

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2012-157041

(P2012-157041A)

(43) 公開日 平成24年8月16日(2012.8.16)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
H04J 99/00 (2009.01)	H04J 15/00	5K004
H04J 11/00 (2006.01)	H04J 11/00	5K159
H04L 27/01 (2006.01)	H04L 27/00	K
H04B 7/04 (2006.01)	H04B 7/04	

審査請求 有 請求項の数 21 O L (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2012-62762 (P2012-62762)
 (22) 出願日 平成24年3月19日 (2012.3.19)
 (62) 分割の表示 特願2008-533501 (P2008-533501)
 の分割
 原出願日 平成18年9月25日 (2006.9.25)
 (31) 優先権主張番号 60/722,022
 (32) 優先日 平成17年9月29日 (2005.9.29)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 596008622
 インターデジタル テクノロジー コー
 ポレーション
 アメリカ合衆国 19810 デラウェア
 州 ウィルミントン シルバーサイド ロ
 ード 3411 コンコルド プラザ ヘ
 イグリー ビルディング スイート 10
 5
 (74) 代理人 110001243
 特許業務法人 谷・阿部特許事務所
 (72) 発明者 チャン グウオドン
 アメリカ合衆国 11735 ニューヨー
 ク州 ファーミンデール メイン ストリ
 ート 490 アpartment シー8

最終頁に続く

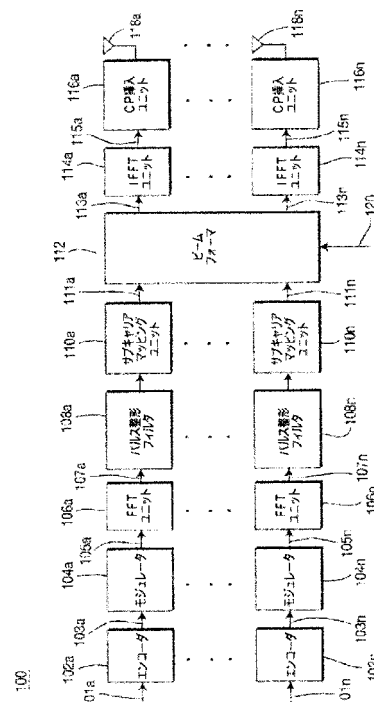
(54) 【発明の名称】 MIMOビーム形成に基づくシングルキャリア周波数分割多元接続システム

(57) 【要約】

【課題】 多入力多出力 (MIMO) ビーム形成に基づく
 シングルキャリア周波数分割多元接続 (SC-FDMA)
 システムが開示される。

【解決手段】 送信機にて、送信データについて高速フー
 リエ変換 (FFT) を行って、周波数領域データを発生
 する。周波数領域の送信データは、割り当てられたサブ
 キャリアにマップされる。割り当てられたサブキャリア
 にマップされた送信データについて、逆高速フーリエ変
 換 (IFFT) を行って、時間領域送信データを発生す
 る。時間領域送信データは、アンテナを介して送信され
 る。受信機にて、受信されたデータについて FFT を行
 って、周波数領域受信データを発生する。サブキャリア
 デマッピングを行って、割り当てられたサブキャリア上
 にマップされたデータを抽出する。チャンネル推定器が
 チャンネル行列を発生し、U、D、および V^H 行列に分
 解される。送信および受信アンテナ間のチャンネル歪み
 および干渉は、抽出された周波数領域受信データに対し
 て分解されたチャンネル行列に基づき等化される。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

シングルキャリア周波数分割多元接続 (SC-FDMA) システムにおける多入力多出力 (MIMO) のための無線送受信ユニット (WTRU) であって、

送信用のデータについて高速フーリエ変換 (FFT) を行って、周波数領域データを発生するよう構成された高速フーリエ変換 (FFT) ユニットの第 1 の集合と、

ステアリング行列 (V) の値を示すフィードバックを受信するよう構成された受信器であって、該ステアリング行列 (V) は、チャンネル行列 (H) のエルミート転置と該チャンネル行列 (H) との積によって形成される行列の固有ベクトルを含む受信器と、

前記フィードバックされたステアリング行列 (V) を前記周波数領域データに適用するよう構成されたビームフォーマと、

送信に対して割り当てられたサブキャリア上に前記周波数領域送信データをマップするよう構成された複数のサブキャリアマッピングユニットと、

割り当てられたサブキャリアにマップされた送信データについて逆高速フーリエ変換 (IFFT) を行って、時間領域送信データを発生するよう構成された IFFT ユニットの第 1 の集合と、

前記時間領域送信データを送信するよう構成された複数の送信アンテナと
を備えたことを特徴とする WTRU。

【請求項 2】

前記ビームフォーマは、スケーリングファクタを適用することを特徴とする請求項 1 に記載の WTRU。

【請求項 3】

前記スケーリングファクタは、H をチャンネル行列、U をユニタリ行列および V^H を前記フィードバックされた行列のエルミート転置として、式 $H = U D V^H$ を満足する逆対角行列 (D) であることを特徴とする請求項 2 に記載の WTRU。

【請求項 4】

前記スケーリングファクタは、前記 D 行列および雑音分散に基づき発生されることを特徴とする請求項 3 に記載の WTRU。

【請求項 5】

前記送信器に割り当てられたサブキャリアは、局所化されたサブキャリアのブロックであることを特徴とする請求項 1 に記載の WTRU。

【請求項 6】

前記ステアリング行列 (V) および前記チャンネル行列 (H) は、U を前記チャンネル行列 (H) と該チャンネル行列 (H) のエルミート転置との積の固有ベクトルを含むユニタリ行列、D を前記チャンネル行列 (H) と該チャンネル行列 (H) のエルミート転置との積の固有ベクトルの平行根を含む対角行列として、式 $H = U D V^H$ を満足することを特徴とする請求項 1 に記載の WTRU。

【請求項 7】

前記時間領域送信データにサイクリックプリフィックス (CP) を挿入するよう構成された CP 挿入ユニットをさらに備えたことを特徴とする請求項 1 に記載の WTRU。

【請求項 8】

前記フィードバックは対角行列 (D) の値をさらに示し、前記対角行列 (D) は前記チャンネル行列 (H) と該チャンネル行列 (H) のエルミート転置との積の固有ベクトルの平行根を含むことを特徴とする請求項 1 に記載の WTRU。

【請求項 9】

前記ビームフォーマは、対角行列 (D) の逆で前記周波数領域データをスケールして、前記フィードバックされたステアリング行列 (V) を前記スケールされた周波数領域データに適用するようさらに構成されたことを特徴とする請求項 8 に記載の WTRU。

【請求項 10】

前記フィードバックは信号対雑音比 (SNR) の値をさらに示すことを特徴とする請求

10

20

30

40

50

項 8 に記載の W T R U。

【請求項 1 1】

シングルキャリア周波数分割多元接続 (S C - F D M A) システムにおける多入力多出力 (M I M O) のための基地局であって、

送信された時間領域送信データを受信し、受信したデータの複数のストリームを発生するよう構成された複数の受信アンテナと、

前記受信したデータについて F F T を行って、周波数領域受信データを発生するよう構成された F F T ユニットの集合と、

割り当てられたサブキャリア上にマップされたデータを抽出するよう構成された複数のサブキャリアデマッピングユニットと、

送信機および受信機の間の M I M O チャンネルに対してチャンネル推定を行って、チャンネル行列 (H) を発生するよう構成された少なくとも 1 つのチャンネル推定器と、

前記チャンネル行列を、上付きの H がエルミート転置を意味し、ステアリング行列 (V) がチャンネル行列 (H) のエルミート転置と該チャンネル行列 (H) との積によって形成される行列の固有ベクトルを含むとして、式 $H = U D V^H$ となる、対角行列 D、ユニタリ行列 (U) およびステアリング行列 (V) に分解するよう構成されたチャンネル行列分解ユニットと、

U 行列のエルミート転置を、抽出された周波数領域受信データに適用することによって前記割り当てられたサブキャリア上にマップされたデータについて受信ビーム形成を実行するよう構成されたチャンネル対角化およびビーム形成ユニットと、

前記ビーム形成されたデータについて逆高速フーリエ変換 (I F F T) を行って、時間領域受信データを発生するよう構成された I F F T ユニットの第 2 の集合と

を備えたことを特徴とする基地局。

【請求項 1 2】

送信器に割り当てられる前記サブキャリアを示す制御信号を発生するよう構成されたコントローラであって、それにより前記サブキャリアデマッピングユニットが前記制御信号に基づき前記サブキャリア上にマップされた特定のデータを抽出するよう構成されたコントローラをさらに備えたことを特徴とする請求項 1 1 に記載の基地局。

【請求項 1 3】

前記チャンネル行列分解ユニットは、特異値分解 (S V D) ユニットであることを特徴とする請求項 1 1 に記載の基地局。

【請求項 1 4】

前記チャンネル行列分解ユニットは、固有値分解 (E V D) ユニットであることを特徴とする請求項 1 1 に記載の基地局。

【請求項 1 5】

前記チャンネル対角化およびビーム形成ユニットは、チャンネル歪みを、ゼロフォーシング解に基づき等化ことを特徴とする請求項 1 1 に記載の基地局。

【請求項 1 6】

前記チャンネル対角化およびビーム形成ユニットは、チャンネル歪みを、最小平均 2 乗誤差 (M M S E) 解に基づき等化ことを特徴とする請求項 1 1 に記載の基地局。

【請求項 1 7】

前記対角行列 (D) は、前記チャンネル行列 (H) と該チャンネル行列 (H) のエルミート転置との積の固有ベクトルの平行根を含むことを特徴とする請求項 1 1 に記載の基地局。

【請求項 1 8】

前記ユニタリ行列 (U) は、前記チャンネル行列 (H) と該チャンネル行列 (H) のエルミート転置との積の固有ベクトルを含むことを特徴とする請求項 1 1 に記載の基地局。

【請求項 1 9】

前記ステアリング行列 (V) を示すフィードバックを送信するよう構成された送信器をさらに備えたことを特徴とする請求項 1 1 に記載の基地局。

【請求項 2 0】

10

20

30

40

50

前記フィードバックは対角行列 (D) の値をさらに示し、前記対角行列 (D) は前記チャンネル行列 (H) と該チャンネル行列 (H) のエルミート転置との積の固有ベクトルの平行根を含むことを特徴とする請求項 11 に記載の基地局。

【請求項 21】

シングルキャリア周波数分割多元接続 (SC-FDMA) システムにおける多入力多出力 (MIMO) のための方法であって、

送信用のデータについて高速フーリエ変換 (FFT) を行って、周波数領域データを発生するステップと、

ステアリング行列 (V) の値を示すフィードバックを受信するステップであって、該ステアリング行列 (V) は、チャンネル行列 (H) のエルミート転置と該チャンネル行列 (H) との積によって形成される行列の固有ベクトルを含むステップと、

前記フィードバックされたステアリング行列 (V) を前記周波数領域データに適用して、ビーム形成された周波数領域送信データを発生するステップと、

送信に対して割り当てられたサブキャリア上に前記ビーム形成された周波数領域送信データをマップするステップと、

割り当てられたサブキャリアにマップされた送信データについて逆高速フーリエ変換 (IFFT) を行って、時間領域送信データを発生するステップと、

前記時間領域送信データを送信するステップと

を備えたことを特徴とする方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、無線通信システムに関する。より詳細には、本発明は、多入力多出力 (MIMO) のビーム形成に基づくシングルキャリア周波数分割多元接続 (SC-FDMA) システムに関する。

【背景技術】

【0002】

第 3 世代パートナーシッププロジェクト (3GPP) および 3GPP2 は現在、ユニバーサル移動電気通信システム (UMTS) 地上無線アクセス (UTRA) の長期発展型 (LTE) を検討している。SC-FDMA は現在、発展型 UTRA (E-UTRA) のために検討されている。

【0003】

SC-FDMA においては、複数の直交したサブキャリアサブキャリアが複数のサブキャリアサブキャリアブロック (「リソースブロック」としても知られる) に分割される。サブキャリアサブキャリアブロックは、局所化されたサブキャリアサブキャリアブロック、または分散されたサブキャリアサブキャリアブロックであることができる。局所化されたサブキャリアブロックは、いくつかの連続したサブキャリアの集合として定義され、分散されたサブキャリアブロックは、いくつかの不連続なサブキャリアの集合として定義される。サブキャリアブロックは、SC-FDMA システムにおけるアップリンク送信に対する基本的なスケジューリング単位である。データレートまたはバッファステータスに依存して、少なくとも 1 つのサブキャリアブロックが無線送受信ユニット (WTRU) に対して送信のために割り当てられる。

【0004】

MIMO は、送信機および受信機の両方が 1 つより多いアンテナを採用する送信および受信スキームのタイプを指す。MIMO システムは、空間的ダイバーシティまたは空間的多重化を利用して、信号対雑音比 (SNR) を改善し、スループットを増大する。

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

【0005】

本発明は、送信機および受信機を含む MIMO ビーム形成に基づく SC-FDMA シス

10

20

30

40

50

テムに関する。送信機にて、送信用のデータについて高速フーリエ変換（FFT）を行って、周波数領域送信データを発生する。サブキャリアマッピングユニットが周波数領域送信データを割り当てられたサブキャリアにマップする。割り当てられたサブキャリアにマップされた送信データについて逆高速フーリエ変換（IFFT）を行って、時間領域送信データを発生し、時間領域送信データは次に複数のアンテナを介して送信される。受信機にて、送信されたデータが複数の受信アンテナによって検出される。受信されたデータについてFFTを行って、周波数領域受信データを発生する。受信機におけるサブキャリアデマッピングユニットが割り当てられたサブキャリア上にマップされたデータを抽出する。受信機におけるチャンネル推定器がチャンネル行列を発生し、特異値分解（SVD）ユニットがチャンネル行列をU、D、および V^H 行列に分解する。次に、受信機におけるチャンネル対角化およびビーム形成ユニットが抽出された周波数領域受信データに対して分解されたチャンネル行列に基づき送信および受信アンテナ間のチャンネル歪みおよび干渉を等化する。

10

【図面の簡単な説明】

【0006】

【図1】本発明によって構成された送信機のブロック図である。

【図2】本発明によって構成された受信機のブロック図である。

【発明を実施するための形態】

【0007】

以降で参照される場合、用語「WTRU」は、限定するものではないが、ユーザ機器（UE）、移動局、固定または移動の加入者ユニット、ページャ、または無線環境において動作することができる任意の他のタイプのデバイスを含む。以降で参照される場合、用語「基地局」は、限定するものではないが、ノードB、サイトコントローラ、アクセスポイント（AP）、または無線環境における任意の他のタイプのインタフェースデバイスを含む。本発明は、WTRUまたは基地局において実施することができる。

20

【0008】

本発明の特徴は、集積回路（IC）に組み込むこと、または多数の相互接続されたコンポーネントを備える回路において構成することができる。

【0009】

図1は、本発明によって構成された送信機100のブロック図である。図1は、一例として提供され、図1に示されたコンポーネントによって行われる機能は、もっと多いか、またはもっと少ない物理的コンポーネントによって行われることがあることに留意すべきである。送信機100は、エンコーダ102a~102n、モジュレータ104a~104n、高速フーリエ変換（FFT）ユニット106a~106n、パルス整形フィルタ108a~108n、サブキャリアマッピングユニット110a~110n、ビームフォーマ112（オプション）、逆高速フーリエ変換（IFFT）ユニット114a~114n、サイクリックプリフィックス（CP）挿入ユニット116a~116n、およびMIMOのための複数のアンテナ118a~118nを含む。

30

【0010】

送信用のデータ101a~101nは、エンコーダ102a~102nによって符号化される。システム構成によっては、送信機100がエンコーダを1つだけしか含まないことがあることに留意すべきである。符号化された入力データ103a~103nはそれぞれ、変調方式に従ってモジュレータ104a~104nによって変調される。変調された入力データ105a~105nはそれぞれ、FFTユニット106a~106nによって処理されて、周波数領域データ107a~107nに変換される。周波数領域データ107a~107nは、それぞれパルス整形フィルタ108a~108nを通して処理される。パルス整形フィルタ108a~108nによる処理の後に、周波数領域データ107a~107nはそれぞれ、サブキャリアマッピングユニット110a~110nによって割り当てられたサブキャリアにマップされる。サブキャリアにマップされたデータ111a~111nは、ビーム形成行列および／またはスケーリングファクタ120とともにビー

40

50

ムフォーマ 112 によってオプションとして処理することができ、これについては以下に詳細に説明されるであろう。

【0011】

次に、サブキャリアにマップされたデータ 111a~111n（またはビームフォーマ 112 によって処理されたデータ 113a~113n）はそれぞれ、IFFT ユニット 114a~114n によって処理されて、時間領域データ 115a~115n に変換される。次に、CP がそれぞれ CP 挿入ユニット 116a~116n によって時間領域データ 115a~115n に加えられ、アンテナ 118a~118n を介して送信される。

【0012】

図 2 は、本発明によって構成された受信機 200 のブロック図である。図 2 は、一例として提供され、図 2 に示されたコンポーネントによって行なわれる機能は、もっと多いか、またはもっと少ない物理的コンポーネントによって行われることがあることに留意すべきである。受信機 200 は、複数のアンテナ 202a~202n、CP 除去ユニット 204a~204n、FFT ユニット 206a~206n、サブキャリアデマッピングユニット 208a~208n、コントローラ 210、パルス整形フィルタ 212a~212n、チャンネル推定器 214、特異値分解（SVD）ユニット 216、チャンネル対角化およびビーム形成ユニット 218、IFFT ユニット 220a~220n、デモジュレータ 222a~222n、およびデコーダ 224a~224n を含む。

【0013】

送信機 100 から送信された信号が、複数のアンテナ 202a~202n によって検出され、複数の受信されたデータストリーム 203a~203n が発生される。各受信データストリーム 203a~203n は、それぞれ CP 除去ユニット 204a~204n によって処理されて、送信機 100 にて挿入された CP を除去する。

【0014】

CP を除去した後に、受信されたデータストリーム 205a~205n は FFT ユニット 206a~206n に送られて、それぞれ周波数領域データ 207a~207n に変換される。サブキャリアデマッピングユニット 208a~208n のそれぞれは、コントローラ 210 から受信された制御信号 211 に従って、特定のサブキャリア信号 209a~209n を抽出する。コントローラ 210 は、受信機 200 に対して割り当てられたサブキャリアに基づき制御信号 211 を発生する。割り当てられたサブキャリアは、局所化されたサブキャリアのブロックまたは分散されたサブキャリアの集合であることができる。

【0015】

次に、抽出されたサブキャリアデータ 209a~209n はそれぞれ、パルス整形フィルタ 212a~212n を通して処理される。パルス整形フィルタ 212a~212n による処理の後に、データ 213a~213n は次に、チャンネル対角化およびビーム形成ユニット 218 およびチャンネル推定器 214 に送られる。チャンネル推定器 214 は、既知のパイロット信号 230 を使用してチャンネルインパルス応答を発生し、各サブキャリアのチャンネル行列 $H_n^{(k)}$ を発生する。チャンネル推定器 214 は、図 2 に示されるように、ジョイントチャンネル推定器であることができる。あるいはまた、複数のチャンネル推定器が複数の受信データストリーム 213a~213n をそれぞれ処理するために使用されることがある。チャンネル行列 $H_n^{(k)}$ は、SVD ユニット 216 に送られる。

【0016】

SVD ユニット 216 は、次のようにチャンネル行列 $H_n^{(k)}$ を対角行列 $D_n^{(k)}$ 、およびユニタリ行列 $U_n^{(k)}$ および $V_n^{(k)}$ に分解する：

【0017】

【数 1】

$$H_n^{(k)} = U_n^{(k)} D_n^{(k)} V_n^{(k)H}; \quad \text{式 (1)}$$

【0018】

ここで上付きの H は、エルミート転置を意味する。 $U_n^{(k)}$ および $V_n^{(k)}$ は、k 番目のユー

10

20

30

40

50

ザおよび n 番目のサブキャリアに対するユニタリ行列であり、それぞれ行列

【 0 0 1 9】

【数 2】

$$H_n^{(k)} H_n^{(k)H}$$

【 0 0 2 0】

および

【 0 0 2 1】

【数 3】

$$H_n^{(k)H} H_n^{(k)}$$

【 0 0 2 2】

の固有ベクトルを備える。

【 0 0 2 3】

【数 4】

$$U_n^{(k)H} U_n^{(k)} = V_n^{(k)H} V_n^{(k)} = I。$$

【 0 0 2 4】

対角行列 $D_n^{(k)}$ は、

【 0 0 2 5】

【数 5】

$$H_n^{(k)} H_n^{(k)H}$$

【 0 0 2 6】

の固有値の平方根を備える。SVD はチャンネル行列分解の一例であり、チャンネル行列分解は任意の他の行列分解方法（固有値分解（EVD）など）で行って、同じ結果を達成することができることに留意すべきである。

【 0 0 2 7】

本発明の第 1 の実施形態によると、分解された行列、 $U_n^{(k)}$ 、 $D_n^{(k)}$ 、および $V_n^{(k)}$ はチャンネル対角化およびビーム形成ユニット 218 に送られ、チャンネル対角化およびビーム形成ユニット 218 は、アンテナ間のチャンネル歪みおよび干渉を取り除くように、周波数領域等化を行う。

【 0 0 2 8】

周波数領域において受信された信号は以下のように表現される：

【 0 0 2 9】

【数 6】

$$\vec{R}_n^{(k)} = \vec{H}_n^{(k)} \cdot \vec{S}_n^{(k)} + \vec{N}_n^{(k)}、 \quad \text{式 (2)}$$

【 0 0 3 0】

ここで

【 0 0 3 1】

【数 7】

$$\vec{R}_n^{(k)}$$

【 0 0 3 2】

および

【 0 0 3 3】

【数 8】

$$\vec{S}_n^{(k)}$$

10

20

30

40

50

【 0 0 3 4 】

はそれぞれ、ユーザ k の n 番目のサブキャリアに対する周波数領域における受信された信号および送信されたデータであり、

【 0 0 3 5 】

【数 9】

$$\vec{N}_n^{(k)}$$

【 0 0 3 6 】

は雑音である。チャンネル対角化およびビーム形成ユニット 2 1 8 は、周波数領域受信信号

10

【 0 0 3 7 】

【数 1 0】

$$\vec{R}_n^{(k)}$$

【 0 0 3 8 】

に行列

【 0 0 3 9 】

【数 1 1】

$$U_n^{(k)H}$$

20

【 0 0 4 0 】

および

【 0 0 4 1 】

【数 1 2】

$$V_n^{(k)} D_n^{(k)-1}$$

【 0 0 4 2 】

を適用することによって、チャンネル歪みおよび干渉を等化する。対角化の後の結果として得られる信号

【 0 0 4 3 】

30

【数 1 3】

$$\vec{R}_{D,n}^{(k)}$$

【 0 0 4 4 】

は以下のように表現される：

【 0 0 4 5 】

【数 1 4】

$$\vec{R}_{D,n}^{(k)} = V_n^{(k)} D_n^{(k)-1} U_n^{(k)H} \vec{R}_n^{(k)} = \vec{S}_n^{(k)} + V_n^{(k)} D_n^{(k)-1} U_n^{(k)H} \vec{N}_n^{(k)} ;$$

40

式 (3)

【 0 0 4 6 】

これは周波数領域データに雑音を加えたものである。

【 0 0 4 7 】

式 (3) は、受信機 2 0 0 においてのみビーム形成を行うためのゼロフォーシング (Zero Forcing) 解である。この解は、チャンネル歪みおよびアンテナ干渉を等化することができるが、雑音を増す。

【 0 0 4 8 】

チャンネル対角化およびビーム形成ユニット 2 1 8 によるチャンネル対角化の後に、デ

50

ータ 219a ~ 219n はそれぞれ、IFFT ユニット 220a ~ 220n によって処理されて、時間領域データ 221a ~ 221n に変換される。時間領域データ 221a ~ 221n は、それぞれデモジュレータ 222a ~ 222n によって復調されて、復調されたデータ 223a ~ 223n はそれぞれ、デコーダ 224a ~ 224n によって処理されて、推定データ 225a ~ 225n を発生する。システム構成によっては、1つのデコーダのみが使用されることがある。

【0049】

本発明の第2の実施形態によると、ビーム形成が送信機100および受信機200の両方にて行われる。送信機100にて、送信用のデータ101がビームフォーマ112によって対角行列Dの逆でスケールされ、ステアリング行列 (steering matrix) V を乗算される。あるいはまた、送信機100はステアリング行列Vのみを適用することがある。行列DおよびVは、受信機200により送信機100にフィードバックすることができる。あるいはまた、DおよびV行列をチャンネル相互関係に基づき送信機100により得られるように、送信機100はチャンネル推定器およびSVDユニットを含むことがある。このオペレーションはユーザおよびサブキャリアごとに以下のように表現される：

【0050】

【数15】

$$\tilde{S}_n^{(k)} = V_n^{(k)} D_n^{(k)-1} \vec{S}_n^{(k)}.$$

式(4)

【0051】

受信された信号は次のように表現される：

【0052】

【数16】

$$\vec{R}_n^{(k)} = \vec{H}_n^{(k)} \cdot \tilde{S}_n^{(k)} + \vec{N}_n^{(k)}.$$

式(5)

【0053】

受信機200にて、受信ビーム形成は、チャンネル対角化およびビーム形成ユニット218により、受信された信号

【0054】

【数17】

$$\vec{R}_n^{(k)}$$

【0055】

について行列

【0056】

【数18】

$$U_n^{(k)H}$$

【0057】

を乗算することによって行われる。ビーム形成した後の結果として得られる信号は以下の通りである：

【0058】

【数19】

$$\vec{R}_{D,n}^{(k)} = \vec{S}_n^{(k)} + U_n^{(k)H} \vec{N}_n^{(k)}.$$

式(6)

【0059】

式(6)は、送信機100および受信機200の両方にてビーム形成を行うためのゼロフォーシング解である。この解は、送信機100での等化により事前ビーム形成を行うことによって、式(3)における解の雑音増大の問題を回避する。しかしながら、式(7)

の解は送信機 1 0 0 でのピーク対平均電力比 (P A P R) を拡大する。

【 0 0 6 0 】

本発明の第 3 の実施形態によると、最小平均 2 乗誤差 (M M S E) の解を使用して、送信機 1 0 0 での P A P R を抑制する。第 3 の実施形態による送信機 1 0 0 でのビーム形成は、受信機 2 0 0 からのフィードバック情報を必要とする。フィードバック情報は、 $D_n^{(k)}$ および $V_n^{(k)}$ の行列、および推定 S N R を含む。フィードバック情報は、完全フィードバック情報または部分的フィードバック情報であることができる。送信機 1 0 0 のビームフォーマ 1 2 2 は、以下のように送信用のデータ 1 0 1 を M M S E 解に基づきスケールし、ステア (方向制御) する：

【 0 0 6 1 】

【数 2 0】

$$\tilde{S}_n^{(k)} = V_n^{(k)} \frac{\vec{D}_n^{(k)*}}{|\vec{D}_n^{(k)}|^2 + \sigma^2} \cdot \vec{S}_n^{(k)}。 \quad \text{式 (7)}$$

【 0 0 6 2 】

受信された信号は次のように表現される：

【 0 0 6 3 】

【数 2 1】

$$\vec{R}_n^{(k)} = \vec{H}_n^{(k)} \cdot \tilde{S}_n^{(k)} + \vec{N}_n^{(k)}。 \quad \text{式 (8)}$$

【 0 0 6 4 】

チャンネル対角化およびビーム形成ユニット 2 1 8 が行列

【 0 0 6 5 】

【数 2 2】

$$U_n^{(k)H}$$

【 0 0 6 6 】

を乗算することによって受信ビーム形成を行った後に、結果として得られる信号は以下の通り表現される：

【 0 0 6 7 】

【数 2 3】

$$\vec{R}_{D,n}^{(k)} = \frac{|\vec{D}_n^{(k)}|^2}{|\vec{D}_n^{(k)}|^2 + \sigma^2} \cdot \vec{S}_n^{(k)} + U_n^{(k)H} \vec{N}_n^{(k)}。 \quad \text{式 (9)}$$

【 0 0 6 8 】

P A P R は式 (7) に示されるように低減される。受信機 2 0 0 での推定データは、式 (9) に示されるように、信号対雑音比 (S N R) が大きいとき、送信されたデータに近づく。

【 0 0 6 9 】

第 4 の実施形態によると、ビーム形成は受信機 2 0 0 においてのみ行われ、送信機 1 0 0 には何のフィードバックも送られない。M M S E 解に基づくチャンネル対角化およびビーム形成ユニット 2 1 8 による受信ビーム形成および雑音抑制後の受信信号は以下の通り表現される：

【 0 0 7 0 】

10

20

30

40

【数 2 4】

$$\vec{R}_{D,n}^{(k)} = V_n^{(k)} \frac{\vec{D}_n^{(k)*}}{\left| \vec{D}_n^{(k)} \right|^2 + \sigma^2} \cdot U_n^{(k)H} \vec{R}_n^{(k)} ; \text{ および} \quad \text{式 (1 0)}$$

【0 0 7 1】

【数 2 5】

$$\vec{R}_{D,n}^{(k)} = V_n^{(k)} \frac{\left| \vec{D}_n^{(k)} \right|^2}{\left| \vec{D}_n^{(k)} \right|^2 + \sigma^2} \cdot V_n^{(k)H} \vec{S}_n^{(k)} + V_n^{(k)} \frac{\vec{D}_n^{(k)*}}{\left| \vec{D}_n^{(k)} \right|^2 + \sigma^2} \cdot U_n^{(k)H} \vec{N}_n^{(k)} . \quad 10$$

式 (1 1)

【0 0 7 2】

式 (1 1) に示されるように、受信機 2 0 0 でビーム形成した後の等化された信号は、高い S N R で送信されたデータに近づく。これは、中間項の

【0 0 7 3】

【数 2 6】

$$\frac{\left| \vec{D}_n^{(k)} \right|^2}{\left| \vec{D}_n^{(k)} \right|^2 + \sigma^2} \quad 20$$

【0 0 7 4】

が高い S N R で 1 となり、

【0 0 7 5】

【数 2 7】

$$V_n^{(k)} V_n^{(k)H} = I \quad 30$$

【0 0 7 6】

となるためである。低い S N R では、受信機 2 0 0 で等化されたビーム形成信号は、近似誤差を伴って推定される (すなわち、

【0 0 7 7】

【数 2 8】

$$\vec{R}_{D,n}^{(k)} \approx \vec{S}_n^{(k)}$$

【0 0 7 8】

に雑音により生じた誤差を加えたもの)。

【0 0 7 9】

実施形態 40

実施形態

1. 通信のために複数のサブキャリアの一部が送信機および受信機に割り当てられた S C - F D M A システム。

【0 0 8 0】

2. M I M O 送信機を備えた実施形態 1 のシステム。

【0 0 8 1】

3. M I M O 送信機が、送信用のデータについて F F T を行って、周波数領域データを発生するための F F T ユニットの第 1 の集合を備えた実施形態 2 のシステム。

【0 0 8 2】

4. M I M O 送信機が、周波数領域送信データを M I M O 送信機および M I M O 受信機 50

に対して割り当てられたサブキャリア上にマップするための複数のサブキャリアマッピングユニットを備えた実施形態 3 のシステム。

【0083】

5. MIMO 送信機が、割り当てられたサブキャリアにマップされた送信データについて IFFT を行って、時間領域送信データを発生するための IFFT ユニットの第 1 の集合を備えた実施形態 4 のシステム。

【0084】

6. MIMO 送信機が、時間領域送信データを送信するための複数の送信アンテナを備えた実施形態 5 のシステム。

【0085】

7. MIMO 受信機を備えた実施形態 1～6 の何れかにおけるシステム。

【0086】

8. MIMO 受信機が、送信された時間領域送信データを受信し、受信データの複数のストリームを発生するための複数の受信アンテナを備えた実施形態 7 のシステム。

【0087】

9. MIMO 受信機が、受信されたデータについて FFT を行って、周波数領域受信データを発生するための FFT ユニットの第 2 の集合を備えた実施形態 8 のシステム。

【0088】

10. MIMO 受信機が、割り当てられたサブキャリア上にマップされたデータを抽出するための複数のサブキャリアデマッピングユニットを備えた実施形態 9 のシステム。

【0089】

11. MIMO 受信機が、送信機および受信機の間 MIMO チャンネルに対してチャンネル推定を行って、チャンネル行列を発生するための少なくとも 1 つのチャンネル推定器を備えた実施形態 7～10 の何れかにおけるシステム。

【0090】

12. MIMO 受信機が、チャンネル行列を対角行列 D 、およびユニタリ行列 U および V^H に分解するためのチャンネル行列分解ユニットを備え、上付きの H がエルミート転置を意味する実施形態 11 のシステム。

【0091】

13. MIMO 受信機が、 U 、 D 、および V^H 行列の少なくとも 1 つを抽出された周波数領域受信データに適用することによってチャンネル歪みを等化するためのチャンネル対角化およびビーム形成ユニットを備えた実施形態 12 のシステム。

【0092】

14. MIMO 受信機が、等化されたデータについて IFFT を行って、時間領域受信データを発生するための IFFT ユニットの第 2 の集合を備えた実施形態 13 のシステム。

【0093】

15. チャンネル対角化およびビーム形成ユニットが、ゼロフォーシング解に基づきチャンネル歪みを等化する実施形態 13～14 の何れかにおけるシステム。

【0094】

16. チャンネル対角化およびビーム形成ユニットが、MMSE 解に基づきチャンネル歪みを等化する実施形態 13～14 の何れかにおけるシステム。

【0095】

17. MIMO 送信機が、周波数領域送信データに V 行列を適用することによって送信ビーム形成を行うためのビームフォーマをさらに備えた実施形態 2～16 の何れかにおけるシステム。

【0096】

18. MIMO 送信機が、受信機から V 行列を得る実施形態 17 のシステム。

【0097】

19. MIMO 送信機が、チャンネル推定を行って、チャンネル相互関係に基づき V 行

10

20

30

40

50

列を得るための第2のチャンネル推定器をさらに備えた実施形態17~18の何れかにおけるシステム。

【0098】

20. ビームフォーマが、スケーリングファクタを適用する実施形態17~19の何れかにおけるシステム。

【0099】

21. スケーリングファクタが、逆D行列である実施形態20のシステム。

【0100】

22. スケーリングファクタが、D行列および雑音分散に基づき発生される実施形態20のシステム。

【0101】

23. MIMO受信機に割り当てられたサブキャリアが、局所化されたサブキャリアのブロックである実施形態1~22の何れかにおけるシステム。

【0102】

24. MIMO受信機に割り当てられたサブキャリアが、分散されたサブキャリアの集合である実施形態1~22の何れかにおけるシステム。

【0103】

25. MIMO送信機が、時間領域送信データにCPを挿入するためのCP挿入ユニットをさらに備えた実施形態2~24の何れかにおけるシステム。

【0104】

26. MIMO受信機が、受信されたデータからCPを除去するためのCP除去ユニットをさらに備えた実施形態25のシステム。

【0105】

27. MIMO受信機が、受信機に割り当てられるサブキャリアを示す制御信号を発生するためのコントローラを備え、それによりサブキャリアデマッピングユニットが制御信号に基づきサブキャリア上にマップされた特定のデータを抽出することをさらに備えた実施形態10~26の何れかにおけるシステム。

【0106】

28. チャンネル行列分解ユニットが、SVDユニットである実施形態12~27の何れかにおけるシステム。

【0107】

29. チャンネル行列分解ユニットが、EVDユニットである実施形態12~27の何れかにおけるシステム。

【0108】

30. MIMO送信機が、WTRUである実施形態2~29の何れかにおけるシステム。

【0109】

31. MIMO受信機が、基地局である実施形態7~30の何れかにおけるシステム。

【0110】

32. 送信機が、基地局である実施形態2~29の何れかにおけるシステム。

【0111】

33. 受信機が、WTRUである実施形態7~30の何れかにおけるシステム。

【0112】

34. SC-FDMAシステムにおけるMIMOビーム形成のための方法であって、複数のサブキャリアの一部が、通信のために送信機および受信機に割り当てられる方法。

【0113】

35. 送信機が、送信用のデータについてFFTをを行って、周波数領域データを発生するステップを備える実施形態34の方法。

【0114】

36. 送信機が、送信機および受信機に対して割り当てられたサブキャリアに周波数領

10

20

30

40

50

域送信データをマップするステップを備える実施形態 35 の方法。

【0115】

37. 送信機が、割り当てられたサブキャリアにマップされた送信データについて I F F T を行って、時間領域送信データを発生するステップを備える実施形態 36 の方法。

【0116】

38. 送信機が、時間領域送信データを複数のアンテナを介して送信するステップを備える実施形態 37 の方法。

【0117】

39. 受信機が、送信された時間領域送信データを受信し、受信されたデータの複数のストリームを発生するステップを備える実施形態 38 の方法。

10

【0118】

40. 受信機が、受信されたデータについて F F T を行って、周波数領域受信データを発生するステップを備える実施形態 39 の方法。

【0119】

41. 受信機が、割り当てられたサブキャリア上にマップされたデータを抽出するステップを備える実施形態 40 の方法。

【0120】

42. 受信機が、送信機および受信機の間 M I M O チャンネルのチャンネル推定を行って、チャンネル行列を発生するステップを備える実施形態 41 の方法。

【0121】

20

43. 受信機が、チャンネル行列を対角行列 D 、およびユニタリ行列 U および V^H に分解するステップを備え、上付きの H がエルミート転置を意味する実施形態 42 の方法。

【0122】

44. 受信機が、 U^H 、 D 、および V 行列の少なくとも 1 つを抽出された周波数領域受信データに適用することによってチャンネル歪みを等化するステップを備える実施形態 43 の方法。

【0123】

45. 受信機が、等化されたデータについて I F F T を行って、時間領域受信データを発生するステップを備える実施形態 44 の方法。

【0124】

30

46. チャンネル歪みが、ゼロフォーシング解に基づき等化される実施形態 44 ~ 45 の何れかにおける方法。

【0125】

47. チャンネル歪みが、M M S E 解に基づき等化される実施形態 44 ~ 45 の何れかにおける方法。

【0126】

48. 送信機が、 V 行列を周波数領域送信データに適用することによって送信ビーム形成を行うステップをさらに備える実施形態 35 ~ 47 の何れかにおける方法。

【0127】

49. 送信機が、受信機から V 行列を得る実施形態 48 の方法。

40

【0128】

50. 送信機が、チャンネル推定を行って、チャンネル相互関係に基づき V 行列を得るステップをさらに備える実施形態 48 ~ 49 の何れかにおける方法。

【0129】

51. 送信機が、スケーリングファクタを周波数領域送信データに適用するステップをさらに備える実施形態 36 ~ 50 の何れかにおける方法。

【0130】

52. スケーリングファクタが、逆 D 行列である実施形態 51 の方法。

【0131】

53. スケーリングファクタが、 D 行列および雑音分散に基づき発生される実施形態 5

50

1の方法。

【0132】

54. 受信機に割り当てられたサブキャリアが、局所化されたサブキャリアのブロックである実施形態34～53の何れかにおける方法。

【0133】

55. 受信機に割り当てられたサブキャリアが、分散されたサブキャリアの集合である実施形態34～53の何れかにおける方法。

【0134】

56. 送信機が、時間領域送信データにCPを挿入するステップをさらに備える実施形態37～55の何れかにおける方法。

【0135】

57. 受信機が、受信されたデータからCPを除去するステップを備える実施形態56の方法。

【0136】

58. 受信機が、受信機に割り当てられるサブキャリアを示す制御信号を発生するステップを備え、それにより割り当てられたサブキャリア上にマップされたデータが制御信号に基づき抽出される実施形態41～57の何れかにおける方法。

【0137】

59. チャンネル行列が、SVDを行うことによって分解される実施形態43～58の何れかにおける方法。

【0138】

60. チャンネル行列が、EVDを行うことによって分解される実施形態43～58の何れかにおける方法。

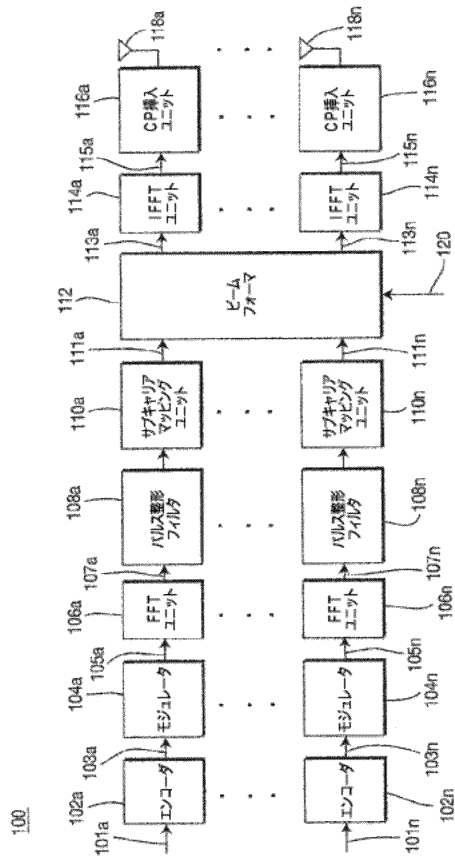
【0139】

本発明の特徴および要素が好適な実施形態において特定の組み合わせにて説明されるが、各特徴または要素は、好適な実施形態の他の特徴および要素なしで単独で、または本発明の他の特徴および要素のあるなしにかかわらず、様々な組み合わせにて使用することができる。

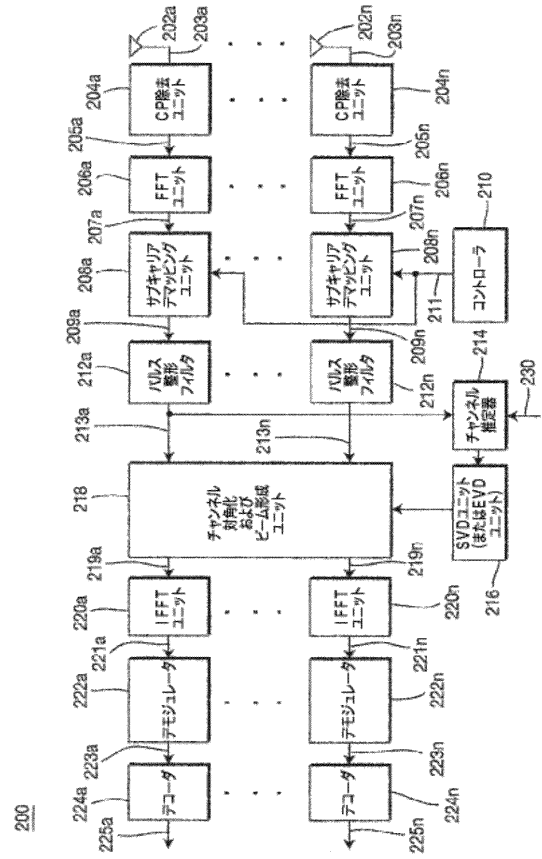
10

20

【図 1】



【図 2】



フロントページの続き

(72)発明者 カイル ジュニーリン パン

アメリカ合衆国 11787 ニューヨーク州 スミスタウン アパロン サークル 43

(72)発明者 ロバート リンド オレセン

アメリカ合衆国 11743 ニューヨーク州 ハンティングトン カントリー クラブ ドライ
ブ 3

(72)発明者 アラン ワイ. ツァイ

アメリカ合衆国 07005 ニュージャージー州 ブレントン ジョリー コート 10

Fターム(参考) 5K004 AA08 JH02

5K159 CC04 EE02