

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6026459号  
(P6026459)

(45) 発行日 平成28年11月16日(2016.11.16)

(24) 登録日 平成28年10月21日(2016.10.21)

(51) Int. Cl.	F I
HO4J 11/00 (2006.01)	HO4J 11/00 Z
HO4J 99/00 (2009.01)	HO4J 15/00
HO4B 7/04 (2006.01)	HO4B 7/04

請求項の数 5 外国語出願 (全 36 頁)

(21) 出願番号	特願2014-81372 (P2014-81372)	(73) 特許権者	595020643
(22) 出願日	平成26年4月10日(2014.4.10)		クォアルコム・インコーポレイテッド
(62) 分割の表示	特願2008-551551 (P2008-551551) の分割		QUALCOMM INCORPORATED
原出願日	平成19年1月19日(2007.1.19)		アメリカ合衆国、カリフォルニア州 92
(65) 公開番号	特開2014-161071 (P2014-161071A)		121-1714、サン・ディエゴ、モア
(43) 公開日	平成26年9月4日(2014.9.4)		ハウス・ドライブ 5775
審査請求日	平成26年5月12日(2014.5.12)	(74) 代理人	100108855
(31) 優先権主張番号	60/760,482		弁理士 蔵田 昌俊
(32) 優先日	平成18年1月20日(2006.1.20)	(74) 代理人	100109830
(33) 優先権主張国	米国 (US)		弁理士 福原 淑弘
(31) 優先権主張番号	11/624,646	(74) 代理人	100103034
(32) 優先日	平成19年1月18日(2007.1.18)		弁理士 野河 信久
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(74) 代理人	100075672
			弁理士 峰 隆司

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 無線通信システムにおけるパイロット多重化のための方法および装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

複数の送信アンテナを介して送信される複数のパイロット伝送信号であって、前記複数の送信アンテナのそれぞれに1つの副搬送波セットが対応する異なる副搬送波セット上で時間領域において送られる複数のパイロットシンボルをそれぞれが備えている複数のパイロット伝送信号を、複数の受信アンテナを介して受信し、前記複数の受信されたパイロット伝送信号を処理して、通信路推定値を獲得する少なくとも1つのプロセッサと、

前記少なくとも1つのプロセッサに結合されたメモリとを備え、

前記少なくとも1つのプロセッサは、i) 前記受信されたパイロット伝送信号に基づいて、前記複数の送信アンテナに関する複数の通信路インパルス応答推定値を導き出し、ii) 各通信路インパルス応答推定値に対して、しきい値処理を実行して、或るしきい値を下回る大きさを有する通信路タップをゼロ設定し、iii) しきい値処理の後、対応する通信路インパルス応答推定値に基づいて前記複数の送信アンテナのそれぞれに関する通信路利得推定値を導き出すことによって、前記受信された複数のパイロット伝送信号を、受信されたパイロット伝送信号ごとに処理するように構成され、

前記少なくとも1つのプロセッサは、前記受信された複数のパイロット伝送信号から獲得可能である受信されたシンボル、および、前記複数の送信アンテナのそれぞれに関して導き出される通信路利得推定値に基づいて、各副搬送波に関する背景雑音および干渉の少なくとも一方を推定するように構成されている、装置。

【請求項2】

前記少なくとも1つのプロセッサは、前記複数の受信されたパイロット伝送信号に基づいて、受信されたシンボルを獲得し、前記複数の送信アンテナに関する複数のパイロット系列を獲得し、前記受信されたシンボル、および前記複数のパイロット系列に基づいて前記通信路推定値を導き出す請求項1に記載の装置。

【請求項3】

前記複数の受信されたパイロット伝送信号の各々に関して、前記少なくとも1つのプロセッサは、前記受信されたパイロット伝送信号に基づいて、複数の副搬送波セットに関する受信されたシンボルの複数のセットを獲得し、対応するパイロット系列に基づいて、前記受信されたシンボルの各セットに対して除算処理を行い、除算処理されたシンボルのセットを獲得し、除算処理されたシンボルの対応するセットに基づいて前記複数の送信アンテナのそれぞれに関する通信路推定値を導き出す請求項2に記載の装置。

10

【請求項4】

複数の送信アンテナを介して送信される複数のパイロット伝送信号であって、前記複数の送信アンテナのそれぞれに1つの副搬送波セットが対応する異なる副搬送波セット上で時間領域において送られる複数のパイロットシンボルをそれぞれが備えている複数のパイロット伝送信号を、複数の受信アンテナを介して受信すること、および

前記複数の受信されたパイロット伝送信号を処理して、通信路推定値を獲得することを含み、

前記複数の受信されたパイロット伝送信号を前記処理することは、受信されたパイロット伝送信号ごとに、

20

i) 前記受信されたパイロット伝送信号に基づいて前記複数の送信アンテナに関する複数の通信路インパルス応答推定値を導き出すこと、

ii) 各通信路インパルス応答推定値に対して、しきい値処理を実行して、或るしきい値を下回る大きさを有する通信路タップをゼロ設定すること、および

iii) しきい値処理の後、対応する通信路インパルス応答推定値に基づいて前記複数の送信アンテナのそれぞれに関する通信路利得推定値を導き出すこと

を含み、

前記受信された複数のパイロット伝送信号から獲得可能である受信されたシンボル、および、前記複数の送信アンテナのそれぞれに関して導き出される通信路利得推定値に基づいて、各副搬送波に関する背景雑音および干渉の少なくとも一方を推定する、

30

ことをさらに含む、方法。

【請求項5】

前記複数の受信されたパイロット伝送信号を前記処理することは、

前記複数の受信されたパイロット伝送信号に基づいて、受信されたシンボルを獲得すること、

前記複数の送信アンテナに関する複数のパイロット系列を獲得すること、および

前記受信されたシンボル、および前記複数のパイロット系列に基づいて前記通信路推定値を導き出すことを備える請求項4に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【優先権の主張】

40

【0001】

(米国法典第35編119条の下における優先権の主張)

本特許出願は、参照により明確に本明細書に組み込まれている、本特許出願の譲受人に譲渡された、2006年1月20日に出願した「METHOD AND APPARATUS FOR PILOT MULTIPLEXING IN A WIRELESS COMMUNICATIONS SYSTEM」という名称の仮出願第60/760,482号の優先権を主張するものである。

【技術分野】

【0002】

本開示は、一般に、通信に関し、より具体的には、無線通信システムにおいてパイロツ

50

トを伝送するための技術に関する。

【背景技術】

【0003】

無線通信システムにおいて、送信局（例えば、基地局または端末装置）は、複数（ $R$ 個）の受信アンテナを備えた受信局へのMIMO（多入力多出力）伝送のために複数（ $T$ 個）の送信アンテナを利用することができる。これらの複数の送信アンテナおよび受信アンテナは、スループットを増大させ、および/または信頼性を向上させるのに使用されることが可能なMIMO通信路を形成する。例えば、送信局は、 $T$ 個までのデータストリームを $T$ 個の送信アンテナから同時に伝送して、スループットを向上させることができる。代替として、送信局は、単一のデータストリームを $T$ 個の送信アンテナから伝送して、受信局による受信を向上させることもできる。

10

【0004】

MIMO通信路応答が正確に推定されることが可能である場合、良好なパフォーマンスが達成されることが可能である。例えば、受信局は、MIMO通信路応答を使用して、MIMO伝送に関するデータ検出を実行すること、MIMO伝送のために送信局によって適用されるべき空間マッピングマトリックスを選択することなどができる。通信路推定は、通常、受信局によってアプリアリ（*a priori*）に知られているパイロットシンボルを伝送することによってサポートされる。その場合、受信局は、受信されたパイロットシンボル、および知られているパイロットシンボルに基づいて、MIMO通信路応答を推定することができる。

20

【0005】

パイロットに基づいて獲得される通信路推定値は、通常、雑音および干渉によって損なわれる。雑音は、無線通信路、受信機エレクトロニクス（*electronics*）などの様々な源に由来しうる。干渉には、アンテナ間干渉および送信機間干渉が含まれうる。アンテナ間干渉は、他の送信アンテナからの伝送に起因する干渉である。アンテナ間パイロット干渉は、複数のパイロット伝送が、 $T$ 個すべての送信アンテナから同時に送られ、各アンテナからのパイロット伝送が、その他のアンテナからのパイロット伝送と干渉する場合に存在しうる。送信機間干渉は、他の送信局からの伝送に起因する干渉である。送信機間干渉は、セクタ間干渉、セル間干渉、端末装置間干渉などとも呼ばれうる。アンテナ間干渉および送信機間干渉は、通信路推定に悪影響を与える可能性があり、これにより、データパフォーマンスが低下させられる可能性がある。

30

【0006】

したがって、無線通信システムにおいてパイロットを伝送する技術の必要性が、当技術分野において存在する。

【発明の概要】

【0007】

或る態様によれば、複数の送信アンテナに関する複数のパイロット系列を生成する装置が説明され、各パイロット系列は、異なる副搬送波セット上の時間領域において送られる複数のパイロットシンボルを備える。装置は、この複数のパイロット系列に基づき、複数の送信アンテナに関する複数のパイロット伝送をさらに生成する。

40

【0008】

別の態様によれば、送信機固有の値によって定義される $Chu$ 系列などのCAZAC（一定振幅0自己相関）系列のFD-CDM（周波数領域符号分割多重化）に基づいて、複数の送信アンテナに関する複数のパイロット系列を生成する装置が説明される。装置は、この複数のパイロット系列に基づき、複数の送信アンテナに関する複数のパイロット伝送をさらに生成する。

【0009】

さらに別の態様によれば、複数の受信アンテナを介して複数のパイロット伝送を受信する装置が説明され、各パイロット伝送は、異なる副搬送波セット上の時間領域において送られる複数のパイロットシンボルを備える。装置は、複数の受信されたパイロット伝送を

50

処理して、通信路推定値を獲得する。

【0010】

さらに別の態様によれば、複数の受信アンテナを介して複数のパイロット伝送を受信する装置が説明され、パイロット伝送は、送信機固有の値によって定義されるC h u系列などのC A Z A C系列のF D - C D Mに基づいて生成される。装置は、複数の受信されたパイロット伝送を処理して、通信路推定値を獲得する。

【0011】

さらに別の態様によれば、第1の多重化スキームに基づいて複数の送信アンテナに関する複数のパイロット伝送を生成する装置が説明される。装置は、第1の多重化スキームとは異なる第2の多重化スキームに基づいて、複数の送信アンテナに関する複数のデータ伝送をさらに生成する。

10

【0012】

さらに別の態様によれば、第1の多重化スキームに基づいて生成された複数のパイロット伝送を受信する装置が説明される。装置は、第1の多重化スキームとは異なる第2の多重化スキームに基づいて生成された複数のデータ伝送をさらに受信する。この複数のパイロット伝送、およびこの複数のデータ伝送は、複数の送信アンテナから複数の受信アンテナに送られるM I M O伝送のためのものである。これらの複数の送信アンテナは、単一の送信局に配置されても、複数の送信局に配置されてもよい。

【0013】

本開示の様々な態様および特徴が、以下にさらに詳細に説明される。

20

【図面の簡単な説明】

【0014】

【図1】無線多元接続通信システムを示す図。

【図2】基地局および端末装置を示すブロック図。

【図3A】I F D M（インターリーブ型周波数分割多重化）パイロット副搬送波構造を示す図。

【図3B】I F D M（インターリーブ型周波数分割多重化）パイロット副搬送波構造を示す図。

【図4】I F D Mパイロットを生成するためのプロセスを示す図。

【図5】I F D Mパイロットを生成するためのプロセスを示す図。

30

【図6】F D - C D Mパイロットに関する4つの送信アンテナからのパイロット伝送を示す図。

【図7】F D - C D Mパイロットを生成するためのプロセスを示す図。

【図8】F D - C D Mパイロットを生成するためのプロセスを示す図。

【図9】パイロットとデータを、異なる多重化スキームを使用して送るためのプロセスを示す図。

【発明を実施するための形態】

【0015】

本明細書で説明される技術は、多元接続通信システム、同報通信システム、W L A N（無線ローカルエリアネットワーク）などの、様々な無線通信システムのために使用されることが可能である。「システム」および「ネットワーク」という用語は、しばしば、互いに区別なく使用される。多元接続システムは、C D M A（符号分割多元接続）システム、T D M A（時間分割多元接続）システム、F D M A（周波数分割多元接続）システム、O F D M A（直交F D M A）システム、S C - F D M A（単一搬送波F D M A）システム、S D M A（空間分割多元接続）システムなどであることが可能である。また、これらの技術は、ダウンリンクとアップリンクに関して異なる多元接続スキームを使用する、例えば、ダウンリンクに関してO F D M Aを使用し、アップリンクに関してS C - F D M Aを使用するシステムに関して使用されることも可能である。ダウンリンク（または順方向リンク）とは、基地局から端末装置に至る通信リンクを指し、アップリンク（または逆方向リンク）とは、端末装置から基地局に至る通信リンクを指す。

40

50

## 【 0 0 1 6 】

OFDMAシステムは、OFDM（直交周波数分割多重化）を利用する。SC-FDMAシステムは、SC-FDM（単一搬送波周波数分割多重化）を利用する。OFDMおよびSC-FDMは、システム帯域幅を、トーン、ビンなどとも一般に呼ばれる、複数（K個）の直交副搬送波に分割する。各副搬送波は、データで変調されることが可能である。一般に、シンボルは、OFDMを使用して周波数領域において、SC-FDMを使用して時間領域において送られる。SC-FDMは、（a）所与の周波数割り当てにわたって一様に分布する副搬送波上で情報を伝送するIFDM、および（b）隣接する副搬送波上で情報を伝送するLFDM（局所化された周波数分割多重化）を含む。

## 【 0 0 1 7 】

図1は、複数の基地局110を有する無線多元接続通信システム100を示す。基地局は、一般に、端末装置と通信する固定局であり、ノードB、eNode B（拡張型ノードB）、アクセスポイントなどと呼ばれることも可能である。各基地局110は、或る特定の地理的領域に関する通信有効範囲を提供する。「セル」という用語は、この用語が使用される文脈に応じて、基地局および/または基地局のカバーレッジ（coverage）エリアを指すことが可能である。システム容量を増大させるのに、基地局カバーレッジエリアが、より小さい複数の区域、例えば、より小さい3つの区域に分割されることが可能である。より小さい各区域は、それぞれのBTS（基地送受信局）によってサービス提供されることが可能である。「セクタ」という用語は、この用語が使用される文脈に応じて、BTSおよび/またはBTSのカバーレッジエリアを指すことが可能である。セクタ化されたセルに関して、そのセルに関するすべてのセクタのためのBTS群は、通常、そのセルに関する基地局内に並置される。

## 【 0 0 1 8 】

端末装置120は、システム全体にわたって分散されることが可能である。端末装置は、固定型であることも、移動型であることも可能であり、ユーザ装置、移動局、移動装置、アクセス端末装置、局などと呼ばれることも可能である。端末装置は、セルラー電話機、PDA（パーソナルデジタルアシスタント）、無線モデム、無線通信デバイス、ハンドヘルドデバイス、加入者装置、ラップトップコンピュータ、コードレス電話機などであることが可能である。

## 【 0 0 1 9 】

システムコントローラ130は、基地局110に結合されて、これらの基地局に関する調整および制御を提供することが可能である。システムコントローラ130は、単一のネットワークエンティティ（network entity）であっても、ネットワークエンティティの集合であってもよい。

## 【 0 0 2 0 】

図2は、システム100における基地局110および端末装置120の設計のブロック図を示す。基地局110は、ダウンリンク上のデータ送信のため、およびアップリンク上のデータ受信のために使用されることが可能な複数（U個）のアンテナ220aないし220uを備える。端末装置120は、アップリンク上のデータ送信のため、およびダウンリンク上のデータ受信のために使用されることが可能な複数（V個）のアンテナ152aないし152vを備える。各アンテナは、物理的アンテナまたはアンテナアレイであることが可能である。

## 【 0 0 2 1 】

ダウンリンク上で、基地局110において、TX（送信）データ-パイロットプロセッサ214が、データ源212からデータを受信し、このデータを処理（例えば、フォーマット、符号化、インターリーブ、およびシンボルマップ）して、データシンボルを生成する。また、プロセッサ214は、以下に説明されるとおり、パイロットシンボルを生成し、このパイロットシンボルおよびデータシンボルをTX空間プロセッサ216に供給する。本明細書で使用されるデータシンボルとは、データに関するシンボルであり、パイロットシンボルとは、パイロットに関するシンボルであり、0シンボルとは、0の信号値であ

10

20

30

40

50

り、シンボルは、通常、複素値である。データシンボルは、P S KまたはQ A Mなどの変調スキームからの変調シンボルであることが可能である。パイロットは、送信局と受信局の両方によってア prioriに知られているデータである。プロセッサ216は、パイロットシンボルおよびデータシンボルを多重化し、送信機空間マッピング（該当する場合）を実行し、U個の出力シンボルストリームをU個のMOD（変調器）218aないし218uに供給する。各変調器218は、出力シンボルストリームに対して変調（例えば、OFDM、SC-FDMなどのための）を実行して、出力チップを生成し、これらの出力チップをさらに処理（例えば、デジタルからアナログに変換、アナログフィルタリング、増幅およびアップコンバート）して、ダウンリンク信号を生成する。変調器218aないし218uからのU個のダウンリンク信号は、U個のアンテナ220aないし220uを介して、それぞれ、伝送される。

10

#### 【0022】

端末装置120において、V個のアンテナ252aないし252vが、U個のダウンリンク信号を受信し、各アンテナ252が、受信された信号をそれぞれのDEMOD（復調器）254に供給する。各復調器254は、その受信された信号を処理（例えば、フィルタリング、増幅、ダウンコンバート、およびデジタル化）して、サンプルを獲得し、これらのサンプルに対して復調（例えば、OFDM、SC-FDMなどに関する）をさらに実行して、受信されたシンボルを獲得する。各復調器254は、受信されたデータシンボルをMIMO検出器256に供給し、受信されたパイロットシンボルを通信路プロセッサ284に供給する。通信路プロセッサ284は、受信されたパイロットシンボルに基づいてダウンリンクMIMO通信路応答を推定し、通信路推定値をMIMO検出器256に供給する。MIMO検出器256は、受信されたデータシンボルに対して、これらの通信路推定値を使用してMIMO検出を実行し、データシンボル推定値をもたらす。RXデータプロセッサ258が、これらのデータシンボル推定値をさらに処理（例えば、逆インターリーブおよび復号）して、復号されたデータをデータシンク260に供給する。

20

#### 【0023】

アップリンク上で、端末装置120において、データ源272からのデータ、およびパイロットが、TXデータ-パイロットプロセッサ274によって処理され、TX空間プロセッサ276によってさらに処理され、変調器254aないし254vによって変調され、処理されて、V個のアップリンク信号が生成され、これらのアップリンク信号が、V個のアンテナ252aないし252vを介して伝送される。基地局110において、これらのアップリンク信号が、U個のアンテナ220aないし220uによって受信され、復調器218aないし218uによって処理され、復調され、MIMO検出器232によって検出され、RXデータプロセッサ234によってさらに処理されて、端末装置120によって送信されたデータが回復される。通信路プロセッサ244が、受信されたパイロットシンボルに基づいてアップリンクMIMO通信路応答を推定し、MIMO検出のためにMIMO検出器232に通信路推定値を供給する。

30

#### 【0024】

コントローラ/プロセッサ240および280が、基地局110および端末装置120における動作をそれぞれ制御する。メモリ242および282が、基地局110および端末装置120に関するデータおよびプログラムコードをそれぞれ格納する。

40

#### 【0025】

本明細書で説明される技術は、様々な副搬送波構造で使用されることが可能である。以下の説明では、合計でK個の副搬送波が、伝送に利用可能であり、0からK-1までの指標を割り当てられるものと想定する。

#### 【0026】

図3Aは、IFDMデータ伝送または分散型OFDMデータ伝送のために使用されることが可能なIFDMパイロット副搬送波構造300を示す。副搬送波構造300においては、合計でK個の副搬送波が、T個の分離した、つまり、重なり合わないセットに構成されて、各セットが、合計でK個の副搬送波にわたって一様に分布するL'個の副搬送波を

50

含むようになり、ただし、 $T$ および $L'$ は、適切に選択された整数値である。各セットの中の連続する副搬送波は、 $T$ 個の副搬送波によって離隔され、ただし、 $K = T \cdot L'$ である。このため、セット $i$ は、 $i \in \{0, \dots, T-1\}$ に関して、副搬送波 $i$ 、副搬送波 $T+i$ 、副搬送波 $2T+i$ 、...副搬送波 $(L'-1) \cdot T+i$ を含む。

【0027】

図3Bは、LFD Mデータ伝送または局所化されたOFDMデータ伝送のために使用されることが可能なIFDMパイロット副搬送波構造310を示す。副搬送波構造310においては、合計で $K$ 個の副搬送波が、 $G$ 個の分離したグループに構成されて、各グループが、 $N'' = K/G$ 個の連続した副搬送波を含むようになり、ただし、 $N''$ および $G$ は、適切に選択された整数値である。このため、グループ0は、副搬送波0から $N''-1$ までを  
10 含み、グループ1は、副搬送波 $N''$ から $2N''-1$ までを含むといった具合であり、グループ $G-1$ は、副搬送波 $K-N''$ から $K-1$ までを含む。

【0028】

各グループの中の $N''$ 個の副搬送波は、 $T$ 個の分離したセットに構成されて、各セットが、そのグループの中の $N''$ 個の副搬送波にわたって一様に分布する $L''$ 個の副搬送波を含むようになることが可能であり、ただし、 $N'' = L'' \cdot T$ である。このため、各グループの中の $N''$ 個の副搬送波は、図3Aで前述したのと同様に構成されることが可能である。図3Bは、副搬送波グループ1に関する $T$ 個の副搬送波セットを示す。

【0029】

一般に、任意の副搬送波構造が、ダウンリンク上、およびアップリンク上のパイロット  
20 伝送およびデータ伝送のために使用されることが可能である。例えば、副搬送波構造300が、ダウンリンクのために使用されることが可能であり、副搬送波構造310が、アップリンクのために使用されることが可能である。また、他の副搬送波構造が、使用されることも可能である。各リンク上で、パイロットおよびデータは、同一の副搬送波構造を使用して送られても、異なる副搬送波構造を使用して送られてもよい。

【0030】

送信局は、TDM(時間分割多重化)、TD-CDM(時間領域符号分割多重化)、OFDM、IFDM、FD-CDMなどの、様々な多重化スキームを使用して、複数( $T$ 個)の送信アンテナを介してパイロットを伝送することができる。受信局は、複数( $R$ 個)の受信アンテナを介して、このパイロットを受信することができ、この受信されたパイ  
30 ロットに基づいて、MIMO通信路応答、ならびに背景雑音および干渉を推定することができる。ダウンリンクの場合、送信局は、基地局110であることが可能であり、受信局は、端末装置120であることが可能であり、 $T$ は $U$ と等しいことが可能であり、 $R$ は $V$ と等しいことが可能である。アップリンクの場合、送信局は、端末装置120であることが可能であり、受信局は、基地局110であることが可能であり、 $T$ は $V$ と等しいことが可能であり、 $R$ は $U$ と等しいことが可能である。MIMO伝送に関するパイロットは、 $T$ 個の送信アンテナのそれぞれに関して、異なるパイロット系列を備えることが可能である。パイロット系列は、そのパイロットに関して使用される多重化スキームに応じて時間領域または周波数領域において送られることが可能な、知られているシンボルの系列である。

【0031】

TDMパイロットの場合、パイロットに関して指定される時間間隔は、 $T$ 個の送信アンテナに割り当てられることが可能な $T$ 個の時間セグメントに分割されることが可能である。送信局は、各アンテナからのパイロット伝送を、そのアンテナに割り当てられた時間セグメントの中で送ることができる。各アンテナからのパイロット伝送は、任意のパイ  
40 ロット系列であることが可能であり、マルチパス通信路における遅延拡散によって生じる周波数選択的なフェージングに対処するようにサイクリックプレフィックス(cyclic prefix)が付加されることが可能である。サイクリックプレフィックスは、ガード間隔、プリアンブルなどとも呼ばれる。サイクリックプレフィックス長は、予期される遅延拡散に基づいて選択されることが可能である。また、サイクリックプレフィックスの代わりに、一意の語が使用されることも可能である。受信局は、時間領域RAKE処理(CDMAシステ  
50

ムにおいて一般的に使用される)または周波数領域処理を使用して、MIMO通信路応答および雑音を推定することができる。雑音推定は、パイロットが任意の所与の時間セグメントの中で1つだけの送信アンテナから送られ、他の送信アンテナからの干渉が全く存在しないので、些細でありうる。他の送信局からの送信機間パイロット干渉は、異なる送信局に関して異なるパイロットスクランブル系列を使用することによって抑制されることが可能である。

#### 【0032】

TD-CDMパイロットの場合、異なるT個の直交系列が、T個の送信アンテナに割り当てられて、時間領域における直交性を実現するのに使用されることが可能である。送信局は、各送信アンテナに関する時間領域パイロット系列を、時間領域ベース系列に、そのアンテナに関する直交系列を掛けることによって生成することができる。次に、送信局は、各送信アンテナに関するパイロット伝送を、そのアンテナの時間領域パイロット系列に基づいて生成することができる。各送信アンテナからのパイロット伝送は、データストリームに起因するマルチパス干渉を観測しない可能性があるが、他の送信アンテナからのパイロット伝送に起因するマルチパス干渉は観測する可能性がある。受信局は、T個の送信アンテナに割り当てられた直交系列の使用によるT個のパイロット伝送の間の直交性を活用することができる時間領域RAKE処理を使用して、MIMO通信路応答を推定することができる。受信局は、観測されるデータストリームからの干渉なしに、雑音を推定することができる。送信機間パイロット干渉は、異なる送信局に関して異なるパイロットスクランブル系列を使用することによって抑制されることが可能である。

#### 【0033】

OFDMパイロットおよびIFDMパイロットの場合、N個の副搬送波が、パイロット伝送のために使用されることが可能であり、例えば、図3Aまたは図3Bに示されるとおり、T個の分離したセットに構成されることが可能であり、各セットは、L個の副搬送波を含み、ただし、 $N = T \cdot L$  Kである。図3Aにおいて、Nは、Kと等しいことが可能であり、Lは、L'と等しいことが可能である。図3Bにおいて、Nは、N"と等しいことが可能であり、Lは、L"と等しいことが可能である。いずれにしても、各セットの中のL個の副搬送波は、N個の副搬送波にわたって一様に分布して、受信局が、このN個の副搬送波のすべてにわたって周波数スペクトルをサンプリングすることを可能にすることが可能であり、これにより、通信路推定パフォーマンスおよび雑音推定パフォーマンスが向上することが可能である。T個の送信アンテナのそれぞれが、T個の副搬送波セットの異なる1つに割り当てられることが可能である。

#### 【0034】

OFDMパイロットの場合、送信局は、各送信アンテナからのパイロット伝送を、そのアンテナに割り当てられたL個の副搬送波のセット上の周波数領域において送ることができる。各送信アンテナに関して、送信局は、割り当てられたセットの中のL個の副搬送波にL個のパイロットシンボルをマップし、残りのK-L個の副搬送波に0シンボルをマップして、これらのマップされたパイロットシンボルおよび0シンボルに基づき、OFDMシンボルを生成することができる。T個の送信アンテナからのT個のパイロット伝送は、異なる副搬送波を占有し、このため、周波数において直交である。受信局は、周波数領域処理を使用して、受信されたパイロットシンボルに基づいて通信路推定および雑音推定を実行することができる。この通信路推定および雑音推定は、T個のパイロット伝送の間で直交性が実現されるので、アンテナ間干渉を被らない。しかし、OFDMが抱える欠点は、OFDM波形の平均電力に対するピーク電力の比が、時間領域において高い可能性があることを意味する、高いPAPR(ピーク対平均電力比)である。各送信アンテナに関して使用されるパイロットシンボルは、PAPRが可能な限り低いように生成される、または選択されることが可能である。送信機間干渉は、適切なパイロット計画、周波数ホッピング(hopping)などによって緩和されることが可能である。

#### 【0035】

IFDMパイロットの場合、送信局は、各送信アンテナからのパイロット伝送を、その



アンテナに割り当てられたL個の副搬送波のセット上の時間領域において送ることができる。各送信アンテナに関して、送信局は、時間領域からのL個のパイロットシンボルを周波数領域に変換し、割り当てられたセットの中のL個の副搬送波に、これらの変換されたL個のシンボルをマップし、残りのK-L個の副搬送波に0シンボルをマップし、これらのマップされた、変換されたシンボルおよび0シンボルに基づいてIFDMシンボルを生成することができる。T個の送信アンテナからのT個のパイロット伝送は、異なる副搬送波を占有し、このため、周波数において直交である。受信局は、周波数領域処理を使用して、受信されたパイロットシンボルに基づいて通信路推定および雑音推定を実行することができる。この通信路推定および雑音推定は、T個のパイロット伝送の間で直交性が実現されるので、アンテナ間干渉を被らない。さらに、高いPAPRが、時間領域において一定の振幅を有するパイロットシンボルを使用することによって回避されることが可能である。良好な通信路推定パフォーマンスが、以下に説明されるとおり、パイロットシンボルを適切に生成することによって実現されることが可能である。セクタ間干渉は、適切なパイロット計画、周波数ホッピングなどによって緩和されることが可能である。

10

#### 【0036】

FD-CDMパイロットの場合、異なるT個の直交系列が、T個の送信アンテナに割り当てられて、周波数領域における直交性が実現されることが可能である。送信局は、各送信アンテナに関する周波数領域パイロット系列を、周波数領域ベース系列に、そのアンテナに関する直交系列を掛けることによって生成することができる。次に、送信局は、各送信アンテナに関するパイロット伝送を、そのアンテナの周波数領域パイロット系列に基づいて生成することができる。T個の送信アンテナからのT個のパイロット伝送は、異なる直交系列の使用のため、マルチパス通信路において、ほぼ直交である。受信局は、周波数領域処理を使用して、例えばOFDMパイロットおよびIFDMパイロットの場合と同様に、受信されたパイロットシンボルに基づいて通信路推定および雑音推定を実行することができる。

20

#### 【0037】

パイロットに関するいくつかの多重化スキームが、以下にさらに詳細に説明される。

#### 【0038】

##### 1. IFDMパイロット

IFDMパイロットは、例えば、図3Aまたは図3Bに示されるとおり、各送信アンテナに関してL個の副搬送波の1つのセットの、T個の分離した副搬送波セット上で、T個の送信アンテナから送られることが可能である。IFDMパイロットは、良好な特性を有するベース系列を使用して生成されることが可能である。例えば、ベース系列は、良好な時間特性（例えば、一定の時間領域エンベロープ）、および良好なスペクトル特性（例えば、平坦な周波数スペクトル）を有するように選択されることが可能である。これらの良好な時間特性およびスペクトル特性は、様々なCAZAC（一定振幅0自己相関）系列を使用して獲得されることが可能である。いくつかの例示的なCAZAC系列には、Chu系列、Frank系列、GCL（一般化されたチャープ様の）系列、Golomb系列、P1系列、P3系列、P4系列、およびPx系列などが含まれる。

30

#### 【0039】

1つの設計において、長さLのChu系列 $c_L(n)$ が、IFDMパイロットに関するベース系列として使用される。このChu系列は、以下のとおり表現されることが可能である。すなわち、

40

#### 【数1】

$$c_L(n) = e^{j\frac{\pi \lambda n^2}{L}}, \quad L \text{ が偶数で、} n = 0, \dots, L-1 \text{ の場合} \quad \dots \text{式(1)}$$

【数2】

$$c_L(n) = e^{j \frac{\pi \lambda(n+1)n}{L}}, \quad L \text{ が奇数で、} n = 0, \dots, L-1 \text{ の場合} \quad \dots \text{式(2)}$$

【0040】

ただし、 $\lambda$  は、 $L$  と  $L$  が互いに素であり、1 という最大公約数を有するように選択される周波数インクリメント指標である。 $L$  は、ベース系列長であり、パイロット伝送のために各送信アンテナに割り当てられた副搬送波の数に対応しうる。 $L$  は、 $\lambda$  の異なる  $L - 1$  個の値を使用して生成された  $C_h u$  系列に関して良好な相互相関特性を提供することが可能な素数（例えば、 $L = 257$ ）であることが可能である。また、 $L$  は、各送信アンテナによってパイロット伝送のために使用される副搬送波の数に基づいて選択されることも可能である（例えば、 $L = 256$ ）。

10

【0041】

式(1)および式(2)において、 $\lambda$  は、以下に説明されるとおり、異なる送信局からのパイロットを区別する送信機固有の値またはコードとして使用されることが可能である。系列長  $L$  に基づいて、 $\lambda$  に関する値のセットが、決定されることが可能である。例えば、セットは、 $L = 7$  という系列長に関して、1、2、3、4、5、および6という  $\lambda$  値を含むことが可能である。異なる  $\lambda$  値が、異なる送信局に、例えば、ダウンリンク上の異なる基地局、またはアップリンク上の異なる端末装置に割り当てられることが可能である。異なる  $\lambda$  値を使用して生成された2つのベース系列は、その2つの  $\lambda$  値の差が、 $L$  と互いに素である場合、最小の相互相関を有するので、異なる  $\lambda$  値を使用して異なる送信局によって送られるパイロットは、そのような事例において互いに最小限にしか干渉しない。

20

【0042】

$C_h u$  系列は、パイロットに関して低い P A P R をもたらす一定の時間領域エンベロープを有する。また、 $C_h u$  系列は、特に通信路スペクトル密度の分布が知られていない場合に、通信路推定パフォーマンスを向上させることが可能な、平坦な周波数スペクトルも有する。

【0043】

別の設計において、 $L$  ポイントの I D F T（逆離散フーリエ変換）が、 $C_h u$  系列  $c_L(n)$  に対して実行されて、 $L$  個のシンボルを有する変換された系列  $C_L(k)$  が獲得される。次に、この変換された系列が、ベース系列として使用される。

30

【0044】

さらに別の設計において、時間領域において良好な自己相関特性および相互相関特性、ならびに低い P A P R 特性を有する P N（擬似乱数）系列  $p_n(n)$  が、ベース系列として使用される。P N 系列は、当技術分野で知られている任意の仕方で、例えば、多項式発生器に基づいて、または長さ  $L$  の可能なすべての系列の徹底的な探索を使用して、導き出されることが可能である。また、他の系列が、ベース系列として使用されることも可能である。

【0045】

$T$  個の送信アンテナに関する I F D M パイロットは、様々な仕方で生成されることが可能である。1つのスキームにおいて、ベース系列は、以下のとおり、 $T$  回、反復され、連結されて、拡張されたベース系列が獲得される。すなわち、

40

【数3】

$$b_{ext}(n) = \sum_{i=0}^{T-1} b_L(n - i \cdot L) \quad \dots \text{式(3)}$$

【0046】

ただし、 $b_L(n - i \cdot L)$  は、 $i \cdot L$  サンプルだけ遅延されたベース系列であり、さらに  $b_{ext}(n)$  は、長さ  $N$  の拡張されたベース系列である。

【0047】

50

長さLのベース系列  $b_L(n)$  は、(a) Chu系列に等しく、したがって、 $b_L(n) = c_L(n)$  である、(b) PN系列に等しく、したがって、 $b_L(n) = p_n(n)$  である、または(c)他の何らかの系列に等しいことが可能である。式(3)において、ベース系列  $b_L(n)$  のT個のコピーが遅延させられ、第i番の系列の開始が、第(i-1)番の系列の終了の直後に続くように構成される。これらのT個の遅延させられた系列が合計されて、長さNの拡張されたベース系列  $b_{ext}(n)$  が獲得される。

【0048】

パイロット系列は、以下のとおり、各送信アンテナに関して生成されることが可能である。すなわち、

【数4】

$$p_i(n) = e^{j \frac{2\pi i n}{N}} \cdot b_{ext}(n), \quad n=0, \dots, N-1 \text{ の場合} \quad \dots \text{式(4)}$$

10

【0049】

ただし、 $p_i(n)$  は、送信アンテナiに関するパイロット系列である。式(4)は、この拡張されたベース系列の中のN個のサンプルに線形位相勾配を適用する。この位相勾配の傾きは、異なる送信アンテナに関して異なる。

【0050】

ベース系列  $b_L(n)$  は、L個の時間領域サンプルを含み、L個の連続する副搬送波を占有する。ベース系列のT回の反復により、周波数領域において第T番ごとの副搬送波を占有し、占有される連続する副搬送波の間のT-1個の副搬送波に関して0を有する拡張されたベース系列  $b_{ext}(n)$  がもたらされる。式(4)において  $e^{j \frac{2\pi i n}{N}}$  を掛けることは、事実上、周波数領域においてi個の副搬送波だけ送信アンテナiに関するパイロット系列を桁送りする。T個のアンテナに関するT個のパイロット系列は、異なる数の副搬送波だけ桁送りされ、このため、周波数領域において直交であり、各パイロット系列は、例えば、図3Aまたは図3Bに示されるとおり、L個の副搬送波の異なるセットを占有する。

20

【0051】

図4は、IFDMパイロットを生成するためのプロセス400を示す。複数のパイロット系列が、複数の送信アンテナに関して生成され、各パイロット系列は、異なる副搬送波セット上で時間領域において送られる複数のパイロットシンボルを備える(ブロック410)。これらの複数のパイロット系列は、 $\alpha = 1$ を有するChu系列、送信機固有の値によって定義されるChu系列、他の何らかのCAZAC系列、PN系列などに基づいて生成されることが可能である。複数のパイロット伝送が、複数のパイロット系列に基づいて生成される(ブロック420)。

30

【0052】

図5は、IFDMパイロットを生成するためのプロセス500を示す。プロセス500は、図4のブロック410および420にそれぞれ対応するブロック510および520を含む。長さLのベース系列(例えば、Chu系列、Chu系列のIDFT、PN系列など)が、最初に生成される(ブロック512)。次に、長さNの拡張されたベース系列が、このベース系列の複数(T個)のコピーを反復し、連結することによって生成される(ブロック514)。パイロット系列は、例えば、式(4)において示されるとおり、拡張されたベース系列に異なる位相勾配を適用することによって、各送信アンテナに関して生成される(ブロック516)。長さN+Cのパイロット伝送が、各送信アンテナに関して、そのアンテナに関するパイロット系列に長さCのサイクリックプレフィックスを付加することによって、生成されることが可能である(ブロック520)。サイクリックプレフィックス挿入は、パイロット系列の最後のC個のサンプルをコピーして、これらのC個のサンプルをパイロット系列の先頭に付加することによって達せられる。また、パイロット伝送は、パイロット系列に基づいて、他の仕方でも生成されることが可能であり、例えば、パイロット系列が、全くサイクリックプレフィックスなしにパイロット伝送として直接に

40

50

提供されてもよい。

【 0 0 5 3 】

図 3 A および図 3 B に示される構造を含め、任意の副搬送波構造のために使用されることが可能な、T 個の送信アンテナに関して I F D M パイロットを生成するための別のスキームにおいて、L 個のパイロットシンボルを有する時間領域ベース系列（例えば、C h u 系列）が、最初に生成される。次に、この時間領域ベース系列に対して L ポイントの D F T（離散フーリエ変換）が実行されて、L 個の変換されたシンボルを有する周波数領域ベース系列が獲得される。各送信アンテナに関して、これらの L 個の変換されたシンボルが、そのアンテナに割り当てられた L 個の副搬送波にマップされ、N - L 個の 0 シンボルが、残りの搬送波にマップされる。次に、これらの N 個の変換されたシンボルおよび 0 シンボルに対して N ポイントの I D F T が実行されて、N 個のサンプルを有する時間領域パイロット系列が獲得される。サイクリックプレフィックスが、このパイロット系列に付加されて、送信アンテナに関するパイロット伝送が獲得される。また、T 個の送信アンテナに関する I F D M パイロットは、他の仕方でも生成されることも可能である。

10

【 0 0 5 4 】

一般に、パイロット系列またはパイロット伝送は、例えば、前述したとおり、適切な式に基づいて、そのパイロット系列 / 伝送に関するシンボルまたはサンプルを算出することによって生成されることが可能である。また、パイロット系列またはパイロット伝送は、事前計算されて、メモリの中に格納されることも可能である。この場合、パイロット系列またはパイロット伝送は、必要とされる場合にはいつでも、単に、このメモリから読み取ることによって生成されることが可能である。このため、「生成する」という用語には、パイロット系列またはパイロット伝送を獲得する任意のアクション（例えば、計算、メモリ検索など）が含まれることが可能である。

20

【 0 0 5 5 】

I F D M パイロットに関して、T 個の送信アンテナからの T 個のパイロット伝送は、周波数において分離しており、このため、マルチパス通信路において直交である。P A P R は、時間領域において一定のエンベロープを有するパイロット系列が使用される場合、低い。さらに、C h u 系列などの C A Z A C 系列が使用される場合、パイロットエネルギーは、周波数において一様に分布し、これにより、良好なパフォーマンスがもたらされながら、通信路推定および雑音推定が単純化されることが可能である。

30

【 0 0 5 6 】

2 . F D - C D M パイロット

F D - C D M パイロットが、N 個の副搬送波の同一のセット上で T 個の送信アンテナから送られることが可能である。しかし、各アンテナからのパイロット伝送には、周波数領域において異なる直交系列が掛けられる。F D - C D M パイロットは、良好な特性を有するベース系列を使用して生成されることが可能である。

【 0 0 5 7 】

1 つの設計において、長さ N の C h u 系列  $c_N(n)$  が、F D - C D M パイロットに関する時間領域ベース系列として使用される。この C h u 系列は、偶数の N に関して、以下のとおり表現されることが可能である。すなわち、

40

【 数 5 】

$$c_N(n) = e^{j \frac{\pi \lambda n^2}{N}}, \quad n = 0, \dots, N-1 \text{ の場合} \quad \dots \text{式(5)}$$

【 0 0 5 8 】

この C h u 系列  $c_N(n)$  に対して N ポイントの I D F T が実行されて、N 個のシンボルを有する変換された C h u 系列  $C_N(k)$  が獲得されることが可能である。変換された C h u 系列は、周波数領域ベース系列  $B_N(k)$  として使用されることが可能である。別の設計において、C h u 系列  $c_N(n)$  が、周波数領域ベース系列として直接に使用される。さらに別の設計において、長さ N の P N 系列  $P_N(k)$  が、周波数領域ベース系列と

50

して使用される。また、他の系列が、ベース系列として使用されることも可能である。一般に、長さNの周波数領域ベース系列 $B_N(k)$ は、(a)Chu系列に等しく、したがって、 $B_N(k) = c_N(n)$ であり、ただし、 $n = k$ である、(b)変換されたChu系列に等しく、したがって、 $B_N(k) = C_N(k)$ である、(c)PN系列に等しく、したがって、 $B_N(k) = PN(k)$ である、または(d)他の何らかの系列に等しい。

【0059】

T個の送信アンテナに関するFD-CDMパイロットは、様々な仕方で生成されることが可能である。1つのスキームにおいて、周波数領域パイロット系列は、以下のとおり、各送信アンテナに関して生成されることが可能である。すなわち、

【数6】

$$\tilde{P}_i(k) = W_i(k) \cdot B_N(k), \quad k = 0, \dots, N-1 \text{ の場合} \quad \dots \text{式(6)}$$

【0060】

ただし、 $W_i(k)$ は、送信アンテナiに関する直交系列であり、さらに

【数7】

$$\tilde{P}_i(k)$$

【0061】

は、送信アンテナiに関する周波数領域パイロット系列である。

【0062】

一般に、様々な直交系列が、式(6)における $W_i(k)$ として使用されることが可能である。例えば、直交系列は、アダマール行列からのウォルシュ系列、フーリエ行列からの系列などであることが可能である。また、これらの直交系列は、T以上の長さであり、Nの整数の約数である任意の長さを有することも可能である。1つの設計において、直交系列は、以下のとおり定義される。すなわち、

【数8】

$$W_i(k) = e^{j \frac{2\pi i k}{T}}, \quad k = 0, \dots, N-1 \text{ で、 } i = 0, \dots, T-1 \text{ の場合} \quad \dots \text{式(7)}$$

【0063】

T個の直交系列が、 $i = 0, \dots, T-1$ に関して式(7)に基づいて生成されることが可能である。これらの直交系列は、Nという長さを有するが、Tにわたって周期的であり、このため、T個のシンボルごとに繰り返す。これらの直交系列の使用は、時間領域PAPRも、周波数領域PAPRも増大させず、このことは、望ましい。

【0064】

次に、各送信アンテナに関する周波数領域パイロット系列が、以下のとおり生成されることが可能である。すなわち、

【数9】

$$\tilde{P}_i(k) = e^{j \frac{2\pi i k}{T}} \cdot B_N(k), \quad k = 0, \dots, N-1 \text{ の場合} \quad \dots \text{式(8)}$$

【0065】

式(8)は、基本的に、この周波数領域ベース系列を、各送信アンテナに関して異なる周波数にある直交系列で変調する。周波数領域ベース系列を $e^{j \frac{2\pi i k}{T}}$ によって変調することは、対応する時間領域ベース系列をL・i個のサンプルだけ循環桁送りすることと均等であることが示されうる。次に、各送信アンテナに関する時間領域パイロット系列が、以下のとおり生成されることが可能である。

【数10】

$$\tilde{p}_i(n) = b_N((n-i \cdot L) \bmod N), \quad n = 0, \dots, N-1 \text{ の場合} \quad \dots \text{式(9)}$$

10

20

30

40

50

## 【 0 0 6 6 】

ただし、 $b_N(n)$  は、長さ  $N$  の時間領域ベース系列であり、さらに

## 【 数 1 1 】

$$\tilde{p}_i(n)$$

## 【 0 0 6 7 】

は、送信アンテナ  $i$  に関する時間領域パイロット系列である。

## 【 0 0 6 8 】

時間領域ベース系列  $b_N(n)$  は、( a )  $Ch_u$  系列に等しく、したがって、 $b_N(n) = c_N(n)$  である、( b )  $PN$  系列に等しく、したがって、 $b_N(n) = p_n(n)$  である、または ( c ) 他の何らかの系列に等しいことが可能である。式 ( 9 ) における循環桁送りは、時間領域ベース系列の最後の  $L \cdot i$  個のサンプルをとり、これらの  $L \cdot i$  個のサンプルをベース系列の先頭に付加することによって達せられる。異なる送信アンテナに関して、異なる数のサンプルが循環桁送りされる。特に、送信アンテナ 0 に関して、0 個のサンプルが循環桁送りされ、送信アンテナ 1 に関して、 $L$  個のサンプルが循環桁送りされるといった具合であり、送信アンテナ  $T - 1$  に関して、 $( T - 1 ) \cdot L$  個のサンプルが循環桁送りされる。

10

## 【 0 0 6 9 】

図 6 は、 $FD - CDM$  パイロットに関する  $T = 4$  個の送信アンテナに関する例示的なパイロット系列およびパイロット伝送を示す。送信アンテナ 0 に関するパイロット系列は、ベース系列  $b_N(n)$  に等しい。送信アンテナ 1 に関するパイロット系列は、 $L$  個のサンプルだけ循環桁送りされたベース系列に等しい。送信アンテナ 2 に関するパイロット系列は、 $2L$  個のサンプルだけ循環桁送りされたベース系列に等しい。送信アンテナ 3 に関するパイロット系列は、 $3L$  個のサンプルだけ循環桁送りされたベース系列に等しい。各送信アンテナに関するパイロット伝送は、その送信アンテナに関するパイロット系列にサイクリックプレフィックスを付加することによって生成される。

20

## 【 0 0 7 0 】

図 7 は、 $FD - CDM$  パイロットを生成するためのプロセス 700 を示す。複数のパイロット系列が、ベース系列、例えば、送信機固有の値によって定義される  $Ch_u$  系列などの  $CAZAC$  系列の  $FD - CDM$  に基づいて、複数の送信アンテナに関して生成される ( ブロック 710 )。複数のパイロット伝送が、複数のパイロット系列に基づいて生成される ( ブロック 720 )。これらのパイロット伝送は、ダウンリンク上で送られることが可能であり、近隣の基地局には、異なる送信機固有の値が割り当てられることが可能である。また、これらのパイロット伝送は、アップリンク上で送られることも可能であり、異なる端末装置には、異なる送信機固有の値が割り当てられることが可能である。

30

## 【 0 0 7 1 】

図 8 は、 $FD - CDM$  パイロットを生成するためのプロセス 800 を示す。プロセス 800 は、図 7 のブロック 710 および 720 にそれぞれ対応するブロック 810 および 820 を含む。長さ  $N$  の時間領域ベース系列 ( 例えば、送信機固有の値によって定義される  $Ch_u$  系列、 $PN$  系列など ) が、最初に生成される ( ブロック 812 )。次に、各送信アンテナ  $i$  に関する時間領域パイロット系列が、時間領域ベース系列を  $L \cdot i$  個のサンプルだけ循環桁送りすることによって生成される ( ブロック 814 )。時間領域における循環桁送りにより、式 ( 7 ) に示される、周波数領域で直交系列を掛けることが達せられる。長さ  $N + C$  のパイロット伝送が、各送信アンテナに関して、その送信アンテナに関する時間領域パイロット系列に長さ  $C$  のサイクリックプレフィックスを付加することによって生成される ( ブロック 820 )。

40

## 【 0 0 7 2 】

任意の直交系列で、任意の副搬送波構造に関して使用されることが可能な、 $T$  個の送信アンテナに関する  $FD - CDM$  パイロットを生成するための別のスキームにおいては、長さ  $N$  の時間領域ベース系列 ( 例えば、送信機固有の値によって定義される  $Ch_u$  系列 ) が

50

、最初に生成され、 $N$ ポイントのDFFTで変換されて、周波数領域ベース系列が獲得される。各送信アンテナに関して、この周波数領域ベース系列に、そのアンテナに割り当てられた直交系列が掛けられて、中間系列が獲得される。次に、この中間系列に対して $N$ ポイントのIDFTが実行されて、長さ $N$ の時間領域パイロットが獲得される。この時間領域パイロット系列にサイクリックプレフィックスが付加されて、送信アンテナに関するパイロット伝送が獲得されることが可能である。また、 $T$ 個の送信アンテナに関するFD-CDMは、他の仕方でも生成されることが可能である。

#### 【0073】

Chu系列を有するIFDMパイロットとFD-CDMパイロットの両方に関しては、異なる送信局に異なる値が割り当てられて、パイロット干渉が低減され、受信局が、これらの異なる送信局からのパイロットを獲得するのを助けることが可能である。ダウンリンク上では、近隣の基地局またはBTSに、各基地局または各BTSに関して1つの、異なる値が割り当てられることが可能である。各基地局または各BTSは、例えば、前述したとおり、割り当てられた値を使用して、 $U$ 個のアンテナに関する $U$ 個のパイロット伝送を生成することができる。端末装置は、複数の基地局からパイロット伝送を受信することができ、各基地局からのパイロット伝送を、その基地局またはBTSに割り当てられた値に基づいて、検出し、区別することができることが可能である。アップリンク上で、同一の基地局またはBTSにパイロット伝送を同時に送ることができる異なる端末装置に、各端末装置に関して1つの、異なる値が割り当てられることが可能である。各端末装置は、例えば、前述したとおり、割り当てられた値を使用して、 $V$ 個のアンテナに関して $V$ 個のパイロット伝送を生成することができる。基地局は、複数の端末装置からのパイロット伝送を受信することができ、各端末装置からのパイロット伝送を、その端末装置に割り当てられた値に基づいて、検出し、区別することができることが可能である。

#### 【0074】

異なる送信局（例えば、ダウンリンク上の異なる基地局、またはアップリンク上の異なる端末装置）からのパイロット系列は、可能な限り低い相互相関を有することが望ましい。IFDMパイロットに関する長さ $L$ のパイロット系列、またはFD-CDMパイロットに関する長さ $N$ のパイロット系列が、異なる値を使用して生成されることが可能である。これらのパイロット系列の間の相互相関が、異なる時間偏移に関して算出されることが可能である。パイロット系列の間に小さい相互相関を有する値のセットが、使用のために選択されることが可能である。

#### 【0075】

また、異なる値が、アップリンク上のSDM（空間分割多重化）をサポートするのに使用されることも可能である。例えば、所与の基地局に同時に伝送する複数の端末装置に、異なる値が割り当てられることが可能である。各端末装置は、割り当てられた値に基づいてパイロット伝送を生成することができる。代替として、基地局に同時に伝送する複数の端末装置には、同一の値が割り当てられるが、異なる直交系列、または異なる循環送りが割り当てられてもよい。各端末装置は、この共通の値、および割り当てられた直交系列または循環送りに基づいて、その端末装置のパイロット伝送を生成することができる。

#### 【0076】

### 3. パイロット - データ多重化スキーム

一般に、送信局は、TDM、FDMなどを使用して、パイロットとデータ間の直交性を実現することができる。TDMの場合、送信局は、いくつかの時間間隔においてパイロットを送り、他の時間間隔においてデータを送ることができる。FDMの場合、送信局は、いくつかの副搬送波上でパイロットを送り、他の副搬送波上でデータを送ることができる。送信局は、前述した多重化スキームのいずれかを使用して、 $T$ 個の送信アンテナからのパイロット伝送の間で直交性を実現することができる。送信局は、第1の多重化スキームを使用して、 $T$ 個の送信アンテナからパイロットを送り、第2の多重化スキームを使用して、それらの $T$ 個のアンテナからデータを送ることができる。一般に、第1の多重化ス

10

20

30

40

50

キームは、第2の多重化スキームと同一であっても、異なってもよい。

【0077】

図9は、異なる多重化スキームを使用してパイロットおよびデータを送信するためのプロセス900を示す。複数の送信アンテナに関する複数のパイロット伝送が、第1の多重化スキームに基づいて生成される(ブロック912)。これらの複数の送信アンテナに関する複数のデータ伝送が、第1の多重化スキームとは異なる第2の多重化スキームに基づいて生成される(ブロック914)。TDMを使用して、これらの複数のパイロット伝送が、第1の時間間隔において送られることが可能であり、これらの複数のデータ伝送が、第2の時間間隔において送られることが可能である(ブロック916)。また、FDMを使用して、これらの複数のパイロット伝送が、第1の副搬送波セット上で送られることも可能であり、これらの複数のデータ伝送が、第2の副搬送波セット上で送られることが可能である。

10

【0078】

第1の多重化スキームは、OFDMであることが可能であり、第2の多重化スキームは、SC-FDM(例えば、IFDMまたはLFDM)、TD-CDM、SDMなどであることが可能である。第1の多重化スキームは、SC-FDM(例えば、IFDM)であることが可能であり、第2の多重化スキームは、OFDM、TD-CDM、SDMなどであることが可能である。第1の多重化スキームは、FD-CDMであることが可能であり、第2の多重化スキームは、OFDM、SC-FDM、TD-CDM、SDMなどであることが可能である。また、第1の多重化スキームと第2の多重化スキームは、多重化スキームの他の組合せであることも可能である。

20

【0079】

第1の多重化スキームは、MIMO伝送に関して良好な通信路-雑音推定パフォーマンスを実現しながら、パイロットオーバーヘッドを小さくするように選択されることが可能である。第2の多重化スキームは、単一の端末装置の異なるストリームの間で、または異なる端末装置の間でデータ伝送に関する良好なパフォーマンスを実現するように選択されることが可能である。パイロットとデータに関する異なる多重化スキームは、以下に説明されるとおり、通信路推定およびデータ検出のために周波数領域処理を使用して容易にサポートされることが可能である。

30

【0080】

4. 通信路推定

受信局は、送信局からパイロット伝送を受信することができ、この受信されたパイロット伝送に基づいて、様々な仕方で通信路推定を実行することができる。通信路推定は、異なるパイロット多重化スキームに関して、異なる仕方で実行されることが可能である。いくつかの例示的な通信路推定技術が、以下に説明される。

【0081】

IFDMパイロットの場合、受信局は、R個の受信アンテナを介してR個の受信されたパイロット伝送を獲得することができ、受信された各パイロット伝送の中のサイクリックプレフィックスを除去して、N個の時間領域サンプルを獲得することができる。次に、受信局は、各受信アンテナに関するN個の時間領域サンプルを、NポイントのDFTを使用して変換して、IFDMパイロットのために使用されたN個の副搬送波に関するN個の受信されたシンボルを獲得することができる。各受信アンテナからの受信されたシンボルは、以下のとおり表現されることが可能である。すなわち、

40

【数12】

$$R_j(k) = \sum_{i=0}^{T-1} P_i(k) \cdot H_{i,j}(k) + N_j(k), \quad k=0, \dots, N-1 \text{ の場合} \quad \dots \text{式(10)}$$

【0082】

ただし、 $P_i(k)$  は、副搬送波  $k$  上の送信アンテナ  $i$  からの伝送されたシンボルであり、 $H_{i,j}(k)$  は、副搬送波  $k$  上の送信アンテナ  $i$  から受信アンテナ  $j$  までの複素通

50



信路利得であり、 $R_j(k)$  は、副搬送波  $k$  上の受信アンテナ  $j$  からの受信されたシンボルであり、 $N_j(k)$  は、副搬送波  $k$  上の受信アンテナ  $j$  に関する雑音である。

【0083】

$P_i(k)$  は、送信アンテナ  $i$  に関する時間領域パイロット系列  $p_i(n)$  に対して  $N$  ポイントの DFT を実行することによって獲得されることが可能な周波数領域パイロット系列である。

【0084】

式(10)において示されるとおり、受信アンテナ  $j$  からの受信されたシンボル  $R_j(k)$  は、 $T$  個の送信アンテナと受信アンテナ  $j$  との間の通信路利得  $H_{i,j}(k)$  によって重み付けされた  $T$  個の伝送されたシンボル  $P_i(k)$  の合計から成る。この受信されたシンボル  $R_j(k)$  は、雑音  $N_j(k)$  によってさらに劣化させられる。IFDMパイロットの場合、各送信アンテナ  $i$  には、 $N$  個の副搬送波の異なるサブセットが割り当てられる。このため、送信アンテナ  $i$  からの伝送されたシンボル  $P_i(k)$  は、アンテナ  $i$  に割り当てられた  $L$  個の副搬送波だけに関して 0 以外である。

10

【0085】

1つの設計において、通信路利得は、以下のとおり、最小2乗技術に基づいて推定される。すなわち、

【数13】

$$\hat{H}_{i,j}(k \cdot T + i) = \frac{R_j(k \cdot T + i)}{P_i(k \cdot T + i)}, \quad k = 0, \dots, L-1 \text{ の場合} \quad \dots \text{式(11)}$$

20

【0086】

ただし、

【数14】

$$\hat{H}_{i,j}(k \cdot T + i)$$

【0087】

は、 $H_{i,j}(k \cdot T + i)$  の推定値である、副搬送波  $k \cdot T + i$  に関する送信アンテナ  $i$  と受信アンテナ  $j$  の間の通信路利得推定値である。各送信アンテナには、 $L$  個の副搬送波の異なるセットが割り当てられるので、式(11)は、各送信アンテナに関する通信路利得推定値を、アンテナ  $i$  に割り当てられた  $L$  個の副搬送波からの受信されたシンボルを、アンテナ  $i$  からの伝送されたシンボルで割ることによって導き出す。

30

【0088】

別の設計において、通信路利得は、以下のとおり、MMSE(最小2乗平均誤差)技術に基づいて推定される。すなわち、

【数15】

$$\hat{H}_{i,j}(k \cdot T + i) = \frac{R_j(k \cdot T + i) \cdot P_i^*(k \cdot T + i)}{|P_i(k \cdot T + i)|^2 + \sigma_N^2(k \cdot T + i)}, \quad k = 0, \dots, L-1 \text{ の場合} \quad \dots \text{式(12)}$$

40

【0089】

ただし、

【数16】

$$\sigma_N^2(k \cdot T + i)$$

【0090】

は、副搬送波  $k \cdot T + i$  に関する雑音  $N_j(k \cdot T + i)$  の分散である。Chu系列に関して、 $|P_i(k \cdot T + i)|^2 = 1$  であり、式(12)における分母は、

【数 17】

$$1 + \sigma_N^2(k \cdot T + i)$$

【0091】

で置き換えられることが可能である。

【0092】

送信アンテナ  $i$  と受信アンテナ  $j$  の各ペアの各副搬送波  $k$  に関して、通信路利得推定値が、式(11)もしくは式(12)、または他の何らかの式に基づいて導き出されることが可能である。  $T$  個の送信アンテナと  $R$  個の受信アンテナのすべてに関して、各送信アンテナ - 受信アンテナペアに関して1つの、  $T \cdot R$  個の通信路利得推定値セットが獲得されることが可能であり、各セットは、  $L$  個の副搬送波に関する  $L$  個の通信路利得推定値を含む。通信路利得推定値の各セットは、以下のとおり、  $L$  ポイントの IDFT を使用して変換されて、  $L$  個のタップを有する、対応する通信路インパルス応答推定値が獲得されることが可能である。すなわち、

10

【数 18】

$$\hat{h}_{i,j}(\ell) = \text{IDFT} \{ \hat{H}_{i,j}(k) \} \quad \dots \text{式(13)}$$

【0093】

ただし、

【数 19】

$$\hat{h}_{i,j}(\ell)$$

20

【0094】

は、送信アンテナ  $i$  と受信アンテナ  $j$  との間の通信路インパルス応答推定値である。また、通信路インパルス応答推定値は、最小2乗技術、MMSE技術、堅牢なMMSE技術、または当技術分野で知られている他の何らかの技術を使用して、通信路利得推定値から獲得されることも可能である。

【0095】

トランケーション (truncation)、しきい値処理、タップ選択などの様々なタイプの後処理が、各通信路インパルス応答推定値の  $L$  個の通信路タップに対して実行されることが可能である。トランケーションの場合、最初の  $Q$  個の通信路タップが、保持され、残りの  $L - Q$  個の通信路タップはゼロ設定され、ただし、  $Q$  は、無線通信路の予期される遅延拡散に基づいて選択されることが可能である。しきい値処理の場合、或るしきい値を下回る大きさを有する通信路タップがゼロ設定され、ただし、このしきい値は、或る固定の値、または  $L$  個すべての通信路タップの合計エネルギーの或る特定のパーセンテージであることが可能である。タップ選択の場合、  $B$  個の最良の通信路タップが保持され、他のすべての通信路タップは、ゼロ設定され、ただし、  $B$  は、或る固定の値である、または  $SNR$  に基づいて決定される構成可能な値などであることが可能である。

30

【0096】

後処理を完了した後、各送信アンテナ - 受信アンテナペアに関する  $L$  タップ通信路インパルス応答推定値が、  $N - L$  個の0で埋められることが可能である。次に、このゼロ詰めされた通信路インパルス応答推定値に対して  $N$  ポイントの DFT が実行されて、送信アンテナ - 受信アンテナペアの  $N$  個の副搬送波に関する  $N$  個の通信路利得推定値が獲得されることが可能である。これらの通信路利得推定値は、受信されたデータシンボルの MIMO 検出のため、および/または他の目的で使用されることが可能である。

40

【0097】

FD-CDMパイロットの場合、各受信アンテナからの受信されたシンボルは、以下のとおり表現されることが可能である。すなわち、

【数 2 0】

$$\tilde{R}_j(k) = \sum_{i=0}^{T-1} \tilde{P}_i(k) \cdot H_{i,j}(k) + N_j(k), \quad k=0, \dots, N-1 \text{ の場合} \quad \dots \text{式(14)}$$

【0 0 9 8】

ただし、

【数 2 1】

$$\tilde{R}_j(k)$$

10

【0 0 9 9】

は、副搬送波  $k$  上の受信アンテナ  $j$  からの受信されたシンボルである。

【0 1 0 0】

1つの設計において、通信路利得は、以下のとおり、最小2乗技術に基づいて推定される。すなわち、

【数 2 2】

$$\hat{H}_{i,j}(k) = \frac{\tilde{R}_j(k)}{\tilde{P}_i(k)} = H_{i,j}(k) + H_{mf,j}(k) + \tilde{N}_j(k), \quad k=0, \dots, N-1, \text{ の場合} \quad \dots \text{式(15)}$$

【0 1 0 1】

ただし、

【数 2 3】

$$H_{mf,j}(k) = \frac{\sum_{m=0, m \neq i}^{T-1} \tilde{P}_m(k) \cdot H_{m,j}(k)}{\tilde{P}_i(k)} \quad \dots \text{式(16)}$$

20

【0 1 0 2】

であり、

【数 2 4】

$$\tilde{N}_j(k) = N_j(k) / \tilde{P}_i(k)$$

30

【0 1 0 3】

は、処理された雑音である。

【0 1 0 4】

 $H_{inf,j}(k)$  は、送信アンテナ  $i$  に関する通信路利得推定値

【数 2 5】

$$\hat{H}_{i,j}(k)$$

【0 1 0 5】

によって観測される、その他の  $T-1$  個の送信アンテナからのパイロット伝送に起因する干渉である。式(7)に示される直交系列に関して、各送信アンテナ  $m$  からの送信アンテナ  $i$  に対する干渉は、以下のとおり表現されることが可能である。すなわち、

40

【数 2 6】

$$\frac{\tilde{P}_m(k) \cdot H_{m,j}(k)}{\tilde{P}_i(k)} = e^{j \frac{2\pi(m-i)k}{T}} \cdot H_{m,j}(k), \quad m=0, \dots, T-1, m \neq i \text{ の場合} \quad \dots \text{式(17)}$$

【0 1 0 6】

式(17)の  $N$  ポイントの IDFT は、以下のとおり表現されることが可能である。すなわち、

50

【数 27】

$$h_{m,j}(\ell - (m-i) \cdot L) = \text{IDFT} \left\{ e^{j \frac{2\pi(m-i)k}{T}} \cdot H_{m,j}(k) \right\} \quad \dots \text{式(18)}$$

【0107】

式(17)および式(18)は、送信アンテナ m からの送信アンテナ i に対する干渉が、 $(m-i) \cdot L$  個のタップだけ桁送りされた送信アンテナ m に関する通信路インパルス応答  $h_{m,j}(\ell)$  であることを示す。 $h_{m,j}(\ell)$  の桁送りの量は、送信アンテナ m および i に関する循環桁送りの差に等しい。このため、L は、無線通信路の予期される遅延拡散より大きくなければならない。次に、式(15)の N ポイントの IDFT は、以下のとおり表現されることが可能である。すなわち、

10

【数 28】

$$\hat{h}_{i,j}(\ell) = h_{i,j}(\ell) + h_{inf,j}(\ell) + n(\ell) \quad \dots \text{式(19)}$$

【0108】

ただし、

【数 29】

$$h_{inf,j}(\ell) = \sum_{m=0, m \neq i}^{T-1} h_{m,j}(\ell - (m-i) \cdot L) \quad \dots \text{式(20)}$$

20

【0109】

式(19)および式(20)は、送信アンテナ i と受信アンテナ j の間の通信路インパルス応答推定値

【数 30】

$$\hat{h}_{i,j}(\ell)$$

【0110】

が、所望される通信路インパルス応答  $h_{i,j}(\ell)$  に、その他の  $T-1$  個の送信アンテナに関する  $T-1$  個の時間偏移された通信路インパルス応答を足した値を含むことを示す。このため、式(6)におけるその他のパイロット系列の除去は、送信アンテナ i に関する  $h_{i,j}(\ell)$  を含む最初の L 個の通信路タップを保持し、その他の  $T-1$  個の送信アンテナに関する  $h_{m,j}(\ell)$  を含む残りの  $N-L$  個の通信路タップを破棄することによって、時間領域において実行されることが可能である。

30

【0111】

平坦な周波数スペクトルを有する Chu 系列を有する最小 2 乗技術の場合、N 個の副搬送波に関する N 個の受信されたシンボル

【数 31】

$$\tilde{R}_j(k)$$

40

【0112】

に対して、変換された Chu 系列の位相を除去した後、N ポイントの IDFT が実行されて、N 個の通信路タップが獲得されることが可能である。平坦な周波数スペクトルを有さない他のベース系列(例えば、PN 系列)の場合、受信されたシンボル

【数 32】

$$\tilde{R}_j(k)$$

【0113】

50

は、周波数領域ベース系列  $B_N(k)$  で割られ、次に、 $N$  ポイントの  $I D F T$  を使用して変換されて、 $N$  個の通信路タップが獲得されることが可能である。式 (7) において示される直交系列の場合、最初の  $L$  個の通信路タップが、送信アンテナ 0 に関する通信路インパルス応答推定値

【数 3 3】

$$\hat{h}_{0,j}(\ell)$$

【0 1 1 4】

として提供されることが可能であり、次の  $L$  個の通信路タップが、送信アンテナ 1 に関する通信路インパルス応答推定値

10

【数 3 4】

$$\hat{h}_{1,j}(\ell)$$

【0 1 1 5】

として提供されることが可能であるといった具合であり、最後の  $L$  個の通信路タップが、送信アンテナ  $T - 1$  に関する通信路インパルス応答推定値

【数 3 5】

$$\hat{h}_{T-1,j}(\ell)$$

20

【0 1 1 6】

として提供されることが可能である。

【0 1 1 7】

別の設計において、通信路利得は、以下のとおり、 $M M S E$  技術に基づいて推定される。すなわち、

【数 3 6】

$$\hat{H}_{i,j}(k) = \frac{R_j(k) \cdot \tilde{P}_i^*(k)}{|\tilde{P}_i(k)|^2 + \sigma_N^2(k)}, \quad k=0, \dots, N-1 \text{ の場合} \quad \dots \text{式(21)}$$

30

【0 1 1 8】

式 (21) からの  $N$  個の通信路利得推定値に対して  $N$  ポイントの  $I D F T$  が実行されて、前述したとおり、 $T$  個の送信アンテナに関する  $T$  個の通信路インパルス応答推定値に関して  $N$  個の通信路タップが獲得されることが可能である。

【0 1 1 9】

一般に、各受信アンテナ  $j$  に関する  $N$  個の副搬送波からの  $N$  個の受信されたシンボル

【数 3 7】

$$\tilde{R}_j(k)$$

【0 1 2 0】

40

が、最小 2 乗技術、 $M M S E$  技術、または他の何らかの技術に基づいて周波数領域ベース系列  $B_N(k)$  を使用して処理されて、 $N$  個の初期通信路利得推定値

【数 3 8】

$$\hat{H}_{i,j}(k)$$

【0 1 2 1】

が獲得されることが可能である。これらの  $N$  個の初期通信路利得推定値に、周波数領域において各送信アンテナに関する直交系列  $W_i(k)$  が掛けられて、その送信アンテナに関する  $L$  個の通信路利得推定値が獲得されることが可能である。各送信アンテナに関する、これらの  $L$  個の通信路利得推定値が、 $L$  ポイントの  $I D F T$  を使用して変換されて、その

50

送信アンテナに関する L タップの通信路インパルス応答推定値

【数 3 9】

$$\hat{h}_{i,j}(\ell)$$

【 0 1 2 2 】

が獲得されることが可能である。代替として、その他のパイロット系列の除去は、前述したとおり、時間領域において実行されてもよい。いずれにしても、各送信アンテナに関する、これらの L タップの通信路インパルス応答推定値に対して後処理（例えば、トラッキング、しきい値処理、タップ選択、ゼロ詰めなど）が実行されて、N タップのゼロ詰めされた通信路インパルス応答推定値が獲得されることが可能であり、この推定値が、次に、N ポイントの D F T を使用して変換されて、その送信アンテナの N 個の副搬送波に関する N 個の最終通信路利得推定値が獲得されることが可能である。この処理は、F D - C D M パイロットのために使用される周波数領域ベース系列  $B_N(k)$  および直交系列  $W_i(k)$  に応じて様々な仕方で行われることが可能である。また、通信路推定は、他の仕方で行われることも可能である。

10

【 0 1 2 3 】

各副搬送波に関する背景雑音および干渉は、受信されたシンボル、および通信路利得推定値に基づいて推定されることが可能である。I F D M パイロットの場合、各副搬送波 k に関する雑音および干渉は、以下のとおり推定されることが可能である。

【数 4 0】

20

$$\sigma_{N,j}^2(k) = |R_j(k) - \sum_{i=0}^{T-1} P_i(k) \cdot \hat{H}_{i,j}(k)|^2 \quad \dots \text{式(22)}$$

【 0 1 2 4 】

ただし、

【数 4 1】

$$\sigma_{N,j}^2(k)$$

【 0 1 2 5 】

は、副搬送波 k 上の受信アンテナ j に関する雑音および干渉の推定される分散である。雑音および干渉は、F D - C D M パイロットに関するのと同様の仕方で行われることが可能であり、ただし、 $R_j(k)$  は、

30

【数 4 2】

$$\tilde{R}_j(k)$$

【 0 1 2 6 】

で置き換えられ、 $P_i(k)$  は、

【数 4 3】

$$\tilde{P}_i(k)$$

40

【 0 1 2 7 】

で置き換えられる。この雑音 - 干渉推定値

【数 4 4】

$$\sigma_{N,j}^2(k)$$

【 0 1 2 8 】

が、R 個の受信アンテナにわたって平均されて、各副搬送波 k に関する雑音 - 干渉推定値

【数 4 5】

$$\sigma_N^2(k)$$

50

【 0 1 2 9 】

が獲得されることが可能であり、この推定値が、MIMO検出および/またはその他の目的で使用されることが可能である。また、この雑音 - 干渉推定値

【 数 4 6 】

$$\sigma_N^2(k)$$

【 0 1 3 0 】

が、すべての副搬送波にわたって、時間にわたって平均されて、長期雑音 - 干渉推定値が獲得され、この推定値が、動作条件を推定するのに、および/またはその他の目的で使用されることが可能である。

10

【 0 1 3 1 】

5 . MIMO検出

受信局は、MMSE技術、ZF(ゼロ強制)技術、MRC(最大比合成)技術、空間 - 周波数等化技術などの様々なMIMO検出技術に基づいて、送信局によって送信されたデータシンボルを回復することができる。各副搬送波kに関するR個の受信アンテナからの受信されたデータシンボルは、以下のとおり表現されることが可能である。

【 数 4 7 】

$$\mathbf{r}(k) = \mathbf{H}(k) \cdot \mathbf{x}(k) + \mathbf{n}(k) = \sum_{i=0}^{T-1} \mathbf{h}_i(k) \cdot X_i(k) + \mathbf{n}(k) \quad \dots \text{式(23)}$$

20

【 0 1 3 2 】

ただし、 $\mathbf{r}(k)$  は、R個の受信アンテナからの受信されたシンボルの  $R \times 1$  ベクトルであり、

$\mathbf{x}(k) = [X_0(k) \dots X_{T-1}(k)]^T$  は、「 $T$ 」が転置を表すT個の送信アンテナから送られた、伝送されたシンボルの  $T \times 1$  ベクトルであり、

$\mathbf{h}_i(k) = [H_{i,0}(k) \dots H_{i,R-1}(k)]^T$  は、送信アンテナiに関する通信路利得の  $R \times 1$  ベクトルであり、

$\mathbf{H}(k) = [\mathbf{h}_0(k) \dots \mathbf{h}_{T-1}(k)]$  は、 $R \times T$  のMIMO通信路応答行列であり、さらに、 $\mathbf{n}(k)$  は、雑音の  $R \times 1$  ベクトルである。

【 0 1 3 3 】

30

伝送されるシンボル  $X_i(k)$  は、OFDMを使用して周波数領域において送られるデータシンボル、またはSC-FDMを使用して時間領域において送られるデータシンボルのDFTであることが可能である。 $\mathbf{h}_i(k)$  および  $\mathbf{H}(k)$  における通信路利得は、前述したとおり、受信されたパイロット伝送に基づいて推定されることが可能である。

【 0 1 3 4 】

等化係数が、以下のとおり、MMSE技術、ZF技術、およびMRC技術に基づいて導き出されることが可能である。すなわち、

【 数 4 8 】

$$\mathbf{w}_i^H(k) = \frac{S_i(k)}{1 + S_i(k) \cdot \mathbf{h}_i^H(k) \cdot \mathbf{\Psi}_i^{-1}(k) \cdot \mathbf{h}_i(k)} \cdot \mathbf{h}_i^H(k) \cdot \mathbf{\Psi}_i^{-1}(k) \quad \dots \text{式(24)}$$

40

【 数 4 9 】

$$\tilde{\mathbf{w}}_i^H(k) = \frac{S_i(k)}{1 + S_i(k) \cdot \mathbf{h}_i^H(k) \cdot \mathbf{h}_i(k)} \cdot \mathbf{h}_i^H(k) \quad \dots \text{式(25)}$$

【 数 5 0 】

$$\tilde{\mathbf{w}}_i^H(k) = \mathbf{h}_i^H(k) \quad \dots \text{式(26)}$$

【 0 1 3 5 】

50

ただし、  
【数 5 1】

$$\underline{\mathbf{w}}_i^H(k)$$

【0 1 3 6】

は、送信アンテナ  $i$  に関する M M S E 等化係数の  $1 \times R$  ベクトルであり、  
【数 5 2】

$$\tilde{\underline{\mathbf{w}}}_i^H(k)$$

【0 1 3 7】

は、送信アンテナ  $i$  に関する Z F 等化係数の  $1 \times R$  ベクトルであり、  
【数 5 3】

$$\tilde{\tilde{\underline{\mathbf{w}}}}_i^H(k)$$

【0 1 3 8】

は、送信アンテナ  $i$  に関する M R C 等化係数の  $1 \times R$  ベクトルであり、  
 $S_i(k) = E\{|X_i(k)|^2\}$  は、アンテナ  $i$  から送られた  $X_i(k)$  のパワース  
ベクトルであり、 $\underline{\mathbf{r}}_i(k)$  は、アンテナ  $i$  に関する  $R \times R$  の雑音 - 干渉共分散行列であ  
り、さらに「 $\cdot^H$ 」は、共役転置を表す。

【0 1 3 9】

雑音 - 干渉共分散行列は、以下のとおり表現されることが可能である。すなわち、  
【数 5 4】

$$\underline{\Psi}_i(k) = \sum_{m=0, m \neq i}^{T-1} S_m(k) \cdot \underline{\mathbf{h}}_m(k) \cdot \underline{\mathbf{h}}_m^H(k) + \underline{\mathbf{R}}(k) \quad \dots \text{式(27)}$$

【0 1 4 0】

ただし、 $\underline{\mathbf{R}}(k) = E\{\underline{\mathbf{n}}(k) \cdot \underline{\mathbf{n}}^H(k)\}$  は、 $R \times R$  の雑音共分散行列であり、  
 $E\{\}$  は、期待値演算である。

【0 1 4 1】

雑音共分散行列は、空間上、およびスペクトル上、相関していない雑音に関して、  
【数 5 5】

$$\underline{\mathbf{R}}(k) = \sigma_N^2(k) \cdot \underline{\mathbf{I}}$$

【0 1 4 2】

として近似されることが可能であり、ただし、 $\underline{\mathbf{I}}$  は、恒等行列である。また、 $\underline{\mathbf{R}}(k)$  は  
、式(22)に基づいて推定されることも可能である。

【0 1 4 3】

各送信アンテナ  $i$  に関する M I M O 検出は、以下のとおり実行されることが可能である  
。すなわち、

【数 5 6】

$$Y_i(k) = \underline{\mathbf{w}}_i^H(k) \cdot \underline{\mathbf{r}}(k) = B_i(k) \cdot X_i(k) + V_i(k) \quad \dots \text{式(28)}$$

【0 1 4 4】

ただし、 $Y_i(k)$  は、送信アンテナ  $i$  から送られた  $X_i(k)$  の偏った推定値であり  
、

【数 5 7】

$$B_i(k) = \underline{\mathbf{w}}_i^H(k) \cdot \underline{\mathbf{h}}_i(k)$$

【0 1 4 5】

は、 $X_i(k)$  に関する換算係数であり、さらに  $V_i(k)$  は、 $X_i(k)$  に関する検出

10

20

30

40

50



後雑音 - 干渉である。

【 0 1 4 6 】

次に、各送信アンテナ  $i$  に関する検出されたシンボルが、以下のとおり表現されることが可能である。すなわち、

【 数 5 8 】

$$\hat{X}_i(k) = \frac{Y_i(k)}{B_i(k)} \quad \dots \text{式 (29)}$$

【 0 1 4 7 】

これらの検出されたシンボル

10

【 数 5 9 】

$$\hat{X}_i(k)$$

【 0 1 4 8 】

は、データシンボルが、OFDMを使用して周波数領域において送られる場合、データシンボル推定値として直接に提供されることが可能である。これらの検出されたシンボルは、データシンボルが、SC-FDMを使用して時間領域において送られる場合、IDFTを使用して変換されて、データシンボル推定値が獲得されることが可能である。

【 0 1 4 9 】

情報および信号は、様々な異なる技術および技法のいずれかを使用して表現されることが可能であることが、当業者には理解されよう。例えば、以上の説明のいたるところで言及された可能性があるデータ、命令、コマンド、情報、信号、ビット、シンボル、およびチップは、電圧、電流、電磁波、磁界もしくは磁気粒子、光場もしくは光粒子、または以上の任意の組合せによって表されることが可能である。

20

【 0 1 5 0 】

本明細書の開示に関連して説明される様々な例示的な論理ブロック、モジュール、回路、およびアルゴリズムステップは、電子ハードウェア、コンピュータソフトウェア、または電子ハードウェアとコンピュータソフトウェアの組合せとして実施されることが可能であることが、当業者にはさらに理解されよう。ハードウェアとソフトウェアの、この互換性を明確に示すのに、様々な例示的な構成要素、ブロック、モジュール、回路、およびステップが、一般的に機能の点で以上に説明されてきた。そのような機能が、ハードウェアとして実施されるか、またはソフトウェアとして実施されるかは、全体的なシステムに課される特定の応用上の制約および設計制約に依存する。当業者は、それぞれの特定の応用例に関して様々な仕方でも、説明される機能を実施することができるが、そのような実施上の決定は、本開示の範囲からの逸脱を生じさせるものと解釈されるべきではない。

30

【 0 1 5 1 】

本明細書の開示に関連して説明される様々な例示的な論理ブロック、モジュール、および回路は、本明細書で説明される機能を実行するように設計された、汎用プロセッサ、DSP（デジタル信号プロセッサ）、ASIC（特定用途向け集積回路）、FPGA（フィールドプログラマブルゲートアレイ）もしくは他のプログラマブル論理デバイス、ディスクリット（discrete）のゲート論理もしくはトランジスタ論理、ディスクリットのハードウェア構成要素、または以上の任意の組合せを使用して実施される、または実行されることが可能である。汎用プロセッサは、マイクロプロセッサであることが可能であるが、代替形態において、プロセッサは、任意の従来プロセッサ、コントローラ、マイクロコントローラ、またはステートマシンであることが可能である。また、プロセッサは、コンピューティングデバイスの組合せ、例えば、DSPとマイクロプロセッサの組合せ、複数のマイクロプロセッサ、DSPコアと連携する1つまたは複数のマイクロプロセッサ、または他の任意のそのような構成として実施されることも可能である。

40

【 0 1 5 2 】

本明細書の開示に関連して説明される方法またはアルゴリズムのステップは、ハードウ

50

エアで直接に、プロセッサによって実行されるソフトウェアモジュールで、またはこれら2つの組合せで実現されることが可能である。ソフトウェアモジュールは、RAMメモリ、フラッシュメモリ、ROMメモリ、EPROMメモリ、EEPROMメモリ、レジスタ、ハードディスク、リムーバブルディスク、CD-ROM、または当技術分野で知られている他の任意の形態の記憶媒体の中に存在することが可能である。例示的な記憶媒体は、プロセッサが、その記憶媒体から情報を読み取ること、およびその記憶媒体に情報を書き込むことができるように、プロセッサに結合される。代替形態において、記憶媒体は、プロセッサと一体化していてもよい。このプロセッサと記憶媒体は、ASIC内部に存在することが可能である。ASICは、ユーザ端末装置内部に存在することが可能である。代替形態において、プロセッサと記憶媒体は、ユーザ端末装置内部のディスクリートの構成要素として存在してもよい。

10

【0153】

項目名が、参照のため、およびいくつかのセクションを探し出すのに役立つように、本明細書に含まれる。これらの項目名は、これらの項目名の下で説明される概念の範囲を限定することを意図しておらず、さらに、これらの概念は、本明細書全体で他のセクションにおいて当てはまることも可能である。

【0154】

本開示の前段の説明は、任意の当業者が、本開示を作成する、または使用することができるようにするように提供される。本開示の様々な変形が、当業者には直ちに明白となり、本明細書で定義される一般的な原理は、本開示の趣旨または範囲を逸脱することなく、他の様々な変種に適用されることも可能である。このため、本開示は、本明細書で説明される例に限定されることは意図されず、本明細書で開示される原理および新奇な特徴と合致する最も広い範囲が認められるべきである。

20

以下に、本願の出願当初の特許請求の範囲に記載された事項を付記する。

[ 1 ]

異なる副搬送波セット上で時間領域において送られる複数のパイロットシンボルをそれぞれが備える複数の送信アンテナに関する複数のパイロット系列を生成し、前記複数のパイロット系列に基づいて複数のパイロット伝送を生成する少なくとも1つのプロセッサと

前記少なくとも1つのプロセッサに結合されたメモリとを備える装置。

30

[ 2 ]

前記少なくとも1つのプロセッサは、Chu系列に基づいて前記複数のパイロット系列を生成する [ 1 ] に記載の装置。

[ 3 ]

前記少なくとも1つのプロセッサは、送信機固有の値によって定義されるChu系列に基づいて前記複数のパイロット系列を生成する [ 1 ] に記載の装置。

[ 4 ]

前記少なくとも1つのプロセッサは、CAZAC (一定振幅0自己相関) 系列またはPN (擬似乱数) 系列に基づいて前記複数のパイロット系列を生成する [ 1 ] に記載の装置。

40

[ 5 ]

前記少なくとも1つのプロセッサは、ベース系列を複数回、反復することによって、拡張されたベース系列を生成し、前記拡張されたベース系列に複数の異なる位相勾配を適用することによって前記複数のパイロット系列を生成する [ 1 ] に記載の装置。

[ 6 ]

前記少なくとも1つのプロセッサは、複数の時間領域シンボルを備える時間領域ベース系列を生成し、前記時間領域ベース系列を変換して、複数の変換されたシンボルを備える周波数領域ベース系列を獲得し、前記複数の変換されたシンボルを、各送信アンテナに関して1つの、前記複数の送信アンテナに関する複数の副搬送波セットにマップし、前記送信アンテナに関する副搬送波セット上の変換されたシンボルに基づいて、各送信アンテナ

50

に関するパイロット系列を生成する [ 1 ] に記載の装置。

[ 7 ]

異なる副搬送波セット上で時間領域において送られる複数のパイロットシンボルをそれぞれが備える複数の送信アンテナに関する複数のパイロット系列を生成すること、および前記複数のパイロット系列に基づいて複数のパイロット伝送を生成することを備える方法。

[ 8 ]

前記複数のパイロット系列を前記生成することは、C h u 系列、C A Z A C (一定振幅 0 自己相関) 系列、または P N (擬似乱数) 系列に基づいて前記複数のパイロット系列を生成することを備える [ 7 ] に記載の方法。

10

[ 9 ]

前記複数のパイロット系列を前記生成することは、ベース系列を複数回、反復することによって、拡張されたベース系列を生成すること、および前記拡張されたベース系列に複数の異なる位相勾配を適用することによって前記複数のパイロット系列を生成することを備える [ 7 ] に記載の方法。

[ 10 ]

異なる副搬送波セット上で時間領域において送られる複数のパイロットシンボルをそれぞれが備える複数のパイロット伝送を、複数の受信アンテナを介して受信し、前記複数の受信されたパイロット伝送を処理して、通信路推定値を獲得する少なくとも 1 つのプロセッサと、前記少なくとも 1 つのプロセッサに結合されたメモリとを備える装置。

20

[ 11 ]

前記少なくとも 1 つのプロセッサは、前記複数の受信されたパイロット伝送に基づいて、受信されたシンボルを獲得し、複数の送信アンテナに関する複数のパイロット系列を獲得し、前記受信されたシンボル、および前記複数のパイロット系列に基づいて前記通信路推定値を導き出す [ 10 ] に記載の装置。

[ 12 ]

受信された各パイロット伝送に関して、前記少なくとも 1 つのプロセッサは、前記受信されたパイロット伝送に基づいて、複数の副搬送波セットに関する受信されたシンボルの複数のセットを獲得し、対応するパイロット系列に基づいて、受信されたシンボルの各セットをスケール変更して、スケール変更されたシンボルのセットを獲得し、スケール変更されたシンボルの対応するセットに基づいて各送信アンテナに関する通信路推定値を導き出す [ 11 ] に記載の装置。

30

[ 13 ]

受信された各パイロット伝送に関して、前記少なくとも 1 つのプロセッサは、前記受信されたパイロット伝送に基づいて、複数の送信アンテナに関する複数の通信路インパルス応答推定値を導き出し、前記複数の通信路インパルス応答推定値に基づいて、前記複数の送信アンテナに関する通信路利得推定値を導き出す [ 10 ] に記載の装置。

[ 14 ]

前記少なくとも 1 つのプロセッサは、各通信路インパルス応答推定値に対して、しきい値処理を実行して、或るしきい値を下回る大きさを有する通信路タップをゼロ設定し、しきい値処理の後、対応する通信路インパルス応答推定値に基づいて各送信アンテナに関する通信路利得推定値を導き出す [ 13 ] に記載の装置。

40

[ 15 ]

異なる副搬送波セット上で時間領域において送られる複数のパイロットシンボルをそれぞれが備える複数のパイロット伝送を、複数の受信アンテナを介して受信すること、および前記複数の受信されたパイロット伝送を処理して、通信路推定値を獲得することを備える方法。

50

[ 1 6 ]

前記複数の受信されたパイロット伝送を前記処理することは、  
前記複数の受信されたパイロット伝送に基づいて、受信されたシンボルを獲得すること

、  
複数の送信アンテナに関する複数のパイロット系列を獲得すること、および  
前記受信されたシンボル、および前記複数のパイロット系列に基づいて前記通信路推定  
値を導き出すことを備える [ 1 5 ] に記載の方法。

[ 1 7 ]

前記複数の受信されたパイロット伝送を前記処理することは、受信された各パイロット  
伝送に関して、

前記受信されたパイロット伝送に基づいて複数の送信アンテナに関する複数の通信路イ  
ンパルス応答推定値を導き出すこと、および

前記複数の通信路インパルス応答推定値に基づいて前記複数の送信アンテナに関する通  
信路利得推定値を導き出すことを備える [ 1 5 ] に記載の方法。

[ 1 8 ]

送信機固有の値によって定義される C h u 系列の F D - C D M ( 周波数領域符号分割多  
重化 ) に基づいて複数の送信アンテナに関する複数のパイロット系列を生成し、前記複数の  
パイロット系列に基づいて複数のパイロット伝送を生成する少なくとも 1 つのプロセッ  
サと、

前記少なくとも 1 つのプロセッサに結合されたメモリとを備える装置。

[ 1 9 ]

前記少なくとも 1 つのプロセッサは、前記送信機固有の値を有する前記 C h u 系列を生  
成し、前記 C h u 系列に基づいて前記複数のパイロット系列を生成する [ 1 8 ] に記載の  
装置。

[ 2 0 ]

前記少なくとも 1 つのプロセッサは、前記 C h u 系列を  
【数 6 0】

$$c(n) = e^{j \frac{\pi \lambda n^2}{N}}$$

のとおり生成し、ただし、c ( n ) は、前記 C h u 系列であり、N は、前記 C h u 系列の  
長さであり、  $\lambda$  は、前記送信機固有の値であり、n は、時間指標である [ 1 9 ] に記載の  
装置。

[ 2 1 ]

前記少なくとも 1 つのプロセッサは、前記 C h u 系列の異なる循環桁送りに基づいて前  
記複数のパイロット系列のそれぞれを生成する [ 1 9 ] に記載の装置。

[ 2 2 ]

前記少なくとも 1 つのプロセッサは、前記 C h u 系列に基づいて周波数領域ベース系列  
を生成し、前記周波数領域ベース系列に複数の直交系列を掛けて、複数の中間系列を獲得  
し、前記複数の中間系列に基づいて前記複数のパイロット系列を生成する [ 1 8 ] に記載  
の装置。

[ 2 3 ]

前記複数のパイロット伝送は、ダウンリンク上で送られ、近隣の基地局に、異なる送信  
機固有の値が割り当てられる [ 1 8 ] に記載の装置。

[ 2 4 ]

前記複数のパイロット伝送は、アップリンク上で送られ、異なる端末装置に、異なる送  
信機固有の値が割り当てられる [ 1 8 ] に記載の装置。

[ 2 5 ]

送信機固有の値によって定義される C h u 系列の F D - C D M ( 周波数領域符号分割多

10

20

30

40

50

重化)に基づいて複数の送信アンテナに関する複数のパイロット系列を生成すること、および

前記複数のパイロット系列に基づいて複数のパイロット伝送を生成することを備える方法。

[ 2 6 ]

前記複数のパイロット系列を前記生成することは、

前記送信機固有の値を有する前記 C h u 系列を生成すること、および

前記 C h u 系列に基づいて前記複数のパイロット系列を生成することを備える [ 2 5 ] に記載の方法。

[ 2 7 ]

前記複数のパイロット系列を前記生成することは、前記 C h u 系列の異なる循環桁送りに基づいて前記複数のパイロット系列のそれぞれを生成することを備える [ 2 5 ] に記載の方法。

[ 2 8 ]

送信機固有の値によって定義される C h u 系列の F D - C D M (周波数領域符号分割多重化)に基づいて複数の送信アンテナに関する複数のパイロット系列を生成するための手段と、

前記複数のパイロット系列に基づいて複数のパイロット伝送を生成するための手段とを備える装置。

[ 2 9 ]

前記複数のパイロット系列を生成するための前記手段は、

前記送信機固有の値を有する前記 C h u 系列を生成するための手段と、

前記 C h u 系列に基づいて前記複数のパイロット系列を生成するための手段とを備える [ 2 8 ] に記載の装置。

[ 3 0 ]

前記複数のパイロット系列を生成するための前記手段は、前記 C h u 系列の異なる循環桁送りに基づいて前記複数のパイロット系列のそれぞれを生成するための手段を備える [ 2 8 ] に記載の装置。

[ 3 1 ]

送信機固有の値によって定義される C h u 系列の F D - C D M (周波数領域符号分割多重化)に基づいて生成された複数のパイロット伝送を、複数の受信アンテナを介して受信し、前記複数の受信されたパイロット伝送を処理して、通信路推定値を獲得する少なくとも1つのプロセッサと、

前記少なくとも1つのプロセッサに結合されたメモリとを備える装置。

[ 3 2 ]

受信された各パイロット伝送に関して、前記少なくとも1つのプロセッサは、前記受信されたパイロット伝送に基づいて、受信されたシンボルを獲得し、前記受信されたシンボルに基づいて複数の送信アンテナに関する通信路推定値を導き出す [ 3 1 ] に記載の装置。

[ 3 3 ]

受信された各パイロット伝送に関して、前記少なくとも1つのプロセッサは、前記受信されたシンボルに基づいて、通信路タップの複数の重なり合わないセットを備える複数の通信路タップを導き出し、通信路タップの前記複数の重なり合わないセットのそれぞれを、前記複数の送信アンテナの異なる1つに関する通信路インパルス応答推定値として提供する [ 3 2 ] に記載の装置。

[ 3 4 ]

受信された各パイロット伝送に関して、前記少なくとも1つのプロセッサは、前記受信されたシンボルに複数の直交系列を掛けて、前記複数の送信アンテナに関するシンボルの複数のセットを獲得し、シンボルの対応するセットに基づいて各送信アンテナに関する通信路推定値を導き出す [ 3 2 ] に記載の装置。

10

20

30

40

50

[ 3 5 ]

受信された各パイロット伝送に関して、前記少なくとも1つのプロセッサは、前記受信されたパイロット伝送に基づいて、受信されたシンボルを獲得し、前記C h u系列に基づいて算出された複数のパイロット系列に基づいて、前記受信されたシンボルをスケール変更して、スケール変更されたシンボルの複数のセットを獲得し、スケール変更されたシンボルの前記複数のセットに基づいて複数の送信アンテナに関する通信路推定値を導き出す [ 3 1 ] に記載の装置。

[ 3 6 ]

前記複数の受信されたパイロット伝送は、ダウンリンクを介して獲得され、近隣の基地局に、異なる送信機固有の値が割り当てられる [ 3 1 ] に記載の装置。

10

[ 3 7 ]

前記複数の受信されたパイロット伝送は、アップリンクを介して獲得され、異なる端末装置に、異なる送信機固有の値が割り当てられる [ 3 1 ] に記載の装置。

[ 3 8 ]

前記複数の受信されたパイロット伝送は、アップリンクを介して獲得され、異なる端末装置に、共通の送信機固有の値、および前記共通の送信機固有の値によって定義される前記C h u系列のF D - C D Mによって生成されたパイロット系列の異なる循環桁送りが割り当てられる [ 3 1 ] に記載の装置。

[ 3 9 ]

送信機固有の値によって定義されるC h u系列のF D - C D M (周波数領域符号分割多重化) に基づいて生成された複数のパイロット伝送を、複数の受信アンテナを介して受信すること、および

20

前記複数の受信されたパイロット伝送を処理して、通信路推定値を獲得することを備える方法。

[ 4 0 ]

前記複数の受信されたパイロット伝送を前記処理することは、受信された各パイロット伝送に関して、

前記受信されたパイロット伝送に基づいて、受信されたシンボルを獲得すること、  
前記受信されたシンボルに基づいて、通信路タップの複数の重なり合わないセットを備える複数の通信路タップを導き出すこと、および

30

通信路タップの前記複数の重なり合わないセットのそれぞれを、複数の送信アンテナの異なる1つに関する通信路インパルス応答推定値として提供することを備える [ 3 9 ] に記載の方法。

[ 4 1 ]

前記複数の受信されたパイロット伝送を前記処理することは、受信された各パイロット伝送に関して、

前記受信されたパイロット伝送に基づいて、受信されたシンボルを獲得すること、  
前記C h u系列に基づいて算出された複数のパイロット系列に基づいて、前記受信されたシンボルをスケール変更して、スケール変更されたシンボルの複数のセットを獲得すること、および

40

スケール変更されたシンボルの前記複数のセットに基づいて複数の送信アンテナに関する通信路推定値を導き出すことを備える [ 3 9 ] に記載の方法。

[ 4 2 ]

送信機固有の値によって定義されるC h u系列のF D - C D M (周波数領域符号分割多重化) に基づいて生成された複数のパイロット伝送を、複数の受信アンテナを介して受信するための手段と、

前記複数の受信されたパイロット伝送を処理して、通信路推定値を獲得するための手段とを備える装置。

[ 4 3 ]

前記複数の受信されたパイロット伝送を前記処理するための手段は、受信された各パイ

50

ロット伝送に関して、

前記受信されたパイロット伝送に基づいて、受信されたシンボルを獲得するための手段と、

前記受信されたシンボルに基づいて、通信路タップの複数の重なり合わないセットを備える複数の通信路タップを導き出すための手段と、

通信路タップの前記複数の重なり合わないセットのそれぞれを、複数の送信アンテナの異なる1つに関する通信路インパルス応答推定値として提供するための手段とを備える [ 4 2 ] に記載の装置。

[ 4 4 ]

前記複数の受信されたパイロット伝送を処理するための手段は、受信された各パイロット伝送に関して、

前記受信されたパイロット伝送に基づいて、受信されたシンボルを獲得するための手段と、

前記 C h u 系列に基づいて算出された複数のパイロット系列に基づいて、前記受信されたシンボルをスケール変更して、スケール変更されたシンボルの複数のセットを獲得するための手段と、

スケール変更されたシンボルの前記複数のセットに基づいて複数の送信アンテナに関する通信路推定値を導き出すための手段とを備える [ 4 2 ] に記載の装置。

[ 4 5 ]

第1の多重化スキームに基づいて複数の送信アンテナに関する複数のパイロット伝送を生成し、前記第1の多重化スキームとは異なる第2の多重化スキームに基づいて前記複数の送信アンテナに関する複数のデータ伝送を生成する少なくとも1つのプロセッサと、

前記少なくとも1つのプロセッサに結合されたメモリとを備える装置。

[ 4 6 ]

前記第1の多重化スキームは、O F D M ( 直交周波数分割多重化 ) であり、前記第2の多重化スキームは、S C - F D M ( 単一搬送波周波数分割多重化 ) または C D M ( 符号分割多重化 ) である [ 4 5 ] に記載の装置。

[ 4 7 ]

前記第1の多重化スキームは、S C - F D M ( 単一搬送波周波数分割多重化 ) であり、前記第2の多重化スキームは、O F D M ( 直交周波数分割多重化 ) または C D M ( 符号分割多重化 ) である [ 4 5 ] に記載の装置。

[ 4 8 ]

前記第1の多重化スキームは、F D - C D M ( 周波数領域符号分割多重化 ) であり、前記第2の多重化スキームは、O F D M ( 直交周波数分割多重化 ) または S C - F D M ( 単一搬送波周波数分割多重化 ) である [ 4 5 ] に記載の装置。

[ 4 9 ]

前記第1の多重化スキームは、I F D M ( インターリーブ型周波数分割多重化 ) であり、前記第2の多重化スキームは、L F D M ( 局所化された周波数分割多重化 ) である [ 4 5 ] に記載の装置。

[ 5 0 ]

前記少なくとも1つのプロセッサは、T D M ( 時間分割多重化 ) を使用して、第1の時間間隔において前記複数のパイロット伝送を送り、第2の時間間隔において前記複数のデータ伝送を送る [ 4 5 ] に記載の装置。

[ 5 1 ]

前記少なくとも1つのプロセッサは、F D M ( 周波数分割多重化 ) を使用して、第1の副搬送波セット上で前記複数のパイロット伝送を送り、第2の副搬送波セット上で前記複数のデータ伝送を送る [ 4 5 ] に記載の装置。

[ 5 2 ]

第1の多重化スキームに基づいて複数の送信アンテナに関する複数のパイロット伝送を生成すること、および

10

20

30

40

50

前記第 1 の多重化スキームとは異なる第 2 の多重化スキームに基づいて前記複数の送信アンテナに関する複数のデータ伝送を生成することを備える方法。

[ 5 3 ]

T D M ( 時間分割多重化 ) を使用して、第 1 の時間間隔において前記複数のパイロット伝送を送ること、および

第 2 の時間間隔において前記複数のデータ伝送を送ることをさらに備える [ 5 2 ] に記載の方法。

[ 5 4 ]

第 1 の多重化スキームに基づいて生成された複数のパイロット伝送を受信し、前記第 1 の多重化スキームとは異なる第 2 の多重化スキームに基づいて生成された複数のデータ伝送を受信し、前記複数のパイロット伝送、および前記複数のデータ伝送は、複数の送信アンテナから複数の受信アンテナに送られる M I M O ( 多入力多出力 ) 伝送に関する少なくとも 1 つのプロセッサと、

前記少なくとも 1 つのプロセッサに結合されたメモリとを備える装置。

[ 5 5 ]

前記少なくとも 1 つのプロセッサは、前記複数の受信されたパイロット伝送に基づいて前記複数の送信アンテナ、および前記複数の受信アンテナに関する通信路推定値を導き出し、前記通信路推定値に基づいて前記複数の受信されたデータ伝送に関するデータ検出を実行する [ 5 4 ] に記載の装置。

[ 5 6 ]

第 1 の多重化スキームに基づいて生成された複数のパイロット伝送を受信すること、および

前記第 1 の多重化スキームとは異なる第 2 の多重化スキームに基づいて生成された複数のデータ伝送を受信し、前記複数のパイロット伝送、および前記複数のデータ伝送は、複数の送信アンテナから複数の受信アンテナに送られる M I M O ( 多入力多出力 ) 伝送に関することを備える方法。

[ 5 7 ]

前記複数の受信されたパイロット伝送に基づいて前記複数の送信アンテナ、および前記複数の受信アンテナに関する通信路推定値を導き出すこと、および

前記通信路推定値に基づいて前記複数の受信されたデータ伝送に関するデータ検出を実行することをさらに備える [ 5 6 ] に記載の方法。

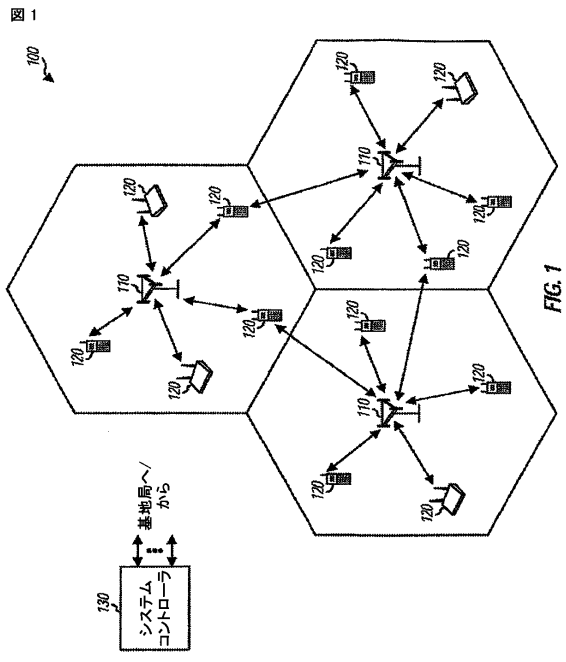
10

20

30



【図1】



【図2】

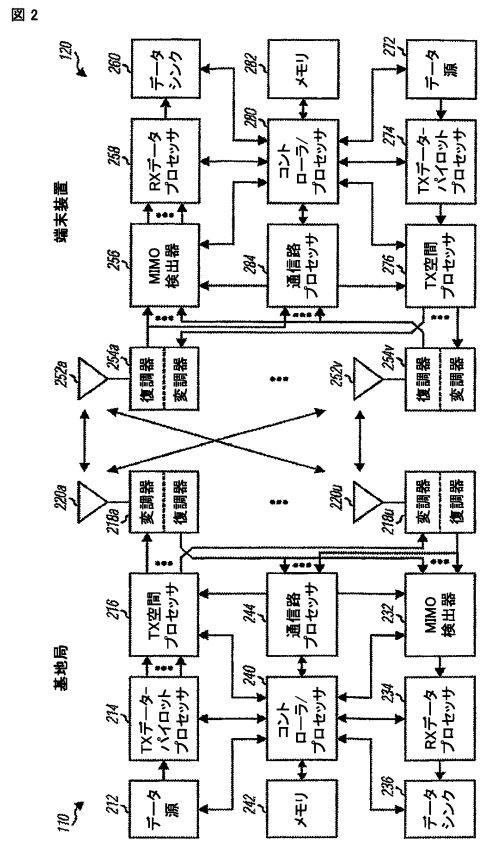


FIG. 2

【図3A】

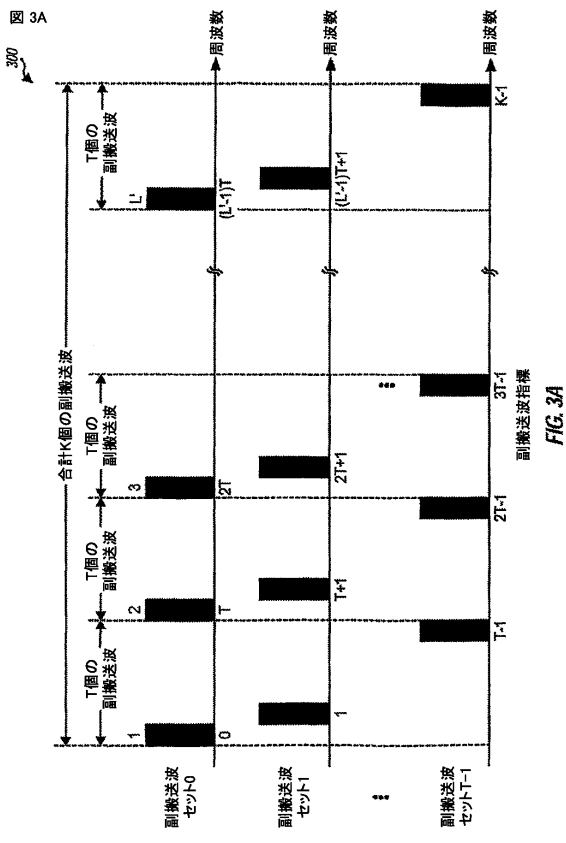


FIG. 3A

【図3B】

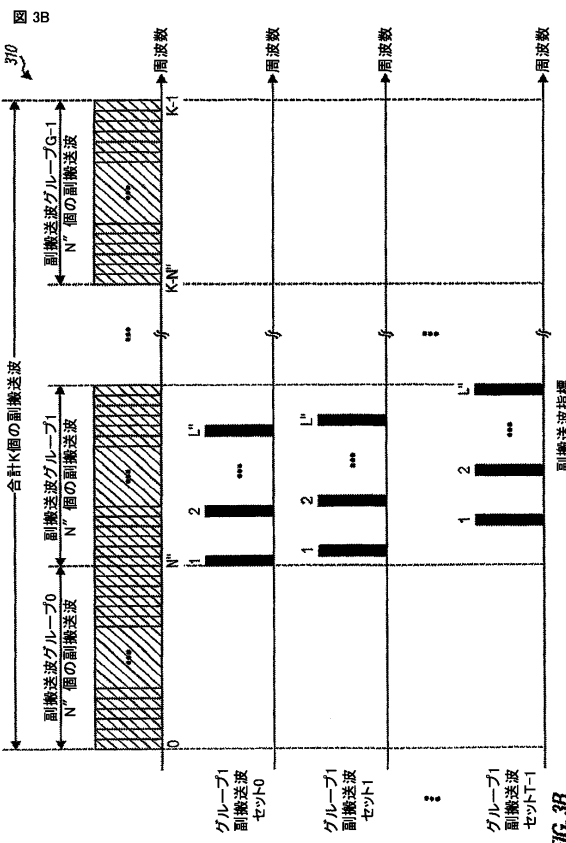


FIG. 3B

【 図 4 】

図 4

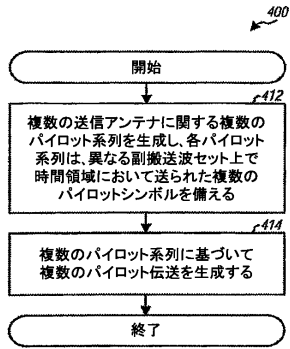


FIG. 4

【 図 5 】

図 5

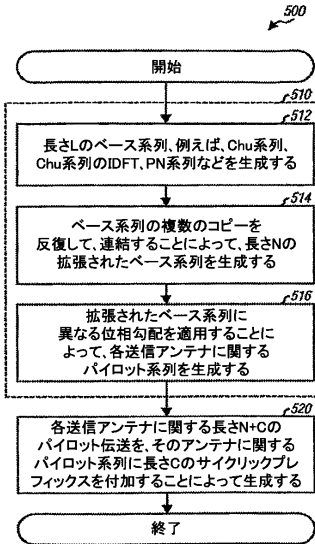


FIG. 5

【 図 6 】

図 6

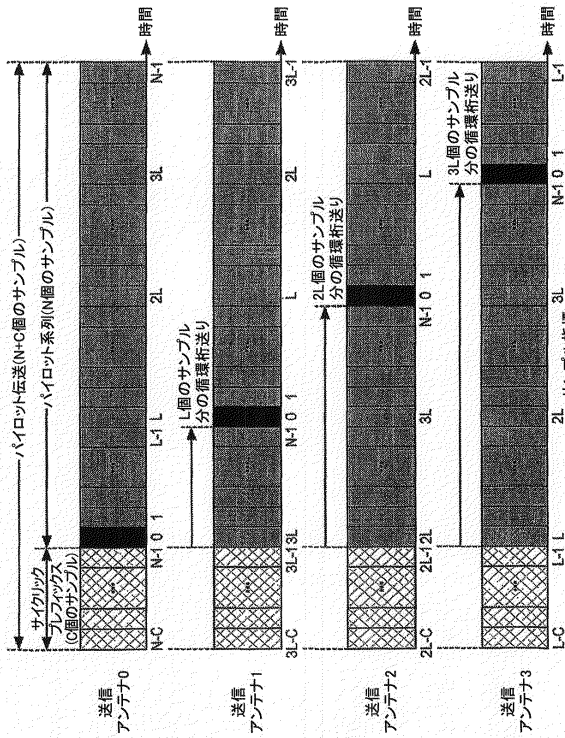


FIG. 6

【 図 7 】

図 7

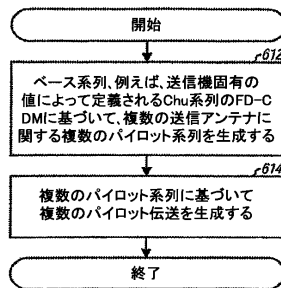


FIG. 7

【 図 8 】

図 8

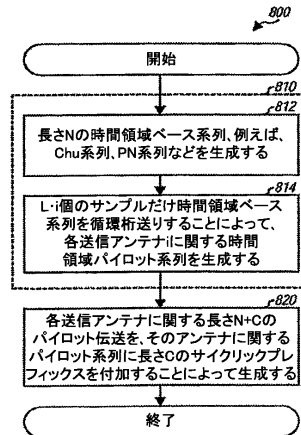


FIG. 8

【 図 9 】

図 9

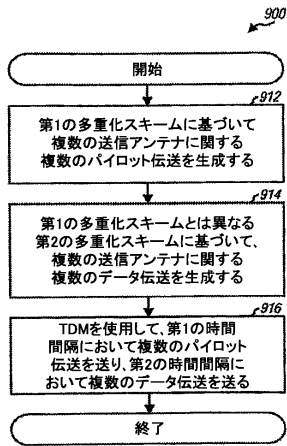


FIG. 9

## フロントページの続き

- (74)代理人 100153051  
弁理士 河野 直樹
- (74)代理人 100140176  
弁理士 砂川 克
- (74)代理人 100158805  
弁理士 井関 守三
- (74)代理人 100179062  
弁理士 井上 正
- (74)代理人 100124394  
弁理士 佐藤 立志
- (74)代理人 100112807  
弁理士 岡田 貴志
- (74)代理人 100111073  
弁理士 堀内 美保子
- (72)発明者 ビュン - ホン・キム  
アメリカ合衆国、カリフォルニア州 9 2 1 2 2、サン・ディエゴ、フィオア・テラス 5 2 3 5  
、シー - 2 2 0
- (72)発明者 ヨンビン・ウェイ  
アメリカ合衆国、カリフォルニア州 9 2 1 2 9、サン・ディエゴ、ブリッケリア・ストリート  
1 2 1 4 0
- (72)発明者 アミア・ダッパ  
アメリカ合衆国、インディアナ州 4 7 9 0 6、ウェスト・ラファイエット、エアポート・ロード  
1 4 1、アパートメント・ナンバー 1 0

審査官 佐藤 敬介

- (56)参考文献 国際公開第2005/057870(WO, A1)  
国際公開第2004/077730(WO, A2)  
特開2005-295429(JP, A)  
国際公開第2004/114615(WO, A1)  
米国特許出願公開第2005/0047518(US, A1)  
国際公開第2005/109712(WO, A1)  
J. Siew, J. Coon, R. Piechocki, A. Nix, M. Beach, S. Armour, J. McGeehan, A bandwidth  
efficient channel estimation algorithm for MIMO-SCFDE, Vehicular Technology Conference  
, 2003. VTC 2003-Fall. 2003 IEEE 58th, 2003年10月 9日, (Volume:2), pp.1142-114  
6

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
H04J 11/00  
H04B 7/04  
H04J 99/00  
IEEE Explore  
CiNii