

(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2012-182803

(P2012-182803A)

(43) 公開日 平成24年9月20日(2012.9.20)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO4J 99/00 (2009.01)	HO4J 15/00	5K067
HO4J 11/00 (2006.01)	HO4J 11/00 Z	5K159
HO4B 7/04 (2006.01)	HO4B 7/04	
HO4W 16/28 (2009.01)	HO4Q 7/00 234	
HO4W 24/10 (2009.01)	HO4Q 7/00 245	

審査請求 有 請求項の数 10 O L 外国語出願 (全 48 頁)

(21) 出願番号 特願2012-91844 (P2012-91844)
 (22) 出願日 平成24年4月13日 (2012. 4. 13)
 (62) 分割の表示 特願2001-573665 (P2001-573665) の分割
 原出願日 平成13年3月20日 (2001. 3. 20)
 (31) 優先権主張番号 09/539, 224
 (32) 優先日 平成12年3月30日 (2000. 3. 30)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 595020643
 クアアルコム・インコーポレイテッド
 QUALCOMM INCORPORATED
 アメリカ合衆国、カリフォルニア州 92121-1714、サン・ディエゴ、モアハウス・ドライブ 5775
 (74) 代理人 100108855
 弁理士 蔵田 昌俊
 (74) 代理人 100159651
 弁理士 高倉 成男
 (74) 代理人 100091351
 弁理士 河野 哲
 (74) 代理人 100088683
 弁理士 中村 誠

最終頁に続く

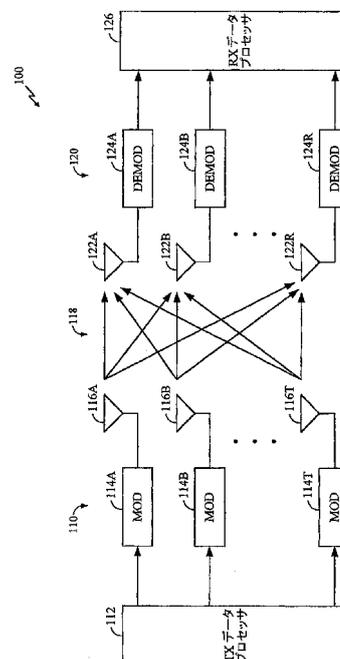
(54) 【発明の名称】 高効率、高性能な通信システムにおけるチャネル状態情報の測定及び報告のための方法及び装置

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 高効率、高性能な通信システムにおけるチャネル状態情報の測定及び報告のための方法及び装置を提供する。

【解決手段】 チャネル状態情報 (CSI) は、送信装置及び受信装置の間で予備条件送信のために通信システム 100 により使用されることができる。共通の要素をもたないサブチャネルの組は、送信装置に位置決められた送信アンテナに対して割り当てられる。パイロットシンボルは、共通の要素をもたないサブチャネルの部分集合に形成され及び伝送される。送信されたパイロットシンボルを受けると、受信装置は、パイロットシンボルを伝えた共通の要素をもたないサブチャネルのための CSI を決定する。逆方向リンク上の CSI に報告するために必要な情報量は、圧縮技術及びリソース割り振り技術を通じて更に最小化されることができる。

【選択図】 図 1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

下記工程を具備する、多重入力/多重出力通信システムにおける伝搬チャネルの送信特性の測定及び報告のための方法：

複数のパイロット信号を生成する；

該複数のパイロット信号を、伝搬チャネルを通して送信装置及び複数の受信装置の間で送信する、ここにおいて、該送信装置は、少なくとも一つの送信アンテナを具備し、該複数の受信装置のそれぞれは、少なくとも一つの受信アンテナを具備し、及び該伝搬チャネルは、該送信装置及び該複数の受信装置の間に複数のサブチャネルを具備する；

該複数の受信装置のそれぞれで、該複数のパイロット信号のうちの少なくとも一つを受信する；

該複数のサブチャネルのうちの少なくとも一つのための送信特性の組を決定する、ここにおいて、該送信特性の組を決定する該工程は、該複数の受信装置のそれぞれで受信した該複数のパイロット信号のうちの少なくとも一つを使用する；

該複数の受信装置のそれぞれから該送信装置へ情報信号を報告する、ここにおいて、情報信号は、該複数のサブチャネルのうちの少なくとも一つに関する該送信特性の組を伝える；及び、

該情報信号に基づいて、送信装置で送信パラメータの組を最適化する。

【請求項 2】

前記複数のパイロット信号を送信する前記工程は、下記工程を具備する、請求項 1 の方法：

共通の要素をもたない複数の直交周波数分割多重化 (OFDM) サブチャネルの組を生成する、ここにおいて、該共通の要素をもたない複数の OFDM サブチャネルの組は、共通の要素をもたない、実質的に直交周波数分割多重化サブチャネルの組を具備できる；及び、

該共通の要素をもたない複数の OFDM サブチャネルの組の少なくとも一つで、該複数のパイロット信号の少なくとも一つを送信する。

【請求項 3】

前記少なくとも一つの送信アンテナが、他のいかなる送信アンテナからも空間的に遠く離れている場合、該共通の要素をもたない複数の OFDM サブチャネルの組を生成する前記工程は、該共通の要素をもたない複数の OFDM サブチャネルの組のうちの少なくとも一つを再利用する工程を具備する、請求項 2 の方法。

【請求項 4】

該複数のサブチャネルのうちの少なくとも一つのための該送信特性の組を決定する前記工程は、該共通の要素をもたない OFDM サブチャネルの組のグループを分析する工程を具備する、請求項 2 の方法。

【請求項 5】

前記送信特性の組は、平均的な干渉レベルを具備する、請求項 4 の方法。

【請求項 6】

前記送信特性の組は、ノイズレベルを具備する、請求項 4 の方法。

【請求項 7】

前記複数のパイロット信号は、複数の直交シーケンスを具備する、請求項 1 の方法。

【請求項 8】

前記複数のパイロット信号は、複数の OFDM シンボルを具備する、請求項 1 の方法。

【請求項 9】

前記複数の OFDM シンボルは、直交方向に符号化される、請求項 8 の方法。

【請求項 10】

前記複数の OFDM シンボルは、ウォルシュコードシーケンスで直交方向に符号化される、請求項 9 の方法。

【請求項 11】

10

20

30

40

50

前記複数のパイロット信号は、複数のシフトされた最大長のシフトレジスタシーケンス（ m -シーケンス）を具備する、ここにおいて、該複数のシフトされた m -シーケンスのそれぞれは、所定の周期により分割される、請求項1の方法。

【請求項12】

前記複数のパイロット信号は、複数のシフトされた、添付の m -シーケンスを具備する、ここにおいて、該複数のシフトされた、添付の m -シーケンスのそれぞれは、該 m -シーケンスの反復された部分を含む、請求項11の方法。

【請求項13】

前記共通の要素をもたないOFDMサブチャネルの組の前記グループは、下記を具備する、請求項4の方法：

主要なリンクと関連する該共通の要素をもたない複数のOFDMサブチャネルの組のうちの少なくとも一つ；及び、

干渉するリンクの組と関連する該共通の要素をもたない複数のOFDMサブチャネルの組のうちの少なくとも一つ。

【請求項14】

前記情報信号は、前記主要なリンク及び前記干渉するリンクの組に関連する前記送信特性の組を伝える、請求項13の方法。

【請求項15】

送信パラメータを報告する前記工程は、下記工程を具備する、請求項2の方法：

前記主要なリンクの送信特性の組を代表する多項式の関数を生成する；及び、

前記多項式の関数と関連する係数の組を送信する。

【請求項16】

前記情報信号を報告する前記工程は、前記複数のサブチャネルのうちの少なくとも一つのための前記送信特性の組を圧縮する工程を具備する、ここにおいて、前記送信特性の組は、チャンネル周波数応答上で実行される逆高速フーリエ変換から得られる、請求項2の方法。

【請求項17】

下記工程をさらに具備する、請求項1の方法：

前記送信装置で複数のスケジューリングメッセージを生成する；及び、

前記複数の受信装置のうちの少なくとも一つに、該複数のスケジューリングメッセージのうちの少なくとも一つを送信する、ここにおいて、該複数のスケジューリングメッセージのうちの前記少なくとも一つの受信で、前記複数の受信装置の前記少なくとも一つは、前記情報信号を報告する前記工程を予定する。

【請求項18】

下記を具備する、多重入力/多重出力通信システムの伝搬チャネルの送信特性を測定及び報告するための装置：

複数のパイロット信号を生成するための手段；

送信装置及び複数の受信装置間の伝搬チャネルを通して、該複数のパイロット信号を送信するための手段、ここにおいて、前記送信装置は、少なくとも一つの送信アンテナを具備する、前記複数の受信装置のそれぞれは、少なくとも一つの受信アンテナを具備する、及び前記伝搬チャネルは、前記送信装置及び前記複数の受信装置の間に複数のサブチャネルを具備する；

前記受信装置において、前記複数のパイロット信号のうちの少なくとも一つを受信するための手段；

前記複数のサブチャネルのうちの少なくとも一つのための送信特性の組を決定するための手段、ここにおいて、前記送信特性の組を決定する前記工程は、前記複数の受信装置のそれぞれで受信された前記複数のパイロット信号のうちの少なくとも一つを使用する；

前記複数の受信装置のそれぞれから前記送信装置に情報信号を報告するための手段、ここにおいて、前記情報信号は、前記複数のサブチャネルのうちの少なくとも一つのための前記送信特性の組を伝える；及び、

10

20

30

40

50

前記情報信号に基づいて、前記送信装置で送信パラメータの組を最適化するための手段。

【請求項 19】

下記工程を具備する、多重入力/多重出力(MIMO)システムのチャネル状態情報(CSI)を測定及び報告するための方法：

共通の要素をもたない複数のサブチャネルの組を複数の送信アンテナに割り当てる；
 複数の直交周波数分割多重化(OFDM)パイロット信号を送信装置から複数の受信装置へ送信する、ここにおいて、該複数OFDMパイロット信号の各々は、該共通の要素をもたない複数のサブチャネルの組のうち少なくとも一つで送信される；

前記複数のOFDMパイロット信号を復調する；

前記共通の要素をもたない複数のサブチャネルの組の前記CSIを決定する、ここにおいて、前記CSIを決定する前記工程は、前記復調された複数のOFDMパイロット信号を使用する；

前記共通の要素をもたない複数のサブチャネルの組の前記CSIを、前記送信装置に送信する；及び、

送信シンボルをあらかじめ調整する。

10

【請求項 20】

前記共通の要素をもたない複数のサブチャネルの組の前記CSIを送信する前記工程は、下記工程を具備する、請求項19の方法：

前記CSIを減じられた行列に圧縮する；及び、

前記減じられた行列の代表を前記送信装置に送信する。

20

【請求項 21】

前記減じられた行列は、チャネル応答行列及び該チャネル応答行列の複素共役を乗じた乗算結果である、ここにおいて、前記チャネル応答行列は、複数の前記CSI利得値を含む、請求項20の方法。

【請求項 22】

前記減少した行列の前記代表は、固有モードの行列である、請求項21の方法。

【請求項 23】

前記共通の要素をもたない複数のサブチャネルの組の前記CSIを決定する前記工程は、下記工程をさらに具備する、請求項19の方法：

通信リンクが所定のしきい値より少ない数のマルチパス構成要素を有するかどうかを決定する；及び、

前記マルチパス構成要素の数が、前記所定のしきい値より少ない場合、前記通信リンクのチャネル周波数応答の組で逆高速フーリエ変換(IFFT)操作を実行する、ここにおいて、前記IFFT操作の前記結果は、前記送信装置に送信されるチャネル状態情報である。

30

【請求項 24】

下記を具備する、多重入力/多重出力通信システムのチャネル状態情報(CSI)を測定及び報告するシステム：

共通の要素をもたない複数のサブチャネルの組を複数の送信アンテナに割り当てるための、複数のパイロット信号を生成するための、該複数のパイロット信号のそれぞれを該共通の要素をもたない複数のサブチャネルの組のうち少なくとも一つに割り当てるための、及び送信データをあらかじめ調整するための、基地局におけるプロセッサ；

前記複数のパイロット信号を受信するための、及び前記複数のパイロット信号を前記複数の割り当てられた共通の要素をもたないサブチャネルの組に変調するためのプロセッサに接続された変調器、ここにおいて、前記複数の割り当てられた共通の要素をもたないサブチャネルの組は、前記複数の送信アンテナにより送信される；

前記共通の要素をもたない複数のサブチャネルの組で伝えられたデータを受信するための、複数の受信装置のそれぞれにおける復調器；及び、

復調されたデータを分析するための、前記複数の受信装置のそれぞれにおける前記復

40

50

調器に接続されたプロセッサ、ここにおいて、前記プロセッサは、変調されたデータからのCSIを決定する及び前記基地局に送信するためのCSIメッセージを生成する、ここにおいて、前記CSIメッセージは、前記基地局において、送信データをあらかじめ調整するための前記プロセッサによって使われる。

【請求項25】

前記複数の受信装置のそれぞれで前記復調器に接続している前記プロセッサは、前記共通の要素をもたない複数のサブチャネルの組のサブセットのための前記CSIメッセージを生成する、請求項24のシステム。

【請求項26】

前記基地局における前記プロセッサは、複数の直交シーケンスを具備する複数のパイロット信号を生成する、請求項24のシステム。

10

【請求項27】

前記基地局における前記プロセッサは、複数の定期的なOFDMシンボルを具備する複数のパイロット信号を生成する、請求項24のシステム。

【請求項28】

前記基地局における前記プロセッサは、複数のシフトされた最大長のシフトレジスタシーケンス(m-シーケンス)を具備する複数のパイロット信号を生成する、請求項24のシステム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

20

【0001】

本発明は通信の分野に関する。より詳しくは、本発明は高効率、高性能な通信システムのチャネル状態情報の測定及び報告に関する。

【背景技術】

【0002】

今日、無線通信システムは、フェージング及びマルチパスを経験するチャンネルを通して動作するために要求される。そのような通信システムは、以下にIS-95標準と称する「デュアルモード広帯域スペクトラム拡散セルラシステムのためのTIA/EIA/IS-95の移動局-基地局互換性標準に従う符号分割マルチプルアクセス(CDMA)システム」である。CDMAシステムは、地上リンクを通してユーザ間の音声及びデータ通信をサポートする。多元アクセス通信システムのCDMA技術の使用は、米国特許番号4、901、307のタイトル「人工衛星または地上中継器を使用しているスペクトル拡散多元接続通信システム」及び、米国特許番号5、103、459のタイトル「CDMAセルラ電話システムの波形を形成するためのシステム及び方法」において、開示され、両方とも本発明の譲受人に譲渡され、ここにて取り込まれる。

30

【0003】

IS-95システムは、受信装置において、チャネルパラメータを評価することによって、能率的に動作することができ、そしてそこでは受信信号を復調するためにこれらの評価されたチャネルパラメータを使用する。IS-95システムは、すべての基地局からパイロット信号の送信を要求することによって、チャネル評価を効率的にする。このパイロット信号は、受信装置によって、公知の循環するPN-タイプのシーケンスである。パイロット信号のローカルレプリカ(local replica)と受信されたパイロット信号の相関は、受信装置にチャンネルの複合インパルス応答(complex impulse response)を評価させ、従って復調器パラメータを調整するのを可能にする。IS-95の波形及びシステムパラメータにとって、受信装置により測定されたチャネルコンディション(channel conditions)上の情報を送信器ユニットへ報告することは、必要ないかもしくはは有益でない。

40

【0004】

無線通信に絶えず成長するよう要求が与えられるため、より高い効率、より高い性能の無線通信システムは望ましい。より高性能な無線通信システムの一つのタイプは、多重受信アンテナに伝搬チャンネルを通して送信するために多重送信アンテナを使用する多重入力

50

／多重出力（MIMO）システムである。より低い性能のシステムのように、MIMOシステムの伝搬チャネルは、隣接したアンテナからの干渉と同様にマルチパスの有害な効果を受ける。送信された信号が、異なる遅延を有する多重伝搬路を通して受信装置に到着する時、マルチパス（multipath）は発生する。信号が多重伝搬路から到着する時、信号の構成要素が破壊的に結合する可能性があり、それはフェージング（fading）と呼ばれる。有効性を改良し、MIMOシステムの複雑性を減少させるために、伝搬チャネルの特性に関する情報が、送信の前に信号をあらかじめ調整する目的で送信装置へ返送されることができる。

【0005】

伝搬チャネルの特性が素早く変わる時、信号をあらかじめ調整することはむずかしいことがある。チャンネル応答は、受信装置の動きのため時間とともに変化することが有りえ、また受信装置を囲む環境中で変化する。移動環境が与えられると、最適の性能は、フェージング及び干渉統計量のようなチャンネル特性に関する情報が決定され、チャンネル特性がかなり変化する前に送信装置にただちに送信されることを要求する。測定が遅延及びリポーティングプロセス（reporting process）が増加するにつれて、チャンネル応答情報のユーティリティ（utility）は減少する。現在の要求は、チャンネル特性の迅速な決定を提供する効率的な技術に対して存在する。

【発明の概要】

【0006】

本発明は高効率、高性能な通信システムにおいて、チャンネル状態情報の測定及び報告のための方法と装置に関し、下記工程を具備する：複数のパイロット信号を形成する；送信装置及び複数の受信装置間の伝搬チャネルを通して複数のパイロット信号を送信する、ここにおいて、送信装置は、少なくとも一つの送信アンテナを具備する、複数の受信装置のそれぞれは、少なくとも一つの受信アンテナを具備する、及び伝搬チャネルは、送信装置と複数の受信装置との間の複数のサブチャネル（sub-channels）を具備する；複数の受信装置のそれぞれにおいて、複数のパイロット信号のうちの一つを受信する、複数のサブチャネルのうちの一つのための一組の送信特性を決定する、ここにおいて、送信特性の組を決定する工程は、複数の受信装置のそれぞれで受信された複数のパイロット信号のうちの一つを使用する；複数の受信装置のそれぞれから送信装置へ情報信号を報告する、ここにおいて、情報信号は、複数のサブチャネルのうちの一つのための送信特性の組を伝える；及び、情報信号に基づいて、送信装置で一組の送信パラメータを最適化する。

【0007】

本発明の一つの観点において、パイロットシンボル（pilot symbols）は、共通の要素をもたない複数のOFDMサブチャネルの組上で送信される。パイロットシンボルが共通の要素をもたないOFDMサブチャネル上で送信される時、伝搬チャネルの特性はパイロットシンボルを伝えている一組のKサブチャネルを通して決定されることができる、ここにおいて、Kは、システム中のOFDMサブチャネルの数より少ない。共通の要素をもたないサブチャネル上のパイロットシンボルを送信することに加えて、システムは、伝搬チャネルの特性を決定するために用いられ得る時間領域のパイロットシーケンス（pilot sequence）を送信できる。パイロットシンボルの形成及び送信とともに、本発明の観点は、伝搬チャネルの特性を復元するために必要な情報の量を圧縮することである。

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図1】1Aは多重入力多重出力（MIMO）通信システムの図であり、1Bはチャンネル状態情報のフィードバックを有するOFDMベースのMIMOシステムの図であり、1Cはチャンネル状態情報を評価するために用いられることが可能である例示的なOFDMパイロット信号の構造図である。

【図2】送信装置の送信アンテナからの送信の特定の例の視覚的な図である。

【図3】図1Aに示されるデータプロセッサ及び通信システムの変調器のブロック図であ

10

20

30

40

50

る。

【図4】制御、ブロードキャスト、音声またはトラフィックデータのような一つのチャンネルデータストリームを処理するために使われ得る、チャンネルデータプロセッサの一つの実施例のブロック図である。

【図5】制御、ブロードキャスト、音声またはトラフィックデータのような一つのチャンネルデータストリームを処理するために使われ得る、チャンネルデータプロセッサの他の実施例のブロック図である。

【図6】図2に示される送信信号を生成するために用いられることが可能であるプロセッサのブロック図である。

【図7】図2に示される送信信号を生成するために用いられることが可能であるプロセッサのブロック図である。

【図8】図2に示される送信信号を生成するために用いられることが可能であるプロセッサのブロック図である。

【図9】複数の多重受信アンテナを有し、一つ以上のチャンネルデータストリームを受信できる受信装置のブロック図である。

【図10】一実施例に従って通信システムのいくつかの操作方式によって、なし遂げられるスペクトルの有効性を例示する描画である。

【発明を実施するための形態】

【0009】

本発明の特徴、性質及び利点は、図中の全体に対応して識別する参照符号を参照しながら、後述の詳細な説明からより明瞭になる。

【0010】

図1Aは、発明のいくつかの実施例を実施することが可能な多重入力/多重出力(MIMO)通信システム100の図である。通信システム100は、スペクトルの有効性を増強し、性能を改良し及びフレキシビリティ(flexibility)を強化するために、アンテナ、周波数及び時間的ダイバーシティの組み合わせを提供することに有効である可能性がある。増加されたスペクトルの有効性は、利用可能なシステムの帯域幅をより活用できる時と場所において、1ヘルツ当たり1秒当たり(bps/Hz)より多くのビットを送信する能力によって、特徴付けられる。より高いスペクトルの有効性を得る技術は、下記に詳述されている。改良された性能は、例えば与えられたリンクの搬送波対雑音+干渉比(carrier-to-noise-plus-interference ratio)(C/I)のためのより低いビット誤り率(BER)またはフレーム-誤り率(FER)によって、定量化されることができ。そして、拡張フレキシビリティは、相異し典型的に異なる要求を有する複数ユーザに対応する能力によって、特徴づけられる。一つには、これらの目標は、マルチ搬送波変調、時分割多重化(TDM)、多重送信および/または受信アンテナ、そして、他の技術を使用することにより達成されることができ。発明の特徴、観点及び利点は、下記に詳述されている。

【0011】

図1Aに示すように、通信システム100は第2のシステム120と通信する第1のシステム110を含む。システム110は、(1)データを受信または形成する、(2)アンテナ、周波数または時間的ダイバーシティ、またはそれらの組み合わせを提供するためにデータを処理する、及び(3)多くの変調器(MOD)114a乃至114tに、処理された変調シンボル(modulation symbols)を提供する、(送信)データプロセッサ112を備える。それぞれの変調器114は、更に変調シンボルを処理して、送信に適しているRF変調された信号を形成する。変調器114a乃至114tからのRF変調された信号は、それぞれのアンテナ116a乃至116tから、通信リンク118を通してシステム120に送信される。

【0012】

図1Aにおいて、システム120は送信された信号を受信する多くの受信アンテナ122a乃至122rを含み、そしてそれぞれの復調器(DEMOD)124a乃至124rに受信信号を提供する。図1Aに示すように、それぞれの受信アンテナ122は、例えば

システム 110 で使用するオペレーティングモード、送受信アンテナの指向性、通信リンクの特性、その他のようないくつかのファクタ (factors) に従って一つ以上の送信アンテナ 116 から信号を受信できる。各々の復調器 124 は、送信器で使用される変調方式と相補的な復調方式を使用して、それぞれの受信信号を復調する。復調器 124 a 乃至 124 r からの復調されたシンボルは、それから、出力データを提供するためにシンボルを更に処理する (受信) データプロセッサ 126 に提供される。送信器及び受信装置でのデータ処理は、下記にさらに詳述されている。

【0013】

図 1 A は、システム 110 からシステム 120 への順方向リンク送信だけを示している。この構成は、データブロードキャスト (data broadcast) 及び他の一方向のデータ送信アプリケーションのために使うことができる。双方向通信システムにおいて、簡潔さのために図 1 A に示されないが、システム 120 からシステム 110 への逆方向リンクもまた提供される。双方向通信システムのために、それぞれのシステム 110 及び 120 は、装置からデータが送信されているかまたは受信されているかどうかに従って、送信装置または受信装置、または同時に両方として動作することがありえる。

10

【0014】

簡潔さのために、通信システム 100 は一つの送信装置 (すなわちシステム 110) 及び一つの受信装置 (すなわちシステム 120) を含むと示される。しかしながら、一般に、多重送信アンテナ及び多重受信アンテナは、それぞれの送信装置及びそれぞれの受信装置に存在する。本発明の通信システムは、いかなる数の送信装置及び受信装置をも含むことができる。

20

【0015】

図 1 A に示されるように、それぞれの送信装置は単一の送信アンテナまたは多くの送信アンテナを含むことができる。同様に、これも図 1 A に示されるように、各々の受信装置は単一の受信アンテナまたはいくつかの受信アンテナを含むことができる。例えば、通信システムは、いくつかのリモートシステム (すなわち、CDMA システムのリモートステーションと同様の加入者ユニット) に、データを送信するいくつかのアンテナ及び上記システムからデータを受信するいくつかのアンテナを有しているセントラルシステム (central system) (すなわち、IS-95 CDMA システムの基地局と同様の) を含むことができ、それらのうちのいくつかは一つのアンテナを含み、他のものは多重アンテナを含む。

30

【0016】

ここで使用しているように、アンテナは空間において、分散される一つ以上のアンテナの構成要素の一まとまりを指す。アンテナの構成要素は、物理的に単一のサイトまたは分散型の上部の多重サイトに位置できる。単一のサイトで物理的に同じ位置に配置されるアンテナの構成要素は、アンテナアレー (antenna array) (例えば、CDMA 基地局のためのような) として動作されることができる。アンテナネットワークは、一まとまりのアンテナアレーまたは物理的に切り離された要素 (例えばいくつかの CDMA 基地局) から成る。アンテナアレーまたはアンテナネットワークは、ビーム (beams) を形成する能力及びアンテナアレーまたはネットワークから多重ビームを送信する能力により設計されることができる。例えば、CDMA 基地局は、同じアンテナアレーからカバレッジエリア (またはセクター) の 3 つの相異なるセクションまで、最高 3 つのビームを送信するための能力により設計されることができる。このように、3 つのビームは、3 つのアンテナからの 3 つの送信として見られることが可能である。

40

【0017】

本発明の通信システムは、能力と同様に相異なる要求を有する加入者ユニットをサポートする能力があるマルチユーザ (multi-user)、多重アクセス通信方式を提供するように設計されることができる。この方式によって、システムの総稼働帯域幅 W (total operating bandwidth) (例えば 1.2288 MHz) が、高度に異なるデータレート、遅延及びサービス品質 (QoS) 要求を有することができるサービスの相異なるタイプの間で効

50

率的に共有されることができる。

【0018】

サービスのそのような異なるタイプの実施例は、音声サービス及びデータサービスを含む。音声サービスは、低いデータレート（例えば8 kbpsから32 kbps）、短い処理遅延（例えば100 msecの全体的な単方向遅延に対して3ミリ秒）、及びその延長期間の間の通信チャネルの持続した使用によって、典型的に特徴づけられる。典型的に音声サービスにより課されるこの短い遅延要求は、システムリソース（system resources）の小さい断片に、通話の間、それぞれの音声通話に当てられるよう要求する。対照的に、可変データが散発的な時間に送られる「バースティ（bursty）」トラフィック（traffics）によって、データサービスは特徴づけられる。このデータ量は、バーストからバースト（burst-to-burst）へ、及びユーザからユーザへ、有意に変化できる。高効率のために、発明の通信システムは、必要に応じて一部の利用可能なリソース（resources）を音声サービス及びデータサービスに対する残留するリソースに割り当てる能力により設計されることができる。使用可能なシステムリソースの断片は、また、ある種のデータサービスまたはデータサービスのある種のタイプのために当てられることが可能である。

10

【0019】

各々の加入者ユニットによって、なし遂げられるデータレートの分散は、いくつかの最小及び最大瞬間値（例えば、200 kbpsから20 Mbps以上まで）の間を広く変化できる。いかなる与えられたモーメント（given moment）における特定の加入者ユニットのためになし遂げられるデータレートは、使用可能な送信電力、通信リンク（すなわちC/I）の品質、符号方式、その他、いくつかの要因により影響され得る。それぞれの加入者ユニットのデータレート要求は、極小値（例えば、音声通話のための8 kbps）からサポートされる最大の瞬間ピークレート（例えば、バースティデータサービスのための20 Mbps）まで様々に広く変動できる。

20

【0020】

音声及びデータトラフィック（data traffic）のパーセントは、典型的に余分の時間（over time）を変更する確率変数である。本発明の一つの観点に従って、同時に効率的にサービスの両方のタイプをサポートするために、発明の通信システムは、音声及びデータトラフィックの量に基づいて利用可能なリソースを動的に割り当てる能力により設計されている。以下、動的にリソースを割り当てる方式について説明する。リソースを割り当てるもう一つの方式は、上述した米国特許出願直列No. 08/963,386に記載されている。

30

【0021】

本発明の通信システムは、上記された特徴および効果を提供し、異なる要求を有するサービスの相異なるタイプをサポートすることができる。特徴は、アンテナ、周波数または時間的ダイバーシティ、またはそれらの組み合わせを使用することによって、成し遂げられる。アンテナ、周波数または時間的ダイバーシティは、独立して達成されることができ、動的に選ばれることができる。

【0022】

ここで使用しているように、アンテナダイバーシティは、複数のアンテナを通じたデータの送信および/または受信を指し、周波数ダイバーシティは、複数のサブバンド（sub-band）を通じたデータの送信を指し、時間的ダイバーシティは、複数の時間周期を通じたデータの送信を指す。アンテナ、周波数及び時間的ダイバーシティは、サブカテゴリ（subcategories）を含むことができる。例えば、送信のダイバーシティは、通信リンクの信頼性をいわば改良するために複数の送信アンテナを使用することを指し、受信ダイバーシティは、通信リンクの信頼性をいわば改良するために複数の受信アンテナを使用することを指し、空間的ダイバーシティは、信頼性を改良するため、および/または通信リンクの容量を増強するために、多重送信及び受信アンテナを使用することを指す。送受信ダイバーシティはまた、リンク容量を増強することなく通信リンクの信頼性を改良するために、組み合わせて使うことができる。アンテナ、周波数及び時間的ダイバーシティの種々の組

40

50

合せはこのように、達成されることができ、本発明の範囲内である。

【0023】

周波数ダイバーシティは、直交周波数分割多重化（OFDM）のようなマルチ搬送波（multi-carrier）変調方式を用いて提供されることができ、そしてそれは、動作している帯域幅の種々のサブバンドを通してデータを送信することを可能にする。時間的ダイバーシティは、相異なる時間を通してデータを送信することにより達成され、そしてそれは、時分割多重方式（TDM）の使用により容易に完成されることができ、本発明の通信システムのこれらの種々の観点は、下記に詳述されている。

【0024】

本発明の一つの観点に従って、送信装置におけるいくつかの（ N_T ）送信アンテナ、または受信装置におけるいくつかの（ N_R ）受信アンテナ、または送信装置及び受信装置の両方における多重アンテナを使用することによって、アンテナのダイバーシティは達成される。地上通信システム（例えばセルラシステム、ブロードキャストシステム（broadcast system）、MMD Sシステム、その他）において、送信装置からのRF変調された信号は、いくつかの伝送路を経て受信装置に到着できる。

10

【0025】

伝送路の特徴は、いくつかのファクタに基づいて、典型的に時間を通して異なる。複数の送信または受信アンテナが使われる場合、及び、一般に少なくとも存続範囲（extent）に忠実であるが、送信及び受信アンテナ間の伝送路が独立している（すなわち、相関していない（uncorrelated）場合、アンテナの数が増加するにつれて、送信された信号を正しく受信する可能性は増大する。通常、送信及び受信アンテナの数が増加するにつれて、ダイバーシティは増大し、性能は改善される。

20

【0026】

アンテナダイバーシティは、要求された性能を提供するために通信リンクの特性に基づいて動的に提供される。例えば、より高い程度のアンテナのダイバーシティは、いくつかのタイプの通信（例えば搬送）のために、いくつかのタイプのサービス（例えば音声）のために、いくつかの通信リンク特性（例えば低いC/I）のために、またはいくつかの他の状況または考慮のために、提供されることができ、

【0027】

ここで使用しているように、アンテナのダイバーシティは送信のダイバーシティ及び受信のダイバーシティを含む。送信のダイバーシティのために、データは多重送信アンテナを通して送信される。典型的に、付加的処理は、所望のダイバーシティを達成するために送信アンテナから送信されたデータ上で実行される。例えば、相異なる送信アンテナから送信されたデータは、遅れることができ、またはやがて再整理されることができ、または、符号化され使用可能な送信アンテナ全体に交互に配置されることができ、また、周波数及び時間的ダイバーシティが、相異なる送信アンテナと連携して使うことができる。受信のダイバーシティのために、変調された信号は多重受信アンテナで受信される、及び、ダイバーシティは単に相異なる伝送路を経た信号を受信することにより達成される。

30

【0028】

本発明の他の観点に従って、周波数のダイバーシティはマルチ搬送波変調方式を使用することにより達成されることができ、多大な効果を有するそのような方式は、OFDMである。OFDM変調によって、全体的な送信チャネルは、同じかまたは相異なるデータを伝送するために用いられるいくつかの（ L ）並列サブチャネルに本質的に分割される。全体的な送信チャネルは W の総稼動帯域幅を占め、各々のサブチャネルは W/L の帯域幅を有し相異なる中心周波数に中心を置くサブバンドを占める。それぞれのサブチャネルは、総稼動帯域幅の一部である帯域幅を有する。各々のサブチャネルはまた、下記のように、特定の（及びおそらく固有の）処理、符合化及び変調方式と関係し得る独立したデータ送信チャネルと考えられることが可能である。

40

【0029】

データは、分割されることができ、そして周波数のダイバーシティを提供するために定

50

義された2つ以上のいかなるサブバンドの組を通して送信されることができる。例えば、特定の加入者ユニットに対する送信は、タイムスロット (time slot) 1 においてはサブチャンネル1、タイムスロット2においてはサブチャンネル5、タイムスロット3においてはサブチャンネル2、及びその他を通して発生できる。もう一つの実施例として、特定の加入者ユニットのためのデータは、タイムスロット1 (例えば、両方のサブチャンネルに送信されている同じデータを有する) においてはサブチャンネル1及び2、タイムスロット2においてはサブチャンネル4及び6、タイムスロット3においてはサブチャンネル2だけ、またその他を通して送信されることができる。オーバータイム (over time) の相異なるサブチャンネルを通じたデータの送信は、周波数選択性フェージング及びチャンネルひずみを経験している通信システムの性能を改良できる。OFDM変調の他の利点は、以下に記載する。

10

【0030】

本発明の更に他の観点に従って、時間的ダイバーシティは相異なる時間において、データを送信することにより達成され、それは時分割多重化 (TDM) を使用することにより容易に完成されることができる。データサービス (及びおそらく音声サービス) のために、データ送信は、通信リンクにおいて、時間に依存する劣化にイミュニティを提供するために選ばれることができたタイムスロットを通して発生する。時間的ダイバーシティはまた、交錯法の使用によっても達成されることができる。

【0031】

例えば、特定の加入者ユニットに対する送信は、タイムスロット1乃至xを通して、または、1乃至x (例えばタイムスロット1、5、8、その他) から可能なタイムスロットのサブセット (subset) に発生できる。それぞれのタイムスロットで送信されるデータ量は、可変かまたは一定でありえる。多重タイムスロットを通して送信は、例えばインパルス雑音及び干渉のための、正しいデータ受信の可能性を向上させる。

20

【0032】

アンテナ、周波数及び時間的ダイバーシティの組み合わせによって、本願発明の通信システムは確固とした性能を提供できる。アンテナ、周波数および/または時間的ダイバーシティは、少なくともいくつかの送信データの正しい受信の可能性を向上させ、そしてそれは、それから他の送信において、発生する可能性があるなんらかのエラーを (例えば復号を通して) 修正するために用いることができる。アンテナ、周波数及び時間的ダイバーシティの組み合わせによって、通信システムは、異なるデータレート、遅延処理、及びサービス品質要求を有するサービスの相異なるタイプを同時に収めることができる。

30

【0033】

本発明の通信システムは、それぞれアンテナ、周波数または時間的ダイバーシティまたはそれらの組み合わせを使用している多くの相異なる通信方式において、設計され、動作されることができる。通信方式は、例えば、ダイバーシティ通信モード (diversity communications mode) 及びMIMO通信モードを含む。ダイバーシティ及びMIMO通信モードの種々の組み合わせはまた、通信システムによってもサポートされることができる。また、他の通信方式も、実施されることができ、本発明の範囲内である。

【0034】

ダイバーシティ通信モードは、送信および/または受信ダイバーシティ、周波数、または時間的ダイバーシティ、またはそれらの組み合わせを使用し、そして一般に通信リンクの信頼性を改良するために用いられる。ダイバーシティ通信モードの一つの実施の形態において、送信装置は可能な構成の有限集合から変調及び符号方式 (すなわち構成) を選択する。そしてそれは、受信装置に公知である。例えば、それぞれのオーバーヘッド (overhead) 及び共通チャンネルは、全ての受信装置に公知である特定の構成と関連していることができる。特定のユーザ (例えば、音声通話またはデータ送信) のためにダイバーシティ通信モードを使用する時、方式および/または構成は、(例えば、前の準備から) 演繹的に公知であることができ、または受信装置によって、(例えば、共通チャンネルを経て) 協定されることができる。

40

50

【 0 0 3 5 】

ダイバーシティ通信モードにおいて、データは一つ以上のアンテナから、一つ以上の期間で、一つ以上のサブチャネル上で送信される。割り当てられたサブチャネルは、同じアンテナと関連している、または相異なるアンテナと関連しているサブチャネルである可能性がある。「純粋な」ダイバーシティ通信モードとも称するダイバーシティ通信モードの共通の適用において、データは全ての使用可能な送信アンテナから目的受信装置まで送信される。純粋なダイバーシティ通信モードは、データレート要求が低い所、またはC/Iが低い時、または両方ともあてはまるときの事例において、使うことができる。

【 0 0 3 6 】

MIMO通信モードは、通信リンクの両端でアンテナのダイバーシティを使用し、一般に両方の信頼性を改良するために用いられ、そして通信リンクの容量を増大する。MIMO通信モードは、アンテナのダイバーシティとあわせて周波数および/または時間的ダイバーシティを更に使用できる。MIMO通信モード（それは、空間通信方式としても本願明細書において、称されることができ）は、以下に記載する一つ以上の処理方式を使用する。

10

【 0 0 3 7 】

ダイバーシティ通信モードは、一般に、特に高C/Iレベルにおいて、MIMO通信モードより低いスペクトル有効性を有する。しかしながら、低い、適度なC/I値において、ダイバーシティ通信モードは同等の効率を達成し、より実施しやすくなることができ。一般に、MIMO通信モードの使用は、特に適度な高C/I値において使用されるとき、より大きいスペクトル効率を提供する。データレート要求を高くするのに適度な時、MIMO通信モードはこのように都合よく使うことができる。

20

【 0 0 3 8 】

通信システムは、同時にダイバーシティ及びMIMO通信モードをサポートするように設計されることができ。通信方式は、種々の方法で適用されることができ、また、増大されたフレキシビリティ (flexibility) のために、サブチャネルベース (sub-channel basis) 上で独立して適用されることができ。MIMO通信モードは、典型的に特定のユーザに適用される。しかしながら、それぞれの通信方式は、サブチャネルのサブセット全体に、または全てのサブチャネル全体に、或いは他の何らかのベース上で、それぞれのサブチャネルに独立して適用されることができ。例えば、MIMO通信モードの使用は特定のユーザ（例えばデータユーザ）に適用されることができ、同時に、ダイバーシティ通信モードの使用はもう一つの特定のユーザ（例えば音声ユーザ）に相異なるサブチャネル上で適用されることができ。ダイバーシティ通信モードはまた、例えばより高い接続経路損失 (path loss) を経験しているサブチャネル上で適用されることもできる。

30

【 0 0 3 9 】

本発明の通信システムはまた、いくつかの処理方式をサポートするように設計されることもできる。送信装置が通信リンクのコンディション（すなわち「状態」）を表す情報を備えている時、性能をさらに改善し効率をあげるために、付加的な処理が送信装置で実行されることができ。全チャネル状態情報 (full channel state information) (CSI) または部分的なCSIは、送信装置のために使用可能でありえる。全CSIは、それぞれのサブバンドのための送受信アンテナの全ての対の間の伝搬路の十分な特性づけ（すなわち振幅及びフェーズ）を含む。全CSIは、サブバンドにつきC/Iを含む。全CSIは、下記のように、送信アンテナから受信アンテナまで伝送路のコンディションを記述している複合の利得値の一組の行列に表現されることができ。部分的なCSIは、例えば、サブバンドのC/Iを含むことができる。全CSIまたは部分的なCSIによって、送信装置は受信装置への送信の前にデータをあらかじめ調整する。

40

【 0 0 4 0 】

送信装置は、送信アンテナに示される信号を、特定の受信装置に固有な方法であらかじめ調整できる（例えば、前処理はその受信装置に割り当てられたそれぞれのサブバンドのために実行される）。チャンネルがその時からこれと違って変化しない限り、それは受信装

50

置により測定され、その後送信器へ送られ、送信をあらかじめ調整するために使われ、予定された受信装置は送信を復調できる。この実施の形態において、全CSIベースのMIMO通信は、送信された信号をあらかじめ調整するために用いられたCSIと関連している受信装置によって、のみ復調されることができる。

【0041】

部分的なCSI、または非CSI処理方式において、送信装置は共通の変調及び符号方式（例えば、それぞれのデータチャネル送信上の）を使用することができ、そしてそのときには（理論的には）全ての受信装置により復調されることができる。部分的なCSI処理方式において、単一の受信装置は、C/Iを指定することができ、そして全てのアンテナで使用される変調は、その受信装置（例えば、信頼性が高い送信のための）に従って、選択されることができる。他の受信装置は、送信の復調を試みることができ、それらが十分なC/Iを有する場合はうまく送信を回復できる可能性がある。共通の（例えばブロードキャスト）チャネルは、全てのユーザに到着するための非CSI処理方式を使用することができる。

10

【0042】

一例として、MIMO通信モードが、一つの特定のサブチャネル上で4つの送信アンテナから送信されたチャネルデータストリーム（channel data stream）に適用されると仮定する。そのチャネルデータストリームは、4つのデータサブストリーム（sub-streams）に、それぞれの送信アンテナに一つのデータサブストリームに非多重化（demultiplexed）される。それぞれのデータサブストリームは、その後、そのサブバンド及びその送信アンテナのためにCSIに基づいて選択された特定の変調方式（例えば、M-PSK、M-QAM、またはその他）を使用して変調される。4つの変調サブストリームはこのように、4つのデータサブストリームのために生成され、それぞれの変調サブストリームは変調シンボルのストリーム（stream）を含んでいる。4つの変調サブストリームは、それから、あらかじめ調整された変調シンボルを生成するために、下記の等式（1）に表されたように、固有ベクトル行列を使用してあらかじめ調整される。あらかじめ調整された変調シンボルの4つのストリームは、4つの送信アンテナの4つの結合器（combiner）に、それぞれ提供される。それぞれの結合器は、受信されたあらかじめ調整された変調シンボルを、関連する送信アンテナの変調シンボルベクトルストリーム（modulation symbol vector stream）を生成するための他のサブチャネルの変調シンボルを用いて結合する。

20

30

【0043】

並列データストリームが各々の割当られたサブチャネルの各々のチャネル固有モード（eigenmodes）上で特定のユーザに送信されるMIMO通信モードにおいて、典型的に全CSIに基づく処理が使用される。全CSIに基づく類似した処理は、使用可能な固有モードのサブセット上のみ送信が、各々の割当られたサブチャネル（例えば、ビームステアリング（beam steering）を実行するために）に収容されるところにおいて、実行されることができる。全CSI処理（例えば送受信装置での増大された複雑性、受信装置から送信装置へのCSIの送信のための増大されたオーバーヘッド、その他）と関係するコストのため、全CSI処理は、性能及び効率の付加的な増加が正当化されるところにおけるMIMO通信モードにおけるある事例に適用されることができる。

40

【0044】

全CSIが使用可能でない事例において、伝送路（または部分的なCSI）上のより少ない記述情報は、使用可能であることがあり得、送信の前にデータをあらかじめ調整するために用いることができる。例えば、各々のサブチャネルのC/Iは、使用可能であり得る。C/I情報はその後、重要な、及びシステム容量が増大するサブチャネルにおいて、要求された性能を提供するために、種々の送信アンテナからの送信を制御するために用いられることが可能である。

【0045】

ここで使用しているように、全CSIに基づく処理方式は、全CSIを使用する処理方式を示し、また、部分的なCSIに基づく処理方式は、部分的なCSIを使用する処理方

50

式を示す。全CSIに基づく処理方式は、例えば、MIMO通信モードの全CSIに基づく処理を利用する全CSI MIMOモードを含む。例えば、部分的なCSIに基づく方式は、MIMO通信モードの部分的なCSIに基づく処理を利用する部分的なCSI MIMOモードを含む。使用可能なチャネル状態情報（例えば固有モードまたはC/1）を使用して送信装置がデータを予め調整することを可能とするために、全CSIかまたは部分的なCSI処理が使用される事例において、受信装置からのフィードバック情報は要求され、そしてそれは逆リンク容量の一部を使用する。したがって、全CSI及び部分的なCSIに基づく処理方式と関係するコストがある。そのコストは、どの処理方式を使用すべきかについての選択の考慮に入れられなければならない。部分的なCSIに基づく処理方式は、オーバーヘッドの要求がより少なく、いくつかの事例において、より効率的でありえる。オーバーヘッドを要求しない、CSIに基づく処理方式は一つもなく、他のいくつかの環境の下で、全CSIに基づく処理方式または部分的なCSIに基づく処理方式より効率的であり得るCSIに基づく処理方式は一つもない。

10

20

30

40

50

【0046】

図2は、本願発明の通信システムの少なくともいくつかの観点を視覚的に例示した図である。図2は、送信装置において、 N_T 送信アンテナの一つからの送信の具体例を示す。図2において、横軸は時間であり、縦軸は周波数である。この例では、送信チャネルは16のサブチャネルを含んでおり、一連のOFDMシンボルを送信するために用いられ、それぞれのOFDMシンボルは、16のサブチャネルの全てをカバーしている（一つのOFDMシンボルは、図2の最上位に示され、16のサブバンドの全てを含む）。TDM構造も図示されており、データ送信はタイムスロットに仕切られ、それぞれのタイムスロットは、例えば一つの変調シンボルの長さの持続時間を有する（即ち、それぞれの変調シンボルは、TDMインターバルとして使われる）。

【0047】

使用可能なサブチャネルは、信号、音声、トラフィックデータ（traffic data）、その他を送信するために用いられることが可能である。図2に示される実施例において、タイムスロット1の変調シンボルはパイロットデータに対応する。そして、それは受信装置が同期しチャネル評価を実行するのを助けるために周期的に送信される。時間とともにパイロットデータ及び周波数を分散するための他の技術が、使われることもでき、それはまた、本発明の範囲内である。加えて、全てのサブチャネルが使用される場合（例えばおよそ $1/W$ のチップ期間を伴うPNコード）、パイロットインターバルの間、特定の変調方式を利用することは有利であることあり得る。パイロット変調シンボルの送信は特定のフレームレート（frame rate）で典型的に発生する。そしてそれは通常、通信リンクの変動の正確な追跡を可能にするのに十分速く選択される。

【0048】

パイロット送信に使用されないタイムスロットは、従って様々なタイプのデータを送信するために用いられることが可能である。例えば、サブチャネル1及び2は受信装置に、制御及びブロードキャストのデータを送信するために確保されることができ、これらのサブチャネル上のデータは、一般に全ての受信装置により受信されることを目的とする。しかしながら、制御チャネル上のいくつかのメッセージは、ユーザに特異的であり得、ことができ及びしたがって、エンコードされることができ。

【0049】

音声データ及びトラフィックデータは、残りのサブチャネルにおいて、送信されることができ。図2に示される実施例にとって、タイムスロット（time slots）2乃至9におけるサブチャネル3は音声通話1に使われ、タイムスロット2乃至9におけるサブチャネル4は音声通話2に使用され、タイムスロット5乃至9におけるサブチャネル5は音声通話3に使用され、及びタイムスロット7乃至9におけるサブチャネル6は、音声通話6に使用される。

【0050】

残りの使用可能なサブチャネル及びタイムスロットは、トラフィックデータの送信に使

うことができる。図2に示される実施例において、データ1つの送信が時間の5乃至16が溝をつけるサブチャネルを使用すること及び時間の7乃至16が溝をつけるサブチャネル7、データ2つの送信は時間の5乃至16が溝をつけるサブチャネルを使用する3及び4及び時間の6乃至16が溝をつけるサブチャネル5、データ3つの送信は時間の6乃至16が溝をつけるサブチャネルを使用する6、データ4つの送信は時間の7乃至16が溝をつけるサブチャネルを使用する8、データ5つの送信はタイムスロット9及びデータ6つの送信の7乃至11が使用するサブチャネルを使用する時間の12乃至16が溝をつけるサブチャネル9。データ1乃至6の送信は、一つ以上の受信装置へのトラフィックデータの送信を表すことができる。

【0051】

本発明の通信システムは、トラフィックデータの送信を柔軟にサポートする。図2に示すように、特定のデータ送信（例えばデータ2）は多重サブチャネルおよび/または多重タイムスロットを通して発生できる及び、多重データ送信（例えばデータ5及び6）は一つのタイムスロットで発生できる。データ送信（例えばデータ1）はまた、連続しないタイムスロットで発生することもできる。システムは、一つのサブチャネル上の多重データ送信をサポートするように設計されることもできる。例えば、音声データはトラフィックデータによって、多重送信されることができ、及び単一のサブチャネル上で送信されることができ。

【0052】

データ送信の多重化は、OFDMシンボルからシンボルまで潜在的に変わることができる。さらに、この通信方式は、ユーザとユーザで相異できる（例えば、一つの音声またはデータの送信とその他で）。例えば、音声ユーザはダイバーシティ通信モードを使用することができ、データユーザはMIMO通信モードを使用できる。この概念は、サブチャネルレベルまで拡大されることができ、例えば、データユーザは、残りのサブチャネルの十分なC/I及びダイバーシティ通信モードを有するサブチャネルのMIMO通信モードを使用できる。

【0053】

アンテナ、周波数及び時間的ダイバーシティは、多重アンテナから、相異なるサブバンドの多重サブチャネル上で、多重タイムスロットを通して、データを送信することによって、それぞれ達成されることができ、例えば、特定の送信（例えば、音声通話1）のアンテナのダイバーシティは、2つ以上のアンテナを通して特定のサブチャネル（例えば、サブチャネル1）上で（音声）データを送信することにより達成されることができ、特定の送信（例えば、音声通話1）の周波数のダイバーシティは、相異なるサブバンド（例えば、サブチャネル1及び2）の2つ以上のサブチャネル上でデータを送信することにより達成されることができ、アンテナ及び周波数のダイバーシティの組み合わせは、2つ以上のアンテナから及び2つ以上のサブチャネル上でデータを送信することによって、得られることが可能である。時間的ダイバーシティは、多重タイムスロットを通してデータを送信することにより達成されることができ、例えば、図2に示すように、タイムスロット7におけるデータ1送信は、タイムスロット2におけるデータ1送信の（例えば、新規または繰り返しの）部分である。

【0054】

同じかまたは相異なるデータは、所望のダイバーシティを得るために多重アンテナからおよび/または多重サブバンド上で送信されることができ、例えばデータは、（1）一つのアンテナから一つのサブチャネルで、（2）多重アンテナから一つのサブチャネル（例えばサブチャネル1）で、（3）全てのNTアンテナから一つのサブチャネルで、（4）一つのアンテナから一組のサブチャネル（例えばサブチャネル1及び2）で、（5）多重アンテナから一組のサブチャネルで、（6）全てのNTアンテナから一組のサブチャネルで、または（7）一組のアンテナから一組のチャンネルで（例えば一つのタイムスロットにおいて、アンテナ1及び2からサブチャネル1、もう一つのタイムスロットにおいて、アンテナ2からサブチャネル1及び2、及びその他）送信されることができ、このよう

10

20

30

40

50

に、サブチャネル及びアンテナのいかなる組み合わせも、アンテナ及び周波数のダイバーシティを提供するために用いられることが可能である。

【0055】

最も多くのフレキシビリティを提供し、高性能及び高効率を達成する能力がある本発明のある実施例に従って、それぞれの送信アンテナのためのそれぞれのタイムスロットにおけるそれぞれのサブチャネルは、例えばパイロット、信号、ブロードキャスト、音声、トラフィックデータ、及びその他、又はそれらの組み合わせ（例えば、多重化音声及びトラフィックデータ）のようないかなるタイプのデータを送信するために使用されることができ、送信の独立ユニット（すなわち変調シンボル）として見られることが可能である。そのような設計において、音声通話は時間とともに動的に割り当てられた相異なるサブチャネルでありえる。

10

【0056】

フレキシビリティ、性能及び効率は、下記のように、変調シンボルの間の独立性を認めることによって、更に達成される。例えば、その特定の時間、周波数及び空間でリソースの最良の使用に結びつく変調方式（例えば、M - P S K、M - Q A M、その他）から、それぞれの変調シンボルを、生成できる。

【0057】

いくつかの制約は、送信装置及び受信装置の設計及び実施の形態を単純化するために設定されることができ、例えば、音声通話は電話の間に、特定のサブチャネルに割り当てられることが可能である、または、サブチャネルとしてのそのような時間まで、再割り当ては実行される。また、信号および/またはブロードキャストデータは、受信装置が演繹的に、データを受信するためにどのサブチャネルを復調するべきかについて知っているために、いくつかの固定サブチャネル（例えば図2に示すように、制御データのためのサブチャネル1及び、ブロードキャストデータのためのサブチャネル2）に指定されることができ

20

【0058】

また、それぞれのデータ送信チャネルまたはサブチャネルは、送信の間または新規な変調方式が割り当てられるような時まで、特定の变調方式（例えば、M - P S K、M - Q A M）に制限されることができ、例えば、図2において、サブチャネル3上の音声通話1は、Q P S Kを使用することができ、サブチャネル4上の音声通話2は、16 - Q A Mを使用することができ、タイムスロット2におけるデータ1の送信は、8 - P S Kを使用することができ、タイムスロット3乃至5におけるデータ2の送信は、16 - Q A M、及びその他を使用できる。

30

【0059】

T D Mの使用は、音声データ及びトラフィックデータの送信により大きいフレキシビリティを与え、リソースの種々の割当ては予測されることができ、例えばユーザは、それぞれのタイムスロットのために一つのサブチャネルを、または同等に、4つのタイムスロット毎に4つのサブチャネルを、またはその他の割り当てを割り当てられることが可能である。T D Mは、改良された効率のために指定されたタイムスロット（slot(s)）でデータが集められ及び送信されることを可能にする。

40

【0060】

音声活動が送信器で実施される場合、サブチャネル効率が最大にされるために、どんな音声も送信されていないインターバル（intervals）で、送信器は他のユーザをサブチャネルに割り当てることができる。使われていない音声周期を通じてはどんなデータも送信できない結果、ネットワークのもう一つのセルの同じサブチャネルを使用しているシステムの他のユーザに現れる干渉レベルを減少し、送信器は、サブチャネルにおいて、送信される電力を減少、（またはターンオフ（turn-off））させることができる。同じ特徴はまた、オーバーヘッド、制御、データ及び他のチャネルに拡大されることができ。

【0061】

連続する時間周期に渡る使用可能なリソースのわずかな部分の割当ては、典型的により

50

小さい遅延という結果になり、音声のような遅延高感度サービスにより適していることができる。TDMを使用している送信は、可能な限りの付加的な遅延をかけて、より高い効率を提供できる。本発明の通信システムは、ユーザ要求を満たすためにリソースを割り当てることができ、高い効率及び性能を達成できる。

【MIMOシステムのチャネル状態情報の測定及び報告】

【0062】

関連する分散的なチャネル効果を有し、多重送信アンテナ及び多重受信アンテナを使用するシステムの複雑性、を考慮すると、好適な変調技術はOFDMであり、それは、チャネルを一組の非干渉狭帯域チャネルまたはサブチャネルに効果的に分解する。適当なOFDM信号デザインによって、ひとつのサブチャネル上で送信された信号は、「平坦で、弱まっている」ように見える、すなわち、チャネル応答は、サブチャネルバンド幅以上で実際上一定である。チャネル状態情報またはCSIは、それぞれのサブチャネルのための送受信アンテナの全ての組の間の伝搬経路（即ち、振幅及び位相）の十分な特性描写を含む。CSIも、C/I情報として公知である、それぞれのサブチャネルの干渉及びノイズの相対的なレベルの情報を含む。CSIは下記のように、送信アンテナから受信アンテナへの送信経路の状態を記述している複合の利得値の一組の行列に表現されることができる。CSIについては、送信装置は受信装置に送信する前にデータをあらかじめ調整する。

【0063】

CSI処理を以下に簡潔に記載する。CSIが送信装置で使用可能な時、単純な方法は多重入力/多重出力チャネルを一組の独立チャネルに分解することである。送信装置において、チャネル転送機能を与えられて、残された固有ベクトルは、相異なるデータストリーム（data streams）を送信するために用いられることが可能である。それぞれの固有ベクトルにより使用される変調アルファベットは、固有値によって、与えられるその方式の使用可能なC/Iにより決定される。Hが N_T 送信装置アンテナの構成要素のためのチャネル応答を与える $N_R \times N_T$ 行列、及び特定の時間における N_R 受信装置アンテナの構成要素、であるとすれば、及び \underline{x} がチャネルへの入力の N_T ベクトルであるとすれば、受信された信号は、

【数1】

$$\underline{y} = \underline{H}\underline{x} + \underline{n}$$

【0064】

として表されることができる。ここで、 \underline{n} は干渉を加えたノイズを表す N_R ベクトルである。その共役・転置を有するチャネル行列の積により形成されるH行列の固有ベクトルの分解は、

【数2】

$$\underline{H}^* \underline{H} = \underline{E} \underline{\Lambda} \underline{E}^*$$

【0065】

として表されることができる。ここで、シンボル*は共役・転置を示し、Eは固有ベクトル行列であり、

【数3】

$$\underline{\Lambda}$$

【0066】

は固有値の対角行列であり、両方とも $N_T \times N_T$ 次元である。送信装置は、固有ベクトル

行列 E を使用して、 N_T 変調シンボルの組 \underline{b} を変換する。 N_T 送信アンテナから送信された変調シンボルは、それゆえ、

【数 4】

$$\underline{x} = E \underline{b}$$

【0067】

として表されることができる。全てのアンテナのための、前処理は、

【数 5】

$$\begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_{N_T} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} e_{11} & e_{12} & \dots & e_{1N_T} \\ e_{21} & e_{22} & \dots & e_{2N_T} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ e_{N_T1} & e_{N_T2} & \dots & e_{N_TN_T} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \vdots \\ b_{N_T} \end{bmatrix} \quad \text{Eq (2)}$$

10

20

【0068】

として表される行列乗算演算により達成されることができる。

ここで、 b_1 、 b_2 ... 及び b_{N_T} は、それぞれ送信アンテナ 1、2... N_T の特

定のサブチャネルのための変調シンボルであり、ここにおいて、それぞれの変調シンボルは、例えば M-PSK、M-QAM 及びその他を使用して、下記のように生成されることができる；

E は、送信アンテナから受信アンテナまでの送信損失に関する固有ベクトル行列である；及び、

x_1 、 x_2 ... x_{N_T} は、あらかじめ調整された変調シンボルであり、

【数 6】

$$x_1 = b_1 \cdot e_{11} + b_2 \cdot e_{12} + \dots + b_{N_T} \cdot e_{1N_T}$$

$$x_2 = b_1 \cdot e_{21} + b_2 \cdot e_{22} + \dots + b_{N_T} \cdot e_{2N_T}$$

$$x_{N_T} = b_1 \cdot e_{N_T1} + b_2 \cdot e_{N_T2} + \dots + b_{N_T} \cdot e_{N_TN_T}$$

30

40

【0069】

として表されることができる。

【0070】

$H^* H$ はエルミート (Hermitian) であるので、固有ベクトル行列は単一である。それで、 \underline{b} の構成要素が同等の電力を有するとすれば、 \underline{x} の構成要素も同等の電力を有する。受信された信号は、

【数 7】

$$\underline{y} = \underline{H} \underline{E} \underline{b} + \underline{n}$$

【0071】

として表されることができる。

【0072】

受信装置は、チャンネル-整合フィルタ操作、続いて、正しい固有ベクトルによる乗算を実行する。チャンネル-整合フィルタ操作の結果はベクトル \underline{z} であり、

10

【数 8】

$$\underline{z} = \underline{E}^* \underline{H}^* \underline{H} \underline{E} \underline{b} + \underline{E}^* \underline{H}^* \underline{n} = \underline{\tilde{E}} \underline{b} + \underline{\hat{n}} \quad \text{Eq.(2)}$$

【0073】

として表されることができる。ここで、新規なノイズ術語は、

【数 9】

$$\underline{E}(\underline{\hat{n}} \underline{\hat{n}}^*) = \underline{E}(\underline{E}^* \underline{H}^* \underline{n} \underline{n}^* \underline{H} \underline{E}) = \underline{E}^* \underline{H}^* \underline{H} \underline{E} = \underline{\Lambda}$$

20

【0074】

として表されることができる共分散を有する。即ち、ノイズ構成要素は、固有値によって与えられる変化から独立している。 \underline{z} の i 番目の構成要素の C/I は、 Λ_i であり、

【数 10】

$$\underline{\tilde{E}}$$

30

【0075】

の i 番目の対角の構成要素である。

【0076】

送信装置はこのように、固有値によって与えられる C/I に基づいて、各々の固有ベクトルのための変調アルファベット（即ち、信号集団）を選択できる。 C/I が受信装置において測定され、そして送信装置において送信をあらかじめ調整するために報告され使用される時間の間、チャンネル状態がこれと違って変わらないという条件で、通信システムの性能は、既知の C/I を有する独立した AWGN チャンネルの組のそれと同等であり得る。

【0077】

そのようなシステムは、図 1 B において、例示される。ステップ 141 において、送信装置 140 は多重データサブチャンネルにデータを変換する。相異なる QAM 集団は、SNR の方式及びサブチャンネルに依存して使用される。それぞれのサブチャンネルのためのデータは、そのサブチャンネルのための固有モード行列によって、あらかじめ調整される。ステップ 142 において、特定のアンテナのためのあらかじめ調整されたデータは、時間-領域信号を生み出すために逆の高速フーリエ変換 (IFFT) 操作を受ける。ステップ 143 において、伝搬チャンネルの時間分散がある場合には、周期的拡張または周期的プレフィックス (prefix) が OFDM サブチャンネルの中の直角を維持するために時間-領域信号に追加される。一つの延長されたシンボル値は、それぞれの OFDM サブチャンネルのために生成されて、これ以後は OFDM シンボルとして称される。ステップ 144 において、OFDM シンボルは、多重送信アンテナから送信される。

40

50

【 0 0 7 8 】

受信装置 1 4 5 の多重アンテナは、ステップ 1 4 6 で信号を受信する。ステップ 1 4 7 において、受信された信号は、受信された信号をチャネライズする (channelize) ために離散的なフーリエ変換 (DFT) 操作を受ける。ステップ 1 4 8 において、全ての受信アンテナを通したそれぞれのサブチャネルからのデータは処理される。この処理工程において、チャネル特性に関する情報は、データから抜き取られて、より圧縮されたフォーマットに変換される。一つの圧縮技術は、共役チャネル応答の使用、及び、チャネル特性を記載するために必要な情報の量を減じる固有モード行列である。ステップ 1 4 9 において、圧縮されたチャネル状態情報を含んでいるメッセージは受信装置 1 4 5 から送信装置 1 4 0 まで送信され、それは更なる送信をあらかじめ調整するために用いられる。

10

【 0 0 7 9 】

CSI の派生を容易にするために、送信波形は、最初の前置きのための周知のパイロットシンボルから構成される。

【 0 0 8 0 】

相異なる送信アンテナのためのパイロット波形は、図 1 C に $N_t = 4$ の場合として図示されたように、OFDM サブチャネルの共通の要素をもたない組を具備する。

【 0 0 8 1 】

OFDM 変調によって、伝搬チャネルは、L 平行サブチャネルに分割される。

【 0 0 8 2 】

CSI をただちに決定するために、完全に周知のシンボルから構成されている最初の前置きが送信される。相異なる送信 - 受信アンテナパターンの異なるチャネル応答を効率的に区別するために、パイロット信号はサブチャネルの共通の要素をもたないサブセットを割り当てられる。図 1 C は、共通の要素をもたないサブチャネルのサブセットから構成される例示的な OFDM パイロット構造の図である。サブチャネル $\{0, 1, 2, \dots, 2^n - 1\}$ から構成されたサブチャネルの組は、共通の要素をもたない 4 つのサブチャネルのサブセット $A = \{0, 4, 8, \dots, 2^n - 4\}$ 、 $B = \{1, 5, 9, \dots, 2^n - 3\}$ 、 $C = \{2, 6, 10, \dots, 2^n - 2\}$ 、及び、 $D = \{3, 7, 11, \dots, 2^n - 1\}$ に分解される。サブチャネルのサブセット A 1 5 0 は、送信アンテナ $T \times 1 \quad 1 5 1$ 上で送信され、サブチャネルのサブセット B 1 5 2 は、送信アンテナ $T \times 2 \quad 1 5 3$ 上で送信され、サブチャネルのサブセット C 1 5 4 は、送信アンテナ $T \times 3 \quad 1 5 5$ 上で送信され、サブチャネルのサブセット D 1 5 6 は、送信アンテナ $T \times 4 \quad 1 5 7$ 上で送信される。全てのサブチャネルは、送信アンテナの間で共通の要素をもたないため、通常、それぞれの送信アンテナは、チャネル全体のすべての $N^{t,h}$ サブチャネル上で送信する。周知のパイロットシンボルは、サブチャネルのサブセット中の全てのサブチャネル上で送信されることができる。特定の送信アンテナによって、使われるサブチャネル間の最小間隔は、チャネルパラメータ (channel parameters) の関数である。チャネル応答が大きい遅延拡散を有する場合、それで、密な間隔が必要であり得る。要求された間隔が、単一の OFDM シンボルをもつ全てのユーザのために達成されることができるわけではないほどアンテナの数が十分な大きさでない場合、一つ以上の多重パイロットシンボルでサブチャネルの共通の要素をもたないサブセットを割り当てられるそれぞれのアンテナと共に、多くの連続的な OFDM シンボルが使用されることができる。

20

30

40

【 0 0 8 3 】

送信装置におけるそれぞれの送信アンテナから、受信装置は共通の要素をもたないサブチャネル上のパイロットシンボルを受信して、共通の要素をもたないサブチャネルのチャネル特性に関して決定をする。上述したように、受信装置は一つ以上の受信アンテナを有することができる。 $\underline{x} = \{x_i, i = 1, \dots, K\}$ は、単一の送信アンテナのための K パイロットサブチャネル上で送信されるべきパイロットシンボル値であると仮定する。受信装置は、値 $y_{ij} = h_{ij} x_{ij} + n_{ij}$ を受信する。ここにおいて、 h_{ij} は $j^{t,h}$ 受信アンテナで受信される $i^{t,h}$ パイロットサブチャネルのための複合のチャネル応答であり、 n_{ij} はノイズである。この関係から、受信装置は単一の送信アンテナの K サブチャネルのチ

50

チャンネル応答の雑音評価を決定できる。これらの雑音が多い評価は、例えばチャンネル分散、及び、ノイズレベルに関する演繹的な情報を使用して、より複雑な評価に対する単純な補間のような多くの相異なる方法で、伝搬チャンネルの全てのサブチャンネルのための評価を導き出すために用いられる。その評価は、連続的なOFDMシンボルの上のパイロットシンボルを送信し、その後それぞれの連続的なOFDMシンボルの評価を平均することによって、改良されることができる。

【0084】

評価は、パイロットシンボルを放送しているそれぞれの送信アンテナのためのそれぞれの受信アンテナで生成される。完全な伝搬チャンネルのためのCSIは、チャンネル応答行列の組 $\{H_i, i = 1, 2, \dots, 2^n\}$ により表されることができ、ここで、行列 H_i は、 i^t サブチャンネルと関連している、及び、それぞれの行列 H_i の構成要素は、 $\{h_{ijk}, j = 1, \dots, N_r, k = 1, \dots, N_t\}$ であり、各々の N_t 送信及び N_r 受信アンテナのための複合チャンネル応答値である。

共通の要素をもたないサブチャンネルのサブセットの使用は、更にシステム、ここでは多重リンクで適用されることができ、例えば、送信装置から一つ以上の受信装置への伝搬チャンネルは、ごく近接して配置される。基地局がセクターに従って信号を送信するシステムにおいて、セクターの送信領域は、もう一つのセクターの送信領域と部分的に重なり合うことができる。理想的な基地局において、それぞれのセクターの送信アンテナは、他のセクターの送信アンテナに割り当てられる方向から、完全に共通の要素をもたない方向に信号を送信する。残念なことに、重なり合う領域は扇形に分割された基地局の大部分に存在する。本発明の本実施例を用いて、基地局の全ての送信アンテナが、その基地局の間の干渉を避けるために、サブチャンネルの共通の要素をもたないサブセットを割り当てられる。同様に、隣接した基地局も重要な干渉の原因であり得、サブチャンネルの共通の要素をもたない組は、基地局の間で割り当てられることが可能である。

【0085】

応答が原理リンクのために計算されるのと同様に、一般にチャンネル応答の計算は、共通の要素をもたないサブチャンネルのサブセットを割り当てられるすべてのリンクに作られることが可能である。しかしながら、これらの干渉しているリンクからのCSIの減少量は、送信装置に報告されることができ、例えば、隣接したリンクの平均的な総干渉レベルに関する情報は送信されることができ、原理リンクの支持できるデータレートを決定するために使用される。いくつかの干渉しているリンクが平均的な総干渉レベルを支配する場合、これらのリンクの干渉情報は、それぞれの共通の要素をもたないサブチャンネルのサブセット中でサブチャンネルのより効果的なグループ化を決定するためにシステムに個々に報告されることができ。

【0086】

送信装置へ運ばれることができる他のCSI情報は、主要なリンクに割り当てられないサブチャンネルの全測定電力である。隣接したリンクに割り当てられるサブチャンネルの全測定される電力は、ノイズ電力を加えた全干渉の評価を与える。いくつかのOFDMシンボルがパイロットシンボルとして使われる場合、チャンネル応答を測定した平均、及び、受信信号の実際の値は、与えられたサブチャンネル中の全ノイズを直接評価するために使用されることができ。

【0087】

一般に、基地局のネットワークのためのサブチャンネルの割り当ては、「周波数 - 再利用」パターンに従わなければならない。ここにおいて、リンクが距離によって、十分に隔てられる時、同じサブチャンネルが使われる。多数のリンクが互いに干渉している場合、OFDMサブチャンネルの数は、すべてのパイロットOFDMシンボルのためにサブチャンネルの割り当てを可能にするには不十分であり得る。この状況において、送信アンテナは、すべてのP番目のパイロットシンボル毎にサブチャンネルを割り当てられることが可能である。ここにおいて、Pは、(1)のものより大きい整数値である。

【0088】

10

20

30

40

50

本発明のもう一つの実施例において、OFDM方式は、同一のサブチャネルまたは共通の要素をもたないサブチャネルのどちらかを使用する送信アンテナの間の干渉を最小化するまたは取り除くOFDMシンボル値を作成するように設計される。ウォルシュ符合化のような直交コードは、Qパイロット信号をパイロット信号を代表するQ直交信号に変換するために用いられることが可能である。ウォルシュコードが使われる場合には、パイロット信号の数は2の累乗であろう。直交コードの使用が、隣接したリンクからの干渉を減らすために、以前議論された共通の要素をもたないサブチャネルのサブセットと共に使うことができる。例えば、およそ1MHzのシステムバンド幅を備えた4×4MIMOシステムにおいて、256のOFDMサブチャネルが使われることになっていると仮定する。マルチパスが10マイクロ秒に限られている場合、パイロットシンボルを伝えている共通の要素をもたないサブチャネルは、およそ50kHz間隔で、またはより接近して間隔を置かれなければならない。それぞれのサブチャネルは、およそ4kHzの幅であるので、12のサブチャネルの間隔は48kHzの幅である。OFDMサブチャネルが20のサブチャネルの12の組にそれぞれ分割される場合、16は未使用で残される。2つの連続的なOFDMシンボルはパイロット信号として使われ、そしてこれら2つのシンボル上の直交符合化が使用される。それゆえに、24の相異なる直交パイロットの割当てがある。これらの24の直交パイロットは、相異なる送信アンテナに割り当てられ、そして干渉を最小化するためにリンクする。

10

【0089】

本発明のもう一つの実施例において、多数の周期的なOFDMシンボルが、パイロットデータとして使うことができる。多数の相異なる送信アンテナからの干渉レベルの正確な測定が行われるために、OFDMシンボルの数は十分に大きくなければならない。これらの平均的な干渉レベルは、種々のサイトからの同時送信上で、即ち、全てのユーザにほぼ同等の性能を与える適応ブランキング方式 (blanking scheme) 上で、システム 広がり制約 (system-wide constraints) を設けるために用いられるであろう。

20

【0090】

本発明の代替の実施例において、パイロット信号としてOFDMシンボルを利用しないMIMOシステムのために、MIMO伝搬チャネルのCSIが決定及び送信されることができる。その代わりに、最大長のシフトレジスタシーケンス (Shift Register sequence) (m-シーケンス) が、伝搬チャネルを伝える (sound) ために用いられることが可能である。m-シーケンスは、フィードバックを有するシフトレジスタの出力である。M-シーケンスは、シーケンスのいかなるゼロでない循環シフトによっても、シーケンスの全周期にわたる相関は値-1を生ずる、という特性を含んだ望ましい自己相関特性を有し、ここにおいて、シーケンス値は+/-1である。それゆえに、ゼロシフト (zero shift) の相関はRである、ここにおいて、Rはシーケンスの長さである。マルチパスがある場合には、相関のような望ましい特性を維持するために、チャネルの遅延拡散に等しい一部のシーケンスは反復されなければならない。

30

【0091】

例えば、チャネルマルチパスがいくつかの時間 t_m に限られている、及び、パイロットシーケンスの長さが少なくとも $R \cdot t_m$ の場合、同じm-シーケンスの相異なるRシフトは、最小の相互干渉のみで使うことができる。これらの相異なるRシフトは、基地局の相異なる送信アンテナ及び重大な干渉の原因である他の基地局に割り当てられる。

40

【0092】

遠くに隔てられているMIMOシステムのリンクは、相異なるm-シーケンスを割り当てられることが可能である。相異なるm-シーケンスの相互相関特性は、単一のシーケンスの最小の相関特性及びそのシフトを示さないが、しかし相異なるm-シーケンスは、多少ランダムシーケンスのようにふるまい、Rがシーケンス長であるところのRの平均的な相関レベルを提供する。この平均的な相関レベルは、リンク間の分離の理由で、MIMOシステムに用いられるために一般に十分である。

【0093】

50

フィードバックを有するシフトレジスタは、全ての可能な m - シーケンスを生成するので、シーケンスは、長さ $R = 2^m - 1$ の単一の符号語のバージョンを単にシフトするだけである。ここにおいて、 m は、正の整数値である。それゆえに、相異なるバイナリ (binary) m - シーケンスの数は限られる。重要な干渉が起こる可能性がある領域において、同じ m - シーケンスの再利用を避けるために、フィルタを通したより長い m - シーケンスのバージョンが使うことができる。

【0094】

フィルタを通した m - シーケンスのバージョンはもはやバイナリではないが、それでも同じ基本的相関特性を表示する。

【0095】

例えば、パイロットシーケンスが 1 MHz のレートで送信される、及び、マルチパスが 10 マイクロ秒に限られていると仮定する。基地局に 3 つのセクターがあると仮定すると、ここにおいて、送信アンテナはサイトにつき合計 12 だから 4 つの送信アンテナがそれぞれのセクターに割り当てられる。長さ 127 の m - シーケンスが使用される場合、シーケンスの 12 の相異なるシフトは、それぞれ 10 の標本の相関的なシフトと共に、単一の基地局のアンテナに割り当てられることが可能である。送信されたパイロットの全長は従って 137 マイクロ秒であり、それはマルチパス拡散を収容するための 10 の追加の標本を加えたシーケンスの全周期である。従って、相異なる基地局は、同じ m - シーケンスからの干渉の効果を最小にするために設計された符号再利用パターンにおいて反復された、相異なる m - シーケンスを割り当てられることが可能である。

【0096】

ここで議論される発明の実施例は、当業者が、伝搬チャネルの特性を引き出して、そのような特性を送信サイトに報告することを可能にするパイロット信号の設計及び送信を目的としている。しかしながら、全 CSI は情報量が多いうえに非常に重複している。多くの方法は、送信される CSI 情報の量を圧縮するために有効である。以前に議論された一つの方法は、エルミート行列 $H^* H$ を使用する方法であり、ここにおいて、 H は受信装置で決定されたチャネル応答である。

【0097】

エルミート行列 $H^* H$ は、送信装置に報告されることができて、送信をあらかじめ調整するために用いられることが可能である。エルミート行列の特性のために、行列の構成要素の半分 (例えば行列 $H^* H$ の複合の小さい三角形の部分のような) 及び実数値の対角線だけが送信される必要がある。受信アンテナの数が送信アンテナの数より大きい場合、付加的な有効性が実現する。逆方向のリンク上で送信装置に送信される情報の量を減らすもう一つの方法は、送信装置にチャネル応答行列 H_i のサブセットだけを報告することである。そこから、報告されてないチャネル応答行列は補間方式で決定されることができ、もう一つの方法において、サブチャネル全体のチャネル応答の関数表現は、それぞれの送信/受信アンテナ対のために得られることができ、例えば、チャネル応答の多項式の関数代表が生成されることができ、多項式の関数の係数は、それで送信装置に送信される。

【0098】

CSI 情報を圧縮するためのこれらの方法に代わるものとして、本発明の一実施例はチャネル応答の時間 - 領域表現の送信を目的とする。そしてそれは、チャネルインパルス (channel impulse) の応答である。マルチパスの構成要素が 2 つか 3 つだけであるケースのように、チャネル応答の時間 - 領域表現が単純な場合、逆の FFT は、チャネル周波数応答の組で実行されることができ、逆の FFT 操作は、送信/受信アンテナ対間のそれぞれのリンクのために実行されることができ、結果として生じるチャネルインパルス応答は、送信装置に報告される一組の振幅及び遅延に変換される。

【0099】

上述したように、逆方向のリンク中の CSI の送信にかかわるコストがあり、そしてそれは、上記の発明の実施例が $MIMO$ システムで実施される時、減少される。コストを減らすためのもう一つの方法は、それらの CSI 要求のショートターム (short term) の平

10

20

30

40

50

均に従ってユーザを選択することである。チャンネルが弱まるようにCSI要求は変化する。そして、逆のリンク上の改良された有効性は、ユーザがCSI要求の量を推定する場合に達成され、及び、ユーザにより観察される伝搬チャンネルの変化レートに従って、周期的または非周期的であり得る間隔で基地局に通知する。基地局は、それでこのファクタを順方向及び逆方向の使用の計画 (scheduling) に含むことができる。ゆっくり変化している伝搬チャンネルと関連しているユーザは、急速に変化している伝搬チャンネルと関連しているユーザほど頻繁に報告しないので、スケジューリングは取り決められることが可能である。基地局は、また、システムユーザの数、及び、公平性ようなファクタを考慮するために計画を取り決めることができる。

【0100】

本発明の本実施例のもう一つの観点において、長い送信周期のCSI更新は、伝搬チャンネルの実際の変化に従って調整されることができ、時間間隔が割り当てられることが可能である。伝搬チャンネルの変化は、多くの可能な道のうちのうちの一つの受信サイトにおいて、監視されることができ。例えば、シンボルについての柔軟な決定と最も密なQAM集団値との間の違いは、標準として決定及び使用されることができ、または、デコダ測定基準の相対的なサイズもまた、使用されることができ。与えられた標準の品質が所定のしきい値以下に落ちる時、CSIに対する更新は送信装置に報告される。

【0101】

チャンネルフェージングが頻繁に起こり得る場合であっても、種々の遅延で観察される平均的な累乗は一定のままであるので、リンクの全体的なマルチパス累乗-遅延プロファイル (profile) は、非常にゆっくり変化する。それゆえに、リンクを特徴づけるために要求されるCSIの量は、リンクからリンクまで実質的に変化できる。性能を最適化するために、CSIの符合化は、特定のリンクの要求に合わせて調整される。CSIが周波数領域の形式、即ち、挿入されるべきチャンネル応答行列の組に送られる場合、マルチパスをほとんど伴わないリンクは、チャンネル応答行列の小さな組だけを要求する。

【高効率、高性能な通信システムの構造上の構成要素】

【0102】

図3は、図1Aのシステム110のデータプロセッサ112と変調器114のブロック図である。システム110により送信される全てのデータを含む集積され、入力されたデータストリームは、データプロセッサ112の範囲内のデマルチプレクサ (DEMUX) 310に提供される。デマルチプレクサ310は、入力されたデータストリームを多くの (K) チャンネルデータストリーム S_1 から S_k に、非多重化する。それぞれのチャンネルデータストリームは、例えば信号チャンネル、ブロードキャストチャンネル、音声通話またはトラフィックデータの送信に対応できる。それぞれのチャンネルデータストリームは、特定の符号化方式を使用しているデータをコード化するそれぞれのエンコーダ312に提供される。

【0103】

符号化は、誤り訂正符合化または誤り検出符合化を、もしくはその両方ともを含むことができ、リンクの信頼性を増大するために使用される。さらに明確には、そのような符号化は、例えばインターリーブ (interleaving)、回旋状の (convolutional) 符合化、ターボ (Turbo) 符合化、格子 (Trellis) 符合化、ブロック符合化 (例えば、リード-ソロモン (Reed-Solomon) 符合化)、周期的冗長性 (cyclic redundancy) チェックの (CRC) 符合化、及びその他を含むことができる。ターボ符号化は、米国特許出願番号09/205511、1998年12月4日に出願のタイトル「線形コングルエンシャル (Congruential) シーケンスを使用しているターボコードインターリーバ (Interleaver)」及び、以下にIS-2000標準として称される文書タイトル「cdma2000 IUTU-R RTT対象発信 (Candidate Submission)」中に更に詳述されており、その両方は本願明細書に引用されている。

【0104】

図3に示すように、符号化は、チャンネルベース毎で、即ちそれぞれのチャンネルデータストリーム上で、実行されることができ。しかしながら符号化はまた、集積された入力デ

10

20

30

40

50

ータストリーム、多くのチャネルデータストリーム、または一部のチャネルデータストリームで、一組のアンテナ、一組のサブチャネル、一組のサブチャネル及びアンテナ、またはそれぞれのサブチャネル全体に、それぞれの変調シンボル、または他のいくつかの時間、空間、及び周波数のユニットで、実行されることができる。エンコーダ 3 1 2 a 乃至 3 1 2 k からのコード化されたデータは、変調シンボルを生成するためにデータを処理するデータプロセッサ 3 2 0 に供給される。

【 0 1 0 5 】

一つの実施の形態において、データプロセッサ 3 2 0 は、一つ以上のタイムスロットにおいて、一つ以上のアンテナ上で、それぞれのチャネルデータストリームを一つ以上のサブチャネルに割り当てる。例えば、音声通話に対応するチャネルデータストリームのために、データプロセッサ 3 2 0 は一つのアンテナ（送信のダイバーシティが使われない場合）または多重アンテナ（送信のダイバーシティが使われる場合）の一つのサブチャネルをその電話のために必要なだけ多くのタイムスロットに割り当てることができる。信号またはブロードキャストチャネルに対応するチャネルデータストリームに関して、データプロセッサ 3 2 0 は、一つ以上のアンテナの指定されたサブチャネル（sub-channel(s)）を、送信のダイバーシティが使われるかどうかにより依存して割り当てることができる。データプロセッサ 3 2 0 は、その後で、残りの使用可能なリソースをデータ送信に対応するチャネルデータストリームに割り当てる。データ送信のバースティな性質、及び、遅延に対するより大きい耐性のために、高い性能、及び、高効率のシステム・オブジェクトが達成されるように、データプロセッサ 320 は使用可能なリソースを割り当てることができる。データ送信はこのように、システムの目的を達成するために「計画される」。

10

20

【 0 1 0 6 】

それぞれのチャネルデータストリームがそのそれぞれのタイムスロット（time slot(s)）、サブチャネル（sub-channel(s)）、及びアンテナ（antenna(s)）に割り当てられた後に、チャネルデータストリームのデータはマルチ搬送波変調を使用して変調される。OFDM 変調は、多数の効果を提供するために使用される。OFDM 変調の一つの実施の形態において、それぞれのチャネルデータストリームのデータはブロックに分類され、それぞれのブロックは特定のデータビット数を有する。それぞれのブロックのデータビットは、その後そのチャネルデータストリームと関連している一つ以上のサブチャネルに割り当てられる。

30

【 0 1 0 7 】

それぞれのブロックのビットは、その後別々のサブチャネルに非多重化され、それぞれのサブチャネルは、潜在的に相異なる（即ち、サブチャネルの C / I、及び M I M O 処理が使用されるかどうかに基づいた）ビット数を伝達する。各々のこれらのサブチャネルのために、ビットはそのサブチャネルと関連している特定の変調方式（例えば、M - P S K または M - Q A M）を使用している変調シンボルに分類される。例えば、16 - Q A M については、信号集団は、複素平面（即ち、 $a + j * b$ ）の 16 の点で構成され、複素平面のそれぞれの点は 4 ビットの情報を伝達する。M I M O 処理方式において、サブチャネルのそれぞれの変調シンボルは変調シンボルの線形の組合せを表し、それぞれは相異なる集団から選択されることができる。

40

【 0 1 0 8 】

L 変調シンボルのコレクションは、次元 L の変調シンボルベクトル V を形成する。変調シンボルベクトル V のそれぞれの構成要素は、変調シンボル伝達される固有の周波数またはトーンを有する特定のサブチャネルと関連している。これらの L 変調シンボルのコレクションは、全てお互いに直角である。それぞれのタイムスロットで、及び、それぞれのアンテナのために、L サブチャネルに対応する L 変調シンボルは、逆の高速フーリエ変換（I F F T）を使用している OFDM シンボルに結合される。それぞれの OFDM シンボルは、L サブチャネルに割り当てられたチャネルデータストリームからのデータを含む。

【 0 1 0 9 】

OFDM 変調は、論文タイトル「データ送信のためのマルチキャリアー（Multicarrier

50

) 変調：時間が到来する観念」John A. C. Bingham、(IEEE通信誌、1990年5月)に更に詳細に記載されており、本願明細書中に引用されている。

【0110】

データプロセッサ320は、このようにKチャネルデータストリームに対応するコード化されたデータを受信及び処理し、 N_T 変調シンボルベクトル、 V_1 乃至 V_{NT} 、それぞれの送信アンテナに一つの変調シンボルベクトル、を提供する。いくつかの実施の形態において、いくつかの変調シンボルベクトルは相異なる送信アンテナのために予定された特定のサブチャネル上で二重の情報を有する可能性がある。変調シンボルベクトル V_1 乃至 V_{NT} は、それぞれ変調器114a乃至114tに提供される。

【0111】

図3において、それぞれの変調器114は、IFFT320、周期的プレフィックス発生器322、及び、アップコンバータ324を含む。IFFT320は、受信された変調シンボルベクトルをOFDMシンボルと呼ばれているそれらの時間-領域表現に変換する。IFFT320は、いかなる数のサブチャネル(例えば、8、16、32、その他)でもIFFTを実行するように設計されることができる。あるいは、ベクトルはOFDMにシンボルを変換されるそれぞれの変調シンボルのために、周期的プレフィックス発生器322は、特定のアンテナのための送信シンボルを形成するためにOFDMシンボルの一部の時間-領域表現を反復する。周期的プレフィックスは、マルチパス遅延拡散がある場合には、送信シンボルがその直角の特性を保持すると保証し、それによって、下記のように有害な経路効果に対して性能を改良する。IFFT320、及び、周期的プレフィックス発生器322の実施の形態は、公知技術でありここでは詳細に記載されない。

【0112】

それぞれの周期的プレフィックス発生器322(即ち、それぞれのアンテナのための送信シンボル)からの時間-領域表現は、アップコンバータ324により処理され、アナログ信号に変換され、RF周波数に変調され、そして、それぞれのアンテナ116から送信されるRF変調信号を生成するために調整される(例えば拡大、及び、濾波)。

【0113】

図3はまた、データプロセッサ320のブロック図を示す。それぞれのチャネルデータストリーム(即ち、コード化されたデータストリームX)のためのコード化されたデータは、それぞれのチャネルデータプロセッサ332に提供される。チャネルデータストリームが、(少なくともいくつかの送信の重複なしで)多重サブチャネルおよび/または多重アンテナにおいて、送信されるべきである場合、チャネルデータプロセッサ332は、チャネルデータストリームをデータサブストリームの数($L \cdot N_T$ まで)に非多重化する。それぞれのデータサブストリームは、特定のアンテナにおける特定のサブチャネル上の送信に対応する。典型的な実施の形態において、いくつかのサブチャネルが信号、音声、及び、データの他のタイプのために使用されるので、データサブストリームの数は $L \cdot N_T$ より少ない。データサブストリームは、結合器334に供給されるそれぞれの割り当てられたサブチャネルのためのサブストリームに対応して生成処理される。結合器334は、その後変調シンボルベクトルストリームとして提供される変調シンボルベクトルに、それぞれのアンテナのために指定される変調シンボルを結合する。 N_T アンテナのための N_T 変調シンボルベクトルストリームは、その後次の処理ブロック(即ち、変調器114)に提供される。

【0114】

最も多くの柔軟性、最良の性能、及び、最も高い効率を提供する設計において、それぞれのサブチャネルに、それぞれのタイムスロットで送信される変調シンボルは、個々に独立して選択されることができる。この特徴は、時間、周波数及び、空間の3次元全体に渡って、使用可能なリソースの最善の使用を可能とする。それぞれの変調シンボルにより送信されるデータビットの数は、このように異なることがありえる。

【0115】

図4は、一つのチャネルデータストリームの処理のために使用されることができるチャ

10

20

30

40

50

ネルデータプロセッサ400のブロック図である。チャンネルデータプロセッサ400は、図3の一つのチャンネルデータプロセッサ332を実施するために使用されることができ。チャンネルデータストリームの送信は、(例えば、図2のデータ1に関しては)多重サブチャンネルで起こり得て、多重アンテナからも起こることがあり得る。それぞれのサブチャンネル上の、及び、それぞれのアンテナからの送信は、重複なしのデータを表すことができる。

【0116】

チャンネルデータプロセッサ400の中で、デマルチプレクサ420は、コード化されたデータストリーム X_i を、多くのサブチャンネルデータストリーム、 $X_{i,1}$ 乃至 $X_{i,M}$ 、データ送信に使用されているそれぞれのサブチャンネルに一つのサブチャンネルデータストリーム、に受信し非多重化する。非多重化されたデータは、同一または非同でありえる。例えば、送信経路に関するいくつかの情報が周知の場合(即ち、全CSIまたは部分的なCSIが周知である場合)、デマルチプレクサ420は、より多くのデータビットをより多くのbps/Hzを送信する能力があるサブチャンネルにあてることができる。しかしながら、どんなCSIも周知でない場合、デマルチプレクサ420は、各々の割り当てられたサブチャンネルに一樣にほぼ等しいビット数をあてる。

10

【0117】

それぞれのサブチャンネルデータストリームは、それでそれぞれの空間分割プロセッサ430に提供される。それぞれの空間分割プロセッサ430は、受信されたサブチャンネルデータストリームをデータサブストリームの数(N_T まで)、データを送信するために使用されるそれぞれのアンテナのための一つのデータサブストリームに、さらに非多重化できる。このように、デマルチプレクサ420、及び空間分割プロセッサ430の後、コード化されたデータストリーム X_i は、 N_T までのアンテナからLサブチャンネルまでに送信される $L \cdot N_T$ までのデータサブストリームに非多重化されることができる。

20

【0118】

いかなる特定のタイムスロットでも、 N_T までの変調シンボルは、それぞれの空間の分割プロセッサ430により生成されることができ、 N_T 結合器400a乃至440tに与えられることが可能である。例えば、サブチャンネル1に割り当てられる空間分割プロセッサ430aは、サブチャンネル1のアンテナ1乃至 N_T のための N_T までの変調シンボルを提供できる。同様に、サブチャンネルkに割り当てられる空間の分割プロセッサ430kは、アンテナ1乃至 N_T のサブチャンネルkのための N_T までのシンボルを提供できる。それぞれの結合器440は、Lサブチャンネルのための変調シンボルを受信し、それぞれのタイムスロットのためのシンボルを変調シンボルベクトルに結合し、変調シンボルベクトルを変調シンボルベクトルストリームVとして、次の処理段階(例えば、変調器114)に提供する。

30

【0119】

チャンネルデータプロセッサ400は、また、上記した全CSIかまたは部分的なCSI処理方式を実施するために必要な処理を提供するように設計されていることができる。CSI処理は、使用可能なCSI情報に、及び、選択されたチャンネルデータストリーム、サブチャンネル、アンテナ、その他に基づいて実行されることができる。CSI処理は、選択的及び動的に、使用可能及び使用不可能であり得る。例えば、CSI処理は、特定の送信のために使用可能であり、他のいくつかの送信のために使用不可能であり得る。例えば、送信リンクが十分なC/Iを有する時、CSI処理は特定の状況下で使用可能でありえる。

40

【0120】

図4のチャンネルデータプロセッサ400は、高いレベルのフレキシビリティを提供する。しかしながら、そのようなフレキシビリティが、全てのチャンネルデータストリームのために典型的に必要とされるというわけではない。例えば、音声通話のためのデータは、電話の間に、一つのサブチャンネルを通じて典型的に送信される、またはそのような時間まで、サブチャンネルとして再設定される。チャンネルデータプロセッサの設計は、これらのチャ

50

ネルデータストリームのために極めて単純化されることができる。

【 0 1 2 1 】

図 5 は、オーバーヘッドデータ、信号、音声またはトラフィックデータのような一つのチャンネルデータストリームのために使用されることができる処理のブロック図である。空間分割プロセッサ 450 は、図 3 の一つのチャンネルデータプロセッサ 332 を実施するために使用されることができる、及び、例えば音声通話のようなチャンネルデータストリームをサポートするために使用されることができる。音声通話は、多重タイムスロット（例えば、図 2 の音声 1）のための一つのサブチャンネルに、典型的に割り当てられ、多重アンテナから送信されることができる。コード化されたデータストリーム X_j は、データをブロックに分類する空間分割プロセッサ 450 に提供され、それぞれのブロックは、変調シンボルを生成するために使用される特定のビット数を有する。空間分割プロセッサ 450 からの変調シンボルは、チャンネルデータストリームを送信するために使用される一つ以上アンテナと関連している一つ以上結合器 440 に提供される。

10

【 0 1 2 2 】

図 2 に示された、送信信号の生成が可能な送信装置の特定の実施の形態は、ここで、発明のより良い理解のために記載される。図 2 のタイムスロット 2 において、制御データはサブチャンネル 1 に送信され、ブロードキャストデータはサブチャンネル 2 に送信され、音声通話 1 及び 2 はサブチャンネル 3 及び 4 に割り当てられ、そしてトラフィックデータはサブチャンネル 5 乃至 16 に送信される。この例では、送信装置は 4 つの送信アンテナ（即ち、 $N_T = 4$ ）を含み、4 つの送信信号（即ち、4 つの RF 変調信号）は 4 つのアンテナのために生成されると仮定される。

20

【 0 1 2 3 】

図 6 は、図 2 のタイムスロット 2 のための送信信号を生成するために使用されることができる一部のプロセッサのブロック図である。入力データストリームは、図 2 の制御、ブロードキャスト、音声 1、音声 2 及びデータ 1 に対応してストリームを 5 つのチャンネルデータストリーム (S_1 乃至 S_5) に非多重化するデマルチプレクサ (DEMUX) 510 に提供される。それぞれのチャンネルデータストリームは、そのストリームのために選択されるコード化方式を使用してデータをコード化するそれぞれのエンコーダ 512 に提供される。

【 0 1 2 4 】

この例では、チャンネルデータストリーム S_1 乃至 S_3 は送信のダイバーシティを使用して送信される。このように、各々の符号化データストリーム X_1 乃至 X_3 は、そのストリームのための変調シンボルを生成する、それぞれのチャンネルデータプロセッサ 532 に提供される。各々のチャンネルデータプロセッサ 532 c 乃至 532 a からの変調シンボルは、その後 4 つの結合器 540 a 乃至 540 d の全てに提供される。それぞれの結合器 540 は、結合器と関連しているアンテナのために指定された 16 のサブチャンネルの全てのための変調シンボルを受信する、変調シンボルベクトルを生成するためにそれぞれのタイムスロットでそれぞれのサブチャンネル上のシンボルを結合する、及び、変調シンボルベクトルを変調シンボルベクトルストリーム V として、関連する変調器 114 に提供する。図 6 に示したように、チャンネルデータストリーム S_1 は、4 つのアンテナの全てからサブチャンネル 1 で送信され、チャンネルデータストリーム S_2 は、4 つのアンテナの全てからサブチャンネル 2 で送信され、及び、チャンネルデータストリーム S_3 は、4 つのアンテナの全てからサブチャンネル 3 で送信される。

30

40

【 0 1 2 5 】

図 7 は、チャンネルデータストリーム S_4 のためのコード化されたデータを処理するために使用される一部の処理ユニットのブロック図である。この例では、チャンネルデータストリーム S_4 は、空間のダイバーシティを使用して送信される（及び、チャンネルデータストリーム S_1 乃至 S_3 のために使用され、ダイバーシティを送信しない）である。空間のダイバーシティと共に、データは多重アンテナを通じて、（各々の割り当てられたサブチャンネルに、または相異なるタイムスロットにおいて、同時に）非多重化され、送信される。符合化されたデータストリーム X_4 は、そのストリームのための変調シンボルを形成する

50

チャンネルデータプロセッサ 5 3 2 d に提供される。この場合変調シンボルは、チャンネルの各々の固有モードに対応するシンボルアルファベットから選択された変調シンボルの線形組合せである。

【 0 1 2 6 】

この例では、4つの異なった固有モードがあり、そのそれぞれは相異なる情報量を伝達できる。一例として、固有モード 1 は、6 4 Q A M (6 ビット) が確実に送信されることを可能にする C / I を有し、固有モード 2 は、1 6 Q A M (4 ビット) を可能にし、固有モード 3 は、Q P S K (2 ビット) を可能にし、及び固有モード 4 は、B P S K (1 ビット) が使用されるのを可能にする、と仮定する。このように、4つの固有モード全ての組合せは、合計 1 3 の情報ビットが、同じサブチャンネルの 4 つのアンテナ全てで効果的な変調シンボルとして同時に送信されることを可能にする。上の方程式 (1) において、与えられる行列掛算により記載されるように、それぞれのアンテナ上の割り当てられたサブチャンネルのための効果的な変調シンボルはそれぞれの固有モードと関連している個々のシンボルの線形組合せである。

10

【 0 1 2 7 】

図 8 は、チャンネルデータストリーム S 5 を処理するために使用される処理ユニットの一部のブロック図である。符合化されたデータストリーム X₅ は、ストリーム X₅ を 1 2 のサブチャンネルデータストリーム、X_{5, 1 1} 乃至 X_{5, 1 6}、各々の割り当てられたサブチャンネル 5 乃至 1 6 のための一つのサブチャンネルデータストリームに非多重化するデマルチプレクサ (D E M U X) 5 3 0 に提供される。それぞれのサブチャンネルデータストリームは、その後、関連するサブチャンネルデータストリームのための変調シンボルを生成するそれぞれのサブチャンネルデータプロセッサ 5 3 6 に提供される。サブチャンネルデータプロセッサ 5 3 6 a 乃至 5 3 6 1 からのサブチャンネルシンボルストリームは、それぞれ、その後、デマルチプレクサ 5 3 8 a 乃至 5 3 8 1 に提供される。それぞれのデマルチプレクサ 5 3 8 は、受信されたサブチャンネルシンボルストリームを 4 つのシンボルサブストリームに非多重化し、それぞれのシンボルサブストリームは特定のアンテナにおける特定のサブチャンネルに対応する。それぞれのデマルチプレクサ 5 3 8 からの 4 つのシンボルサブストリームは、その後、4 つの結合器 5 4 0 a 乃至 5 4 0 d に提供される。

20

【 0 1 2 8 】

図 8 において、サブチャンネルデータストリームは、その後 4 つのシンボルサブストリーム (それぞれのアンテナの特定のサブチャンネルのための一つのシンボルサブストリーム) に非多重化されるサブチャンネルシンボルストリームを生成するために処理される。この実施の形態は、図 4 に記載されたものと相異なる。

30

【 0 1 2 9 】

図 4 において、特定のサブチャンネルに指定されたサブチャンネルデータストリームは、多くのデータサブストリーム (それぞれのアンテナのための一つのデータサブストリーム) に非多重化され、そして対応したシンボルサブストリームを生成するために処理される。図 8 の非多重化は、シンボル変調の後に実行され、一方、図 4 の非多重化は、シンボル変調の前に実行される。他の実施の形態もまた、使用されることができ、本発明の範囲内である。

40

【 0 1 3 0 】

図 8 のサブチャンネルデータプロセッサ 5 3 6 及びデマルチプレクサ 5 3 8 のそれぞれの組合せは、図 7 のサブチャンネルデータプロセッサ 5 3 2 d 及びデマルチプレクサ 5 3 4 d の組合せと類似した方法で機能する。平均して、それぞれのデマルチプレクサ 5 3 8 からのそれぞれのシンボルサブストリームのレートは、関連するチャンネルデータプロセッサ 5 3 6 からのシンボルストリームのレートの 4 分の 1 である。

【 0 1 3 1 】

図 9 は、多重受信アンテナを有する、受信装置 6 0 0 のブロック図であり、それは一つ以上のチャンネルデータストリームを受信するために使用されることができ、一つ以上の送信アンテナからの送信された一つ以上の信号は、各々のアンテナ 6 1 0 a 乃至 6 1 0 r

50

により受信されることができ、それぞれのフロントエンドプロセッサ612に送られることが可能である。例えば、受信アンテナ610aは多くの送信アンテナから送信された多くの信号を受信することができ、受信アンテナ610rは同様に多重送信された信号を受信できる。それぞれのフロントエンドプロセッサ612は、受信された信号を調整し（例えば、濾波及び増幅）、調整された信号を中間周波数またはベースバンドにダウンコンバート（downconverts）し、及びダウンコンバートされた信号を標本化及び量子化する。それぞれのフロントエンドプロセッサ612は典型的に、それぞれの受信アンテナにひとつ、それぞれのFFTプロセッサ614に提供される「コヒレント」な標本を生成するために受信されたパイロットを用いて特定のアンテナと関連する標本をさらに復調する。。それぞれのFFTプロセッサ614は、受信された標本の変換された表現を生成し、変調シンボルベクトルのそれぞれのストリームを提供する。FFTプロセッサ614a乃至614rからの変調シンボルベクトルストリームは、デマルチプレクサ及び結合器620に提供され、そこでは、それぞれのFFTプロセッサ614からの変調シンボルベクトルのストリームを（Lまでの）多くのサブチャネルシンボルストリームにチャネライズする。復調及び復号の前に使用される（例えば、ダイバーシティまたはMIMO）通信方式に基づいて、全てのFFTプロセッサ614からのサブチャネルシンボルストリームは処理される。

10

【0132】

ダイバーシティ通信モードを使用して送信されるチャネルデータストリームのため、チャネルデータストリームの送信のために使用される全てのアンテナからのサブチャネルシンボルストリームは、時間、空間及び周波数の全体に重複した情報を結合する結合器に提供される。結合された変調シンボルのストリームは、その後（ダイバーシティ）チャネルプロセッサ630に提供され、従って復調される。

20

【0133】

MIMO通信モードを使用して送信されるチャネルデータストリームのための、チャネルデータストリームの送信のために使用される全てのサブチャネルシンボルストリームは、それぞれのサブチャネルの受信された変調シンボルを異なった固有モードへ直交化（orthogonalizes）するMIMOプロセッサに提供される。MIMOプロセッサは、上の方程式（2）により記載される処理を実行し、及び送信装置で使用される固有モードの数に対応して多くの独立したシンボルサブストリームを生成する。例えば、MIMOプロセッサは、調整後の（postconditioned）変調シンボルを生成するために残された固有ベクトルを用いて受信された変調シンボルの乗算を実行することができ、それは送信装置における全CSIプロセッサより前の変調シンボルに該当する。（調整後の）シンボルサブストリームは、その後、（MIMO）チャネルプロセッサ630に提供され、従って復調される。このように、それぞれのチャネルプロセッサ630は、（ダイバーシティ通信モードのための）変調シンボルまたは（MIMO通信モードのための）多くのシンボルサブストリームのストリームを受信する。変調シンボルのそれぞれのストリームまたはサブストリームは、処理されているサブチャネルのために送信装置で使用される変調方式と相補的である復調方式（例えば、M-PSK、M-QAMまたは他のもの）を実施する、それぞれの復調器（DEMOD）に提供される。MIMO通信モードのために、全ての割り当てられた復調器からの復調されたデータは独立して復号化されることができ、または一つのチャネルデータストリームに多重送信されることができ、及び、送信装置で使用される符合化及び変調方法によって、復号化されることができ、ダイバーシティ及びMIMO通信モードのため、チャネルプロセッサ630からのチャネルデータストリームは、送信装置でチャネルデータストリームのために使用されるものと相補的な復号化方式を実施するそれぞれのデコーダ640に提供されることができ、それぞれのデコーダ540からの復号化データは、そのチャネルデータストリームのために送信されたデータの評価を表す。

30

40

【0134】

図9は、受信装置の一実施例を表す。他の設計は予測可能であり、本発明の範囲内であ

50

る。例えば受信装置は、一つの受信アンテナだけを有して設計されることができ、または、多重（例えば音声，データ）チャンネルデータストリームを同時に処理することが可能に設計されることができる。

【0135】

上記したように、マルチ搬送波変調は、本発明の通信システムで使用される。特に、OFDM変調は、マルチパス環境中の改良した性能、（相対的な意味において、MIMOモードの操作のための、）実施の形態の減少した複雑性、及びフレキシビリティを含む多くの利点を提供するために使用されることができる。しかしながら、マルチ搬送波変調の他の可変要素も使用されることができ、本発明の範囲内である。

【0136】

OFDM変調は、マルチパス遅延拡散または送信アンテナ及び受信アンテナの間の伝搬環境により導入される差動の経路遅延のためにシステム効率を改善できる。通信リンク（即ち、RFチャンネル）は、遅延拡散を有し、システム動作しているバンド幅 W の逆数より潜在的に大きくなることができる。このために、遅延拡散より少ない送信シンボル期間を有する変調方式を使用している通信システム、はインターシンボル（inter-symbol）干渉（ISI）を経験する。このISIは、受信されたシンボルを歪め、不正確な検出の可能性を増大する。

【0137】

OFDM変調と共に、送信チャンネル（または動作しているバンド幅）は、データを伝達するために使用される、（かなりの）多数の平行したサブチャンネル（またはサブバンド）に本質的に分割される。各々のサブチャンネルが典型的に通信リンクのコヒーレンス（coherence）バンド幅より非常に少ないバンド幅しか有さないため、リンクの遅延拡散のためのISIは、OFDM変調を使用して、かなり減少または取り除かれる。対照的に、送信シンボルレートが通信リンクの遅延拡散と比較してわずかでない限り、大部分の通常の変調方式（例えば、QPSK）はISIに高感度である。

【0138】

上記したように、周期的プレフィックスは、マルチパスの有害な効果を防止するために使用されることができる。周期的プレフィックスは、OFDMシンボルの一部（IFFTの後、通常は正面の部分）であり、シンボルの後部に付加される（wrapped around）。周期的プレフィックスはOFDMシンボルの直角を保持するために使用され、それは典型的にマルチパスにより破壊される。

【0139】

一例として、チャンネル遅延拡散が10マイクロ秒未満である通信システムを考える。それぞれのOFDMシンボルは、マルチパス遅延拡散がある場合には、全体的なシンボルがその直角の特性を保持することを保証する周期的プレフィックスをそれに追加した。周期的プレフィックスがどんな付加的な情報も伝達しないので、それは本質的にオーバーヘッドである。良い効率を維持するために、周期的プレフィックスの期間は、全体的な送信シンボル期間のわずかな断片であるように選択される。周期的プレフィックスを示すために5%のオーバーヘッドを使用している上記の実施例で、200マイクロ秒の送信シンボル期間は、10マイクロ秒最大チャンネル遅延拡散のために十分である。200マイクロ秒の送信シンボル期間は、各々のサブバンドのための5kHzのバンド幅に対応する。全体的なシステムバンド幅が1.2288MHzである場合、およそ5kHzの250のサブチャンネルが提供されることができる。実際問題として、サブチャンネルの数が2の累乗であることは、便利である。このように、送信シンボル期間は205マイクロ秒に増大される、及びシステムのバンド幅が $M = 256$ サブバンドに分割される場合、それぞれのサブチャンネルは、4.88kHzのバンド幅を有する。

【0140】

本発明のある実施例において、OFDM変調は、システムの複雑性を減らすことができる。通信システムがMIMO技術を取り入れる時、受信装置と関連している複雑性は、特にマルチパスがある時、重大でありえる。OFDM変調の使用は、各々のサブチャンネルが

10

20

30

40

50

使用されるMIMO処理によって、独立した方法で処理されることを可能にする。このように、MIMO技術が使用される場合、OFDM変調は受信装置における信号処理を極めて単純化できる。

【0141】

OFDM変調は、また、多重ユーザの間でシステムバンド幅Wを共有する際に、加算されたフレキシビリティを産出できる。具体的には、OFDMシンボルの使用可能な送信空間は、一群のユーザ間で分配されることができる。例えば、低レート音声ユーザはOFDMシンボルのサブチャネルまたはサブチャネルの断片に割り当てられることが可能である、一方、残りのサブチャネルは、集められた要求に基づいてデータユーザに割り当てられることが可能である。加えて、オーバーヘッド、ブロードキャスト及び制御データは、いくつかの使用可能なサブチャネルに、または（おそらく）サブチャネルの一部に伝達されることができる。

10

【0142】

上記の通りに、それぞれのタイムスロットのそれぞれのサブチャネルは、M-PSKまたはM-QAMのようないくつかのアルファベット（alphabet）から選択される変調シンボルと関連している。ある実施例において、最も多くの効率的利用がそのサブチャネルでできているように、各々のLサブチャネルの変調シンボルを、選択できる。例えば、サブチャネル1は、QPSKを使用して生成されることができる、サブチャネル2は、BPSKを使用して生成されることができる、サブチャネル3は、16-QAMを使用して生成されることができる、など。このように、それぞれのタイムスロットの、LサブチャネルのためのLまでの変調シンボルは、生成され、結合されて、そのタイムスロットの変調シンボルベクトルを生成する。

20

【0143】

一つ以上のサブチャネルは、一つ以上のユーザに割り当てられることが可能である。例えば、それぞれの音声ユーザは単一のサブチャネルに割り当てられることが可能である。残りのサブチャネルは、データユーザに動的に割り当てられることが可能である。この場合、残りのサブチャネルは、単一のデータユーザに割り当てられることができ、または多数のデータユーザ間で分けられることが可能である。加えて、いくつかのサブチャネルは、オーバーヘッド、ブロードキャスト及び制御データを送信することのために確保されることができる。本発明のある実施例において、ダイバーシティを増大し、いくつかの干渉平均算出を提供するために、サブチャネルの割当てを（おそらく）変調シンボルから疑似ランダム方法のシンボルまで変化させることは、望ましい。

30

【0144】

CDMAシステムにおいて、それぞれの逆方向リンク送信の送信電力は、要求されたフレームエラーレート（FER）が基地局において、最小の送信電力で達成されるように制御され、それによって、システムの他のユーザに対する妨害を最小化する。CDMAシステムの順方向リンク上で、送信電力はまた、システム容量を増大するように調整される。

【0145】

本発明の通信システムにおいて、順方向及び逆方向リンク上の送信電力は、干渉を最小化し、システム容量を最大にするために制御されることができる。電力制御は、種々の方法で達成されることができる。例えば、電力制御はそれぞれのチャネルデータストリームで、それぞれのサブチャネルで、それぞれのアンテナで、または他のいくつかの測定のユニットで、実行されることができる。

40

【0146】

ダイバーシティ通信モードにおいて、動作するとき、特定のアンテナからの経路損失が大きい場合、このアンテナからの送信は、ほとんど何も受信装置で得られることができなくなってから以後減少または、抑制できる。同様に、送信が多重サブチャネルを通じて発生する場合、より少ない電力は、最も多くの経路損失を経験しているサブチャネル（sub-channel(s)）に送信される可能性がある。

【0147】

50

実施の形態において、電力制御はCDMAシステムで使用されるものと同様のフィードバックメカニズムで達成されることができ、電力制御情報は、送信装置をその送信電力を増減するように導くために、受信装置から送信装置まで周期的にまたは独立して送信されることができる。電力制御ビットは、受信装置で例えばBERまたはFERに基づいて生成されることができる。

【0148】

図10は、本発明の通信システムのいくつかの通信方式と関連しているスペクトルの効率を例示する描画を示す。図10において、与えられたビット誤り率のための変調シンボルあたりのビット数は、多くのシステム構成のためのC/Iの関数として与えられる。表記法 $N_T \times N_R$ は構成の次元を示し、 N_T は送信アンテナ数、 N_R は受信アンテナ数である。2つのダイバーシティ構成、すなわち 1×2 及び 1×4 及び4つのMIMO構成、すなわち、 2×2 、 2×4 、 4×4 及び 8×4 はシミュレーションされ、その結果は図10に提供される。

10

【0149】

描画に示すように、与えられたBERのためのシンボルあたりのビット数は、 $1 \text{ bps} / \text{Hz}$ 未満からほぼ20の bps / Hz まで変動する。C/Iの低値において、ダイバーシティ通信モード及びMIMO通信モードのスペクトルの効率は類似しており、効率の改良はあまり目立たない。しかしながら、C/Iのより高い値において、MIMO通信モードを用いたスペクトルの効率の増加は、より劇的になる。あるMIMO構成において、及びある状態の、改良は、瞬間的に最高20倍に到達できる。

20

【0150】

これらの描画から、送信及び受信アンテナの数が増大するにつれて、スペクトルの効率が一般に増大することが観察できる。その改良はまた、通常はより低い N_T 及び N_R に限られている。例えば、ダイバーシティ構成 1×2 及び 1×4 は、両方とも漸近的におよそ $6 \text{ bps} / \text{Hz}$ に到達する。

【0151】

達成可能な種々のデータレートを調べる際、図10において、与えられるスペクトルの効率値は、サブチャネルのために可能なデータレートの範囲を得るためにサブチャネルベース上の結果に適用されることができる。一例として、5dBのC/Iで動作している加入者ユニットにとって、この加入者ユニットのために達成可能なスペクトルの効率は、使用される通信方式に従って、 $1 \text{ bps} / \text{Hz}$ 及び2.25の bps / Hz との間にある。このように、5kHzのサブチャネルで、この加入者ユニットは、5kbpsから10.5kbpsの範囲のピークのデータレートを維持させることができる。C/Iが10dBである場合、同じ加入者ユニットはサブチャネルにつき10.5kbpsから25kbpsまでの範囲のピークのデータレートを維持させることができる。使用可能な256のサブチャネルによって、10dBのC/Iで動作している加入者ユニットのためのピークの持続するデータレートは、6.4Mbpsである。このように、加入者ユニットのデータレート要求及び加入者ユニットのための動作しているC/Iを与えることによって、システムは、要求を満たすためにサブチャネルの必要な数を割り当てることができる。データサービスの場合、タイムスロットにつき割り当てられるサブチャネルの数は、例えば他のトラフィックローディング(traffic loading)に従って変化できる。

30

40

【0152】

通信システムの逆方向リンクは、順方向リンクと同様の構造で設計されることができる。しかしながら、ブロードキャスト及び共通の制御チャンネルの代わりに、特定のサブチャネルにおいて、またはフレームの特定の 변調シンボル位置において、またはその両方ともにおいて、定義されるランダムアクセスチャンネルがあり得る。これらは、短い要請(例えば、レジストレーション(registration)、リソースの要請、その他)を中心の局に送信するためにいくつかまたは全ての加入者ユニットにより使用されることができる。共通のアクセスチャンネルにおいて、加入者ユニットは、共通の変調及び符合化を使用できる。順方向リンクでのように、残りのチャンネルはユーザを隔てるために割り当てられること

50

が可能である。(順方向及び逆方向リンクの双方で)リソースの割当や割当解除は、システムにより制御されることができ、順方向リンクの制御チャンネルで伝達されることができる。

【0153】

逆方向リンク上での一つの考慮されるべき設計は、最も近い加入者ユニット及び最も遠い加入者ユニットの間の最大の差動の伝播遅延である。この遅延が周期的プレフィックス期間と関連してわずかであるシステムにおいて、送信装置で修正を実行することは必要でないことができる。しかしながら、遅延が重大であるシステムで、周期的プレフィックスは、徐々に増加する遅延を占めるために拡張されることができる。諸事例では、シンボルが正しい瞬間で中心の局に到着するので、往復の遅延の合理的評価を下すこと、及び、送信の時間を修正することは可能であり得る。通常、残存するいくつかのエラーがあるので、周期的プレフィックスはまた、この残存するエラーを収容するために更に拡張されることができる。

10

【0154】

通信システムにおいて、カバレッジエリア(coverage area)のいくつかの加入者ユニットは、複数の中心の局から信号を受信することが可能でありえる。複数の中心の局により送信される情報が2つ以上のサブチャンネルでおよび/または2つ以上のアンテナから重複している場合、受信された信号は、ダイバーシティ-結合方式を使用している加入者ユニットによって、結合及び復調されることができる。使用される周期的プレフィックスが最も早い到着と最も遅い到着との間の差動の伝播遅延を取り扱うために十分な場合、信号は、受信装置において、(最適に)結合されることができ、正しく復調されることができる。このダイバーシティの受容は、OFDMのブロードキャスト適用において、周知である。サブチャンネルが特定の加入者ユニットに割り当てられるとき、特定のサブチャンネル上の同じ情報が多くの中心の局から特定の加入者ユニットへ送信されることは、可能である。

20

【0155】

この概念は、CDMAシステムで使用される柔軟なハンドオフ(handoff)と類似している。

【0156】

上記のように、送信装置及び受信装置は、データプロセッサ、エンコーダ、IFFT、FFT、デマルチプレクサ、結合器、及びその他、の様々なタイプを含む種々の処理ユニットでそれぞれ実施される。これらの処理ユニットは、例えば特定の集積回路の適用(application specific integrated circuit、ASIC)、デジタル信号プロセッサ、マイクロコントローラ、マイクロプロセッサ、または本願明細書において、記載された関数を実行するように設計された他の電子回路のような種々の方法で実施されることができる。また、処理ユニットは、本願明細書において、記載される関数を達成する命令コードを実行するために動作される多目的プロセッサまたは特別に設計されたプロセッサにより実施されることができる。このように、本願明細書において、記載される処理ユニットは、ハードウェア、ソフトウェアまたはその組合せを使用して実施されることができる。

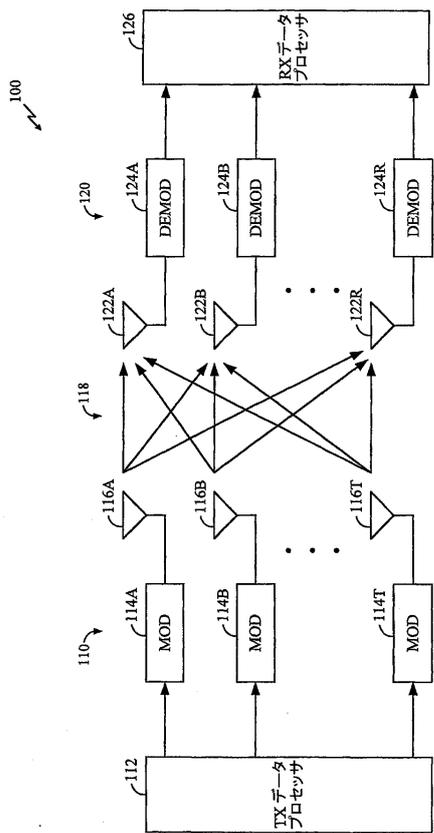
30

【0157】

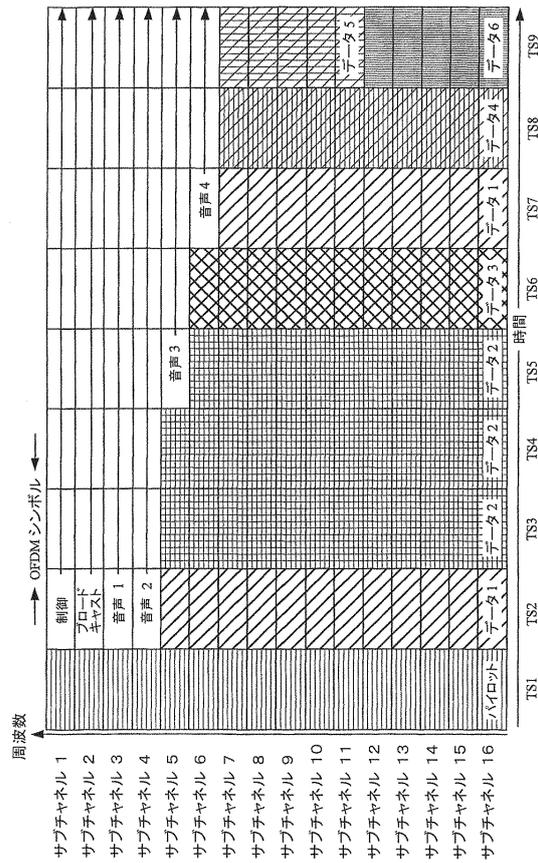
前述の好ましい実施例の記述は、いかなる当業者も本発明を作成または使用できるように提供される。これらの実施例に対する種々の変形実施例は、当業者にとって容易に明らかであり、本願明細書において、定義される一般的な原理は、発明の能力を用いず他の実施例に適用されることができる。このように、本発明は本願明細書において、示される実施例に限られず、本願明細書において、開示された原理及び新しい特徴と矛盾しない最も広い範囲を与えられるべきである。

40

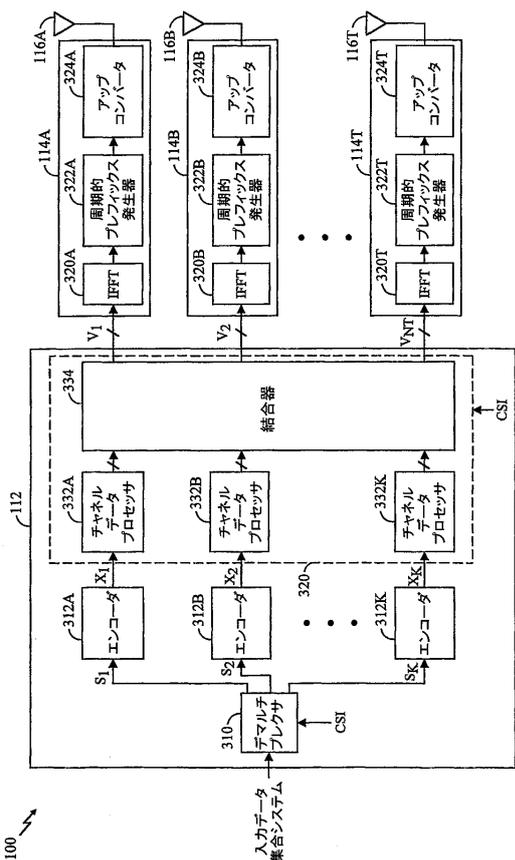
【図 1】



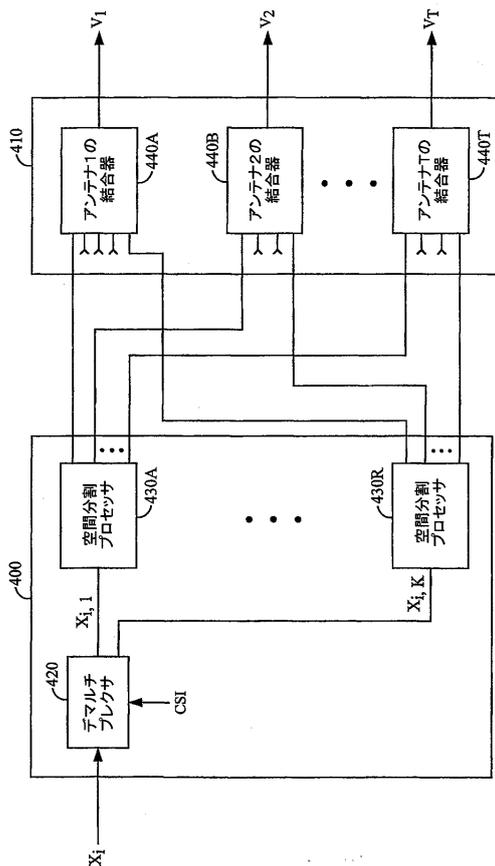
【図 2】



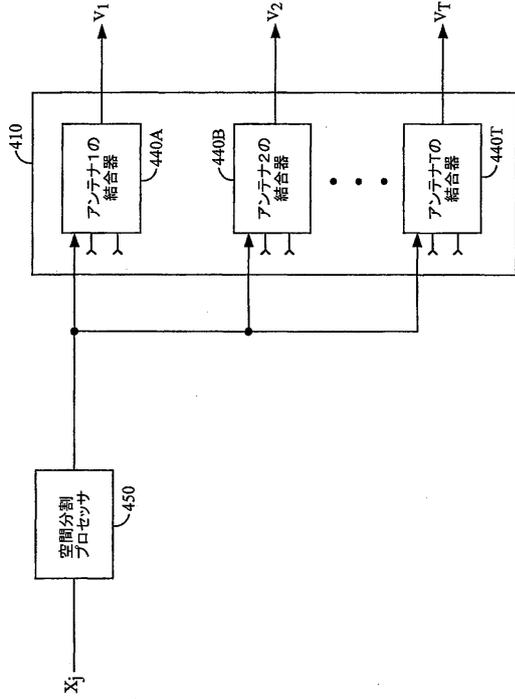
【図 3】



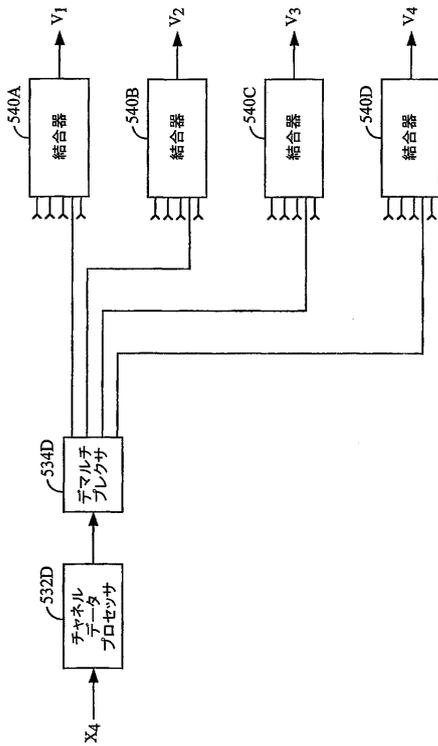
【図 4】



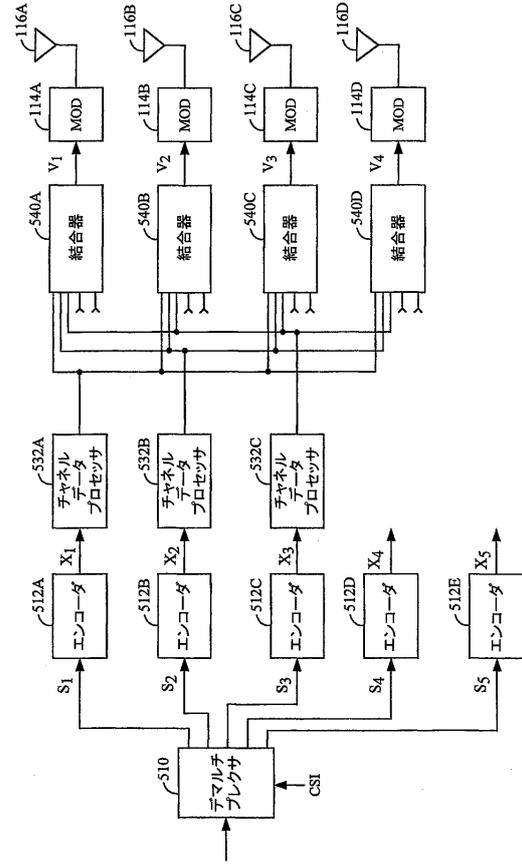
【 図 5 】



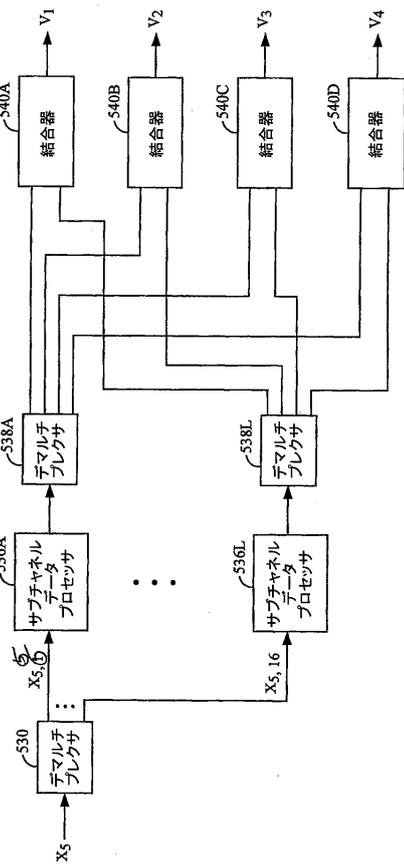
【 図 7 】



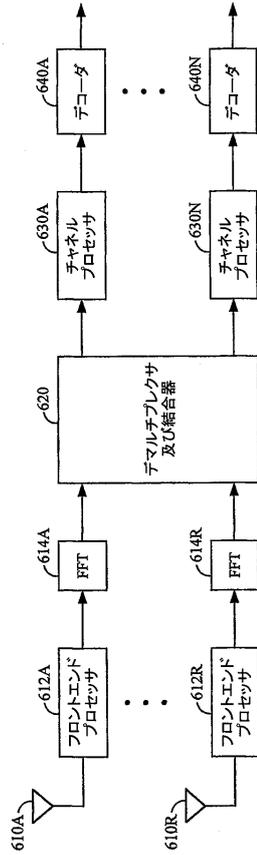
【 図 6 】



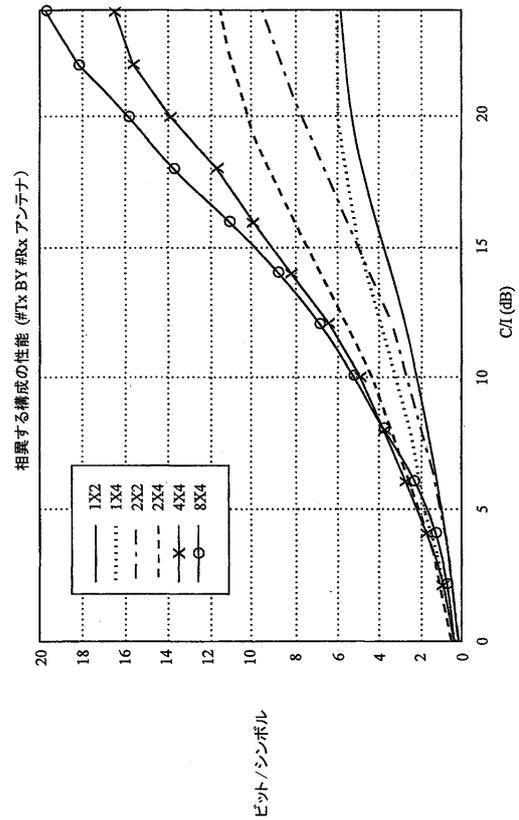
【 図 8 】



【 図 9 】



【 図 10 】



【 手続 補正書 】

【 提出日 】平成24年5月14日 (2012.5.14)

【 手続 補正 1 】

【 補正対象書類名 】特許請求の範囲

【 補正対象項目名 】全文

【 補正方法 】変更

【 補正の内容 】

【 特許請求の範囲 】

【 請求項 1 】

下記工程を具備する、多重入力 / 多重出力 (M I M O) システムのチャネル状態情報 (C S I) を測定及び報告するための方法 :

複数のサブチャネルの組を少なくとも一つの送信装置の複数の送信アンテナに割り当てる、 ここにおいて、前記サブチャネルの組の各々の前記サブチャネルは、不連続である ;

複数の直交周波数分割多重化 (O F D M) パイロット波形を前記少なくとも一つの送信装置から少なくとも一つの受信装置へ送信する、 ここにおいて、前記複数の O F D M パイロット波形の各々は、前記複数のサブチャネルの組のうちの分離した一つ上で送信される ;

前記複数の O F D M パイロット波形を前記少なくとも一つの受信装置によって受信する ;

前記受信された複数の O F D M パイロット波形を復調する ;

前記復調された複数の O F D M パイロット波形から前記複数のサブチャネルの組の各々に対応する前記サブチャネルの前記 C S I を決定する ;

前記決定された C S I を、前記少なくとも一つの送信装置に送信する ; 及び

前記決定された C S I にしたがって送信シンボルをあらかじめ調整する。

【請求項 2】

前記複数のサブチャネルの組の各々に対応する前記サブチャネルの前記CSIを決定する前記工程は、前記CSIを減じられた行列に圧縮することを具備し、

前記決定されたCSIを送信する前記工程は、前記減じられた行列の代表を前記少なくとも一つの送信装置に送信することを具備する、請求項1の方法。

【請求項 3】

前記減じられた行列は、チャネル応答行列及び前記チャネル応答行列の複素共役を乗じた乗算結果である、ここにおいて、前記チャネル応答行列は、複数のCSI利得値を含む、請求項2の方法。

【請求項 4】

前記減少した行列の前記代表は、固有モードの行列である、請求項3の方法。

【請求項 5】

前記複数のサブチャネルの組の各々に対応する前記サブチャネルの前記CSIを決定する前記工程は、

前記複数のサブチャネルの組の各々に対応する前記サブチャネルの前記チャネル周波数応答を決定すること、及び

前記決定されたチャネル周波数応答上で逆高速フーリエ変換(IFFT)操作を実行すること

を具備する、請求項1の方法。

【請求項 6】

下記を具備する、多重入力/多重出力通信システムのチャネル状態情報(CSI)を測定及び報告するシステム：

複数の送信アンテナ；

送信データをあらかじめ調整し、複数のパイロットシンボルを前記複数の送信アンテナに割り当て、複数のサブチャネルの組を前記複数の送信アンテナに割り当てるための第1のプロセッサ、ここにおいて、前記割り当てられたサブチャネルの組の各々は、不連続であるサブチャネルを具備する；及び

前記割り当てられた複数のパイロットシンボルを前記それぞれの割り当てられた複数のサブチャネルの組上へ変調するための複数の変調器、ここにおいて、各変調器は、前記第1のプロセッサ及び前記複数の送信アンテナのうちの分離された一つに接続される；

ここにおいて、前記複数の送信アンテナは、前記それぞれの割り当てられたサブチャネルの組上で前記割り当てられた複数のパイロットシンボルの各々を送信する；

を具備する基地局；及び

前記サブチャネルの組上で送信される前記複数のパイロットシンボルを受信するための少なくとも一つの受信アンテナ；

前記受信された複数のパイロットシンボルを復調するための、前記少なくとも一つの受信アンテナに結合された少なくとも一つの復調器；及び

前記復調された複数のパイロットシンボルから前記CSIを決定し、及び前記基地局への送信のためにCSIメッセージを生成するための、前記少なくとも一つの復調器に接続された第2のプロセッサ；

ここにおいて、前記少なくとも一つの受信アンテナは、前記CSIメッセージを送信する；

を具備する受信装置；

ここにおいて、前記複数の送信アンテナのうちの少なくとも一つは、前記CSIメッセージを受信し、前記複数の変調器のうちの少なくとも一つは、前記受信されたCSIメッセージを変調し、及び前記第1のプロセッサは、前記変調されたCSIメッセージから得られる前記CSIにしたがって前記送信データをあらかじめ調整する。

【請求項 7】

前記第2のプロセッサは、前記複数のサブチャネルの組のうちの一つのサブチャネルの組の前記非連続チャネルのための前記CSIメッセージを生成する、請求項6のシステム

。

【請求項 8】

前記複数のパイロットシンボルは、複数の直行パイロットシンボルを具備する、請求項 6 のシステム。

【請求項 9】

前記複数のパイロットシンボルは、複数の周期的 OFDM シンボルを具備する、請求項 6 のシステム。

【請求項 10】

前記複数のパイロットシンボルは、複数のシフトされた最大長のシフトレジスタシーケンス (m - シーケンス) を具備する、請求項 6 のシステム。

【手続補正 2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0157

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0157】

前述の好ましい実施例の記述は、いかなる当業者も本発明を作成または使用できるように提供される。これらの実施例に対する種々の変形実施例は、当業者にとって容易に明らかであり、本願明細書において、定義される一般的な原理は、発明の能力を用いず他の実施例に適用されることができる。このように、本発明は本願明細書において、示される実施例に限られず、本願明細書において、開示された原理及び新しい特徴と矛盾しない最も広い範囲を与えられるべきである。

以下に、本願出願の当初の特許請求の範囲に記載された発明を付記する。

[C 1] 下記工程を具備する、多重入力/多重出力通信システムにおける伝搬チャネルの送信特性の測定及び報告のための方法：

複数のパイロット信号を生成する；

該複数のパイロット信号を、伝搬チャネルを通して送信装置及び複数の受信装置の間で送信する、ここにおいて、該送信装置は、少なくとも一つの送信アンテナを具備し、該複数の受信装置のそれぞれは、少なくとも一つの受信アンテナを具備し、及び該伝搬チャネルは、該送信装置及び該複数の受信装置の間に複数のサブチャネルを具備する；

該複数の受信装置のそれぞれで、該複数のパイロット信号のうちの少なくとも一つを受信する；

該複数のサブチャネルのうちの少なくとも一つのための送信特性の組を決定する、ここにおいて、該送信特性の組を決定する該工程は、該複数の受信装置のそれぞれで受信した該複数のパイロット信号のうちの少なくとも一つを使用する；

該複数の受信装置のそれぞれから該送信装置へ情報信号を報告する、ここにおいて、情報信号は、該複数のサブチャネルのうちの少なくとも一つに関する該送信特性の組を伝える；及び、

該情報信号に基づいて、送信装置で送信パラメータの組を最適化する。

[C 2] 前記複数のパイロット信号を送信する前記工程は、下記工程を具備する、C 1 の方法：

共通の要素をもたない複数の直交周波数分割多重化 (OFDM) サブチャネルの組を生成する、ここにおいて、該共通の要素をもたない複数の OFDM サブチャネルの組は、共通の要素をもたない、実質的に直交周波数分割多重化サブチャネルの組を具備できる；及び、

該共通の要素をもたない複数の OFDM サブチャネルの組の少なくとも一つで、該複数のパイロット信号の少なくとも一つを送信する。

[C 3] 前記少なくとも一つの送信アンテナが、他のいかなる送信アンテナからも空間的に遠く離れている場合、該共通の要素をもたない複数の OFDM サブチャネルの組を生成する前記工程は、該共通の要素をもたない複数の OFDM サブチャネルの組のうち

の少なくとも一つを再利用する工程を具備する、C 2の方法。

[C 4] 該複数のサブチャネルのうちの少なくとも一つのための該送信特性の組を決定する前記工程は、該共通の要素をもたないOFDMサブチャネルの組のグループを分析する工程を具備する、C 2の方法。

[C 5] 前記送信特性の組は、平均的な干渉レベルを具備する、C 4の方法。

[C 6] 前記送信特性の組は、ノイズレベルを具備する、C 4の方法。

[C 7] 前記複数のパイロット信号は、複数の直交シーケンスを具備する、C 1の方法。

[C 8] 前記複数のパイロット信号は、複数のOFDMシンボルを具備する、C 1の方法。

[C 9] 前記複数のOFDMシンボルは、直交方向に符号化される、C 8の方法。

[C 10] 前記複数のOFDMシンボルは、ウォルシュコードシーケンスで直交方向に符号化される、C 9の方法。

[C 11] 前記複数のパイロット信号は、複数のシフトされた最大長のシフトレジスタシーケンス(m-シーケンス)を具備する、ここにおいて、該複数のシフトされたm-シーケンスのそれぞれは、所定の周期により分割される、C 1の方法。

[C 12] 前記複数のパイロット信号は、複数のシフトされた、添付のm-シーケンスを具備する、ここにおいて、該複数のシフトされた、添付のm-シーケンスのそれぞれは、該m-シーケンスの反復された部分を含む、C 11の方法。

[C 13] 前記共通の要素をもたないOFDMサブチャネルの組の前記グループは、下記を具備する、C 4の方法：

主要なリンクと関連する該共通の要素をもたない複数のOFDMサブチャネルの組のうちの少なくとも一つ；及び、

干渉するリンクの組と関連する該共通の要素をもたない複数のOFDMサブチャネルの組のうちの少なくとも一つ。

[C 14] 前記情報信号は、前記主要なリンク及び前記干渉するリンクの組に関連する前記送信特性の組を伝える、C 13の方法。

[C 15] 送信パラメータを報告する前記工程は、下記工程を具備する、C 2の方法：

前記主要なリンクの送信特性の組を代表する多項式の関数を生成する；及び、

前記多項式の関数と関連する係数の組を送信する。

[C 16] 前記情報信号を報告する前記工程は、前記複数のサブチャネルのうちの少なくとも一つのための前記送信特性の組を圧縮する工程を具備する、ここにおいて、前記送信特性の組は、チャンネル周波数応答上で実行される逆高速フーリエ変換から得られる、C 2の方法。

[C 17] 下記工程をさらに具備する、C 1の方法：

前記送信装置で複数のスケジューリングメッセージを生成する；及び、

前記複数の受信装置のうちの少なくとも一つに、該複数のスケジューリングメッセージのうちの少なくとも一つを送信する、ここにおいて、該複数のスケジューリングメッセージのうちの前記少なくとも一つの受信で、前記複数の受信装置の前記少なくとも一つは、前記情報信号を報告する前記工程を予定する。

[C 18] 下記を具備する、多重入力/多重出力通信システムの伝搬チャネルの送信特性を測定及び報告するための装置：

複数のパイロット信号を生成するための手段；

送信装置及び複数の受信装置間の伝搬チャネルを通して、該複数のパイロット信号を送信するための手段、ここにおいて、前記送信装置は、少なくとも一つの送信アンテナを具備する、前記複数の受信装置のそれぞれは、少なくとも一つの受信アンテナを具備する、及び前記伝搬チャネルは、前記送信装置及び前記複数の受信装置の間に複数のサブチャネルを具備する；

前記受信装置において、前記複数のパイロット信号のうちの少なくとも一つを受信す

るための手段；

前記複数のサブチャネルのうちの少なくとも一つのための送信特性の組を決定するための手段、ここにおいて、前記送信特性の組を決定する前記工程は、前記複数の受信装置のそれぞれで受信された前記複数のパイロット信号のうちの少なくとも一つを使用する；

前記複数の受信装置のそれぞれから前記送信装置に情報信号を報告するための手段、ここにおいて、前記情報信号は、前記複数のサブチャネルのうちの少なくとも一つのための前記送信特性の組を伝える；及び、

前記情報信号に基づいて、前記送信装置で送信パラメータの組を最適化するための手段。

[C 1 9] 下記工程を具備する、多重入力 / 多重出力 (M I M O) システムのチャネル状態情報 (C S I) を測定及び報告するための方法：

共通の要素をもたない複数のサブチャネルの組を複数の送信アンテナに割り当てる；

複数の直交周波数分割多重化 (O F D M) パイロット信号を送信装置から複数の受信装置へ送信する、ここにおいて、該複数 O F D M パイロット信号の各々は、該共通の要素をもたない複数のサブチャネルの組のうちの少なくとも一つで送信される；

前記複数の O F D M パイロット信号を復調する；

前記共通の要素をもたない複数のサブチャネルの組の前記 C S I を決定する、ここにおいて、前記 C S I を決定する前記工程は、前記復調された複数の O F D M パイロット信号を使用する；

前記共通の要素をもたない複数のサブチャネルの組の前記 C S I を、前記送信装置に送信する；及び、

送信シンボルをあらかじめ調整する。

[C 2 0] 前記共通の要素をもたない複数のサブチャネルの組の前記 C S I を送信する前記工程は、下記工程を具備する、C 1 9 の方法：

前記 C S I を減じられた行列に圧縮する；及び、

前記減じられた行列の代表を前記送信装置に送信する。

[C 2 1] 前記減じられた行列は、チャネル応答行列及び該チャネル応答行列の複素共役を乗じた乗算結果である、ここにおいて、前記チャネル応答行列は、複数の前記 C S I 利得値を含む、C 2 0 の方法。

[C 2 2] 前記減少した行列の前記代表は、固有モードの行列である、C 2 1 の方法。

[C 2 3] 前記共通の要素をもたない複数のサブチャネルの組の前記 C S I を決定する前記工程は、下記工程をさらに具備する、C 1 9 の方法： 通信リンクが所定のしきい値より少ない数のマルチパス構成要素を有するかどうかを決定する；及び、

前記マルチパス構成要素の数が、前記所定のしきい値より少ない場合、前記通信リンクのチャネル周波数応答の組で逆高速フーリエ変換 (I F F T) 操作を実行する、ここにおいて、前記 I F F T 操作の前記結果は、前記送信装置に送信されるチャネル状態情報である。

[C 2 4] 下記を具備する、多重入力 / 多重出力通信システムのチャネル状態情報 (C S I) を測定及び報告するシステム：

共通の要素をもたない複数のサブチャネルの組を複数の送信アンテナに割り当てるための、複数のパイロット信号を生成するための、該複数のパイロット信号のそれぞれを該共通の要素をもたない複数のサブチャネルの組のうちの少なくとも一つに割り当てるための、及び送信データをあらかじめ調整するための、基地局におけるプロセッサ；

前記複数のパイロット信号を受信するための、及び前記複数のパイロット信号を前記複数の割り当てられた共通の要素をもたないサブチャネルの組に変調するためのプロセッサに接続された変調器、ここにおいて、前記複数の割り当てられた共通の要素をもたないサブチャネルの組は、前記複数の送信アンテナにより送信される；

前記共通の要素をもたない複数のサブチャネルの組で伝えられたデータを受信するための、複数の受信装置のそれぞれにおける復調器；及び、

復調されたデータを分析するための、前記複数の受信装置のそれぞれにおける前記復調器に接続されたプロセッサ、ここにおいて、前記プロセッサは、変調されたデータからのCSIを決定する及び前記基地局に送信するためのCSIメッセージを生成する、ここにおいて、前記CSIメッセージは、前記基地局において、送信データをあらかじめ調整するための前記プロセッサによって使われる。

【C25】 前記複数の受信装置のそれぞれで前記復調器に接続している前記プロセッサは、前記共通の要素をもたない複数のサブチャネルの組のサブセットのための前記CSIメッセージを生成する、C24のシステム。

【C26】 前記基地局における前記プロセッサは、複数の直交シーケンスを具備する複数のパイロット信号を生成する、C24のシステム。

【C27】 前記基地局における前記プロセッサは、複数の定期的なOFDMシンボルを具備する複数のパイロット信号を生成する、C24のシステム。

【C28】 前記基地局における前記プロセッサは、複数のシフトされた最大長のシフトレジスタシーケンス(m-シーケンス)を具備する複数のパイロット信号を生成する、C24のシステム。

【手続補正書】

【提出日】平成24年6月7日(2012.6.7)

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0008

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0008】

【図1A】多重入力多重出力(MIMO)通信システムの図である。

【図1B】チャンネル状態情報のフィードバックを有するOFDMベースのMIMOシステムの図である。

【図1C】チャンネル状態情報を評価するために用いられることが可能である例示的なOFDMパイロット信号の構造図である。

【図2】送信装置の送信アンテナからの送信の特定の例の視覚的な図である。

【図3】図1Aに示されるデータプロセッサ及び通信システムの変調器のブロック図である。

【図4】制御、ブロードキャスト、音声またはトラフィックデータのような一つのチャンネルデータストリームを処理するために使われ得る、チャンネルデータプロセッサの一つの実施例のブロック図である。

【図5】制御、ブロードキャスト、音声またはトラフィックデータのような一つのチャンネルデータストリームを処理するために使われ得る、チャンネルデータプロセッサの他の実施例のブロック図である。

【図6】図2に示される送信信号を生成するために用いられることが可能であるプロセッサのブロック図である。

【図7】図2に示される送信信号を生成するために用いられることが可能であるプロセッサのブロック図である。

【図8】図2に示される送信信号を生成するために用いられることが可能であるプロセッサのブロック図である。

【図9】複数の多重受信アンテナを有し、一つ以上のチャンネルデータストリームを受信できる受信装置のブロック図である。

【図10】一実施例に従って通信システムのいくつかの操作方式によって、なし遂げられるスペクトルの有効性を例示する描画である。

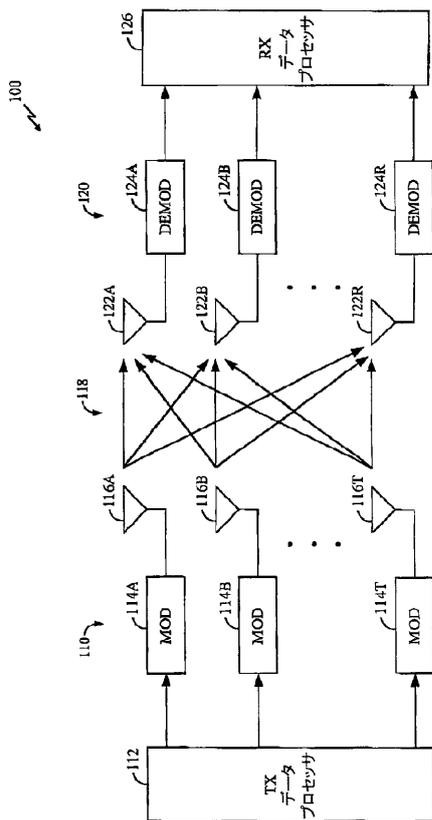
【手続補正2】

【補正対象書類名】図面

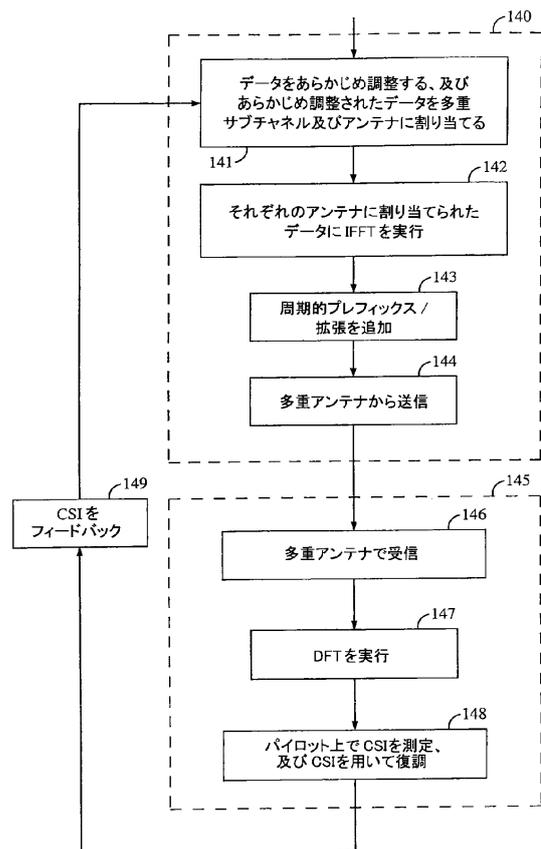
【補正対象項目名】全図

【補正方法】変更
【補正の内容】

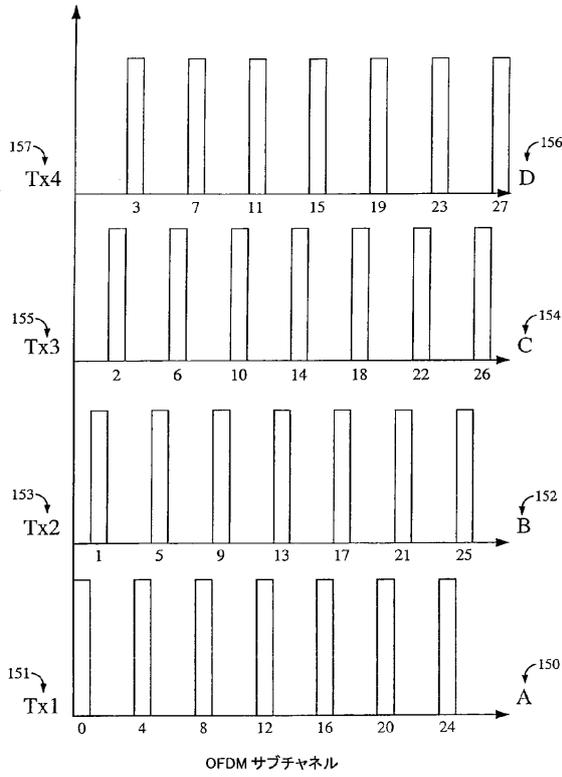
【図 1 A】



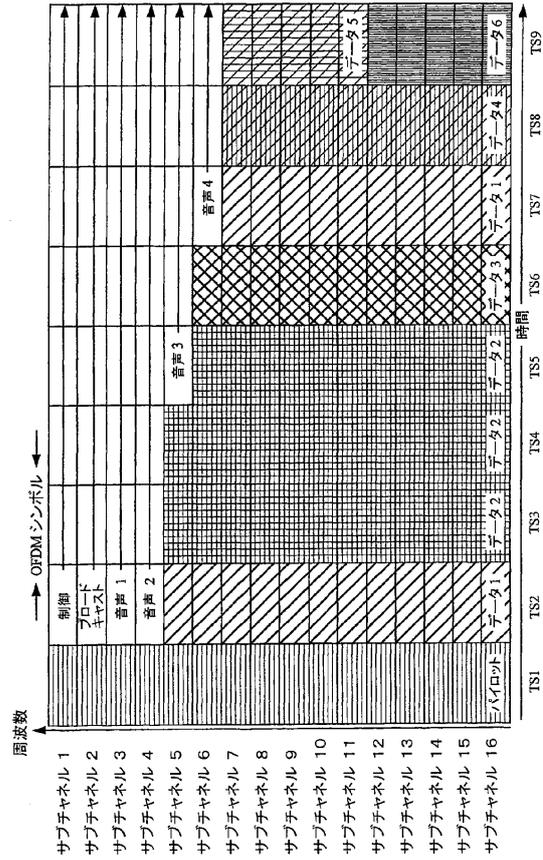
【図 1 B】



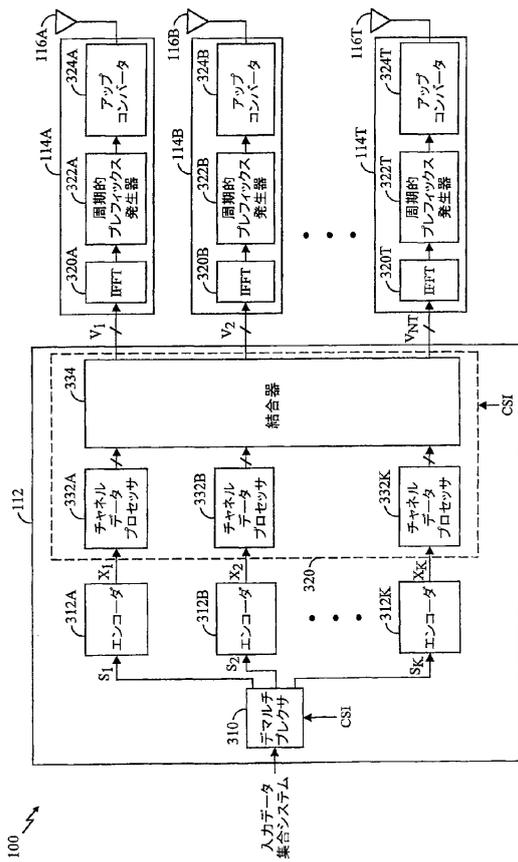
【図1C】



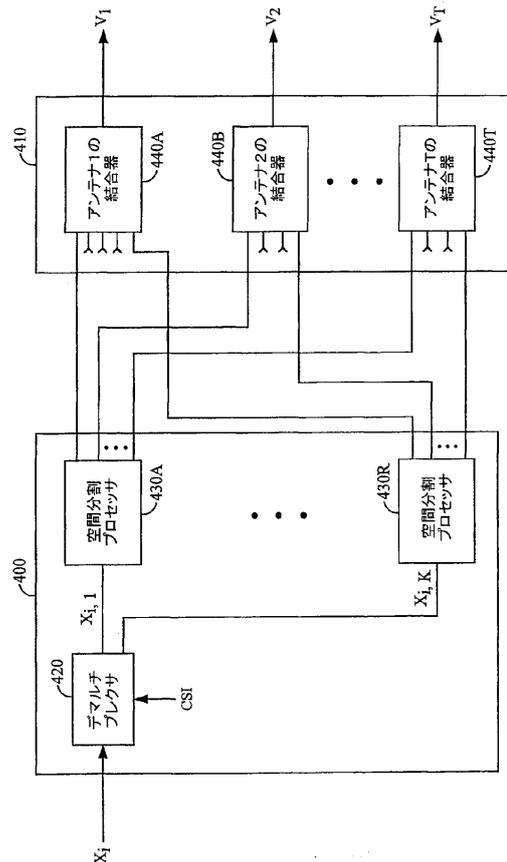
【図2】



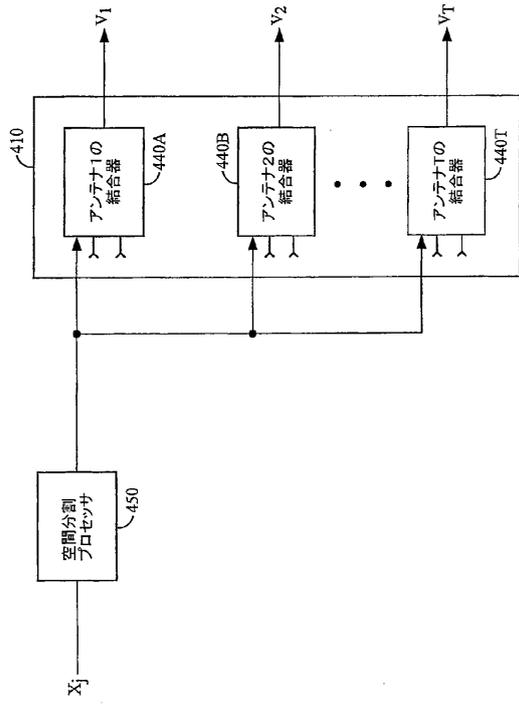
【図3】



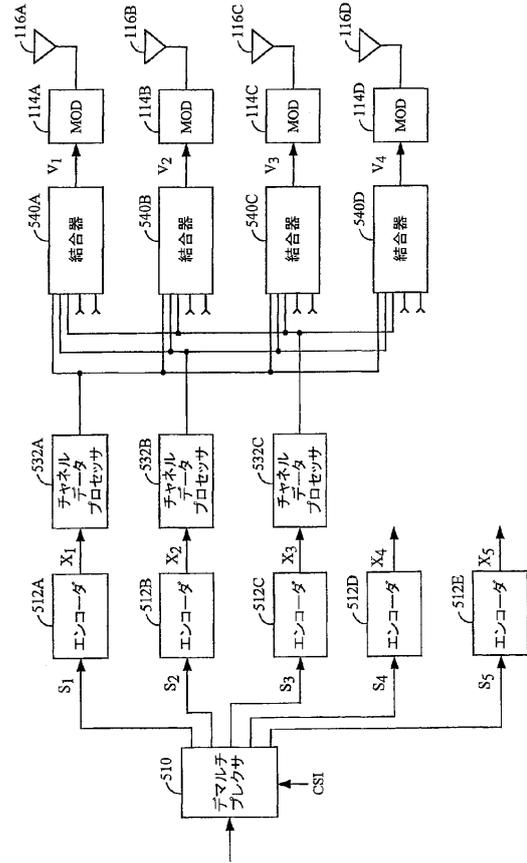
【図4】



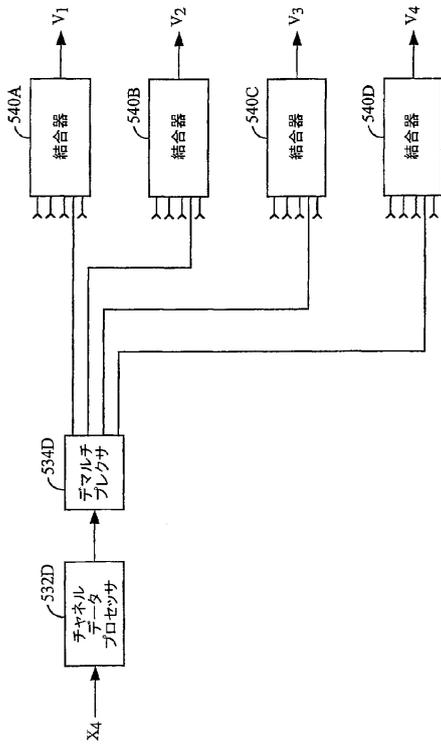
【 図 5 】



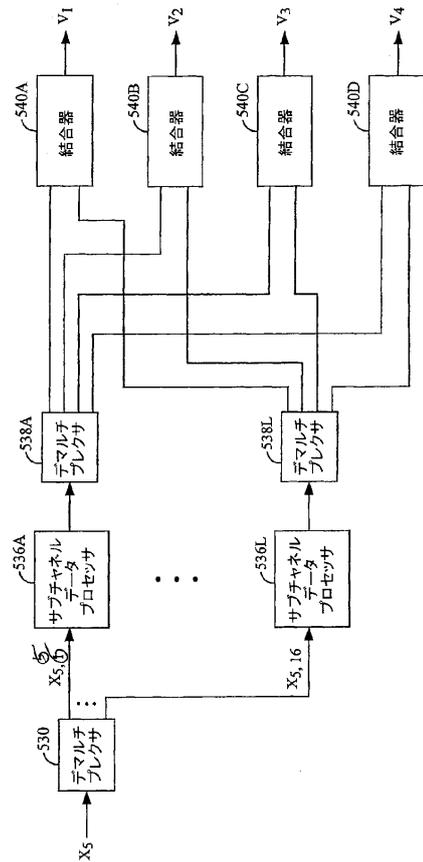
【 図 6 】



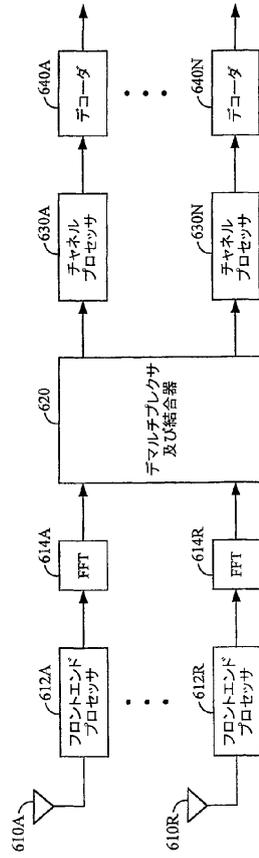
【 図 7 】



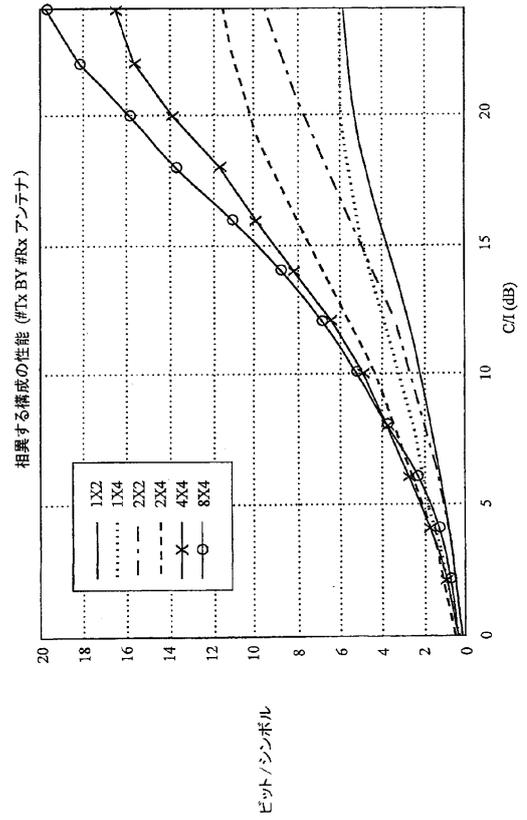
【 図 8 】



【 図 9 】



【 図 10 】



 フロントページの続き

- (74)代理人 100109830
 弁理士 福原 淑弘
- (74)代理人 100075672
 弁理士 峰 隆司
- (74)代理人 100095441
 弁理士 白根 俊郎
- (74)代理人 100084618
 弁理士 村松 貞男
- (74)代理人 100103034
 弁理士 野河 信久
- (74)代理人 100119976
 弁理士 幸長 保次郎
- (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 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
- (74)代理人 100134290
 弁理士 竹内 将訓
- (72)発明者 マーク・ウォレス
 アメリカ合衆国、マサチューセッツ州 0 1 7 3 0 ベッドフォード、モデル・レーン 4
- (72)発明者 ジャイ・アール・ウォルトン
 アメリカ合衆国、マサチューセッツ州 0 1 8 8 6 ウェストフォード、レッジウッド・ドライブ
 7
- (72)発明者 アフマッド・ジャラリ
 アメリカ合衆国、カリフォルニア州 9 2 1 3 0 サン・ディエゴ、ウィローメア・レーン 5 6
 2 4
- Fターム(参考) 5K067 AA03 BB21 DD44 EE02 EE10 KK03
 5K159 CC01 CC06 CC07 CC09 EE02

【外国語明細書】

2012182803000001.pdf