 16,777,216$ であり現実的な値ではなくなる。これに対し、QR 分解を用いた簡易型の MLD 法の提案が非特許文献 1 に示されている。

20

【0009】

下記の非特許文献 1 に記載の簡易型 MLD 法では、MIMO 通信において、空間多重された信号に対し QR 分解を用い、各ステージ (各信号系列の信号推定処理) 毎に送信信号の候補数を有限に絞り、最終的には絞り込まれた範囲の信号系列の候補の組み合わせに対し MLD 処理を実施することで、最も確からしい送信信号ベクトルを推定する。以下に手順を説明する。

30

【0010】

(1) 伝達関数行列 H を QR 分解する

まず、伝達関数行列 H が n 行 m 列であるとする。この伝達関数行列 H を QR 分解する。

【0011】

【数 3】

$$H = \begin{bmatrix} h_{11} & h_{12} & \dots & h_{1m} \\ h_{21} & h_{22} & \dots & h_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ h_{n1} & h_{n2} & \dots & h_{nm} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} q_{11} & q_{12} & \dots & q_{1m} \\ q_{21} & q_{22} & \dots & q_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ q_{n1} & q_{n2} & \dots & q_{nm} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1m} \\ 0 & r_{22} & \dots & r_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & r_{mm} \end{bmatrix} \quad \dots \text{(式 3)}$$

40

【0012】

ここで、 $H = QR$ と表記した際、 Q はユニタリ行列、 R は上三角行列となっている。

(2) 受信信号に Q^H を作用させる

(式 1) の両辺左から Q^H を作用させる。

【0013】

【数4】

$$Q^H \cdot Rx = \begin{bmatrix} y'_1 \\ y'_2 \\ \vdots \\ y'_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1m} \\ 0 & r_{22} & \dots & r_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & r_{mm} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_m \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} n_1 \\ n_2 \\ \vdots \\ n_m \end{bmatrix} \quad \dots \quad (\text{式4})$$

【0014】

この結果、(式4)はm個の連立1次方程式に帰着される。

(3)次の方程式から順番に解(信号点候補)を検索

(式4)のn個の連立1次方程式を順番に下から解いていく。ただしこの際、雑音項 n_j は不定であり、 n_j の絶対値が小さくなる方から所定の数だけ順番に解の候補を選択する。一旦選択した解の候補は、さらに上の行の方程式を解く際に確定済みであるものとして処理を行う。j行目の処理をStep-jとした際に、各Stepにおける処理を説明する。

【0015】

<Step-1>

x_m の候補を $y'_m = r_{mm} \cdot x'_m$ を満たす x'_m から k_m 番目($k_m = 1 \sim N_n$)に距離が近い信号点 $x_m^{[k_m]}$ を計 N_m 個選択

<Step-2>

x_{m-1} の候補を $y'_{m-1} = r_{m-1, m-1} \cdot x'_{m-1} + r_{m-1, m} \cdot x_m^{[k_m]}$ を満たす x'_{m-1} から k_{m-1} 番目($k_{m-1} = 1 \sim N_{m-1}$)に距離が近い信号点 $x_{m-1}^{[k_{m-1}, k_m]}$ を $\{x_{m-1}^{[k_{m-1}, k_m]}, x_m^{[k_m]}\}$ の組み合わせとして合計 $N_{m-1} \times N_m$ 個選択

・
・
・

<Step-m>

x_1 の候補を $y'_1 = r_{11} \cdot x'_1 + \dots + r_{1m} \cdot x_m^{[k_2, k_3, \dots, k_m]}$ を満たす x'_1 から k_1 番目($k_1 = 1 \sim N_1$)に距離が近い信号点 $x_1^{[k_1, k_2, k_3, \dots, k_m]}$ を $\{x_1^{[k_1, k_2, \dots, k_m]}, x_2^{[k_2, k_3, \dots, k_m]}, \dots, x_m^{[k_m]}\}$ の組み合わせとして合計 $N_1 \times N_2 \times \dots \times N_m$ 個選択

<Final Step>

$\{x_1^{[k_1, k_2, \dots, k_m]}, x_2^{[k_2, k_3, \dots, k_m]}, \dots, x_m^{[k_m]}\}$ の合計 $N_1 \times N_2 \times \dots \times N_m$ 個の候補に対し $Q^H \cdot Rx - R \cdot Tx$ {ないしは(式2)またはその近似値}を最小にする候補をMLD処理により選択することで $[x_1, x_2, \dots, x_m]$ を最尤推定する

【0016】

図3は従来技術における簡易型MLD法の処理フローを示す図である。

受信局装置は送信局装置より信号を受信すると、チャネル推定により伝達関数行列を取得する(ステップS101)。そしてその伝達関数行列のQR分解を実施する(ステップS102)。さらに続けて、シンボル単位で信号を受信すると(ステップS103)、各受信アンテナで受信した信号を要素とするベクトルすなわち受信信号ベクトルにQR分解したユニタリ行列Qのエルミート共役な行列 Q^H を左から乗算する(ステップS104)。次に、空間多重された信号系統数をNとすると、変数kにNを代入し(ステップS105)、(式4)における上三角行列の最下段である $N (= k)$ 行目の方程式の解を求める(ステップS106)。一般に、送信信号は不連続な信号点を取るため、(式4)のある行に関する解は実現可能な送信信号点とは一致しない。そこで、送信コンスタレーション上にてその近傍の解を N_k 個選択し、これを候補とする(ステップS107)。

10

20

30

40

50

【 0 0 1 7 】

さらに $k = 1$ か否かを判断し (ステップ S 1 0 8)、1 でなければ k を 1 だけ減算し (ステップ S 1 0 9)、ステップ S 1 0 6 にもどる。ステップ S 1 0 6 ~ ステップ S 1 0 9 は先の Step - 1 ~ Step - m の手順で順次処理を繰り返す。ステップ S 1 0 8 において最終的に $k = 1$ となると、繰り返し処理を終了し、送信信号ベクトルの候補毎に、送信信号ベクトルの候補に伝達関数行列を乗算して得た信号と真の受信信号との幾何学的距離、ないしは送信信号ベクトルの候補に伝達関数行列を QR 分解した上三角行列 R を乗算して得た信号と真の受信信号に QR 分解したユニタリ行列 Q のエルミート共役な行列 Q^H を左から乗算した信号との幾何学的距離の何れか (ないしはその近似値) を求め (ステップ S 1 1 0)、これらの距離が最小となる送信信号ベクトルを選択し、送信信号ベクトルを決定する (ステップ S 1 1 1)。以上のステップ S 1 0 3 ~ ステップ S 1 1 1 はシンボル単位の処理であり、データが続く限り処理を続ける。最終的に全シンボルの受信処理、信号検出処理が完了すると (ステップ S 1 1 2)、検出した信号を合成してデータを再生し、出力する (ステップ S 1 3)。

10

【 0 0 1 8 】

以上が下記非特許文献 1 に記載の簡易型 MLD 法の概略である。もし、無線 LAN の標準規格として策定中の IEEE 8 0 2 . 1 1 n の様に OFDM 変調方式に MIMO 伝送を適用する場合には、全てのサブキャリアにおいて同様の処理を行う。

【非特許文献 1】姜, 鬼沢, 浅井, 太田, 相河, “A Novel QR-Decomposition-Aided Near Maximum Likelihood Detector in OFDM-SDM Systems”, 電子情報通信学会 2005 年総合大会, B-5-196, 2005 年 3 月

20

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 1 9 】

通常の MIMO 通信、空間多重を行う全ての信号系列が同一の変調モードである場合が多い。この場合、64 QAM までは実用に耐えうるが一般にはそれ以上の多値変調方式の場合、例えば 256 QAM などでは十分な特性がでない。MIMO 通信を行うには送受信局装置間で多数の反射波により複数のパスが形成される必要がある。そのためには送受信局装置間の距離が近すぎると直接の見通し波の影響が大きすぎるため、ある程度の距離が離れていることが好ましい。しかし、256 QAM の場合の所要 SNR (Signal to Noise Ratio) は高く、かなり近距離でないと十分な特性が得られない。相反する要求条件のため、MIMO 通信で 256 QAM を適用するには工夫が必要である。そのための工夫としては、送信局装置側において伝搬路の情報を利用して、その伝搬路に対して最適な状況で送信指向性制御を行いながら信号を送信することにより、最も効率的に通信を行うというものである。例えば、国際公開番号 WO 2 0 0 5 / 0 5 5 4 8 4 A 1 「無線通信方法、並びに該方法を用いた無線通信システム」等に記載された固有モード SDM (Space Division Multiplexing) 方式を用いた MIMO 伝送においては、信号の伝送方向の MIMO チャネルの伝達関数行列 H を送信局装置側で取得できた場合に、この伝達関数行列に対応した送信信号の最適化を行う。具体的には、伝達関数行列 H とそのエルミート共役な行列 H^H (右肩の「H」の記号はエルミート共役を表す) の積を対角化可能なユニタリ行列 U を取得し、このユニタリ行列で送信信号を変換して信号を送信する。このユニタリ変換行列 U と伝達関数行列 H の間には以下の関係式が成り立つ。

30

40

【 0 0 2 0 】

【数 5】

$$U^H \cdot H^H \cdot H \cdot U = \Lambda \quad \dots \quad (\text{式 5})$$

【 0 0 2 1 】

ここで、右辺の行列 Λ は対角成分のみが値を持ち、その他の成分がゼロである対角行列である。この様な特徴を持つユニタリ行列 U を列ベクトル T_x に作用させて信号を送信す

50

ることにより、(式1)は以下の様に変換される。

【0022】

【数6】

$$R_x = H \cdot (U \cdot T_x) + n \quad \dots \text{(式6)}$$

【0023】

この変換により、送信信号はMIMOチャネル毎に直交化され、且つ、それぞれの伝送路の利得が固有値として与えられる。また、この固有値をもとに注水定理を用い、各信号系列毎の送信電力も最適化を測ることが可能となる。この結果、条件の良い信号系列と条件の悪い信号系列を効果的に分離し、それぞれに適した個別の変調モードを適用することが可能となる。この様な制御を行うことで、例えば4つの信号系列を空間多重する場合には、最大固有値の信号系列は256QAMを用い、第2、第3の固有値の信号系列は64QAM、第4の信号系列は16QAMといった様に適応変調を信号系列毎に最適化することが可能である。

10

【0024】

この様な固有モードSDM技術と、受信側の簡易型のMLD法を組み合わせる場合、十分な特性を出すためには、前述の非特許文献1におけるStep-1~Final Stepまでの間で残す候補数として、256QAMを用いる信号系列に対しては非常に大きな数の候補を残さなければならない。これは、256QAMにおける送信コンスタレーション上での信号点間距離は64QAMの距離の半分であり、信号点の密度は4倍になっているからである。同一の誤差が存在するのであるならば、256QAMの場合の候補の数は、64QAMの場合の4倍の数の候補を残してMLD処理を実施する必要がある。しかし、これでは演算量が膨大となり、回路規模が増大する。したがって、固有モードSDMなどの利用により、128QAM、256QAMないしはそれ以上の多値変調方式を適用する場合において、効果的に演算量を削減可能な簡易型MLD法の実現方法が求められている。

20

【0025】

そこでこの発明は、MIMO通信の運用中において演算量の増大なしに信号検出処理を行うことのできる無線通信システムおよび無線通信方法を提供することを目的としている。

30

【課題を解決するための手段】

【0026】

上記目的を達成するために、本発明は、第1無線局装置と第2無線局装置により構成され、前記第1無線局装置は複数本のアンテナで構成される第1アンテナ群を備え、前記第2無線局装置は複数本のアンテナで構成される第2アンテナ群を備え、前記第1無線局装置の前記第1アンテナ群および前記第2無線局装置の前記第2アンテナ群により構成されるMIMO(Multiple Input Multiple Output)チャネルを介して複数の信号系統を同一周波数チャネルおよび同一時刻に空間多重してMIMO通信する無線通信システムであって、前記第2無線局装置は、前記第1アンテナ群または該アンテナ群のアレー合成により構成される仮想アンテナ群と前記第2アンテナ群の間のMIMOチャネルの各伝達関数行列を取得する手段と、空間多重された信号系列の個別の変調多値数を判断する手段と、前記伝達関数行列において、複数の信号系列の信号により構成される送信信号ベクトルの各要素の並びが上段の行に対応した信号ほど変調多値数が高くなるように行列の要素を並べ替える手段と、該並べ替えを施した伝達関数行列すなわち変換伝達関数行列に対しQR分解を行う手段と、各受信アンテナで受信された信号を要素とする受信信号ベクトルに対し、前記QR分解におけるユニタリ行列Qのエルミート共役な行列 Q^H を乗算し変換受信信号ベクトルを算出する手段と、当該変換受信信号ベクトルと前記QR分解における上三角行列Rと送信信号ベクトルとで表される複数の方程式のうちの最下段の行に関する方程式を解く手段と、該方程式の解として得られた送信点の近傍で実際に送信信号として取りう

40

50

る値を所定の数だけ送信信号点候補として選択する手段と、その選択された送信信号点候補を用い、複数の方程式のうちの下から2段目の行に関する方程式を解く手段と、該方程式の解として得られた送信点の近傍で実際に送信信号として取りうる値を所定の数だけ送信信号点候補として選択する手段と、同様の処理を下段から上段方向に順番に実施し、最終的に、複数の方程式のうちの上段の行に関する方程式を解く手段と、該方程式の解として得られた送信点の近傍で実際に送信信号として取りうる値を所定の数だけ送信信号点候補として選択する手段と、前記選択した複数の送信信号点候補の組み合わせに関し、送信信号ベクトルに対する推定受信信号ベクトルと実際の受信信号の間の幾何学的距離または該幾何学的距離と比例関係にある物理量またはその近似値のいずれかを算出する手段と、該算出値を最小にする送信信号ベクトルを選択する手段と、その選択した送信信号ベクトルに対し、前記並べ替えの逆の並べ替え処理を行う手段と、その並び替え処理により得られた送信信号ベクトルの全てないしはその一部を抜き出した情報を合成しデータを再生し出力する手段と、を備えることを特徴とする無線通信システムである。

10

【0027】

また本発明は、第1無線局装置と第2無線局装置により構成され、前記第1無線局装置は複数本のアンテナで構成される第1アンテナ群を備え、前記第2無線局装置は複数本のアンテナで構成される第2アンテナ群を備え、前記第1無線局装置の前記第1アンテナ群および前記第2無線局装置の前記第2アンテナ群により構成されるMIMO (Multiple Input Multiple Output) チャンネルを介して複数の信号系統を同一周波数チャンネルおよび同一時刻に空間多重してMIMO通信する無線通信システムにおける無線通信方法であって、前記第2無線局装置は、前記第1アンテナ群または該アンテナ群のアレー合成により構成される仮想アンテナ群と前記第2アンテナ群の間のMIMOチャンネルの各伝達関数行列を取得する処理と、空間多重された信号系列の個別の変調多値数を判断する処理と、前記伝達関数行列において、複数の信号系列の信号により構成される送信信号ベクトルの各要素の並びが上段の行に対応した信号ほど変調多値数が高くなるように行列の要素を並べ替える処理と、該並べ替えを施した伝達関数行列すなわち変換伝達関数行列に対しQR分解を行う処理と、各受信アンテナで受信された信号を要素とする受信信号ベクトルに対し、前記QR分解におけるユニタリ行列Qのエルミート共役な行列 Q^H を乗算し変換受信信号ベクトルを算出する処理と、当該変換受信信号ベクトルと前記QR分解における上三角行列Rと送信信号ベクトルとで表される複数の方程式のうちの上段の行に関する方程式を解く処理と、該方程式の解として得られた送信点の近傍で実際に送信信号として取りうる値を所定の数だけ送信信号点候補として選択する処理と、その選択された送信信号点候補を用い、複数の方程式のうちの下から2段目の行に関する方程式を解く処理と、該方程式の解として得られた送信点の近傍で実際に送信信号として取りうる値を所定の数だけ送信信号点候補として選択する処理と、同様の処理を下段から上段方向に順番に実施し、最終的に、複数の方程式のうちの上段の行に関する方程式を解く処理と、該方程式の解として得られた送信点の近傍で実際に送信信号として取りうる値を所定の数だけ送信信号点候補として選択する処理と、前記選択した複数の送信信号点候補の組み合わせに関し、送信信号ベクトルに対する推定受信信号ベクトルと実際の受信信号の間の幾何学的距離または該幾何学的距離と比例関係にある物理量またはその近似値のいずれかを算出する処理と、該算出値を最小にする送信信号ベクトルを選択する処理と、その選択した送信信号ベクトルに対し、前記並べ替えの逆の並べ替え処理を行う処理と、その並び替え処理により得られた送信信号ベクトルの全てないしはその一部を抜き出した情報を合成しデータを再生し出力する処理と、を有することを特徴とする無線通信方法である。

20

30

40

【発明の効果】

【0028】

本発明によれば、MIMO通信において送信指向性制御を伴う方式を採用することで、256QAMなどの変調多値数が高い変調方式を混在させて通信を行う場合であっても、変調多値数の多い信号系列の信号を送信信号ベクトルの上段の行に配置した簡易型MLD方式を用いることで、MLD方式からの特性の劣化を抑えながら、演算量の増大なしに簡

50

易型MLD法により信号検出処理を行うことが可能となる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0029】

以下、本発明の一実施形態による無線通信システムを図面を参照して説明する
まず本発明の原理について簡単に説明する。

一般に、QR分解を用いてMIMO通信における信号検出を行う場合、(式4)において上側の行に配置された信号系列は、ダイバーシチ利得が高いことが知られている。例えば4系統の信号系列を空間多重する場合、特に伝達関数行列が4行4列の場合を考える。この場合、(式4)の4行目の方程式を解く際にはダイバーシチ利得は無く(ダイバーシチオーダは1)、3行目は4次のダイバーシチオーダ、2行目は9次のダイバーシチオーダ、1行目は16次のダイバーシチオーダといわれる。つまり、上段の行に配置されるほどダイバーシチ利得が高く、変調多値数が大きい場合でも信号検出精度は高い。言い換えれば、少ない候補数でも特性が出るといえる。またさらに、Final Stepにおいては候補数は1つとしても特性は劣化しない。つまり、QR分解を行う前に変調多値数が大きい信号系列ほど上段の行に配置し、変調多値数が小さい信号系列ほど下段の行に配置するという処理を行うことで、特に変調多値数が大きい信号系列に対して効果的に働く。

【0030】

図1は本発明の一実施形態による簡易MLD法の処理フローを示す図である。

図において、図3の従来技術と異なる点は、ステップS101とステップS102の間にステップS101a、ステップS101bを追加した点、及びステップS111とステップS112の間にステップS111aを追加した点である。端末局装置102~104は信号を受信すると、チャンネル推定により伝達関数を取得し(ステップS101)、信号系列毎の伝送モード、すなわち変調方式(変調多値数)と符号化率情報を取得する(ステップS101a)。この結果から、変調多値数の高い変調方式が送信信号ベクトルの上段の行に配置されるように伝達関数行列の列および送信信号ベクトルの行の入れ替え操作を行う(ステップS101b)。この入れ替え処理をオーダリングと呼ぶ。その後、上述の従来技術における処理と同様にステップS102~ステップS111を行う。またステップS111の後、上述のオーダリング処理と逆の処理、すなわち送信信号ベクトルの行の順番が元に戻るような逆オーダリング処理を行い(ステップS111a)、その後ステップS112、ステップS113を行う。

【0031】

つまり、基地局装置のアンテナ群または該アンテナ群のアレー合成により構成される仮想アンテナ群と端末局装置のアンテナ群の間のMIMOチャンネルの各伝達関数行列を取得し、また空間多重された信号系列の個別の変調多値数を判断する。そして、伝達関数行列において、送信信号ベクトルにおける複数の信号系列の該変調多値数の並びが上段の行ほど変調多値数が高くなるように行列の要素を並べ替え、並べ替えを施した伝達関数行列すなわち変換伝達関数行列に対しQR分解を行う。また各受信アンテナで受信された信号を要素とする受信信号ベクトルに対し、QR分解におけるユニタリ行列Qのエルミート共役な行列 Q^H を乗算し変換受信信号ベクトルを算出し、当該変換受信信号ベクトルとQR分解における上三角行列Rと送信信号ベクトルとで表される複数の方程式(式4)のうちの最下段の行に関する方程式を解く。また該方程式の解として得られた送信点の近傍で実際に送信信号として取りうる値を所定の数だけ送信信号点候補として選択する。またその選択された送信信号点候補を用い、前記複数の方程式のうちの下から2段目の行に関する方程式を解く。

【0032】

また該方程式の解として得られた送信点の近傍で実際に送信信号として取りうる値を所定の数だけ送信信号点候補として選択する。そして同様に前記複数の方程式を順に解いて、送信信号点候補を選択する処理を下段から上段方向に順番に実施し、最終的に、前記複数の方程式のうち最上段の行に関する方程式を解く。そして該方程式の解として得られた送信点の近傍で実際に送信信号として取りうる値を所定の数だけ(特に、最上段の行に

おいてはひとつだけ)送信信号点候補として選択する。選択した複数の送信信号点候補の組み合わせに関し、送信信号ベクトルに対する推定受信信号ベクトルと実際の受信信号の間の幾何学的距離を算出する。また該幾何学的距離を最小にする送信信号ベクトルを選択し、その選択した送信信号ベクトルに対し、前記並べ替えの逆の並べ替え処理を行い、その並び替え処理により得られた送信信号ベクトルの全てないしはその一部を抜き出した情報を合成しデータを再生し出力する。

【0033】

以上本発明の一実施形態における無線通信システム内の端末局装置の簡易MLD法の処理フローについて説明したが、この処理はマルチユーザMIMO通信に適用することも可能である。

10

【0034】

図2はマルチユーザMIMOによる無線通信システムの構成を示す図である。

この図において、101は基地局装置、102、103は端末局装置#1~#2を示す。なおマルチユーザMIMO無線通信システムにおいて、実際には1つの基地局装置101の収容する端末局装置の数は多数であるが、その中の一部の端末局装置を選び出し(図2では端末局装置102~103)、同時に空間多重しながら通信を行う。例えば端末局装置102および端末局装置103に対し、同時にそれぞれ2系統の信号系列を空間多重し、合計で4系統の信号系列に対して同時に通信を行う場合を考える。図においては端末局装置102および端末局装置103はそれぞれ4ずつのアンテナを備え、最大で4系統の信号系列のMIMO通信を行なう処理能力を備えている。したがって、自局装置宛て以外の信号も含めて同時に信号検出を行なうことができる。そして、他局装置宛の信号については、信号検出後に破棄することで、自局装置宛ての信号のみを抽出する。

20

【0035】

通常、マルチユーザMIMO通信においては基地局装置101は端末局装置102において端末局装置103宛ての信号が干渉波として受信されないように送信指向性制御を行うが、完全な送信指向性制御を行わない場合(ないしは意図的に所定の端末局装置に対して干渉を許容するような送信指向性制御を行った場合)、受信側において他局装置宛の信号も含めて信号検出を行うことで効果的に信号分離を行うことができる。

【0036】

なお、この技術はマルチユーザMIMO通信のダウンリンクのみでなく、アップリンクにおいても利用できる。例えば端末局装置102および端末局装置103の信号を基地局装置101が受信した場合、端末局装置102および端末局装置103は通常、送信指向性制御を行っていないので、基地局装置101では端末局装置102および端末局装置103の信号が混在した状態で受信されることになる。この場合にも、上述の状況と条件は全く同じであり、同様に対処することができる。

30

【0037】

この場合、図1の処理において、ステップS101にて自端末局装置宛以外の信号系列の信号の伝達関数行列を取得し、ステップS101a~ステップS112の処理を他端末局装置宛の信号系列も含むように行ったとすると、ステップS113において他端末局装置宛の信号系列を廃棄し、自端末局装置宛の信号系列のみを合成し、データを再生・出力すればよい。なお、従来方式と同様に、無線LANの標準規格として策定中のIEEE802.11nの様にOFDM変調方式にMIMO伝送を適用する場合には、全てのサブキャリアにおいて同様の処理を行う。

40

【0038】

なお上記実施形態を説明においては、アンテナの本数など、各種パラメータを特定の条件に仮定して説明を行ったが、当然ながらその他の一般的なパラメータによって実施可能である。またマルチユーザMIMO通信に適用する際に、複数の端末局装置の中で、同時に空間多重を行う端末局装置が固定的な場合であっても、ないしは時間と共に適応的に一部のユーザを選択してマルチユーザMIMO通信を行う場合であっても、本発明は適用可能である。すなわち、上述した実施形態は全て、本発明を例示的に示すものであって限定

50

的に示すものではなく、本発明は他の種々の変形態様及び変更態様で実施することが出来る。従って本発明の範囲は特許請求の範囲及びその均等範囲によってのみ規定されるものである。

【0039】

以上本発明の一実施形態について説明したが、本発明によれば、MIMO通信において送信指向性制御を伴う方式を採用することで、256QAMなどの変調多値数が高い変調方式を混在させて通信を行う場合であっても、変調多値数の多い信号系列の信号を送信信号ベクトルの上段の行に配置した簡易型MLD方式を用いることで、MLD方式からの特性の劣化を抑えながら、演算量の増大なしに信号検出処理を行うことが可能となる。

【0040】

なお上述の各装置は内部に、コンピュータシステムを有していても良い。そして、上述した処理の過程は、プログラムの形式でコンピュータ読み取り可能な記録媒体に記憶されており、このプログラムをコンピュータが読み出して実行することによって、上記処理を行うことも可能である。ここでコンピュータ読み取り可能な記録媒体とは、磁気ディスク、光磁気ディスク、CD-ROM、DVD-ROM、半導体メモリ等をいう。また、このコンピュータプログラムを通信回線によってコンピュータに配信し、この配信を受けたコンピュータが当該プログラムを実行するようにしても良い。

【0041】

また、上記プログラムは、前述した機能の一部を実現するためのものであっても良い。さらに、前述した機能をコンピュータシステムにすでに記録されているプログラムとの組み合わせで実現できるもの、いわゆる差分ファイル(差分プログラム)であっても良い。

【図面の簡単な説明】

【0042】

【図1】簡易MLD法の処理フローを示す図である。

【図2】マルチユーザMIMOによる無線通信システムの構成を示す図である。

【図3】従来技術における簡易型MLD法の処理フローを示す図である。

【符号の説明】

【0043】

101・・・基地局装置

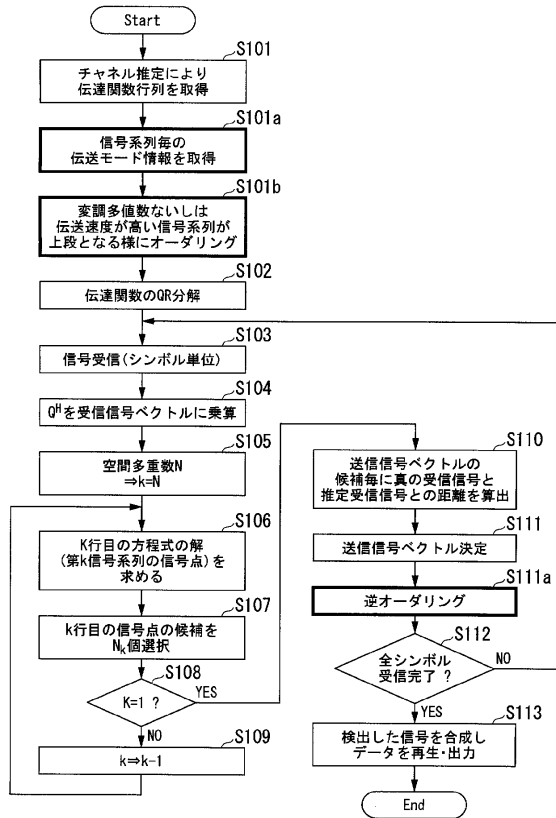
102～104・・・端末局装置

10

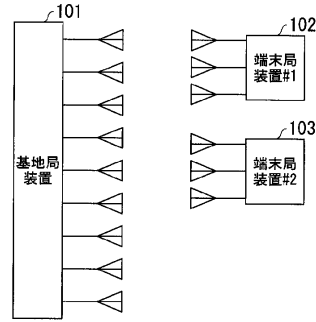
20

30

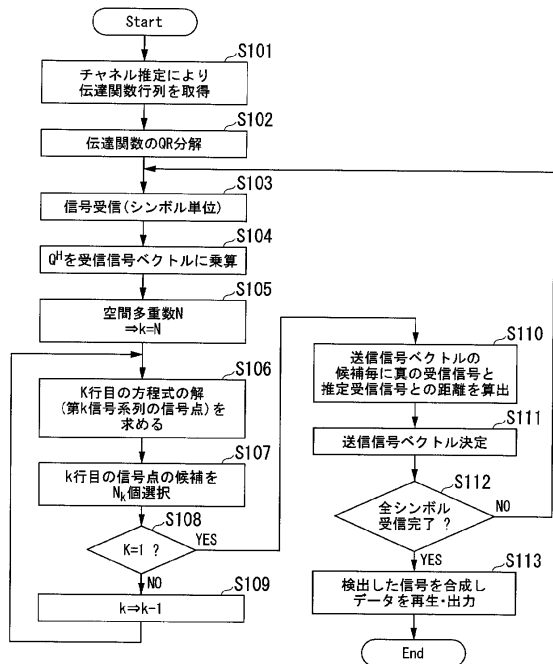
【図1】



【図2】



【図3】



フロントページの続き

- (72)発明者 西森 健太郎
東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日本電信電話株式会社内
- (72)発明者 工藤 理一
東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日本電信電話株式会社内

審査官 佐々木 洋

- (56)参考文献 国際公開第2007/061066(WO, A1)
国際公開第2007/061016(WO, A1)
特開2007-006449(JP, A)
特開2006-339773(JP, A)
特開2006-270430(JP, A)
特開2006-222872(JP, A)
特開2006-157390(JP, A)
特開2006-121348(JP, A)
特開2006-005791(JP, A)
特開2004-304760(JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H04J 99/00