

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5524975号
(P5524975)

(45) 発行日 平成26年6月18日(2014.6.18)

(24) 登録日 平成26年4月18日(2014.4.18)

(51) Int.Cl.

H04J 99/00 (2009.01)
H04B 7/04 (2006.01)

F 1

H04J 15/00
H04B 7/04

請求項の数 20 (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2011-536802 (P2011-536802)
 (86) (22) 出願日 平成21年10月15日 (2009.10.15)
 (65) 公表番号 特表2012-510193 (P2012-510193A)
 (43) 公表日 平成24年4月26日 (2012.4.26)
 (86) 國際出願番号 PCT/EP2009/063465
 (87) 國際公開番号 WO2010/060682
 (87) 國際公開日 平成22年6月3日 (2010.6.3)
 審査請求日 平成24年10月3日 (2012.10.3)
 (31) 優先権主張番号 61/118,165
 (32) 優先日 平成20年11月26日 (2008.11.26)
 (33) 優先権主張国 米国(US)
 (31) 優先権主張番号 12/400,234
 (32) 優先日 平成21年3月9日 (2009.3.9)
 (33) 優先権主張国 米国(US)

(73) 特許権者 598036300
 テレフォンアクチーボラゲット エル エ
 ム エリクソン (パブル)
 スウェーデン国 ストックホルム エスー
 164 83
 (74) 代理人 100076428
 弁理士 大塚 康徳
 (74) 代理人 100112508
 弁理士 高柳 司郎
 (74) 代理人 100115071
 弁理士 大塚 康弘
 (74) 代理人 100116894
 弁理士 木村 秀二
 (74) 代理人 100130409
 弁理士 下山 治

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】マルチユーザMIMOシステムにおけるMMSE復調

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

MIMOシステムにおける受信された信号を受信端末(200)において復調する方法であって、

2つ以上の送信アンテナを有する送信機から送信された信号であって、既知のプリコーダを用いてプリコーディングされた所望のデータストリームと、未知のプリコーダを用いてプリコーディングされた少なくとも1つの干渉データストリームに起因した干渉とを含む前記信号を受信するステップと、

2つ以上の仮説設定されたプリコーダを検定することで、仮説設定された各プリコーダについての復調特性メトリックを生成し、

前記復調特性メトリックに基づいて、前記2つ以上の仮説設定されたプリコーダのうちの1つを推定されたプリコーダとして選択する

ことによって、前記干渉データストリーム用のプリコーダを推定するステップと、

前記所望のデータストリーム用の前記既知のプリコーダと前記干渉データストリーム用の前記推定されたプリコーダとを使用して、前記所望のデータストリームを復調することで、前記干渉を低減するとともに、前記所望のデータストリームに対応する復調シンボルを取得するステップと

を含み、

2つ以上の仮説設定されたプリコーダを検定することで、仮説設定された各プリコーダについての復調特性メトリックを生成する前記ステップは、

仮説設定された各プリコーダを使用して、前記所望のデータストリーム内の選択された複数の検定用シンボルを復調するステップと、

仮説設定された各プリコーダごとに、仮説設定された各プリコーダについての復調特性メトリックを算出するステップとを含み、

仮説設定された各プリコーダについての復調特性メトリックを算出する前記ステップは

前記所望のデータストリーム用の前記既知のプリコーダと同一の仮説設定されたプリコーダに不利に、前記推定されたプリコーダの選択にバイアスをかけるために、重み付けされた復調特性メトリックを算出するステップと

を含むことを特徴とする方法。

10

【請求項 2】

仮説設定された各プリコーダについての復調特性メトリックを算出する前記ステップは

、
仮説設定された各プリコーダに対応する前記復調された複数の検定用シンボルについての平均干渉を算出するステップを含むことを特徴とする請求項1に記載の方法。

【請求項 3】

前記複数の検定用シンボルについての平均干渉を算出する前記ステップは、

復調された各検定用シンボルについての干渉を、当該検定用シンボルについて算出されたハード値とソフト値との差分として推定するステップと、

前記干渉の推定値に基づいて平均干渉を算出するステップと
を含むことを特徴とする請求項2に記載の方法。

20

【請求項 4】

前記復調特性メトリックに基づいて、前記 2 つ以上の仮説設定されたプリコーダのうちの 1 つを前記推定されたプリコーダとして選択する前記ステップは、

最小の平均干渉をもたらす前記仮説設定されたプリコーダを選択するステップを含むことを特徴とする請求項2に記載の方法。

【請求項 5】

仮説設定された各プリコーダについての復調特性メトリックを算出する前記ステップは

、
仮説設定された各プリコーダに対応する前記復調された複数の検定用シンボルについて、信号プラス雑音メトリックを算出するステップを含むことを特徴とする請求項1に記載の方法。

30

【請求項 6】

前記復調特性メトリックに基づいて、前記 2 つ以上の仮説設定されたプリコーダのうちの 1 つを前記推定されたプリコーダとして選択する前記ステップは、

最小の信号プラス雑音メトリックをもたらす前記仮説設定されたプリコーダを選択するステップを含むことを特徴とする請求項5に記載の方法。

【請求項 7】

仮説設定された各プリコーダについての復調特性メトリックを算出する前記ステップは

、
前記所望のデータストリーム用の前記既知のプリコーダと直交する仮説設定されたプリコーダが有利になるように、前記推定されたプリコーダの選択にバイアスをかけるために、前記復調特性メトリックを重み付けするステップ
をさらに含むことを特徴とする請求項1に記載の方法。

40

【請求項 8】

仮説設定された各プリコーダについての復調特性メトリックを算出する前記ステップは

、
それ以前の時間又は周波数インターバルにおいて前記干渉データストリームのために使用された、仮説設定されたプリコーダが有利になるように、所与の時間又は周波数インターバルにおいて前記推定されたプリコーダの選択にバイアスをかけるために、前記復調特

50

性メトリックを重み付けするステップ
をさらに含むことを特徴とする請求項1に記載の方法。

【請求項 9】

前記所望のデータストリーム用の前記既知のプリコーダと前記干渉データストリーム用の前記推定されたプリコーダとを使用して、前記所望のデータストリームを復調する前記ステップは、

前記所望のデータストリーム用の前記既知のプリコーダと前記干渉データストリーム用の前記推定されたプリコーダとを使用して、前記所望のデータストリームと前記干渉データストリームとを一緒に復調するステップ
を含むことを特徴とする請求項 1 に記載の方法。 10

【請求項 10】

前記所望のデータストリームと前記干渉データストリームとと一緒に復調する前記ステップは、

前記所望のデータストリームと前記干渉データストリームとを、 M M S E 復調器において復調するステップを含むことを特徴とする請求項9に記載の方法。

【請求項 11】

受信端末であって、
2つ以上の送信アンテナを有する送信機から送信された信号であって、既知のプリコーダを用いてプリコーディングされた所望のデータストリームと、未知のプリコーダを用いてプリコーディングされた少なくとも1つの干渉データストリームに起因した干渉とを含む前記信号を受信する受信機と、 20

前記所望のデータストリームを復調する復調部であって、

2つ以上の仮説設定されたプリコーダを検定することで、仮説設定された各プリコーダについての復調特性メトリックを生成し、

前記復調特性メトリックに基づいて、前記2つ以上の仮説設定されたプリコーダのうちの1つを推定されたプリコーダとして選択する

ことによって、前記干渉データストリーム用の前記プリコーダを推定する推定器と、

前記所望のデータストリーム用の前記既知のプリコーダと前記干渉データストリーム用の前記推定されたプリコーダとを使用して、前記所望のデータストリームを復調することで、前記干渉を低減するとともに、前記所望のデータストリームに対応する復調シンボルを取得する復調器と 30

を備える前記復調部と

を備え、

前記推定器は、

仮説設定された各プリコーダを使用して、前記所望のデータストリーム内の選択された複数の検定用シンボルを復調し、

仮説設定された各プリコーダごとに、仮説設定された各プリコーダについての復調特性メトリックを算出することによって、2つ以上の仮説設定されたプリコーダを検定することで、仮説設定された各プリコーダについての復調特性メトリックを生成し、

ここで、前記推定器は、

前記所望のデータストリーム用の前記既知のプリコーダと同一の仮説設定されたプリコーダに不利に、前記推定されたプリコーダの選択にバイアスをかけるために、重み付けされた復調特性メトリックを算出することによって、仮説設定された各プリコーダについての復調特性メトリックを算出する

ことを特徴とする受信端末。

【請求項 12】

前記推定器は、

仮説設定された各プリコーダに対応する前記復調された複数の検定用シンボルについての平均干渉を算出することによって、仮説設定された各プリコーダについての復調特性メトリックを算出することを特徴とする請求項11に記載の受信端末。 50

【請求項 1 3】

前記推定器は、

復調された各検定用シンボルについての干渉を、当該検定用シンボルについて算出されたハード値とソフト値との差分として推定し、

前記干渉の推定値に基づいて平均干渉を算出する

ことによって、前記複数の検定用シンボルについての平均干渉を算出することを特徴とする請求項1 2に記載の受信端末。

【請求項 1 4】

前記推定器は、

最小の平均干渉をもたらす前記仮説設定されたプリコーダを選択することを特徴とする請求項1 2に記載の受信端末。 10

【請求項 1 5】

前記推定器は、

仮説設定された各プリコーダに対応する前記復調された複数の検定用シンボルについて、信号プラス雑音メトリックを算出することによって、仮説設定された各プリコーダについての復調特性メトリックを算出することを特徴とする請求項1 1に記載の受信端末。

【請求項 1 6】

前記推定器は、

最小の信号プラス雑音メトリックをもたらす前記仮説設定されたプリコーダを選択することを特徴とする請求項1 5に記載の受信端末。 20

【請求項 1 7】

前記推定器は、さらに、

前記所望のデータストリーム用の前記既知のプリコーダと直交する仮説設定されたプリコーダが有利になるように、前記推定されたプリコーダの選択にバイアスをかけるために、前記復調特性メトリックを重み付けする

ことによって、仮説設定された各プリコーダについての復調特性メトリックを算出することを特徴とする請求項1 1に記載の受信端末。

【請求項 1 8】

前記推定器は、さらに、

それ以前の時間又は周波数インターバルにおいて前記干渉データストリームのために使用された、仮説設定されたプリコーダが有利になるように、所与の時間又は周波数インターバルにおいて前記推定されたプリコーダの選択にバイアスをかけるために、前記復調特性メトリックを重み付けする 30

ことによって、仮説設定された各プリコーダについての復調特性メトリックを算出することを特徴とする請求項1 1に記載の受信端末。

【請求項 1 9】

前記復調器は、

前記所望のデータストリーム用の前記既知のプリコーダと前記干渉データストリーム用の前記推定されたプリコーダとを使用して、前記所望のデータストリームと前記干渉データストリームとを一緒に復調することを特徴とする請求項1 1に記載の受信端末。 40

【請求項 2 0】

前記復調器は、M M S E 復調器からなることを特徴とする請求項1 9に記載の受信端末。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0 0 0 1】**

本発明は、全体として、マルチユーザ複数入力・複数出力（M U - M I M O）通信システムにおける空間多重に関するものであり、より詳細には、M U - M I M O 通信システムにおける受信信号を復調するための方法及び装置に関するものである。

【背景技術】

【 0 0 0 2 】

近年、無線通信システムにおけるデータレートを向上させるために複数入力・複数出力（MIMO）システムが大きな関心を集めている。MIMOシステムは、情報を送信及び受信するために、送信機及び受信機において複数のアンテナを用いる。送信端末と受信端末との間の通信チャネルの空間的な次元を利用することによって、MIMO通信システムは、複数のデータストリームを送信端末から1つ以上の受信端末に対して同一の搬送波周波数で同時に送信することができる。従って、MIMO通信システムは、帯域幅を増大させることなく、より高いスペクトル効率と、より高いデータレートとを達成する。

【 0 0 0 3 】

かなりの注目を集めているMIMOシステム用の1つの方法は、空間多重である。空間多重送信機において、独立して符号化されたいくつかのデータストリームは、リンクスループットが最大化されるように適切な重み付けを用いて、プリコーディングされ、複数の送信アンテナのそれぞれから送信される。ロング・ターム・エヴォリューション（LTE：Long Term Evolution）標準規格は、いくつかの空間多重モードをサポートしており、それらにはマルチユーザMIMO（MU-MIMO）用の空間多重モードが含まれる。このモードでは、複数のデータストリームが、送信端末によって異なる複数の受信端末へ送信される。このため、所与の受信端末からすると、所望のデータストリームと称される、当該受信端末を対象とした少なくとも1つのデータストリームが存在するとともに、本明細書において干渉データストリームと称される、他の受信端末を対象とした1つ以上の他のデータストリームが存在する。

10

20

【 0 0 0 4 】

通常、所望のデータストリーム用のプリコーディング重みのセット（即ち、プリコーダ）は、受信端末が所望のデータストリームに関連する有効なチャネルを知ることができるように、受信端末に伝えられる。しかし、干渉データストリーム用のプリコーダは伝えられない可能性があるため、受信端末は、通常、最大比合成（MRC：Maximum Ration Combining）を用いて受信信号を復調する。他のユーザ端末を対象としたデータストリームに起因した干渉は相関性を有するため、MRC合成は準最適である。

【発明の概要】**【 0 0 0 5 】**

本発明は、所望のデータストリーム用のプリコーダのみが事前に既知であるMU-MIMO通信システムにおいて、所望のデータストリームを復調するための方法及び装置に関するものである。本発明の種々の実施形態に係る受信端末は、1つ以上の干渉データストリーム用のプリコーダを推定する。これにより、受信端末は、所望のデータストリーム用の既知のプリコーダと、干渉データストリーム用の推定されたプリコーダとを使用して、MMSE復調を実行することが可能である。

30

【 0 0 0 6 】

本発明の例示的な一実施形態は、異なるデータストリームが異なる受信端末に送信されるMIMOシステムにおける受信信号を復調する方法を含む。受信端末は、2つ以上の送信アンテナを有する送信機から送信された信号を受信する。受信された信号には、既知のプリコーダを用いてプリコーディングされた所望のデータストリームと、未知のプリコーダを用いてプリコーディングされた少なくとも1つの干渉データストリームに起因した干渉とが含まれる。受信端末は、干渉データストリーム用のプリコーダを推定し、その後、所望のデータストリーム用の既知のプリコーダを、干渉データストリーム用の推定されたプリコーダとともに使用して、当該所望のデータストリームを復調することで、干渉を低減するとともに、当該所望のデータストリームに対応する復調シンボルを取得する。

40

【 0 0 0 7 】

本発明の別の実施形態は、MIMO通信システムのための受信端末を含む。一実施形態において、受信機は、2つ以上の送信アンテナを有する送信機から送信された信号を受信する各受信アンテナに接続された、複数の受信機を備える。受信された信号には、既知のプリコーダを用いてプリコーディングされた所望のデータストリームと、未知のプリコー

50

ダを用いてプリコーディングされた少なくとも 1 つの干渉データストリームに起因した干渉とが含まれる。受信端末は、所望のデータストリームを復調するプロセッサをさらに備える。当該プロセッサは、干渉データストリーム用のプリコーダを推定する推定器と、所望のデータストリーム用の既知のプリコーダ、及び干渉データストリーム用の推定されたプリコーダを使用して、当該所望のデータストリームを復調することで、干渉を低減するとともに、当該所望のデータストリームに対応する復調シンボルを取得する復調器と、を備える。

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図 1】例示的な複数入力・複数出力（MIMO）通信システムを示す図である。 10

【図 2】MIMO 通信システム用の例示的な送信信号プロセッサを示す図である。

【図 3】受信信号を復調するために最大比合成（MRC）を使用する MIMO 通信システム通信システムにおける、受信機の実効的な SNR を示す図である。

【図 4】マルチユーザ MIMO 通信システムにおいて、1 つ以上の干渉データストリーム用のプリコーダを推定する例示的な方法を示す図である。

【図 5】受信信号を復調するために MIMO 受信機によって実行される例示的な方法を示す図である。

【図 6】復調に最小平均二乗誤差（MMSE：Minimum Mean Squared Error）合成を使用する、例示的な一実施形態に係る例示的な MIMO 受信機を示す図である。 20

【図 7】干渉データストリーム用のプリコーダが不規則に選択される場合の、受信信号の復調に MMSE 合成を使用する MIMO 通信システムにおける受信機の実効的な SNR を示す図である。

【図 8】干渉データストリーム用のプリコーダが所望のデータストリーム用のプリコーダと直交する場合の、受信信号の復調に MMSE 合成を使用する MIMO 通信システムにおける受信機の実効的な SNR を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0009】

ここで、図面を参照すると、図 1 は、参考番号 10 によって全体的に示されている複数入力・複数出力（MIMO）通信システムを図示している。MIMO 通信システム 10 は、例えば、ロング・ターム・エヴォリューション（LTE）ネットワーク又は WiMAX ネットワーク等の無線通信ネットワークからなりうる。MIMO 通信システムは、複数の送信アンテナ 102 を有する送信端末 100 と、複数の受信アンテナ 202 を有する受信端末 200 とを含む。送信端末 100 は、複数の並列のストリームを、同一の搬送波周波数で 1 つ以上の受信端末 200 に対して同時に送信する。受信端末 200 は、複数の信号を分離するために、当該信号の空間的な次元を利用することができる。これにより、MIMO システムは、より高いスペクトル効率と、より高いデータレートとを、帯域幅を増大させることなく達成できる。 30

【0010】

送信端末 100 及び受信端末 200 は、図 1 において別々の端末として示されているが、無線通信ネットワーク内の 1 つの通信端末が、送信端末 100 及び受信端末 200 の両方を備えていてもよいことは理解されるべきである。例えば、無線通信ネットワーク内の基地局は、携帯端末（受信端末）との下りリンク通信のための送信端末 100 として機能しうるとともに、携帯端末（送信端末）との上りリンク通信のための受信端末 200 として機能しうる。逆に、無線通信ネットワーク内の携帯端末は、基地局（送信端末）との下りリンク通信のための受信端末 200 として機能しうるとともに、基地局（受信端末）との上りリンク通信のための送信端末として機能しうる。 40

【0011】

図 1 に戻って参考すると、送信端末 100 は、送信制御部 110 と、送信信号プロセッサ 120 と、各送信アンテナ 102 に接続された複数の送信機 130 とを備える。送信制御部 110 は、送信端末 100 の全体の動作を制御する。送信信号プロセッサ 120 は、 50

送信対象の情報信号を処理して、各送信アンテナ 102 によって送信される送信信号を生成する。送信制御部 110 及び送信信号プロセッサ 120 は、1つ以上のプロセッサ、マイクロコントローラ、ハードウェア、又はそれらの組み合わせによって実現されてもよい。送信信号プロセッサ 120 によって生成された送信信号は、各送信機 130 に供給される。送信機 130 は、送信アンテナ 102 によって送信される信号のアップコンバート、フィルタリング、及び増幅を行う無線周波数コンポーネントをも含む。

【0012】

受信端末 200 は、受信制御部 210 と、複数の受信機 220 と、受信信号プロセッサ 230 を備える。受信制御部 210 は、受信端末 200 の全体の動作を制御する。受信機 220 は、各受信アンテナ 202 に接続されており、受信信号プロセッサ 230 による処理のための受信信号の、フィルタリング、増幅及びダウンコンバートを行う無線周波数コンポーネントを備える。受信信号プロセッサ 230 は、各受信アンテナ 202 によって受信された信号を処理する。以下でより詳細に説明するように、受信信号処理には、典型的には、受信信号の復調及び復号が含まれる。受信制御部 210 及び受信信号プロセッサ 230 は、1つ以上のプロセッサ、マイクロコントローラ、ハードウェア、又はそれらの組み合わせによって実現されてもよい。

【0013】

例示的な MIMO 通信システム 10 において、送信端末 100 及び受信端末 200 は、空間多重として知られている伝送技術を実行する。空間多重は、ビームフォーミングの一般形と考えることもできる。空間多重によって、複数のデータストリームが、受信機出力においてリンクスループットが最大化されるように、アンテナごとに独立かつ適切な重み付けを用いて、プリコーディングされ、各送信アンテナ 102 によって送信される。

【0014】

図 2 は、空間多重を実行する送信端末 100 のための例示的な送信信号プロセッサ 120 を図示している。送信信号プロセッサ 120 は、符号化及び変調回路 122 とプリコーディング回路 124 とを備える。シングルユーザ (SU) MIMO システムにおいては、単一の受信端末 200 に対する情報信号が、符号化及び変調回路 122 に入力される。符号化及び変調回路 122 は、当該情報信号を、別々に符号化及び変調される 2 つ以上のデータストリームに分割する。マルチユーザ (MU) MIMO システムにおいては、2 以上の異なるユーザに対する情報信号が、符号化及び変調回路 122 に入力される。両方の場合において、複数のデータストリームが、符号化及び変調回路 122 によって出力される。例示的な実施形態においては、符号化及び変調回路 122 から出力された当該複数のデータストリームは、プリコーディング回路 124 に入力される。プリコーディング回路 124 は、シンボルストリームをプリコーディングして、各送信アンテナ 102 用の送信信号を生成することで、技術的に知られている空間多重を実行する。

【0015】

LTE 標準規格は、いくつかの空間多重モードをサポートしており、それらには MU-MIMO 用の空間多重モードが含まれる。このモードでは、複数のデータストリームが、送信端末 100 によって異なる受信端末 200 へ送信される。このため、所与の受信端末 200 からすると、当該受信端末 200 を対象とした 1 つのデータストリームが存在するとともに、他の受信端末 200 を対象とした 1 つ以上のデータストリームが存在することになる。特定の受信端末 200 を対象としたデータストリームは、所望のデータストリームと称される。他の受信端末 200 を対象としたデータストリームは、当該所望のデータストリームと干渉し、そのため本明細書では干渉データストリームと称される。

【0016】

LTE 標準規格は、1 ~ 4 個のレイヤ及び 1 ~ 4 個の送信アンテナ 102 のためのプリコーディング重みを定めている。それぞれの場合において、送信アンテナ 102 の数と受信アンテナ 202 の数は、レイヤの数以上である。受信アンテナ 202 の実際の数は、標準規格によっては定められておらず、レイヤの数を超えることがありうる。MIMO システムのアンテナ構成は、 $n \times m$ という表記によって示されうる。ここで、 n は送信アンテナの数、 m は受信アンテナの数である。

10

20

30

40

50

ナ 1 0 2 の数を示し、mは受信アンテナ 2 0 2 の数を示す。例えば、 2×2 MIMOシステムは、2つの送信アンテナ 1 0 2 と、2つの受信アンテナ 2 0 2 とを指す。これは、レイヤの数が $\min(n, m)$ 以下であることを暗に示している。

【 0 0 1 7 】

複数のデータストリームが異なる受信端末 2 0 0 を対象としているマルチユーザ MIMO の場合、送信端末 1 0 0 は、所望のデータストリーム用のプリコーディング重みを各受信端末 1 0 0 に伝達する。しかし、受信端末 2 0 0 は、他の受信端末 2 0 0 を対象としたデータストリームに適用されたプリコーディング重みを知らない。干渉データストリームに起因した干渉の仕組みは未知であるため、通常、最大比合成 (MRC) 復調が、各受信アンテナ 2 0 2 によって受信された信号を合成するために使用される。MRC 復調は、次式によって与えられうる。

$$u = ((H W)^H (H W))^{-1} (H W)^H r \quad \text{式 1}$$

ここで、Hは、送信アンテナ 1 0 2 と受信アンテナ 2 0 2 との間のチャネルであり、Wは、所望のデータストリームに適用されたプリコーディング重みのセット（即ち、プリコーダ）であり、rは、各受信アンテナ 2 0 2 において受信された受信シンボルのベクトルであり、uは、推定されたシンボルである。 2×2 MIMO システムでは、Hは 2×2 行列であり、Wは 2×1 ベクトルであり、rは 2×1 ベクトルである。便宜上、プリコーディング回路 1 2 4 によって特定のデータストリームに対して適用されるプリコーディング重みのセットを、本明細書ではプリコーダと称する。

【 0 0 1 8 】

マルチユーザ MIMO システムにおいて、受信端末 2 0 0 は、通常、所望のデータストリームのみを復調する。MRC 復調は、干渉データストリームに起因した干渉に相関性がない場合には良好に機能する。しかし、干渉データストリームが寄与する干渉に相関性がある場合には、MRC 復調は準最適である。

【 0 0 1 9 】

図 3 は、MRC 復調を使用する 2×2 マルチユーザ MIMO システムにおいて得ることができる実効的な SNR を示すグラフである。この例において、2つのデータストリーム用のプリコーディング重みは異なり、かつ、不規則に選択されることを想定している。図 3 に示すように、特に高い信号対雑音比において、大きな特性の損失が存在している。

【 0 0 2 0 】

本発明の種々の実施形態によれば、最小平均二乗誤差 (MMSE) 復調が、MU-MIMO 通信システム 1 0 における受信機の特性の改善のために使用される。MMSE 復調は、所望のデータストリームと同様に、干渉データストリームに適用されたプリコーディング重みの知識を必要とする。MMSE 復調は、次式によって与えられうる。

$$u = ((H W)^H (H W) + R)^{-1} (H W)^H r \quad \text{式 2}$$

ここで、Rは、 2×2 行列として表される雑音の共分散である。 2×2 MIMO システムにおいて、 $W = [w_1, w_2]$ は、所望のデータストリーム及び干渉データストリームに適用されるプリコーディング重みの 2×2 行列である。 w_1 によって示されるWの第 1 行は、所望のデータストリームに適用されるプリコーディング重みのセットからなり、 w_2 によって示されるWの第 2 行は、干渉データストリームに適用されるプリコーディング重みのセットである。

【 0 0 2 1 】

上記したように、送信端末 1 0 0 は、通常、所望のデータストリーム用のプリコーダを知らせるが、干渉データストリームのために使用されるプリコーダを知らせることはない。プリコーダは、当該プリコーダに関連づけられたインデックスを送信することによって、知らされうる。従って、本発明に係る受信端末 2 0 0 は、干渉データストリーム用のプリコーダを推定する。これにより、受信端末 2 0 0 は、所望のデータストリーム用の既知のプリコーダと、干渉データストリーム用の推定されたプリコーダとを使用することで、MMSE 復調を実行する。

【 0 0 2 2 】

10

20

30

40

50

図4は、本発明の一実施形態に係る受信端末によって実行される、例示的な方法300を図示している。受信端末200は、各受信アンテナ202において、所望のデータストリームと1つ以上の干渉データストリームに起因した干渉とを含む信号を受信する（ブロック302）。受信端末200は、各干渉データストリーム用のプリコーダ（即ち、プリコーディング重みのセット）を推定する（ブロック304）。干渉データストリーム用のプリコーダを推定するための種々の技術については後述する。その結果、受信端末200は、所望のデータストリーム用の既知のプリコーダをと、干渉データストリーム用の推定されたプリコーダとを使用して、所望のデータストリームと干渉データストリームとを復調することができる（ブロック306）。M M S E 復調は、好ましくは、所望のデータストリームを復調するために使用される。所望のデータストリームについての復調されたシンボルは、その後、復号のために復号器に渡される。干渉データストリームについての復調されたシンボルは、廃棄されうる。

【0023】

干渉データストリーム用のプリコーダを推定できるように、一定範囲の複数のデータシンボルにわたって、プリコーダが不变であり続けることを想定する。L T E システムにおいては、複数のリソースブロック（R B）がペアで割り当てられる。1つのリソースブロックは、12サブキャリヤ×0.5ミリ秒区間からなる。1つのR Bペアは、12サブキャリヤ×1.0ミリ秒からなり、これは約150シンボルである。現実的な実装では、プリコーディング重みは、せいぜい4リソースブロック・ペアごとに変更される。

【0024】

図5は、干渉データストリーム用のプリコーディング重みを推定するための、例示的な方法400を図示しており、当該方法は、図4のブロック304において実行されうる。まず、各干渉データストリームについて仮説設定されたプリコーダ（*hypothesized precoders*）のセットが仮定される（ブロック402）。所望のデータストリーム用の既知のプリコーディング重みと、干渉データストリーム用の仮説設定されたプリコーダとを使用して、N個の検定用シンボルを予め定められたウィンドウにわたって復調することによって、仮説設定されたプリコーダの可能な組み合わせのそれぞれが検定される（ブロック404）。いくつかの実施形態においては、可能な全ての組み合わせよりも少ない数の組み合わせが検定されてもよい。2つの送信アンテナを使用するM U - M I M O の場合には、1つの干渉データストリームのみが存在し、そのため、仮説設定されたプリコーダを含む1つのセットのみが存在する。次に、復調特性メトリックが、仮説設定されたプリコーダの各組み合わせについて算出される（ブロック406）。いくつかの異なる復調特性メトリックが検討される。それぞれの場合において、復調特性メトリックは、復調後に残留する干渉についての測度を提供する。次に、当該残留干渉を最小化する、仮説設定されたプリコーダのセットが、推定されたプリコーディング重みとして選択される（ブロック408）。推定されたプリコーディング重みは、その後、図4のブロック306で、所望のデータストリームと干渉データストリームとの復調に使用される。

【0025】

例示的な一実施形態において、復調特性メトリックは、N個の復調された検定用シンボルにわたる平均干渉を含む。復調された各検定用シンボルについて、ソフト値が生成される。その後、硬判定が行われることで、ソフト値からハード値に変換される。ハード値とソフト値との差分が、干渉の推定値として使用される。さらに、N個の検定用シンボルにわたる干渉の推定値の平均が算出され、復調特性メトリックとして使用される。

【0026】

他の例示的な実施形態において、復調特性メトリックは、N個の復調された検定用シンボルについての信号プラス雑音メトリックを含む。この場合、最小の信号プラス雑音メトリックとなる、複数のプリコーディング重みを含む仮説設定されたセットが、干渉データストリーム用の推定されたプリコーディング重みとして選択される。

【0027】

干渉データストリーム用プリコーディング重みの推定には、限定された数のプリコーダ

10

20

30

40

50

をLTE標準規格が定めているという事実が役立つ。本コンテキストでは、「プリコーダ」という用語は、所与のデータストリームに適用されるプリコーディング重みのセットを指すことに留意されたい。送信端末100は、2つの送信アンテナを有し、選択されるプリコーダとして4つのプリコーダの候補が存在する。送信端末が4つの送信アンテナ102を有する場合には、選択されるプリコーダとして16個のプリコーダの候補が存在する。本発明のいくつかの実施形態においては、干渉データストリームのために使用されるプリコーダが、所望のデータストリームのために使用されるプリコーダと同一ではないことを想定されうる。

【0028】

本発明のいくつかの実施形態においては、復調特性メトリックは、干渉データストリーム用の推定されたプリコーダの選択にバイアスをかけるために、重み付けされてもよい。例えば、複数のデータストリーム用のプリコーダを選択する場合、送信端末100は、通常、異なるデータストリームについて直交したプリコーダを使用することが好ましい。さらに、送信端末100が、2つの異なるデータストリームについて同一のプリコーダを選択する可能性は低い。従って、仮説設定されたプリコーダについての復調特性メトリックの算出では、所望のデータストリーム用のプリコーダと同一の、仮説設定されたプリコーダに対して低く重み付け(down-weight)して、所望のデータストリームと直交するプリコーダに対して高く重み付け(up-weight)してもよい。復調特性メトリックを増加又は減少させるために、算出された復調特性メトリックに、予め定められたスケーリング係数を適用することによって、当該復調特性メトリックを重み付けすることができる。復調特性メトリックに重み付けすることによって、受信端末のプリコーダ推定器は、所望のデータストリーム用のプリコーダと直交する仮説設定されたプリコーダが有利になるように(in favor of)バイアスをかけられ、所望のデータストリーム用のプリコーダと同一の仮説設定されたプリコーダが不利になるように(disfavor)バイアスをかけられることになる。

【0029】

いくつかの例において、受信端末200は、それ以前の時間又は周波数インターバルにおいて干渉データストリームのために使用されたプリコーダに関するある程度の知識を、有していてもよい。上記のように、送信端末100は、特定の期間において(例えば、4リソースブロック・ペアごとに)、同一のプリコーダを使用しうる。従って、受信端末200は、それ以前の時間又は周波数インターバルにおいて干渉データストリームのために使用されたプリコーダに関する情報を有している場合には、それ以前の時間又は周波数インターバルにおいて使用された仮説設定されたプリコーダについての復調特性メトリックに、高く重み付けすることによって、現在の時間インターバルについて推定されたプリコーダの選択に、バイアスをかけることができる。

【0030】

図6は、干渉データストリーム用の推定されたプリコーダを使用してMMS-E復調を実行する、本発明の例示的な実施形態に係る例示的な受信信号プロセッサ230を図示している。受信信号プロセッサ230は、MMS-E復調部232と、プリコーダ推定器238と、チャネル推定器240とを備える。MMS-E復調部232は、MMS-E合成を使用して、所望のデータストリームと干渉データストリームとを復調する。MMS-E復調部232は、MMS-E合成器234と、MMS-E重み算出器236とを備える。MMS-E合成器234は、MMS-E重み算出器236によって提供される合成重みを使用して、複数の受信アンテナ202において受信された複数の信号を合成する。MMS-E重み算出器236は、プリコーダ推定器238によって提供されるプリコーダ推定値Wに基づき、既知の方法で合成重みを算出する。プリコーダ推定器238は、上述したように、また図5に示したように、干渉データストリーム用のプリコーダを推定する。チャネル推定器240は、送信端末100からの受信パイルオフ信号に基づき、既知の方法でチャネル推定値Hを生成する。

【0031】

10

20

30

40

50

図7は、干渉データストリーム用のプリコーダが、所望のデータストリーム用のプリコーダと異なり、不規則に選択されるものとした場合の、M M S E 合成を使用するM I M O通信システム10における受信端末200の実効的なS N Rを示している。さらに、16Q A M変調が使用され、仮説設定されたプリコーダの検定は、5個の検定用シンボルにわたって実行されるものとしている。図7に示すように、M R C復調と比較して、復調器の出力における信号対雑音比が著しく増加している。

【0032】

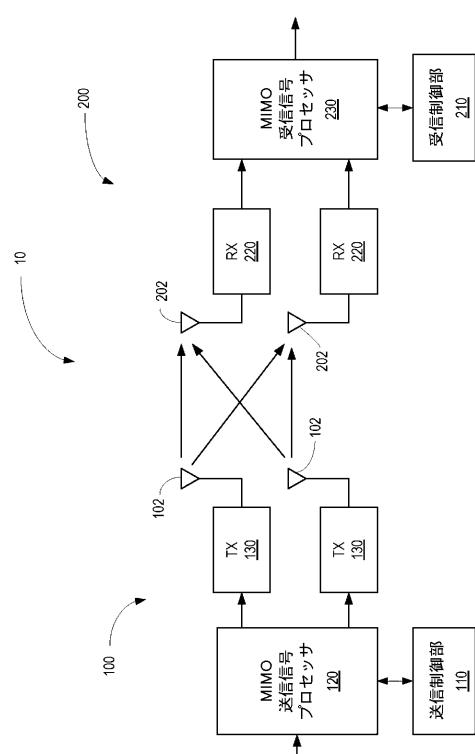
図8は、干渉データストリーム用のプリコーダが、所望のデータストリーム用のプリコーダと直交しているものとした場合の、M M S E 合成を使用するM I M O通信システム10における受信端末200の実効的なS N Rを図示している。16Q A M変調が使用され、仮説設定されたプリコーダは、10個の検定用シンボルにわたって検定されるものとしている。図8もまた、M M S E復調を使用する場合には復調器の出力におけるS N Rが著しく増加することを示している。

10

【0033】

本発明は、当然ながら、本発明の範囲及び本質的な特徴を逸脱することなく、本明細書で説明した以外の他の特定の方法で実行されてもよい。従って、提示されている実施形態は、あらゆる点で例示的であり、限定的ではないとみなされるべきであり、添付の特許請求の範囲の意義及び均等の範囲内からの生じるあらゆる変更が、それらの範囲内に包含されることを意図している。

【図1】



【図2】

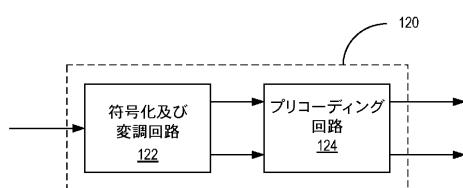


FIG. 2

FIG. 1

【図3】

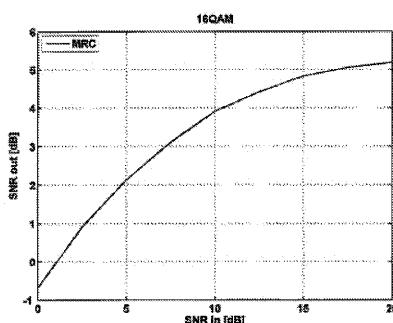


FIG. 3

【図4】

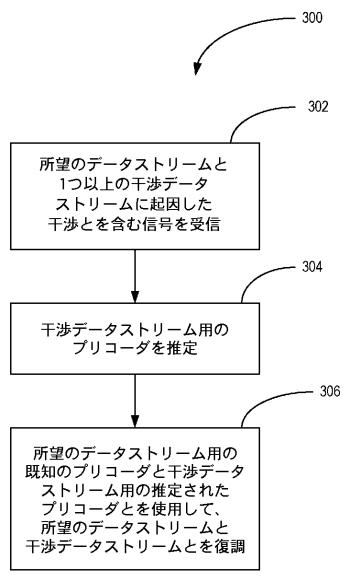


FIG. 4

【図5】

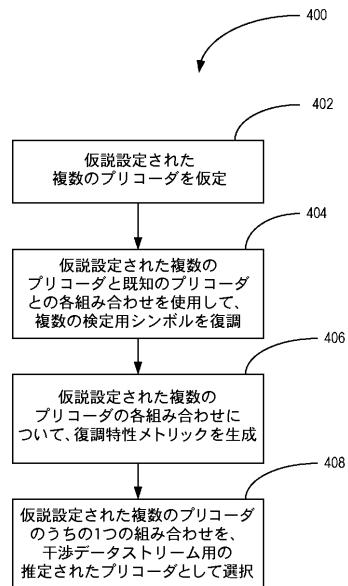


FIG. 5

【図6】

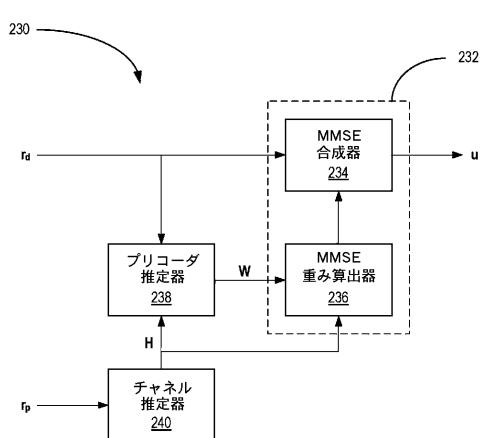


FIG. 6

【図7】

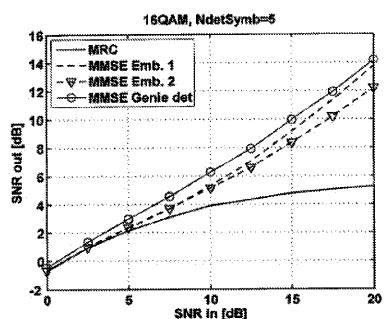


FIG. 7

【図8】

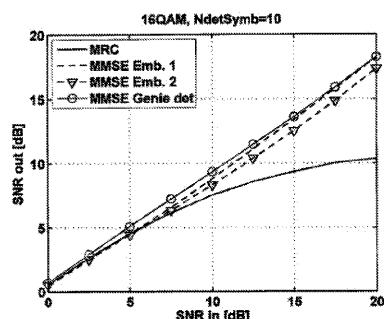


FIG. 8

フロントページの続き

(72)発明者 リンカーン, ボ

スウェーデン国 ルンド エス-227 30, モラレヴェーゲン 37

(72)発明者 ノルドストレム, フレドリク

スウェーデン国 ルンド エス-223 53, リラ ツヴェルガタン 16エー

審査官 大野 友輝

(56)参考文献 国際公開第2008/115650(WO,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H 04 J 99/00

H 04 B 7/04

I E E E X p l o r e

C i N i i