

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5296801号
(P5296801)

(45) 発行日 平成25年9月25日 (2013. 9. 25)

(24) 登録日 平成25年6月21日 (2013. 6. 21)

(51) Int. Cl.		F I	
HO 4 J 99/00	(2009. 01)	HO 4 J 15/00	
HO 4 J 11/00	(2006. 01)	HO 4 J 11/00	Z
HO 4 B 7/04	(2006. 01)	HO 4 B 7/04	

請求項の数 38 (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2010-535915 (P2010-535915)	(73) 特許権者	598036300
(86) (22) 出願日	平成20年10月9日 (2008. 10. 9)		テレフオンアクチーボラゲット エル エム エリクソン (パブル)
(65) 公表番号	特表2011-505744 (P2011-505744A)		スウェーデン国 ストックホルム エスー 1 6 4 8 3
(43) 公表日	平成23年2月24日 (2011. 2. 24)	(74) 代理人	100095957
(86) 国際出願番号	PCT/SE2008/051155		弁理士 亀谷 美明
(87) 国際公開番号	W02009/072960	(74) 代理人	100096389
(87) 国際公開日	平成21年6月11日 (2009. 6. 11)		弁理士 金本 哲男
審査請求日	平成23年9月6日 (2011. 9. 6)	(74) 代理人	100101557
(31) 優先権主張番号	60/991, 849		弁理士 萩原 康司
(32) 優先日	平成19年12月3日 (2007. 12. 3)	(74) 代理人	100128587
(33) 優先権主張国	米国 (US)		弁理士 松本 一騎

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 空間多重化のためのプリコーダ、多重アンテナ送信機

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

チャネル非依存の手法におけるデータの空間的なプリコーディングの方法であって、前記方法は、通信チャネル(16)の送信ランクに基づいて送信ランクを選択することを含み、

前記方法は、

前記送信ランクに基づいて、単一の生成行列の列のサブセットに等しい1つ以上のプリコーディングフィルタのセット(124)を選択することと、

リモート装置(200)への送信のためのデータを、前記予め決定されるプリコーディングシーケンスのプリコーディング周期内の異なるプリコーディング間隔の間においては、前記プリコーディングフィルタのうち異なるものを用いてプリコーディングすることと

を特徴とする、方法。

【請求項 2】

1つ以上のプリコーディングフィルタのセット(124)の選択は、各プリコーディングフィルタについて前記生成行列から1つ以上の列を選択することを含み、各プリコーディングフィルタについて選択される列の数は、前記送信ランクに等しい、請求項1に記載の方法。

【請求項 3】

1つ以上のプリコーディングフィルタのセット(124)の選択は、プリコーディング

フィルタのセット内のどの2つのプリコーディングフィルタ間のサブ空間の最小距離も予め決定される距離の基準に従って最大化されるように、プリコーディングフィルタのセットを選択すること、をさらに含む、請求項2に記載の方法。

【請求項4】

前記距離の基準は、弦、射影2-ノルム、又はFubini-Study距離のうち少なくとも1つを含む、請求項3に記載の方法。

【請求項5】

1つ以上のプリコーディングフィルタのセットの選択(154)は、前記生成行列の各列が同じ回数だけ使用されるように前記プリコーディングフィルタのセットを選択すること、を含む、請求項2~4のいずれかに記載の方法。

10

【請求項6】

前記生成行列は、QP S Kアルファベット生成行列を含む、請求項1~5のいずれかに記載の方法。

【請求項7】

前記方法は、直交周波数分割多重(OFDM)システムに適用され、リモート装置(200)への送信のためのデータのプリコーディングは、予め決定される前記プリコーディング周期の間にOFDMリソースブロックを交互のパターンで横断すること、を含む、請求項1~6のいずれかに記載の方法。

【請求項8】

前記交互のパターンは、偶数番目のシンボル期間内で周波数順に上から下まで及び奇数番目のシンボル期間内で周波数順に下から上まで、又はその逆を含む、請求項7に記載の方法。

20

【請求項9】

予め決定される前記プリコーディング周期内のプリコーディング間隔の数は、選択される前記送信ランクについての列の組合せの候補の数と等しく、前記セット内の各プリコーディングフィルタは、前記生成行列からの列の前記組合せの候補の1つを含む、請求項5に記載の方法。

【請求項10】

リモート装置(200)への送信のためのデータのプリコーディングは、予め決定される前記プリコーディング周期にわたって、前記プリコーディングフィルタのセット内の各プリコーディングフィルタを同じ回数だけ使用することによりデータをプリコーディングすること、を含む、請求項1~4のいずれかに記載の方法。

30

【請求項11】

予め決定される前記プリコーディング周期内の前記プリコーディングフィルタは、選択される送信ランクについて、連続して使用されるプリコーディングフィルタの重複しない固定的なサイズの集合がいかなる列も共有しないように順序付けされる、請求項2~4のいずれかに記載の方法。

【請求項12】

チャンネル非依存の手法においてデータを空間的にプリコーディングして送信するための送信機(100)であって：

40

通信チャンネルの送信ランクを判定し、前記送信ランクに基づいて単一の生成行列の列のサブセットに等しい1つ以上のプリコーディングフィルタのセット(124)を選択するように構成される送信コントローラ(110)と；

送信のための前記データを、前記予め決定されるプリコーディングシーケンスのプリコーディング周期内の異なるプリコーディング間隔の間において、前記プリコーディングフィルタのうち異なるものを用いてプリコーディングするように構成されるプリコーダ(124)、を含む送信信号プロセッサ(120)と；

を備える送信機(100)。

【請求項13】

前記送信信号プロセッサ(120)は、各プリコーディングフィルタについて前記生成

50

行列から1つ以上の列を選択するようにさらに構成され、各プリコーディングフィルタ内の列の数は、前記送信ランクに等しい、請求項12に記載の送信機(100)。

【請求項14】

前記送信信号プロセッサ(120)は、前記セット内のどの2つのプリコーディングフィルタ間のサブ空間の最小距離をも予め決定される距離の基準に従って最大化するように、前記セットを選択するようにさらに構成される、請求項13に記載の送信機(100)。

【請求項15】

前記距離の基準は、弦、射影2-ノルム、又はFubini-Study距離のうち少なくとも1つを含む、請求項14に記載の送信機(100)。

10

【請求項16】

前記送信信号プロセッサ(120)は、選択される前記プリコーディングフィルタのセットが前記生成行列の各列を同じ回数だけ使用するように、前記プリコーディングフィルタのセットを選択するようにさらに構成される、請求項14~15のいずれかに記載の送信機(100)。

【請求項17】

前記生成行列は、QPSKアルファベット生成行列を含む、請求項12~15のいずれかに記載の送信機(100)。

【請求項18】

前記送信信号プロセッサ(120)は、予め決定される前記プリコーディング周期の間にOFDMリソースブロックを交互のパターンで横断することによりリモート装置(200)への送信のためのデータをプリコーディングするようにさらに構成される、直交周波数分割多重(OFDM)システムのための請求項12~15のいずれかに記載の送信機(100)。

20

【請求項19】

前記交互のパターンは、偶数番目のシンボル期間内で周波数順に上から下まで及び奇数番目のシンボル期間内で周波数順に下から上まで、又はその逆を含む、請求項18に記載の送信機(100)。

【請求項20】

予め決定される前記プリコーディング周期内のプリコーディング間隔の数は、選択される前記送信ランクについての列の組合せの候補の数と等しく、前記セット内の各プリコーディングフィルタは、前記生成行列からの列の前記組合せの候補の1つを含む、請求項16に記載の送信機(100)。

30

【請求項21】

前記送信信号プロセッサ(120)は、予め決定される前記プリコーディング周期にわたって、前記プリコーディングフィルタのセット内の各プリコーディングフィルタを同じ回数だけ使用することによりデータをプリコーディングするようにさらに構成される、請求項12~15のいずれかに記載の送信機(100)。

【請求項22】

前記送信信号プロセッサ(120)は、選択される送信ランクについて、連続して使用されるプリコーディングフィルタの重複しない固定的なサイズの集合がいかなる列も共有しないように、予め決定される前記プリコーディング周期内で前記プリコーディングフィルタを適用するようにさらに構成される、請求項13~15のいずれかに記載の送信機(100)。

40

【請求項23】

チャネル非依存の手法においてプリコーディングされた、リモート装置(100)から受信される空間的にプリコーディングされたデータの受信の方法であって、

前記方法は、送信機において適用された送信ランクを判定することを含み、

前記方法は、

前記送信ランクに基づいて1つ以上の合成フィルタのセット(224)を選択すること

50

と、

プリコーディングフィルタのセットに対応する前記合成フィルタは、単一の生成行列の列のサブセットに等しいことと、

予め決定される合成シーケンスの合成周期内の異なる合成間隔の間においては、前記合成フィルタのうち異なるものを用いて前記空間的にプリコーディングされたデータを合成することと、

を特徴とする、方法。

【請求項 2 4】

1 つ以上の合成フィルタのセット (2 2 4) の選択は、各合成フィルタについて前記生成行列から 1 つ以上の列を選択することを含み、各合成フィルタについて選択される列の数は、前記送信ランクに等しい、請求項 2 3 に記載の方法。

10

【請求項 2 5】

1 つ以上の合成フィルタのセット (2 2 4) の選択は、前記生成行列の各列が同じ回数だけ使用されるように前記合成フィルタのセットを選択すること、を含む、請求項 2 4 に記載の方法。

【請求項 2 6】

前記方法は、直交周波数分割多重 (O F D M) システムに適用され、前記空間的にプリコーディングされたデータの合成は、予め決定される前記合成周期の間に O F D M リソースブロックを交互のパターンで横断すること、を含む、請求項 2 3 ~ 2 5 のいずれかに記載の方法。

20

【請求項 2 7】

前記交互のパターンは、偶数番目のシンボル期間内で周波数順に上から下まで及び奇数番目のシンボル期間内で周波数順に下から上まで、又はその逆を含む、請求項 2 6 に記載の方法。

【請求項 2 8】

予め決定される前記合成周期内の合成間隔の数は、選択される前記送信ランクについての列の組合せの候補の数と等しく、前記セット内の各合成フィルタは、前記生成行列からの列の前記組合せの候補の 1 つを含む、請求項 2 3 ~ 2 5 のいずれかに記載の方法。

【請求項 2 9】

前記合成フィルタのセット内の各合成フィルタは、予め決定される前記合成周期にわたって同じ回数だけ使用される、請求項 2 3 ~ 2 5 のいずれかに記載の方法。

30

【請求項 3 0】

予め決定される前記合成周期内の前記合成フィルタは、選択される送信ランクについて、連続して使用される合成フィルタの重複しない固定的なサイズの集合がいかなる列も共有しないように順序付けされる、請求項 2 4 ~ 2 5 のいずれかに記載の方法。

【請求項 3 1】

チャネル非依存の手法においてプリコーディングされた、空間的にプリコーディングされたデータを受信するための受信機であって：

送信機 (1 0 0) において適用された送信ランクを判定し、前記送信ランクに基づく単一の生成行列の列のサブセットに等しいプリコーディングフィルタのセットに対応する 1 つ以上の合成フィルタのセット (2 2 4) を選択するように構成される受信コントローラ (2 1 0) と；

40

予め決定される合成シーケンスの予め決定される合成周期内の異なる合成間隔の間においては、前記合成フィルタのうち異なるものを用いて前記空間的にプリコーディングされたデータを合成するように構成される合成部 (2 2 4) 、を含む受信信号プロセッサ (2 2 0) と；

を備える、受信機。

【請求項 3 2】

前記受信信号プロセッサ (2 2 0) は、各合成フィルタについて前記生成行列の 1 つ以上の列を選択するようにさらに構成され、各合成フィルタについて選択される列の数は、

50

前記送信ランクに等しい、請求項 3 1 に記載の受信機。

【請求項 3 3】

前記受信信号プロセッサ (2 2 0) は、前記生成行列の各列が同じ回数だけ使用されるように前記合成フィルタのセット (2 2 4) を選択するようにさらに構成される、請求項 3 2 に記載の受信機。

【請求項 3 4】

前記受信信号プロセッサ (2 1 0) は、前記プリコーディングされたデータを、予め決定される前記合成周期の間に OFDM リソースブロックを交互のパターンで横断しながら合成する、直交周波数分割多重 (OFDM) システムに適用される請求項 3 1 ~ 3 3 のいずれかに記載の受信機。

10

【請求項 3 5】

前記交互のパターンは、偶数番目のシンボル期間内で周波数順に上から下まで及び奇数番目のシンボル期間内で周波数順に下から上まで、又はその逆を含む、請求項 3 4 に記載の受信機。

【請求項 3 6】

予め決定される前記合成周期内の合成間隔の数は、選択される前記送信ランクについての列の組合せの候補の数と等しく、前記セット内の各合成フィルタは、前記生成行列からの列の前記組合せの候補の 1 つを含む、請求項 3 1 ~ 3 3 のいずれかに記載の受信機。

【請求項 3 7】

前記合成フィルタのセット内の各合成フィルタは、予め決定される前記合成周期にわたって同じ回数だけ使用される、請求項 3 1 ~ 3 3 のいずれかに記載の受信機。

20

【請求項 3 8】

予め決定される前記合成周期内の前記合成フィルタは、選択される送信ランクについて、連続して使用される合成フィルタの重複しない固定的なサイズの集合がいかなる列も共有しないように順序付けされる、請求項 3 2 ~ 3 3 のいずれかに記載の受信機。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【 0 0 0 1】

本発明は、一般的に、多重送信アンテナを用いて信号を送信するための方法及び装置に関し、より具体的には、多重アンテナ送信機から送信される信号を空間的にプリコーディングするための方法及び装置に関する。

30

【背景技術】

【 0 0 0 2】

近年、移動体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) システムに多大な興味注が注がれてきている。MIMO システムは、情報を送受信するために、送信機及び受信機において多重アンテナを採用する。受信機は、受信機における信号の空間的な広がり (dimensions) を活用して、より高いスペクトラム効率とより高いデータレートとを帯域を増やすことなく達成することができる。

【 0 0 0 3】

大きな注目を受けている MIMO システムについての 1 つの送信スキームは、空間多重化である。空間多重送信機において、情報シンボルは、送信前に空間領域において情報信号を多重化するためにプリコーディングされる。プリコーディングは、チャンネルに依存してもよく、又はチャンネルに非依存であってもよい。閉ループプリコーディングとも呼ばれるチャンネル依存のプリコーディングでは、MIMO チャンネルの特性に適合するようなプリコーダ行列が選択される。開ループプリコーディングとも呼ばれるチャンネル非依存のプリコーディングでは、プリコーダ行列の選択においてはチャンネル特性は考慮されない。

40

【 0 0 0 4】

閉ループプリコーディングでは、ユーザ機器は、フォワードリンクチャンネル上でチャンネルを測定し、基地局にチャンネル情報又はプリコーダ構成をフィードバックする。閉ループプリコーディングの 1 つの問題は、チャンネル測定及び基地局への情報のフィードバックに

50

時間がかかることである。この時間の間、チャンネル条件は変化している可能性があり、それによりフィードバック情報はそれが使用される前に陳腐となり得る。結果として、閉ループプリコーディングは、典型的には、移動性が低くチャンネルの変化がゆっくりとしている状況において使用される。

【0005】

チャンネル条件がより速く変化し、長期的な有意な特性に欠ける状況においては、チャンネル非依存のプリコーディングあるいは開ループプリコーディングが使用され得る。開ループプリコーディングでは、プリコーディング行列は、チャンネルの認識に依存することなく選択される。チャンネル非依存のプリコーディングは、一般的には、移動性が高い状況にとってより適していると見られている。

10

【0006】

開ループプリコーディングを実装するための1つの手法は、送信に先立って情報シーケンスをプリコーディングするための空間多重プリコーダ行列を用いることである。広い範囲のチャンネルの認識を確保するために、送信機及び受信機の双方にとって既知の決定論的な形で変化する複数のプリコーダを適用することが効果的である。例えば、直交周波数分割多重(OFDM)システムでは、1つ以上のサブキャリアのセットに対してプリコーダは固定されたまま維持され、サブキャリアの次のセットに対して変更される。プリコーダ循環(precoder cycling)と呼ばれるこの技術は、より等方的な形でエネルギーを空間的に分散させるように働き、ダイバーシティのために有用であり、チャンネル認識の所定のセットについて送信機の性能を偏らせる傾向を抑制する。プリコーダ循環を適用する際、例えばリソースブロック(RB)などの出来るだけ小さい割り当て単位での実質的なプリコーディングの変動性(precoding variation)を有することが効果的である。なぜならば、コードワードは、潜在的には非常に小さいリソースエレメントのセットの長さしかないからである。

20

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

プリコーダ循環が使用される際、過去において複数の欠点が見出されている。受信機において実装される干渉除去アルゴリズムは、干渉を克服するために、チャンネルの空間的特性を把握する必要がある。干渉している送信が大雑把に言えば多数のリソースエレメントにわたって類似した特性を有しているとするのが有益であり、雑音及び他の障害を克服するために平均化が行われ得る。プリコーダの循環を構成可能なシステムにおいて、受信機は、プリコーダシーケンスの事前の知識なしでリソースブロックにわたってどの程度速く干渉が変化しているかを確定させることができない。また、プリコーダは、チャンネル依存のプリコーディングのために設計されるコードブックからしばしば選択される。その結果、プリコーダはMIMOチャンネルのベクトル空間にわたって均一にエネルギーを分散させない。結局、プリコーダ循環は、復調及びCQI計算の計算上の複雑性を増加させる。この計算上の複雑性はコードブックのサイズによってのみ左右され、そのため受信機は最悪のシナリオを扱うように設計されなければならない。

30

【課題を解決するための手段】

40

【0008】

本発明は、MIMOチャンネル上でのリモート装置への送信のためのデータを空間的にプリコーディングするための方法及び装置に関する。一実施形態において、送信機は、送信ランクを選択し、選択された送信ランクについての予め決定されるプリコーダシーケンスを使用する。プリコーダシーケンスは、1つ以上のプリコーディングフィルタを含む。送信の間、プリコーダは、選択されたプリコーダシーケンスに従って、プリコーディング周期内の異なるプリコーディング間隔の間においては異なるプリコーディングフィルタを用いて、リモート装置への送信のためのデータをプリコーディングする。

【発明の効果】

【0009】

50

本発明は、特にランク2又はより高位のランクの送信を目的とした開ループMIMO送信をサポートするための効率的な手法を提供する。UEにおける復調及びCQI計算の計算上の複雑性は低減され、干渉除去の実現性は既存の解決策と比べて改善される。空間領域における送信のさらなる均一性は、開ループMIMOモードのロバスト性を改善する。信号生成行列(signal generator matrix)の使用により、CQI及び復調のための計算の多くが複数の異なるランクにわたって低減され、セル間干渉の特性を識別する際に、複雑性が相当程度緩和される。

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】一例としてのMIMOチャネルを示している。

10

【図2】OFDMシステムについての一例としての送信信号プロセッサを示している。

【図3】送信信号プロセッサにより実行される、コードワードからレイヤへのマッピングを示している。

【図4】リモート装置への送信のためにデータをプリコーディングするための一例としての方法を示している。

【図5】OFDMシステムについての一例としての受信信号プロセッサを示している。

【図6】プリコーディングされたデータを受信するための一例としての方法を示している。

【発明を実施するための形態】

【0011】

20

図1は、第1局(first station)12及び第2局(second station)14を含む複数入力複数出力(MIMO)無線通信システム10を示している。第1局12は、通信チャンネル16上で第2局14へ信号を送信するための送信機100を含み、第2局14は、第1局12により送信された信号を受信するための受信機200を含む。いわゆる当業者は、第1局12及び第2局14が双方向通信のためにそれぞれ送信機100及び受信機200の双方を含んでもよいことを理解するであろう。1つの例としての実施形態において、第1局12は無線通信ネットワーク内の基地局を含み、第2局はユーザ端末を含む。本発明は、特にOFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing)システムにおいて有益である。

【0012】

30

第1局12において送信機100には、バイナリデータストリームの形式での情報信号が入力される。送信機100は、送信機100の全体的な動作を制御するコントローラ110と送信信号プロセッサ120とを含む。送信信号プロセッサ120は、エラー符号化を実行し、入力ビットを複雑な変調シンボルにマッピングし、各送信アンテナ130についての送信信号を生成する。上方向(upward)の周波数変換、フィルタリング及び増幅の後、送信機100は、それぞれの送信アンテナ130から通信チャンネル16を介して第2局14へ送信信号を送信する。

【0013】

第2局14における受信機200は、各アンテナ230において受信される信号を復調及び復号する。受信機200は、受信機200の動作を制御するコントローラ210と受信信号プロセッサ220とを含む。受信信号プロセッサ220は、第1局12から送信された信号を復調及び復号する。受信機200からの出力信号は、もとの情報信号の推定結果(estimate)を含む。誤差がなければ、その推定結果は送信機12において入力されたもとの情報信号と同一であろう。

40

【0014】

異なるアンテナ130から並列的に複数のデータストリームが送信されるため、帯域の要件が増えることなく、システムに加えられた全てのアンテナのペア130、230についてスループットは線形的に増加する。高いスペクトラム効率及びそれによる高いデータレートを達成するそのポテンシャルのために、MIMOシステムは、無線通信ネットワークにおける使用のための世界中での広範な研究活動の対象となってきた。

50

【0015】

本発明の実施形態において、送信信号プロセッサ120は、通信チャネル16の空間的な広がり
の利点を活かしてスペクトラム効率のさらなる向上を実現するために、情報信号を送信前
に空間的に多重化するように構成される。図2は、本発明の一実施形態に係るOFDMシ
ステムのための一例としての送信信号プロセッサ120を示している。送信信号プロセ
ッサ120は、レイマッピング部122、プリコーダ124及び複数の逆高速フーリエ変換
(IFFT)プロセッサ126を含む。IFFTプロセッサ126は、離散フーリエ変換の逆の動作
を実行してもよい。情報シンボルのシーケンスは、レイマッピング部122へ入力され
る。シンボルシーケンスは、コードワードに分割され、送信機100によって対応する
OFDMシンボルにマッピングされる。レイマッピング部122は、コードワードをその送
信ランクに応じて1つ以上のレイヤにマッピングする。なお、レイヤの数は、必ずし
もアンテナ130の数と等しくなくてよい。異なるコードワードは、典型的には異なる
レイヤにマッピングされるが、単一のコードワードが1つ以上のレイヤにマッピング
されてもよい。レイヤ数Lは、選択される送信ランクに対応する。

10

【0016】

図3は、例示的な一実施形態に係る1から4までの送信ランクについてのコードワード
のレイヤへのマッピングを示している。送信ランク1については、単一のコードワード
は単一のレイヤへマッピングされる。送信ランク2については、2つのコードワードが
2つの異なるレイヤへマッピングされる。送信ランク3については2つのコードワード
が3つのレイヤにマッピングされ、送信ランク4については2つのコードワードが4つ
のレイヤにマッピングされる。なお、送信ランク又はレイヤ数は、アンテナ数とは同
じでなくてよい。次の議論においては、送信機100が4つの送信アンテナ130を含む
ものとする。

20

【0017】

レイマッピング部122から出力される各レイヤは、プリコーダ124へ受け渡される。
プリコーダ124は、各レイヤにおいてプリコーダ124に入力されたシンボルのベクトル
sをプリコーディングフィルタと乗算することにより、シンボルを空間的に多重化する。
プリコーディングフィルタは $N \times L$ 行列であり、シンボルベクトルsである各入力シン
ボルに、対応するプリコーディング行列の列ベクトルが乗算される。ダイバーシティ
を達成するために、プリコーダ124は、複数のプリコーディングフィルタを循環させ、
符号化されたN個のシンボルストリームを出力する。各シンボルストリームは、対
応するIFFTプロセッサ126へ出力される。直交するOFDMシステムにおいては、プリ
コーディングフィルタは、1つ以上のサブキャリアのセットについて固定されたまま維
持されてよく、選択されるプリコーダシーケンスに従ってサブキャリアの次のセッ
トに対して変更され得る。プリコーディングフィルタは、メモリ内に予め記憶されて
もよく、又は以下に説明するように送信信号プロセッサ120により実行時に生成され
てもよい。IFFTプロセッサ126は、プリコーダ124から出力される空間的に符号化
されたシンボルを、周波数領域に変換することで、OFDMシンボルを生成する。そし
て、各IFFTプロセッサ124から出力されるOFDMシンボルは、受信機200への送信
のために、アンテナポート128を介してアンテナ130へそれぞれ出力される。情報
シンボルを空間的に符号化することにより、OFDMリソースグリッドの各リソースエ
レメント(RE)上で複数のシンボルを送信することが可能である。

30

40

【0018】

本発明によれば、プリコーダ124は、選択される送信ランクに基づいて予め決定
される固定的なプリコーディングフィルタのセットを循環させる。事前に基地局及
びユーザ端末に知得されるプリコーダシーケンスは、プリコーディングのために使
用すべきプリコーディングフィルタのセットと、そのセット内のプリコーディング
フィルタが適用される順序とを特定する。送信ランクの候補の各々について、異
なるプリコーダシーケンスが定義される。

【0019】

各プリコーダシーケンスに対応するプリコーディングフィルタは、次の基準を満
たすよ

50

うに選択される：

- ・各リソースブロック又は最小のリソース割り当て単位について、プリコーダシーケンスは同一である；

- ・プリコーダシーケンスは、異なるプリコーディングフィルタを同じ回数又は可能な限り近い回数だけ使用すべきである；

- ・プリコーディングシーケンス内の異なるプリコーディングフィルタの数は、小さくあるべきだが、但し（複素）グラスマン多様体（Grassmanian manifold）上で十分に均一にサブ空間を分散させる；

- ・プリコーダシーケンスの1つの周期に対応する上記数の異なるプリコーディングフィルタが、リソースグリッド内で互いに近接するリソースエレメントに適用されるべきである。

10

これら基準に適合するプリコーディングシーケンスを、S U V P S（short uniformly varying precoding sequence）という。

【0020】

例示的な一実施形態において、プリコーディングフィルタは、予め決定されるコードブックから選択され得る。一例としてのコードブックは、現在明らかになっているLTE（Long Term Evolution）標準において仕様化されている、ハウスホルダコードブック（House Holder codebook）である。ハウスホルダコードブックは、16個のプリコーディングフィルタを含む。各送信ランクについて、ハウスホルダコードブック内の16個のプリコーディングフィルタのうち4つが、プリコーダシーケンスからその4つ分の周期性と共に選択され得る。即ち、各プリコーディングフィルタは、プリコーダシーケンスの1つの周期内で1度使用される。その選択は、何らかのグラスマンサブ空間のパッキング原理に従ってグラスマン多様体上でサブ空間の均一な分散を追求するように予め決定されたいくつかの基準を最適化するようになされるべきである。例えば、プリコーディングフィルタは、サブ空間の間の最小距離を最大化するように選択されてもよい。その場合、距離とは、例えば、弦（chordal）、射影2-ノルム（projection two-norm）又はFubini-Study距離などの量に相当し得る。

20

【0021】

直交するOFDMシステムにおいては、プリコーディングフィルタは、1つ以上のサブキャリアのセットに対して固定されたまま維持され、選択されるプリコーダシーケンスに従ってサブキャリアの次のセットに対して変更され得る。OFDMリソースグリッド内でプリコーダシーケンスの周期が局所化されることを保証するために、ジグザグ状のパターンでOFDMリソースグリッド内のリソースブロック（RB）内のリソースエレメント（REs）を横断することにより、4つ分の周期性を伴うプリコーダシーケンスが適用され得る。例えば、REsは、奇数番目の各OFDMシンボル期間内で周波数順に上から下まで、偶数番目の各OFDMシンボル期間内で下から上まで横断され得る。

30

【0022】

例示的な一実施形態において、プリコーディングシーケンス内のプリコーディングフィルタは、単一の生成行列の選択される列のサブセットである。例えば、生成行列の要素は、8PSK又はQPSKのアルファベットから取られ得る。4アンテナ送信機についての一例としての生成行列Gは、次のように与えられる。

40

【0023】

【数1】

$$G = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & j & -1 & -j \\ 1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & -j & -1 & j \end{pmatrix}$$

50

【 0 0 2 4 】

プリコーディングフィルタは、プリコーディングフィルタとしてG内の列のサブセットを選択することにより、生成行列Gから導かれる。空間的特性の均一さについての要件を満たすために、列のサブセットは、次のように選択される：

- ・生成行列G内の全ての列が、所与の送信ランクについてのプリコーダシーケンスの1つの周期内で同じ回数だけ使用される；
- ・各プリコーディングフィルタは、プリコーダシーケンスの1つの周期内で同じ回数使用される；
- ・周期として可能な最大の長さは、所与の送信ランクについての異なる列のサブセットの数に等しい。

10

【 0 0 2 5 】

下の表1は、1から4までの送信ランクについて生成行列Gから導かれる一例としてのプリコーダシーケンスを示しており、 $G_{[n_i K n_k]}$ は、Gから取得される列 $n_i \dots n_k$ を有するフィルタ行列を示している。

【 0 0 2 6 】

【表1】

表1：送信ランク1～4についてのプリコーダシーケンス

ランク	プリコーダシーケンス					
1	$G_{[1]}$	$G_{[2]}$	$G_{[3]}$	$G_{[4]}$		
2	$G_{[12]}$	$G_{[34]}$	$G_{[13]}$	$G_{[24]}$	$G_{[14]}$	$G_{[23]}$
3	$G_{[123]}$	$G_{[124]}$	$G_{[134]}$	$G_{[234]}$		
4	G					

20

【 0 0 2 7 】

表1から理解されるように、送信ランクの候補の各々についてのプリコーダシーケンスの周期は列の組合せの全ての候補の数に等しく、各プリコーダシーケンスはプリコーディングフィルタの各候補を厳密に1度だけ使用する。送信ランク2については、プリコーディングフィルタはペアであり、全てのベクトル空間が各ペアによりカバーされるように配列される。即ち、第1の2つのフィルタが第1のペアを形成し、次の2つのフィルタが第2のペアを形成する、などである。このペアリングは、1つのリソースブロック内でチャンネルが大きく変化する場合に効果的である。なぜならば、できる限り小さいチャンネルの変化を伴って全てのベクトル空間を均一性をもってカバーすることが有益だからである。

30

【 0 0 2 8 】

図4は、多重アンテナ送信機100からの信号の送信の一例としての方法を示している。送信コントローラ110は、チャンネルのランクを判定し、所望の送信ランクを選択する(ブロック152)。チャンネルのランクは、従来手法で判定されてもよい。送信ランクは、チャンネルがサポート可能な出来るだけ多くの送信レイヤを使用するように選択される。送信ランクが判定されると、送信コントローラ110は、選択された送信ランクを送信信号プロセッサ120に指示する。送信信号プロセッサ120は、その送信ランクに対応するプリコーダシーケンスを選択する(ブロック154)。上述したように、送信ランクの各候補についてのプリコーダシーケンスを、送信機100は事前に知得している。プリコーダシーケンスは、使用すべきプリコーディングフィルタのセットとプリコーディングフィルタが適用される順序とを決定する。プリコーディングフィルタは、メモリ内に予め記憶されてもよい。その代わりに、メモリ内に生成行列が記憶され、送信ランクの判定後にその生成行列から実行時にプリコーディングフィルタが構築されてもよい。プリコーディングフィルタの選択されたセットを用いて、送信信号プロセッサ120は、情報信号をプリコーディングし(ブロック156)、プリコーディングされたシンボルを送信する(ブロック158)。プリコーディングの間、送信機100は、OFDMグリッドを横断しながら、プリコーディングフィルタを変化させ又は循環させる。例えば、プリコーディン

40

50

グフィルタは、1つ以上のサブキャリアのセットに対して固定されたまま維持され、選択されるプリコーダシーケンスに従ってサブキャリアの次のセットに対して変更され得る。

【0029】

図5は、本発明の一実施形態に係る、送信機100により送信された信号を復号する一例としての受信信号プロセッサ220を示している。受信信号プロセッサ220は、逆レイヤマッピング部222、プリコーダ224及び複数の高速フーリエ変換（FFT）プロセッサ226を備える。FFTプロセッサ226は、離散フーリエ変換又はその逆の動作を実行してもよい。各アンテナポート228において受信された信号は、対応するFFTプロセッサ226により処理される。各FFTプロセッサ226からの出力は、合成器224へ入力される。合成器224は、各FFTプロセッサ226からの出力を合成し、各送信レイヤに対応する受信シンボルストリームを出力する。合成器224は、送信ランクに基づいて選択され、送信機100により使用されたプリコーディングフィルタと適合する合成フィルタのセットを使用する。合成器224は、異なる合成間隔の間に合成フィルタのうち異なるものを使用することにより、合成フィルタのセットを循環させる。受信機における合成間隔は、送信機100におけるプリコーディング間隔に相当する。そして、合成器224から出力されるシンボルストリームは、逆レイヤマッピング部22により単一の受信シンボルストリームに合成される。このシンボルストリームは、例えば、レートデマッチング、ソフトバッファ合成及びターボ復号などのさらなる処理の対象となってもよい。

【0030】

図6は、多重アンテナ送信機100からの信号の受信の一例としての方法250を示している。受信コントローラ210は、送信機100によって使用された送信ランクを判定する（ブロック252）。送信機100は、シグナリングメッセージ内で送信ランクを受信機200に通知してもよい。その代わりに、受信機は、チャンネルのランクに基づいて自ら送信ランクを判定してもよい。送信ランクが判定されると、受信コントローラ210は、選択された送信ランクを受信信号プロセッサ220に指示する。受信信号プロセッサ220は、その送信ランクに対応する、受信機200によって事前に知得される合成シーケンスを選択する（ブロック254）。合成シーケンスは、使用すべき合成グフィルタのセットと合成フィルタが適用される順序とを決定する。合成フィルタは、メモリ内に予め記憶されてもよい。その代わりに、メモリ内に生成行列が記憶され、送信ランクの判定後にその生成行列から実行時に合成フィルタが構築されてもよい。合成フィルタの選択されたセットを用いて、受信信号プロセッサ220は、各FFTプロセッサ226からの出力を合成して各レイヤに対応するシンボルストリームを生成する（ブロック256）。そして、各レイヤに対応するシンボルストリームは、逆レイヤマッピング部222へ出力される（ブロック258）。

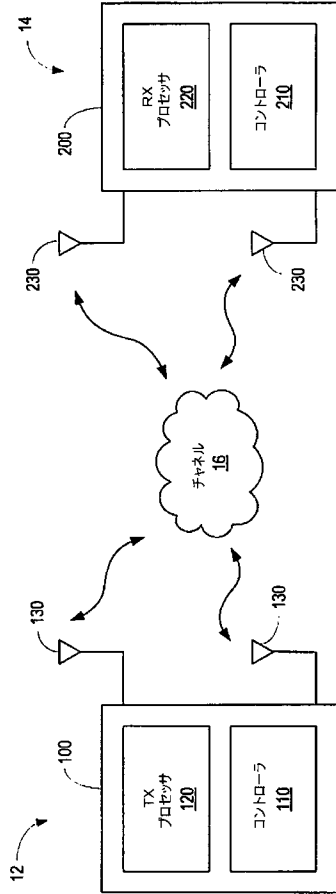
【0031】

本発明は、特にランク2又はより高位のランクの送信を目的とした開ループMIMO送信をサポートするための効率的な手法を提供する。UEにおける復調及びCQI計算についての計算上の複雑性は低減され、干渉除去の実現性は既存の解決策と比べて改善される。空間領域における送信のさらなる均一性は、開ループMIMOモードのロバスト性を改善する。信号生成行列の使用により、CQI及び復調のための計算の多くが複数の異なるランクにわたって低減され、セル間干渉の特性を識別する際に、複雑性が相当程度緩和される。

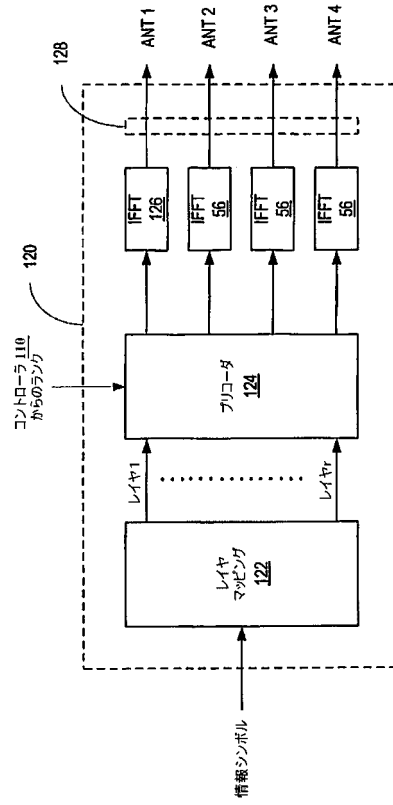
【0032】

当然ながら、本発明は、発明の本質的な特徴から離れることなく、ここで説明された特定の形態とは異なる手法によっても実現され得る。本実施形態は、全ての観点において例示的であって限定的なものではないと考えられるべきであり、添付の特許請求の範囲の意味するところ及び均等の範囲の中での全ての変更は、ここに包含されるものと意図される。

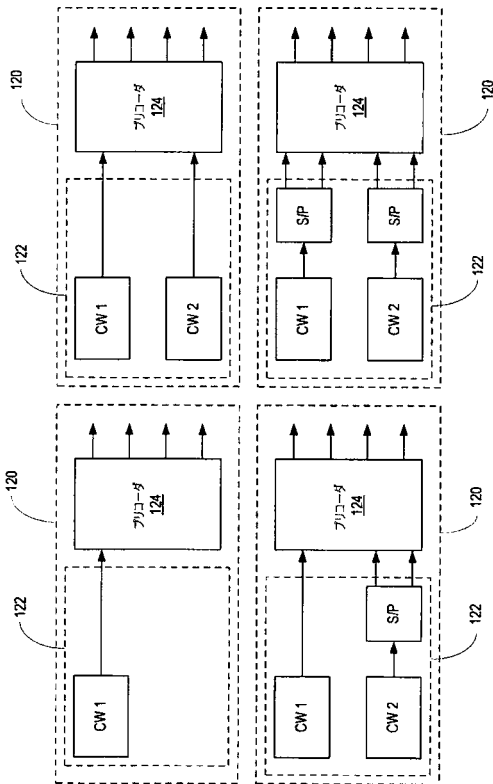
【図 1】



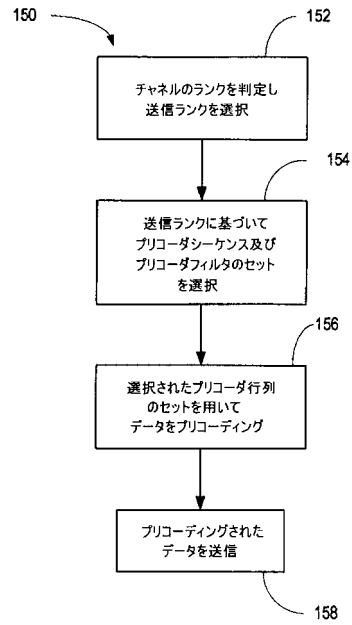
【図 2】



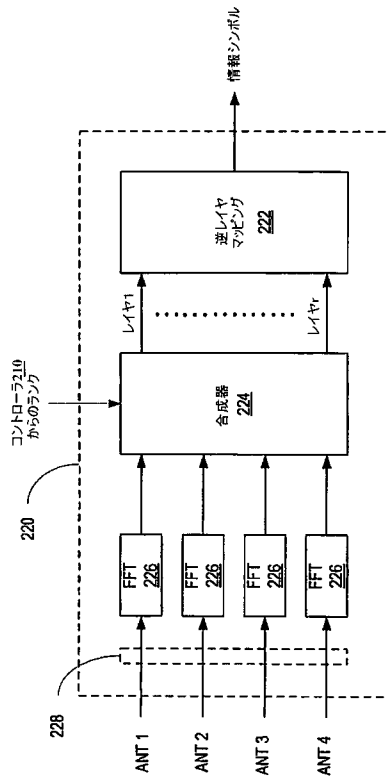
【図 3】



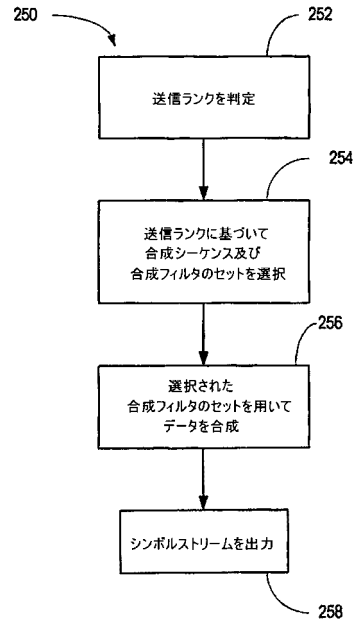
【図 4】



【図5】



【図6】



フロントページの続き

(72)発明者 ヨングレン、ゲオルグ

スウェーデン王国 エス - 1 1 2 4 1 ストックホルム カールスヴィクスガタン 1 5

審査官 岡 裕之

(56)参考文献 国際公開第2009/002093(WO, A1)

国際公開第2008/156081(WO, A1)

国際公開第2009/038317(WO, A1)

特表2011-504308(JP, A)

特開2008-104193(JP, A)

欧州特許第2220784(EP, B1)

森本 彰人 外3名, Evolved UTRA下りリンクにおける共有データチャンネルに適した送信ダイバ
ーシチ法の検討, 電子情報通信学会技術研究報告, 2007年 8月16日, Vol.107, No.192
, pp.153-158, RCS2007-79NTT DoCoMo et al., Downlink MIMO Scheme in E-UTRA, 3GPP R1-062105, 2006年 9月
1日Samsung et al., Codebook design for 4Tx SU MIMO, 3GPP R1-072235, 2007年 5月1
1日AT&T et al., Further Details of Large Delay CDD for E-UTRA, 3GPP R1-080570, 2008
年 1月18日Nortel, Further Discussion on DL/UL Signaling Channel Supporting Rank Adaptation for H
igh Mobility UE, 3GPP R1-080769, 2008年 2月15日

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H04J 99/00

H04B 7/04

H04J 11/00

IEEE Explore

Cinii