

【公報種別】特許法第17条の2の規定による補正の掲載
 【部門区分】第7部門第3区分
 【発行日】平成18年2月9日(2006.2.9)

【公表番号】特表2004-531976(P2004-531976A)

【公表日】平成16年10月14日(2004.10.14)

【年通号数】公開・登録公報2004-040

【出願番号】特願2003-506117(P2003-506117)

【国際特許分類】

H 04 J 15/00 (2006.01)

H 04 B 7/04 (2006.01)

H 04 J 11/00 (2006.01)

【F I】

H 04 J 15/00

H 04 B 7/04

H 04 J 11/00 Z

【誤訳訂正書】

【提出日】平成17年7月7日(2005.7.7)

【誤訳訂正1】

【訂正対象書類名】特許請求の範囲

【訂正対象項目名】全文

【訂正方法】変更

【訂正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】

マルチチャネル通信システムにおいて複数の送信チャネルでの送信用データを処理するための方法であって、

データ送信に使用可能な複数の送信チャネルの特徴を決定することと、

前記複数の送信チャネルを1つ以上の送信チャネルグループに分割することと、

送信チャネルグループごとに、

前記グループ内の1つ以上の使用可能な送信チャネルを前記決定された特徴と閾値に基づいて選択することと、

変調シンボルを提供するために、前記グループ内の全ての選択された送信チャネルに対するデータを特定の符号化/変調スキームに基づいて符号化および変調することとを備えている方法。

【請求項2】

請求項1に記載の方法において、

送信チャネルグループごとに、

前記選択された送信チャネルの送信電力レベルを表し、かつ前記選択された送信チャネルの前記決定された特徴に基づいて導き出されたそれぞれの重みに基づいて、前記グループ内の各選択された送信チャネルごとに変調シンボルを重み付けすることをさらに備えている方法。

【請求項3】

請求項1に記載の方法において、

前記マルチチャネル通信システムは直交周波数分割変調システムであり、前記複数の使用可能な送信チャネルは複数の周波数サブチャネルに対応している方法。

【請求項4】

請求項1に記載の方法において、

前記マルチチャネル通信システムは多入力多出力通信システムであり、前記複数の使用

可能な送信チャネルは多入力多出力チャネルの複数の空間サブチャネルに対応している方法。

【請求項 5】

請求項 4 に記載の方法において、

前記多入力多出通信システムは直交周波数分割変調を利用し、前記複数の使用可能な送信チャネルは複数の周波数サブチャネルの複数の空間サブチャネルに対応している方法。

【請求項 6】

請求項 5 に記載の方法において、

各グループがそれぞれの送信アンテナに対応しており、各グループ内の前記複数の送信チャネルが前記対応する送信アンテナに対する複数の周波数サブチャネルに対応している方法。

【請求項 7】

請求項 1 に記載の方法において、

各グループが、前記グループ内の前記使用可能な送信チャネルを使用するために選択するのに用いられるそれぞれの閾値と関連している方法。

【請求項 8】

請求項 1 に記載の方法において、

グループごとの前記データは、前記グループに対して選択されたそれぞれの符号化／変調スキームによって符号化および変調される方法。

【請求項 9】

請求項 2 に記載の方法において、

各グループ内の前記選択された送信チャネルに対する前記重みは、前記グループに使用可能な全送信電力を前記グループ内の全ての選択された送信チャネルに分配して同様の受信信号品質を達成するために導き出される方法。

【請求項 10】

請求項 9 に記載の方法において、

前記受信信号品質は信号対雑音及び干渉比によって推定される方法。

【請求項 11】

請求項 1 に記載の方法において、

前記使用可能な送信チャネルに対する前記決定された特徴はチャネル利得である方法。

【請求項 12】

請求項 11 に記載の方法において、

グループごとに、特定の電力利得閾値以上の電力利得を有する送信チャネルが選択され、前記電力利得は前記チャネル利得に基づいて決定される方法。

【請求項 13】

請求項 1 に記載の方法において、

前記使用可能な送信チャネルに対する前記決定された特徴は受信された信号対雑音及び干渉比である方法。

【請求項 14】

請求項 13 に記載の方法において、

グループごとに、特定の信号対雑音及び干渉比閾値以上の信号対雑音及び干渉比を有する送信チャネルが選択される方法。

【請求項 15】

請求項 2 に記載の方法において、

各選択された送信チャネルごとの前記重みはさらに、前記送信チャネルが属する前記グループに使用可能な全送信電力に基づいて導き出される方法。

【請求項 16】

請求項 2 に記載の方法において、

各選択された送信チャネルごとの前記重みはさらに、前記選択された送信チャネルの前記特徴に基づいて決定された正規化係数に基づいて導き出される方法。

【請求項 17】

請求項 1 に記載の方法において、

グループごとの前記閾値は、前記グループ内の前記選択された送信チャネルに対して高スループットを提供するように選択される方法。

【請求項 18】

請求項 1 に記載の方法において、

グループごとの前記閾値は、前記グループ内の前記使用可能な送信チャネルに対して可能な限り高いスループットを提供するように選択される方法。

【請求項 19】

請求項 1 に記載の方法において、

グループごとの前記閾値は、前記グループ内の全ての選択された送信チャネルに対する特定の目標受信信号対雑音及び干渉比に基づいて導き出される方法。

【請求項 20】

請求項 2 に記載の方法において、

前記重み付け変調シンボルを前記選択された送信チャネルで送信することをさらに備えている方法。

【請求項 21】

マルチチャネル通信システムにおいて複数の送信チャネルでの送信用データを処理するための方法であって、

データ送信に使用可能な複数の送信チャネルの特徴を決定することと、

1つ以上の使用可能な送信チャネルを前記決定された特徴とメトリクスとにに基づいて選択することと、

符号化データを提供するために、全ての選択された送信チャネルに対するデータを特定の符号化スキームに基づいて符号化することと、

変調シンボルを提供するために、全ての選択された送信チャネルに対する前記符号化データを特定の変調スキームに基づいて変調することと
を備えている方法。

【請求項 22】

請求項 2 1 に記載の方法において、

各選択された送信チャネルごとの変調シンボルを、前記選択された送信チャネルの送信電力レベルを示すそれぞれの重みに基づいて重み付けすることをさらに備えている方法。

【請求項 23】

請求項 2 2 に記載の方法において、

前記選択された送信チャネルに対する前記重みは等しい方法。

【請求項 24】

請求項 2 2 に記載の方法において、

前記選択された送信チャネルに対する前記重みは等しくない方法。

【請求項 25】

請求項 2 2 に記載の方法において、

前記選択された送信チャネルに対する前記重みは、前記選択された送信チャネルの前記決定された特徴に部分的にに基づいて導き出される方法。

【請求項 26】

請求項 2 5 に記載の方法において、

前記選択された送信に対する前記重みはさらに、全使用可能な送信電力を全ての選択された送信チャネルに分配して、前記選択された送信チャネルを介して送信される変調シンボルに対して同様の受信品質を達成すために導き出される方法。

【請求項 27】

請求項 2 1 に記載の方法において、

前記メトリクスはスループットに関し、前記 1 つ以上の送信チャネルは前記選択された送信チャネルに達成可能な前記スループットに基づいて選択される方法。

【請求項 2 8】

マルチチャネル通信システムにおいて複数の送信チャネルでデータを送信するための方法であって、

データ送信に使用可能な複数の送信チャネルの各々の特徴を決定することと、

前記複数の使用可能な送信チャネルを1つ以上のグループに分割することと、

変調シンボルを提供するために、各グループ内の前記使用可能な送信チャネルのうちの選択されたチャネルに対するデータを符号化および変調することと、

各グループ内の各選択された送信チャネルに対する変調シンボルを、前記選択された送信チャネルの送信電力レベルを示し、かつ前記選択された送信チャネルの前記決定された特徴に部分的に基づいて導き出されるそれぞれの重みに基づいて重み付けすることと、

前記重み付け変調シンボルを前記選択された送信チャネルで送信することとを備えている方法。

【請求項 2 9】

請求項 2 8 に記載の方法において、

前記マルチチャネル通信システムは、直交周波数分割変調を利用する多入力多出力である方法。

【請求項 3 0】

請求項 2 9 に記載の方法において、

各グループがそれぞれの送信アンテナに対応しており、各グループ内の前記複数の送信チャネルは、前記対応する送信アンテナに対する複数の周波数サブチャネルに対応している方法。

【請求項 3 1】

請求項 2 8 に記載の方法において、

各グループ内の前記選択された送信チャネルに対する前記データは共通の符号化スキームに基づいて符号化される方法。

【請求項 3 2】

請求項 3 1 に記載の方法において、

前記共通の符号化スキームは複数の可能な符号化スキームの中から選択される方法。

【請求項 3 3】

請求項 2 8 に記載の方法において、

各グループ内の前記選択された送信チャネルの前記変調シンボルは共通の変調スキームに基づいて導き出される方法。

【請求項 3 4】

請求項 3 3 に記載の方法において、

前記共通の変調スキームは複数の可能な変調スキームの中から選択される方法。

【請求項 3 5】

請求項 2 8 に記載の方法において、

各グループ内の前記選択された送信チャネルに対する前記データは、前記グループに対して選択された共通の符号化 / 変調スキームに基づいて符号化および変調される方法。

【請求項 3 6】

請求項 2 8 に記載の方法において、

データ送信用の、各グループ内の1つ以上の前記使用可能な送信チャネルを、前記送信チャネルの前記決定された特徴と閾値とに基づいて選択することをさらに備えている方法。

【請求項 3 7】

各グループがそれぞれの閾値と関連している請求項 3 6 に記載の方法。

【請求項 3 8】

マルチチャネル通信システムにおいて、データ送信用の送信チャネルを選択するために使用される閾値を決定するための方法であって、

1セットのコードレートを定義することであって、各コードレートが送信前にデータを

符号化するために選択可能であることと、

1セットのセットポイントを定義することであって、各セットポイントがそれぞれのコードレートに対応しており、かつ前記対応するコードレートにおける特定レベルの性能に必要な目標信号対雑音及び干渉比を示していることと、

各コードレートによってサポートされ、かつ前記コードレートに対応する前記セットポイントを達成可能な特定数の送信チャネルを決定することと、

各コードレートに対する性能メトリクスを、サポートされる送信チャネル数に部分的に基づいて決定することと、

前記閾値を、前記セット内の前記コードレートに対する前記性能メトリクスに基づいて導き出すことであって、送信チャネルが前記閾値に基づいてデータ送信用に選択されることと

を備えている方法。

【請求項 3 9】

請求項 3 8 に記載の方法において、

各コードレートによってサポートされる送信チャネル数は、前記コードレートに対応する前記セットポイントが、サポートされる送信チャネルごとに達成されるように、全使用可能な送信電力を前記サポートされる送信チャネルに分配することによって決定される方法。

【請求項 4 0】

コードレートごとの前記性能メトリクスは、前記サポートされる送信チャネルによって達成可能な全スループットである請求項 3 8 に記載の方法。

【請求項 4 1】

マルチチャネル通信システムにおける送信ユニットであって、

データ送信に使用可能な複数の送信チャネルの特徴を示すチャネル状態情報を受信し、前記使用可能な送信チャネルを複数のグループに分割し、データ送信用の、各グループ内の1つ以上の使用可能な送信チャネルを前記チャネル特徴と閾値に基づいて選択するよう構成されたコントローラと、

前記コントローラに接続され、かつグループごとのデータを特定の符号化 / 変調スキームに基づいて受信、符号化、および変調して変調シンボルを提供し、また選択された送信チャネルごとの変調シンボルをそれぞれの重みに基づいて重み付けするよう構成された送信データプロセッサであって、各重みが前記対応する選択された送信チャネルに対する送信電力レベルを示しており、かつ前記選択された送信チャネルの前記特徴に部分的に基づいて導き出される送信データプロセッサと

を備えている送信ユニット。

【請求項 4 2】

請求項 4 1 に記載の送信機において、

前記コントローラはさらに、グループごとの特定の符号化 / 変調スキームを前記使用可能な送信チャネルの前記特徴に基づいて選択し、かつ前記グループに対して選択された前記符号化 / 変調スキームを示す1つ以上のコントロール信号を提供するよう構成される送信機。

【請求項 4 3】

前記コントローラはさらに、グループごとの特定の閾値を前記使用可能な送信チャネルの前記特徴に基づいて決定するよう構成される請求項 4 1 に記載の送信機。

【請求項 4 4】

請求項 4 1 に記載の送信機において、

前記送信データプロセッサに接続され、かつ前記選択された送信チャネルに対する前記重み付け変調シンボルを受信し、各アンテナにつき1つのストリームが前記変調シンボルを送信するために使用される複数のストリームに多重化するよう構成された送信チャネルプロセッサをさらに備えている送信機。

【請求項 4 5】

前記チャネル状態情報が、前記使用可能な送信チャネルに対して信号対雑音及び干渉比推定を備えている請求項41に記載の送信機。

【請求項46】

前記チャネル状態情報が、前記使用可能な送信チャネルに対してチャネル利得推定を備えている請求項41に記載の方法。

【誤訳訂正2】

【訂正対象書類名】明細書

【訂正対象項目名】全文

【訂正方法】変更

【訂正の内容】

【書類名】明細書

【発明の名称】選択チャネル反転を使用するマルチチャネル通信システムにおける送信用のデータを処理するための方法および装置

【技術分野】

【0001】

本発明は一般的にデータ通信に関し、より具体的には、選択チャネル反転を使用する無線通信システムにおける送信用のデータを処理するための新規かつ改良された方法および装置に関する。

【背景技術】

【0002】

マルチチャネル通信システムがしばしば展開されて、音声やデータなどの種々のタイプの通信のより高い送信能力を提供する。このようなマルチチャネルシステムは、多入力多出力(MIMO)通信システム、直交周波数分割多重変調(OFDM)システム、OFDMを利用するMIMOシステム、または他のタイプのシステムであってもよい。MIMOシステムは複数の送信アンテナと複数の受信アンテナを用いて空間ダイバーシティを展開し、各々がデータを送信するために使用可能な、多数の空間サブチャネルをサポートする。OFDMシステムは動作周波数帯域を、各々が、データが変調されるそれぞれのサブキャリアと関連している、多数の周波数サブチャネル(または周波数バイナリ)に効果的に分割する。従って、マルチチャネル通信システムは、各々が、MIMOシステムの空間サブチャネル、OFDMシステムの周波数サブチャネル、あるいはOFDMを利用するMIMOシステムの周波数サブチャネルの空間サブチャネルに対応してもよい、多数の「送信」チャネルをサポートする。

【0003】

マルチチャネル通信システムの送信チャネルは一般的に、(例えば異なるフェージングおよびマルチパス効果による)異なるリンク条件を経験し、異なる信号対雑音/干渉比(SNR)を得てもよい。従って、特定のレベルの性能に対する送信チャネルによってサポートされる送信能力(すなわち情報ビットレート)はチャネルによって異なってもよい。さらに、リンク条件は一般的に経時的に変化する。その結果、送信チャネルによってサポートされているビットレートもまた経時的に変化する。

【0004】

送信チャネルの異なる送信能力およびこれらの能力の経時的变化の性質によって、チャネル上での送信の前にデータを処理することができる効果的な符号化/変調スキームを提供することは興味深いことである。さらに、実際的な事柄として、符号化/変調スキームは、送信および受信システムの双方で実現および利用するために簡素であるべきである。

【0005】

従って、異なる能力を有する複数の送信チャネル上での送信用のデータを効果的かつ効率的に処理する技術に対するニーズが当業界に存在する。

【特許文献1】 U.S. Patent Application Serial No. 09/776,075 "CODING SCHEME FOR A WIRELESS COMMUNICATION SYSTEM", 2001年2月1日出願

【特許文献2】 U.S. Patent Application Serial No. 09/532,492 "HIGH EFF

ICIENCY, HIGH PERFORMANCE COMMUNICATIONS SYSTEM EMPLOYING MULTI-CARRIER MODULATION", 2000年3月22日出願

【特許文献3】 U.S. Patent Application Serial No. 09/826,481 "METHOD AND APPARATUS FOR UTILIZING CHANNEL STATE INFORMATION IN A WIRELESS COMMUNICATION SYSTEM", 2001年3月23日出願

【特許文献4】 U.S. Patent Application Serial No. 09/854,235 "METHOD AND APPARATUS FOR PROCESSING DATA IN A MULTIPLE-INPUT MULTIPLE-OUTPUT (MIMO) COMMUNICATION SYSTEM UTILIZING CHANNEL STATE INFORMATION", 2001年5月11日出願

【特許文献5】 U.S. Patent No. 5,799,005 "SYSTEM AND METHOD FOR DETERMINING RECEIVED PILOT POWER AND PATH LOSS IN A CDMA COMMUNICATION SYSTEM", 1998年8月25日登録

【特許文献6】 U.S. Patent No. 5,903,554 "METHOD AND APPARATUS FOR MEASURING LINK QUALITY IN A SPREAD SPECTRUM COMMUNICATION SYSTEM", 1999年5月11日登録

【特許文献7】 U.S. Patent No. 5,056,109 "METHOD AND APPARATUS FOR CONTROLLING TRANSMISSION POWER IN A CDMA CELLULAR MOBILE TELEPHONE SYSTEM", 1991年10月8日登録

【特許文献8】 U.S. Patent No. 5,265,119 "METHOD AND APPARATUS FOR CONTROLLING TRANSMISSION POWER IN A CDMA CELLULAR MOBILE TELEPHONE SYSTEM", 1993年11月23日登録

【特許文献9】 U.S. Patent No. 6,097,972 "METHOD AND APPARATUS FOR PROCESSING POWER CONTROL SIGNALS IN CDMA MOBILE TELEPHONE SYSTEM", 2000年8月1日登録

【特許文献10】 U.S. Patent Application Serial No. 08/963,386 "METHOD AND APPARATUS FOR HIGH RATE PACKET DATA TRANSMISSION", 1997年11月3日出願

【非特許文献1】 "Multicarrier Modulation for Data Transmission: An Idea Whose Time Has Come," by John A.C. Bingham, IEEE Communications Magazine, May 1990

【非特許文献2】 "Optimum Space-Time Processors with Dispersive Interface: Unified Analysis and Required Filter Span," IEEE Trans. on Communication, Vol. 47, No. 7, July 1999

【非特許文献3】 "Optimum Reception, Performance Bound, and Cutoff-Rate Analysis of References-Assisted Coherent CDMA Communication with Applications," IEEE Transaction on Communication, Oct. 1999

【非特許文献4】 "TIA/EIA/IS-856 cdma2000 High Rate Packet Data Air Interface Specification"

【発明の開示】

本発明の態様は、全使用可能な送信チャネルの中から選択された複数の送信チャネル上の送信用のデータを処理するための技術を提供する。使用可能な送信チャネル（例えば、OFDMを利用するMIMOシステムにおける空間サブチャネルおよび周波数サブチャネル）が、各グループは任意の数の送信チャネルを含んでいる、一つ以上のグループに分割される。一態様において、データ処理は、そのグループに対して選択された共通の符号化／変調スキームに基づいてグループごとにデータを符号化および変調して変調シンボルを提供することと、チャネルに割り当てられた重みに基づいて選択送信チャネルごとに変調シンボルを重み付けすることとを含んでいる。重み付けは各グループの選択送信チャネルを効果的に「反転」するため、これらのチャネルはほぼ同じ受信信号対雑音／干渉比(SNR)を得る。

【0006】

選択チャネル反転(SCI)について言及している一実施形態において、特定の(SNRまたは電力利得)閾値以上のSNR(または電力利得)を有する各グループの「良好な

」送信チャネルのみがデータ送信のために選択され、「不良」送信チャネルは使用されない。選択チャネル反転によって、各グループの全使用可能な送信電力が良好な送信チャネルに(不均一に)分配され、より一層の効率および性能が達成される。別の実施形態において、各グループの全使用可能な送信チャネルが使用するために選択されて、チャネル反転が該グループの全使用可能なチャネルに対して実行される。

【0007】

送信チャネルの各グループは、(1)データ送信のための送信チャネルを選択するために使用されるそれぞれの(SNRまたは電力利得)閾値、および(2)該グループのデータを符号化および変調するために使用されるそれぞれの符号化/変調スキームと関連していてもよい。OFDMを利用するMIMOシステムについては、各グループはそれぞれの送信アンテナに対応してもよく、また各グループの送信チャネルは対応する送信アンテナに対する周波数サブチャネルであってもよい。

【0008】

チャネル反転技術は、送信システムでの符号化/変調、および受信システムでの復号化/復調を簡略化する。さらに選択チャネル反転技術はまた、(1)グループ内の全使用可能な送信チャネルの中から選択された、各グループの N_s 個の最良送信チャネルのみを使用することと、(2)チャネルが属するグループに対して使用される符号化/変調スキームに必要なSNRに各選択送信チャネルの受信SNRを一致させることと組み合わせた利点に起因するより良好な性能を提供することができる。

【0009】

本発明はさらに、以下により詳細に説明されるように、本発明の種々の態様、実施形態、および特徴を実現する方法、システム、および装置を提供する。

【0010】

本発明の特徴、性質、および利点は、図面と関連して以下になされる詳細な説明からより明らかになるであろう。図面において同一の参照番号は図面全体において対応部分を表している。

【発明を実施するための最良の形態】

【0011】

本発明の種々の態様、実施形態、および特徴が、複数の送信チャネルがデータ送信に使用可能であるマルチチャネル通信システムに適用されてよい。このようなマルチチャネル通信システムは、多入力多出力(MIMO)システム、直交周波数分割多重変調(OFDM)システム、OFDMを利用するMIMOシステムなどを含んでいる。マルチチャネル通信システムはまた、符号分割多重アクセス(CDMA)や、時分割多重アクセス(TDMA)や、周波数分割多重アクセス(FDMA)や、他の多重アクセス技術を実現することができる。多重アクセス通信システムは多数の端末(例えばユーザ)との同時通信をサポートすることができる。

【0012】

図1は、本発明の種々の態様および実施形態を実現するために設計および操作される多入力多出力(MIMO)通信システム100の図である。MIMOシステム100は、データ送信のために複数の(N_T 個の)送信アンテナと複数の(N_R 個の)受信アンテナを用いている。MIMOシステム100は、多数の端末(T)106と同時に通信する基地局(BS)104を有する多重アクセス通信システムにとって効果的に形成されている。この場合、基地局104は複数のアンテナを用い、アップリンク送信用の多入力(MI)とダウンリンク送信用の多出力(MO)を表している。ダウンリンク(すなわちフォワードリンク)は基地局から端末への送信を表しており、アップリンク(すなわちリバースリンク)は端末から基地局への送信を表している。

【0013】

MIMOシステムは、データ送信のために複数の(N_T 個の)送信アンテナと複数の(N_R 個の)受信アンテナを用いている。 N_T 個の送信アンテナと N_R 個の受信アンテナによって形成されたMIMOチャネルは N_C 個の独立チャネルに分解される(ここで N_C

$\min \{ N_T, N_R \}$ である）。 N_c 個の独立チャネルの各々はまた MIMO チャネルの空間サブチャネルとも称され、ディメンションに対応する。ある共通の MIMO システムの実現において、 N_T 個の送信アンテナは単一の送信システムに配置されかつそれに関連しており、 N_R 個の受信アンテナも同様に単一の受信システムに配置されかつそれに関連している。MIMO システムはまた、多数の端末と同時に通信する基地局を有する多重アクセス通信システムにとって効果的に形成される。この場合、基地局には多数のアンテナが具備されており、各端末には一つ以上のアンテナが具備されていてもよい。

【 0 0 1 4 】

O F D M システムは動作周波数帯域を、多数の（ N_F 個の）周波数サブチャネル（すなわち周波数バイナリまたはサブ帯域）に効果的に分割する。各タイムスロットにおいて、変調シンボルは N_F 個の周波数サブチャネルの各々上で送信されてもよい。各タイムスロットは、周波数サブチャネルの帯域幅に依拠していてもよい特定の時間間隔に対応している。

【 0 0 1 5 】

マルチチャネル通信システムを操作して、多数の送信チャネルを介してデータを送信することができる。O F D M を利用しない MIMO システムについては、一般的に一つの周波数サブチャネルのみであり、各空間サブチャネルが送信チャネルと称される。O F D M を利用する MIMO システムについては、各周波数サブチャネルの各空間サブチャネルが送信チャネルと称される。また MIMO を利用しない O F D M システムについては、周波数サブチャネルごとに一つの空間サブチャネルのみで、各周波数サブチャネルが送信チャネルと称される。

【 0 0 1 6 】

マルチチャネル通信システムにおける送信チャネルは一般的に、（異なるフェージングおよびマルチパス効果による）異なるリンク条件を経験し、異なる信号対雑音 / 干渉比（S N R）を得てもよい。従って、送信チャネルの能力はチャネルごとに異なってもよい。この能力は、特定のレベルの性能（例えば特定のビットエラー率（B E R）やパケットエラー率（P E R））の送信チャネルで送信されてもよい情報ビットレート（すなわち変調シンボルあたりの情報ビット数）によって定量化されてもよい。リンク条件は一般的に経時に変化するために、送信チャネルに対するサポート情報ビットレートもまた経時に変化する。

【 0 0 1 7 】

送信チャネルの能力をより完全に利用するために、リンク条件のチャネル状態情報（C S I）の記述が（一般的には受信システムにおいて）決定され、送信システムに提供される。そして送信システムがデータを処理（例えば符号化、変調、および重み付け）すると、送信チャネルごとの送信情報ビットレートがチャネルの送信能力に一致する。C S I は「完全 C S I」と「部分的 C S I」のいずれに分類されてもよい。完全 C S I は、 $N_T \times N_R$ MIMO マトリクス（すなわち送信チャネルごとの特徴づけ）において、各送受信アンテナ対間の伝搬パスに対するシステムの帯域幅全体にわたって十分な特徴づけ（例えば振幅および位相）を含んでいる。部分的 C S I は、例えば送信チャネルの S N R を含んでいる。

【 0 0 1 8 】

種々の技術を使用して、複数の送信チャネル上での送信の前にデータを処理することができる。一技術において、送信チャネルごとのデータは、チャネルの C S I に基づいてチャネルに対して選択された特定の符号化 / 変調スキームに基づいて符号化および変調されてもよい。送信チャネルごとに別個に符号化および変調することによって、符号化および変調は、チャネルごとに得られる S N R に対して最適化される。このような技術の実現において、固定のベースコードを使用してデータを符号化し、そして送信チャネルごとの符号化ビットがパンクチャされて（すなわち選択的に除去されて）、そのチャネルにサポートされているコードレートを得る。この実現において、送信チャネルごとの変調スキームはまたチャネルのコードレートおよび S N R に基づいて選択される。この符号化 / 変調ス

キームは、本出願の譲受人に譲渡され、参照してここに組み込まれている、2001年2月1日に出願された、特許文献1にさらに詳細に説明されている。この技術については、根本的な実現の複雑さは一般的に、送信チャネルごとに異なるコードレートおよび変調スキームを有していることに関連している。

【0019】

本発明の一態様に従って、技術は、(1)共通の符号化／変調スキームに基づいて全選択送信チャネルに対してデータを処理して変調シンボルを提供し、(2)チャネルのCSIに基づいて選択送信チャネルごとの変調シンボルを重み付けするために提供される。重み付けは選択送信チャネルを効果的に「反転」するため、一般的にSNRは、全選択送信チャネルに対して受信システムにおいてはほぼ同じである。選択チャネル反転(SCI)に言及している一実施形態において、特定のSNR(または電力利得)閾値以上のSNR(または電力利得)を有する「良好な」送信チャネルのみがデータ送信のために選択され、「不良」送信チャネルは使用されない。選択チャネル反転によって、全使用可能な送信電力が良好な送信チャネルに分配され、より一層の効率および性能が得られる。別の実施形態において、全使用可能な送信チャネルが使用するために選択され、チャネル反転が全送信チャネルに対して実行される。

【0020】

さらに別の実施形態において、使用可能な送信チャネルはグループに分割され、選択チャネル反転がチャネルのグループごとに別個に適用される。例えば、各送信アンテナの周波数サブチャネルは共にグルーピングされ、選択チャネル反転は送信アンテナの各自に対して別個に適用されてもよい。この分割によって、グループごと(例えば送信アンテナごと)の最適化が可能になる。

【0021】

これらのチャネル反転技術は、完全または部分的CSIが送信機において使用可能である場合に有利に使用される。これらの技術は、依然として高性能を達成する一方で、上記のチャネル固有の符号化／変調技術に関する複雑さの大部分を改善する。さらに、選択チャネル反転技術はまた、(1)使用可能な送信チャネルのうちのNs個の最良送信チャネルのみを使用することと、(2)選択された符号化／変調スキームに必要なSNRに各選択送信チャネルの受信SNRを一致させることとを組み合わせた利点に起因するより良好な性能を、チャネル固有の符号化／変調技術に提供することができる。

【0022】

OFDMを利用しかつ完全CSIが使用可能なMIMOシステムについては、送信システムは、各周波数サブチャネルの各送受信アンテナ対間の送信パスの複合利得に関する知識を有することができる。この情報はMIMOチャネルを直交にするために使用されてもよく、各固有モード(すなわち空間サブチャネル)は個々のデータストリームに対して使用されてもよい。

【0023】

OFDMを利用しかつ部分的CSIが使用可能なMIMOシステムについては、送信機は送信チャネルに関する限定的な知識を有することができる。個々のデータストリームが使用可能な送信アンテナ上の対応する送信チャネルにおいて送信され、受信システムは特定の線形(空間)または非線形(時空間)処理技術(すなわち等化)を使用して、データストリームを分離することができる。等化によって、各送信チャネル(例えば各送信アンテナおよび/または各周波数サブチャネル)に対応する個々のデータストリームが提供され、これらのデータストリームの各自は関連SNRを有している。

【0024】

送信チャネルのSNRの組が送信システムにおいて使用可能である場合、この情報を使用して、適切な符号化／変調スキームを選択し、各グループの(一つのグループのみでもよい)全使用可能な送信電力を分配することができる。一実施形態において、各グループの使用可能な送信チャネルは受信SNRが大きい順にランク付けされて、全使用可能な送信電力は、該グループのNs個の最良送信チャネルに割り当てられ、かつそのために使用

される。一実施形態において、特定の S N R 閾値以下の受信 S N R を有する送信チャネルは使用のために選択されない。S N R 閾値が選択されてスループットや他の基準を最適化することができる。各グループの全使用可能な送信電力が、使用するために選択されたグループ内の全送信チャネルに分配されて、送信データストリームが受信システムにおいてほぼ同じ受信 S N R を有する。チャネル利得が送信システムにおいて使用可能である場合、同様の処理が実行される。一実施形態において、共通の符号化スキーム（例えば特定のコードレートの特定のターボコード）および共通の変調スキーム（例えば特定の P S K や Q A M コンステレーション）が各グループの全選択送信チャネルに使用される。

【 0 0 2 5 】

（送信チャネル反転）

単一の（共通の）符号化 / 変調スキームが送信システムにおいて使用される場合、単一の（例えば畳込みまたはターボ）符号器およびコードレートを使用して、データ送信のために選択された全送信チャネルに対してデータを符号化することができ、またこれに伴う符号化ビットが、単一の（例えば P S K や Q A M ）変調スキームを使用して変調シンボルにマッピングされてもよい。そして得られた変調シンボルはすべて、同一の「アルファベット」の見込み変調シンボルから取り出され、同一のコードおよびコードレートで符号化される。これによって、送信機および受信機双方におけるデータ処理が簡略化される。

【 0 0 2 6 】

しかしながら、マルチチャネル通信システムにおける送信チャネルは一般的に異なるリンク条件を経験し、異なる S N R を得る。この場合、同一量の送信電力が選択送信チャネルごとに使用されると、送信された変調シンボルは、変調シンボルが送信される特定のチャネルに従って異なる S N R で受信される。この結果は、選択送信チャネルの組におけるシンボルエラー率と、帯域幅効率の関連損失における大きな変形例であろう。

【 0 0 2 7 】

本発明の一態様に従って、電力コントロールメカニズムを使用して、データ送信のために選択された送信チャネルごとに送信電力レベルを設定または調整し、受信システムにおいて特定の S N R を得る。全選択送信チャネルに対して同じ受信 S N R を得ることによって、単一の符号化 / 変調スキームが全選択送信チャネルに使用され、これによって送信システムにおける符号化 / 変調プロセスと、受信システムにおける相補的な復調 / 復号化プロセスの複雑さを大きく減少させることができる。電力コントロールは、以下により詳細に説明するように、選択送信チャネルを「反転」させ、全使用可能な送信電力を全選択チャネルに適切に分配することによって達成される。

【 0 0 2 8 】

同一量の送信電力が、O F D M を利用する M I M O システムにおける全使用可能な送信チャネルに使用されると、特定のチャネルの受信電力は以下のように表すことができる。

【 数 1 】

$$P'_{rx}(j,k) = \frac{P_{tx}}{N_T N_F} |H(j,k)|^2 \quad \text{式 (1)}$$

【 0 0 2 9 】

ここで、

$P'_{rx}(j, k)$ は送信チャネル (j , k) (すなわち、k 番目の周波数サブチャネルの j 番目の空間サブチャネル) の受信電力であり、

P_{tx} は送信機において使用可能な全送信電力であり、

N_T は送信アンテナ数であり、

N_F は周波数サブチャネル数であり、

$H(j, k)$ は送信機から送信チャネル (j, k) の受信機への複合「有効」チャネル利得である。

【0030】

簡潔に言うと、チャネル利得 $H(j, k)$ は送信機および受信機での処理の効果を含んでいる。さらに簡潔に言うと、空間サブチャネル数は送信アンテナ数と等しく、また $N_T \cdot N_F$ は使用可能な送信チャネルの全数を表しているとする。同一量の電力が使用可能な送信チャネルごとに送信されると、全使用可能な送信チャネルの全受信電力 P_{rx_total} は以下のように表すことができる。

【数2】

$$P_{rx_total} = \sum_{j=1}^{N_T} \sum_{k=1}^{N_F} \frac{P_{tx}}{N_T N_F} |H(j, k)|^2 \quad \text{式(2)}$$

【0031】

式(1)は、各送信チャネルの受信電力がチャネルの電力利得、すなわち $|H(j, k)|^2$ に依拠していることを示している。全使用可能な送信チャネルに等しい受信電力を得るために、各チャネルの変調シンボルが重み $W(j, k)$ によって送信機において重み付けされることが可能であり、以下のように表すことができる。

【数3】

$$W(j, k) = \frac{c}{|H(j, k)|} \quad \text{式(3)}$$

【0032】

ここで c は、全送信チャネルの受信電力が受信機においてほぼ等しくなるように選択された係数である。式(3)に示されるように、各送信チャネルの重みはチャネルの利得に反比例する。送信チャネル (j, k) の重み付け送信電力は以下のように表すことができる。

【数4】

$$P_{tx}(j, k) = \frac{b P_{tx}}{|H(j, k)|^2} \quad \text{式(4)}$$

【0033】

ここで b は、全送信電力を使用可能な送信チャネルに分配するために使用される「正規化」係数である。この正規化係数 b は以下のように表すことができる。

【数5】

$$b = \frac{1}{\sum_{j=1}^{N_T} \sum_{k=1}^{N_P} |H(j,k)|^{-2}}$$
式(5)

【0034】

ここで $c^2 = b$ である。式(5)に示されるように、正規化係数 b は全使用可能な送信チャネルの相互電力利得の合計として計算される。

【0035】

$W(j, k)$ による送信チャネルごとの変調シンボルの重み付けは送信チャネルを効果的に「反転」させる。このチャネル反転は、式(4)に示されるように、チャネルの電力利得に反比例する送信チャネルごとの送信電力量をもたらし、受信機において特定の受信電力を提供する。従って、全使用可能な送信電力は、そのチャネル利得に基づいて全使用可能な送信チャネルに効果的に（不均一に）分配され、全送信チャネルはほぼ等しい受信電力を有し、以下のように表すことができる：

【数6】

$$P_{rx}(j, k) = b P_{rx}$$
式(6)

【0036】

雑音分散が全送信チャネルにおいて同じである場合、等しい受信電力によって、全チャネルの変調シンボルが単一の共通の符号化／変調スキームに基づいて生成されることが可能になり、このことは符号化／変調プロセスを大いに簡略化する。

【0037】

全使用可能な送信チャネルがそのチャネル利得に関係なくデータ送信に使用されると、不良送信チャネルに全送信電力の多くが割り当てられてしまう。事実、全送信チャネルに同じ受信電力を得るためにには、送信チャネルが不良になるほど、より多くの送信電力がこのチャネルに割り当てられてしまう。一つ以上の送信チャネルが過度に不良になると、これらのチャネルに必要な送信電力量は良好なチャネルから電力を奪う（または枯渇させる）ことになり、システムスループット全体を大きく低下させることになる。

【0038】

（チャネル利得に基づく選択チャネル反転）

一態様において、チャネル反転は選択的に適用され、受信電力が全受信電力に対して特定の閾値以上である送信チャネルのみがデータ送信のために選択される。受信電力がこの閾値以下である送信チャネルは除去される（すなわち使用されない）。選択送信チャネルごとに、変調シンボルが送信機において重み付けされ、全選択送信チャネルがほぼ同じ電力レベルで受信される。閾値はスループットを最大化するために選択されてもよく、または他の基準に基づいていてよい。選択チャネル反転スキームは、送信チャネルごとの個々の符号化に一般的に関連している高性能を提供しつつ、全送信チャネルに共通の符号化／変調スキームを使用することに固有の簡略さの多くを保持している。

【0039】

まず、平均電力利得 L_{ave} が全使用可能な送信チャネルについて計算され、以下のように表すことができる。

【数7】

$$L_{ave} = \frac{\sum_{j=1}^{N_T} \sum_{k=1}^{N_F} |H(j,k)|^2}{N_T N_F} \quad \text{式(7)}$$

【0040】

各選択送信チャネルの変調シンボルが重み W(上波線付)(j , k) によって送信機において重み付けされ、以下のように表すことができる。

【数8】

$$\tilde{W}(j,k) = \frac{\tilde{c}}{|H(j,k)|} \quad \text{式(8)}$$

【0041】

各選択送信チャネルの重みはそのチャネルの利得に反比例し、全選択送信チャネルがほぼ等しい電力で受信されるように決定される。各送信チャネルの重み付け送信電力は以下のように表すことができる。

【数9】

$$P_{tx}(j,k) = \begin{cases} \frac{\tilde{b} P_{tx}}{|H(j,k)|^2} & , |H(j,k)|^2 \geq \alpha L_{ave} \\ 0 & , \text{上記以外の場合} \end{cases} \quad \text{式(9)}$$

【0042】

ここで \tilde{b} は閾値であり、

【数10】

 \tilde{b}

【0043】

は全送信電力を選択送信チャネルに分配するために使用される正規化係数である。式(9)に示されるように、送信チャネルは、その電力利得が電力利得閾値（すなわち $|H(j,k)|^2 \geq L_{ave}$ ）以上の場合の使用のために選択される。正規化係数

【数11】

 \tilde{b}

【0044】

は選択送信チャネルのみに基づいて計算され、以下のように表すことができる。

【数12】

$$\tilde{b} = \frac{1}{\sum_{|H(j,k)|^2 \geq \alpha L_{ave}} |H(j,k)|^{-2}} \quad \text{式 (10)}$$

【 0 0 4 5 】

式(7)～(10)は全送信電力をその電力利得に基づいて選択送信チャネルに効果的に分配するため、全選択送信チャネルはほぼ等しい受信電力を有することになり、以下のように表すことができる。

【 数 1 3 】

$$P_{rx}(j,k) = \begin{cases} \tilde{b} P_{tx} & , |H(j,k)|^2 \geq \alpha L_{ave} \\ 0 & , \text{上記以外の場合} \end{cases} \quad \text{式 (11)}$$

【 0 0 4 6 】

(チャネル S N R に基づく選択チャネル反転)

多数の通信システムにおいて、受信システムにおける既知の数量はチャネル利得（すなわちパス損失）ではなく送信チャネルの受信 S N R である。このようなシステムにおいて、選択チャネル反転技術は容易に修正されて、チャネル利得ではなく受信 S N R に基づいて動作することができる。

【 0 0 4 7 】

等しい送信電力が全使用可能な送信チャネルに使用され、かつ雑音分散²が全チャネルに一定の場合、送信チャネル (j , k) の受信 S N R 、 $\gamma(j,k)$ は以下のように表すことができる。

【 数 1 4 】

$$\gamma(j,k) = \frac{P_{rx}(j,k)}{\sigma^2} = \frac{P_{tx}}{\sigma^2 N_T N_F} |H(j,k)|^2 \quad \text{式 (12)}$$

【 0 0 4 8 】

使用可能な送信チャネルごとの平均受信 S N R 、 γ_{ave} は以下のように表すことができる。

【 数 1 5 】

$$\gamma_{ave} = \frac{P_{tx}}{\sigma^2 (N_T N_F)^2} \sum_{j=1}^{N_T} \sum_{k=1}^{N_F} |H(j,k)|^2 \quad \text{式 (13)}$$

【 0 0 4 9 】

ここではまた、使用可能な送信チャネルには等しい送信電力であるとする。全使用可能な送信チャネルの受信 S N R 、 $\gamma_{t o t a l}$ は以下のように表すことができる。

【 数 1 6 】

$$\gamma_{total} = \frac{P_{tx}}{\sigma^2} L_{ave} = \frac{P_{tx}}{\sigma^2 N_T N_F} \sum_{j=1}^{N_T} \sum_{k=1}^{N_F} |H(j,k)|^2 \quad \text{式 (14)}$$

【 0 0 5 0 】

全受信 S N R、_{t o t a l} は、全使用可能な送信チャネルに等しく分配されている全送信電力に基づいている。

【 0 0 5 1 】

全送信電力を選択送信チャネルに分配するために使用される正規化係数 β は以下のように表すことができる。

【 数 1 7 】

$$\beta = \frac{1}{\sum_{\gamma(j,k) \geq \alpha \gamma_{ave}} \gamma(j,k)^{-1}} \quad \text{式 (15)}$$

【 0 0 5 2 】

式(15)に示されるように、正規化係数 β は全選択送信チャネルの S N R に基づき、かつその逆数の合計として計算される。

【 0 0 5 3 】

全選択送信チャネルに同じ受信 S N R を得るためにには、選択送信チャネル (j , k) ごとの変調シンボルがチャネルの S N R に関する重みによって重み付けされ、以下のように表すことができる。

【 数 1 8 】

$$\tilde{W}(j,k) = \frac{\tilde{c}}{\sqrt{\gamma(j,k)}} \quad \text{式 (16)}$$

【 0 0 5 4 】

ここで

【 数 1 9 】

$$\tilde{c}^2 = \beta$$

【 0 0 5 5 】

である。また送信チャネルごとの重み付け送信電力は以下のように表すことができる。

【 数 2 0 】

$$P_{\alpha}(j,k) = \begin{cases} \frac{\beta P_{tx}}{\gamma(j,k)} & , \gamma(j,k) \geq \alpha \gamma_{ave} \\ 0 & , \text{上記以外の場合} \end{cases}$$

式(17)

【0056】

式(17)に示されるように、受信S/NがS/N閾値(すなわち、(j, k)_{ave})以上の送信チャネルのみが使用するために選択される。

【0057】

全送信電力が全選択送信チャネルに分配されて、受信S/Nが全選択チャネルにほぼ同じである場合、送信チャネルごとの、これに伴う受信S/Nは以下のように表される。

【数21】

$$\tilde{\gamma}(j,k) = \begin{cases} \frac{\beta \gamma_{total}}{\gamma_{ave}} & , \gamma(j,k) \geq \alpha \gamma_{ave} \\ 0 & , \text{上記以外の場合} \end{cases}$$

式(18)

【0058】

式(13)の_{ave}と式(14)の_{total}を式(18)に代入すると、以下の式が得られる。

【数22】

$$\tilde{\gamma}(j,k) = \begin{cases} \beta N_T N_F & , \gamma(j,k) \geq \alpha \gamma_{ave} \\ 0 & , \text{上記以外の場合} \end{cases}$$

【0059】

(送信チャネルの分割されたグループに対するチャネル反転)

上記の説明において、チャネル反転は全使用可能な送信チャネルに、または(特定の閾値に基づいて選択された)使用可能な送信チャネルのサブセットに選択的に適用される。そしてこれによって、共通の符号化/変調スキームが、データ送信に使用される全送信チャネルに対して使用されることになる。

【0060】

選択チャネル反転はまた送信チャネルのグループに個々にかつ独立して適用されてもよい。この場合、通信システムにおける使用可能な送信チャネルはまず多数のグループに分割される。任意の数のグループが形成され、各グループは任意の数のチャネルを含んでいてもよい(すなわち、各グループのチャネルは同数である必要はない)。

【0061】

特定量の送信電力はまた、種々のシステムの制約および考慮に基づいてグループごとに使用可能である。完全なチャネル反転技術について、各グループの使用可能な送信電力はグループの全送信チャネルに割り当てられるため、これらのチャネルの受信信号品質はほぼ等しい(すなわち同じ受信S/N)。また選択チャネル反転技術については、各グループの使用可能な送信チャネルの全部またはサブセットが、例えばそのグループに対して決定された特定の閾値に基づいて、使用するために選択される。そして各グループの使用可能な送信電力はグループの選択送信チャネルに割り当てられるため、チャネルの受信信号

品質はほぼ等しい。

【 0 0 6 2 】

種々の、さらなる柔軟性が、送信チャネルのグループごとに別個にデータを処理することによって提供される。例えば、完全または選択チャネル反転は、チャネルのグループごとに別個に適用されてよい。また選択チャネル反転が適用されるグループについては、一つの閾値が全グループに使用されても、各グループに別個の閾値が割り当てられても、あるいは別個の閾値を割り当てられるグループがある一方で、同一の閾値を共有するグループがあつてもよい。異なる符号化／変調スキームがまたグループごとに使用されてもよく、これはグループ内の送信チャネルによって得られる受信S N Rに基づいて選択されてもよい。

【 0 0 6 3 】

O F D Mを利用するM I M Oシステムについては、M I M O構築は複数の（ N_S 個の）送信チャネルを空間ドメインに作成し、O F D M構築は複数の（ N_F 個の）送信チャネルを周波数ドメインに作成する。そしてデータ送信に使用可能な送信チャネルの全数は $N = N_S \cdot N_F$ である。 N 個の送信チャネルは種々の方法で多数のグループに分割される。

【 0 0 6 4 】

一実施形態において、送信チャネルは送信アンテナごとに分割される。空間サブチャネル数が送信アンテナ数に等しい場合（すなわち $N_T = N_S$ ）、完全または選択チャネル反転が N_T 個の送信アンテナの各々に別個に適用されてもよい。一実施形態において、選択チャネル反転はグループごとに使用され、 N_T 個の送信アンテナに対応する N_T 個のグループは N_T 個のそれぞれの閾値に関連してもよい（各グループまたは送信アンテナにつき一個の閾値である）。そして選択チャネル反転は、適切な受信S N Rを有する各送信アンテナと関連する送信チャネル（または周波数サブチャネル）のサブセットを決定し、これは、周波数サブチャネルごとの受信S N Rと送信アンテナの閾値とを比較することによって得られる。そして、各送信アンテナの使用可能な全送信電力が送信アンテナの選択周波数サブチャネルに割り当てられるため、これらの周波数サブチャネルの受信S N Rはほぼ同じである。

【 0 0 6 5 】

別の実施形態において、使用可能な送信チャネルが周波数サブチャネルごとに分割される。この実施形態において、完全または選択チャネル反転は N_F 個の周波数サブチャネルの各々に別個に適用されてもよい。選択チャネル反転が使用されると、各グループの空間サブチャネルは、周波数サブチャネルに対応するグループの閾値に基づいて、データ送信のために選択されてもよい。

【 0 0 6 6 】

使用可能な送信チャネルのグループ分割によって、グループごと（例えば送信アンテナごと、または周波数サブチャネルごと）の最適化が可能になり、特定の符号化／変調スキームを各グループの全選択送信チャネルに使用することができる。例えば、一つ以上の送信アンテナがデータ送信を予定している各端末に割り当てられてもよい。割り当てられた送信アンテナに関連する送信チャネルがグループに置かれ、また選択チャネル反転がこのグループの送信チャネルに対して実行されてもよいため、単一の符号化／変調スキームをこの端末へのデータ送信に使用することができる。

【 0 0 6 7 】

等しい送信電力がグループ j の全使用可能な送信チャネルに使用され、かつ雑音分散 σ^2 が全チャネルに一定である場合、グループ j の送信チャネル k の受信S N R、 $S_{j,k}$ は以下のように表すことができる。

【 数 2 3 】

$$\gamma_j(k) = \frac{P_{rx,j}(k)}{\sigma^2} = \frac{P_{tx,j}}{\sigma^2 N_j} |H_j(k)|^2 \quad \text{式(19)}$$

【0068】

ここで、

$P_{rx,j}(k)$ はグループ j 送信チャネル k の受信電力であり、

$P_{tx,j}$ はグループ j の全使用可能な送信電力であり、

$H_j(k)$ はグループ j の送信チャネル k に対する、送信機から受信機への有効チャネル利得であり、

N_j はグループ j の送信チャネル数である。グループ j は特定の送信アンテナ j に対応し、この場合 $N_j = N_F$ である。

グループ j の使用可能な送信チャネルごとの平均受信 S/NR、 $L_{ave,j}$ は以下のように表すことができる。

【数24】

$$\gamma_{ave,j} = \frac{P_{tx,j}}{\sigma^2 N_j^2} \sum_{k=1}^{N_j} |H_j(k)|^2 \quad \text{式(20)}$$

【0069】

式(20)はグループ j の N_j 個の使用可能な送信チャネルには等しい送信電力とする。グループ j の全使用可能な送信チャネルの受信 S/NR、 $L_{total,j}$ は以下のように表すことができる。

【数25】

$$\gamma_{total,j} = \frac{P_{tx,j}}{\sigma^2} L_{ave,j} = \frac{P_{tx,j}}{\sigma^2 N_j} \sum_{k=1}^{N_j} |H_j(k)|^2 \quad \text{式(21)}$$

【0070】

ここで

【数26】

$$L_{ave,j} = \frac{1}{N_j} \sum_{k=1}^{N_j} |H_j(k)|^2 \quad \text{式(22)}$$

【0071】

である。グループ j ごとの全受信 S/NR、 $L_{total,j}$ は、グループの全使用可能な送信チャネルに等しく分配される、グループ j ごとの全送信電力 $P_{tx,j}$ に基づいている。

【0072】

グループ j の選択送信チャネルに全送信電力 $P_{tx,j}$ を分配するために使用される正規化係数 α_j は以下のように表すことができる。

【数27】

$$\beta_j = \frac{1}{\sum_{\gamma_j(k) \geq \alpha_j \gamma_{ave,j}} \gamma_j(k)^{-1}} \quad \text{式(23)}$$

【0073】

式(23)に示されるように、正規化係数 β_j は、グループ j の全選択送信チャネルの S/NR に基づいて計算され、チャネルはグループに対して決定される閾値 $\alpha_j \gamma_{ave,j}$ に基づいている。

【0074】

グループ内の全選択送信チャネルに同じ受信 S/NR を得るためには、選択送信チャネルごとの変調シンボルが、チャネルの S/NR に関する重みによって重み付けされ、以下のように表すことができる。

【数28】

$$\tilde{W}_j(k) = \frac{\tilde{c}}{\sqrt{\gamma_j(k)}} \quad \text{式(24)}$$

【0075】

ここで、

【数29】

$$\tilde{c}_j^2 = \beta_j$$

【0076】

である。送信チャネルごとの重み付け送信電力は以下のように表すことができる。

【数30】

$$P_{tx,j}(k) = \begin{cases} \frac{\beta_j P_{tx,j}}{\gamma_j(k)} & , \gamma_j(k) \geq \alpha_j \gamma_{ave,j} \\ 0 & , \text{上記以外の場合} \end{cases} \quad \text{式(25)}$$

【0077】

式(25)に示されるように、受信 S/NR が S/NR 閾値 (すなわち、 $\alpha_j \gamma_{ave,j}$) 以上の送信チャネルのみが、使用するために選択される。

【0078】

全送信電力がグループ内の全選択送信チャネルに分配されて、受信 S/NR が全選択チャネルにほぼ同じである場合、送信チャネルごとの、これに伴う受信 S/NR は以下のように表すことができる。

【数31】

$$\tilde{\gamma}_j(k) = \begin{cases} \frac{\beta_j \gamma_{total,j}}{\gamma_{ave,j}} = \beta_j N_j & , \gamma_j(k) \geq \alpha_j \gamma_{ave,j} \\ 0 & , \text{上記以外の場合} \end{cases} \quad \text{式(26)}$$

【0079】

上記のプロセスは送信チャネルのグループごとに反復されてもよい。各グループは、グループに所望の性能を提供するために導き出される異なる閾値 $\gamma_{ave,j}$ と関連している。送信電力をグループごと（例えば送信アンテナごと）に割り当てる能力はより一層の柔軟性を提供することができ、さらに性能を改良することができる。

【0080】

図2は、本発明の一実施形態に従った、選択チャネル反転に基づいて各選択送信チャネルに割り当てられる送信電力量を決定するためのプロセス200のフロー図である。プロセス200は、全使用可能な送信チャネルが考慮されるとする（すなわち通信システムにつき一つのグループの送信チャネル）。プロセス200は、チャネル利得 $H(j, k)$ 、受信SNR、 (j, k) 、または他の特徴が送信チャネルに使用可能である場合に使用される。明確には、プロセス200は、チャネル利得が使用可能である場合について以下に説明され、受信SNRが使用可能である場合についてはかっこ内に示す。

【0081】

まず、全使用可能な送信チャネルのチャネル利得 $H(j, k)$ [または受信SNR、 (j, k)]が、ステップ212で検索される。データ送信のための送信チャネルを選択するために使用される電力利得閾値 L_{ave} [またはSNR閾値、 γ_{ave}]もまたステップ214で決定される。閾値は、以下により詳細に説明されるように計算される。

【0082】

各使用可能な送信チャネルは評価されて使用可能になる。（まだ評価されていない）使用可能な送信チャネルがステップ216で評価のために識別される。識別された送信チャネルについては、チャネルの電力利得[または受信SNR]が電力利得閾値（すなわち $|H(j, k)|^2 \leq L_{ave}$ ）[またはSNR閾値（すなわち $(j, k) \geq \gamma_{ave}$ ）]以上であるか否かがステップ218で判断される。識別された送信チャネルが基準を満たすと、ステップ220で、使用するために選択される。反対に、送信チャネルが基準を満たしていないと、除去されて、データ送信には使用されない。

【0083】

そして、全使用可能な送信チャネルが評価されたか否かが、ステップ222で判断される。評価されていない場合、プロセスはステップ216に戻り、別の使用可能な送信チャネルが評価のために識別される。そうでない場合、プロセスはステップ224に進む。

【0084】

ステップ224において、選択送信チャネルに全送信電力を分配するために使用される正規化係数

【数32】

\tilde{b}

【0085】

[または]が、選択チャネルのチャネル利得[または受信SNR]に基づいて決定される。これは、式(10)[または式(15)]に示されるように得られる。次に、ステップ226で、重み

【数33】

$\tilde{W}(j,k)$

【 0 0 8 6 】

が、正規化係数およびチャネル利得[またはS N R]に基づいて選択送信チャネルごとに計算される。重みは式(8)[または式(16)]に示されるように計算される。選択送信チャネルごとの重み付け送信電力は式(9)[または式(17)]に示されるようになる。そしてプロセスは終了する。

【 0 0 8 7 】

上記の説明において、各グループの全使用可能な送信電力が、そのそれぞれの重みに基づいて、グループの選択送信チャネルに（不均一に）割り当てられるため、これらのチャネルの受信S N Rはほぼ同じである。（送信チャネルのグループは一つだけでもよい。）他の実施形態において、全使用可能な送信電力は選択送信チャネルに等しく割り当てられてもよく、この場合、選択送信チャネルの重みは等しい。これは、例えば、グループの共通の符号化／変調スキームが、グループの選択送信チャネルの平均S N Rに基づいて選択されると得られる。所望のレベルの性能は、例えばデータを、グループの全選択送信チャネルにおいて、または他の処理スキームを介してインタリープすることによって得ることができる。

【 0 0 8 8 】

（閾値選択）

データ送信のための送信チャネルを選択するために使用される閾値は種々の基準に基づいて設定されてよい。一実施形態において、閾値が設定されてスループットを最適化する。

【 0 0 8 9 】

まず、セットポイント（すなわち $Z = [z_1, z_2, \dots, z_{N_z}]$ ）のベクトルと、コードレート（すなわち $R = [r_1, r_2, \dots, r_{N_z}]$ ）のベクトルが定義される。コードレートは符号化／変調スキームの効果を含んでおり、変調シンボルあたりの情報ビット数を表している。各ベクトルは使用可能なコードレート数に対応する N_z 個の要素を含んでおり、それらはシステムにおいて使用可能である。あるいはまた、 N_z 個のセットポイントはシステムによってサポートされる動作ポイントに基づいて定義されてもよい。各セットポイントは、特定のレベルの性能を得るのに必要な特定の受信S N Rに対応している。セットポイントは一般的に送信ビットレート（すなわち、変調シンボルあたりの情報ビット数）に依拠しており、それはさらに、データ送信に使用されるコードレートおよび変調スキームに依拠している。上記のとおり、共通の変調スキームが全選択送信チャネルに使用される。この場合、送信ビットレート、従ってセットポイントはコードレートに直接関連している。

【 0 0 9 0 】

各コードレート r_n （ここで $1 \leq n \leq N_z$ である）はそれぞれのセットポイント z_n に関連しており、それは、所望のレベルの性能のコードレートで動作するのに必要な最小受信S N Rである。必要なセットポイント z_n は当業界において既知であるように、コンピュータシミュレーション、数学的導出、および／または経験的測定に基づいて決定される。二つのベクトル R および Z の要素はまた、 $\{z_1 > z_2 > \dots > z_{N_z}\}$ および $\{r_1 > r_2 > \dots > r_{N_z}\}$ （ここで z_1 は最大セットポイントであり、 r_1 は最高のサポートコードレートである）となるように配列されてもよい。

【 0 0 9 1 】

全使用可能な送信チャネルのチャネル利得を使用して電力利得を計算し、これは電力利得の大きい順にリスト H ()にランク付けされて配置される（ここで $1 \leq j \leq N_T N_F$ であり、 $H(1) = \max\{|H(j, k)|^2\}, \dots$ および $H(N_T N_F) = \min\{|H(j, k)|^2\}$ となる）。

【 0 0 9 2 】

見込み正規化係数のシーケンス

【 数 3 4 】

$$\tilde{b}(\lambda)$$

【 0 0 9 3 】

もまた以下のように定義することができる。

【 数 3 5 】

$$\tilde{b}(\lambda) = \frac{1}{\sum_{i=1}^{\lambda} |H(i,k)|^{-2}}, \quad 1 \leq \lambda \leq N_T N_F \quad \text{式 (27)}$$

【 0 0 9 4 】

シーケンス

【 数 3 6 】

$$\tilde{b}(\lambda)$$

【 0 0 9 5 】

の各要素は、 個の最良送信チャネルが使用するために選択される場合、 正規化係数として使用されてもよい。

【 0 0 9 6 】

コードレート r_n (ここで $1 \leq n \leq N_z$ である) ごとに、 $\tilde{b}(n, m_a x)$ の最大値が、 個の最良送信チャネルの各々の受信 S/N がコードレート r_n と関連するセットポイント z_n 以上となるように決定される。この条件は以下のように表すことができる。

【 数 3 7 】

$$\frac{\tilde{b}(n, m_a x) P_n}{\sigma^2} \geq z_n \quad \text{式 (28)}$$

【 0 0 9 7 】

ここで σ^2 は単一の送信チャネルの受信雑音電力である。 $\tilde{b}(n, m_a x)$ の最大値が、 1 で始まり、 式 (28) がもはや有効でなくなると終了する の各見込み値を評価することによって識別される。 の値ごとに、 個の最良送信チャネルの取得可能な S/N が、 式 (28) の左の項に示されるように決定される。この取得可能な S/N はコードレート r_n に必要な S/N、 z_n に対して計算される。

【 0 0 9 8 】

従って、全送信電力が 個の全チャネルに(不均一に)分配されると、コードレート r_n ごとに、 ($n = 1, 2, \dots, N_z, m_a x$) の各値が評価されて、 個の最良送信チャネルの各々の受信 S/N が関連セットポイント z_n を得ることができるか否かを判断する。この条件を満たす $\tilde{b}(n, m_a x)$ の最大値は、必要なセットポイント z_n を取得しつつ、コードレート r_n に対して選択される送信チャネルの最大数である。

【 0 0 9 9 】

コードレート r_n と関連する閾値 \tilde{b}_n は以下のように表すことができる。

【 数 3 8 】

$$\alpha_n = \frac{H(\lambda_{n,\max})}{L_{ave}} \quad \text{式(29)}$$

【 0 1 0 0 】

閾値 α_n は、セットポイント z_n を必要とするコードレート r_n のスループットを最適化する。共通のコードレートが全選択送信チャネルに使用されるため、最大の取得可能なスループット T_n がチャネルごとのスループットとして、選択チャネル n, \max の数の回数だけ計算される。セットポイント z_n の最大の取得可能なスループット T_n は以下のように表すことができる。

【 数 3 9 】

$$T_n = \lambda_{n,\max} r_n \quad \text{式(30)}$$

【 0 1 0 1 】

ここで T_n の単位は変調シンボルあたりの情報ビットである。

【 0 1 0 2 】

セットポイントのベクトルの最適スループットは以下の式によって与えられる。

【 数 4 0 】

$$T_{opt} = \max \{ T_n \} \quad \text{式(31)}$$

【 0 1 0 3 】

コードレートが増大すると、より多くの情報ビットが変調シンボルごとに送信される。しかしながら、必要な S N R もまた増大し、これは、所与の雑音分散² の選択送信チャネルごとにより多くの送信電力を必要とする。全送信電力は限られているので、より高い必要 S N R を得ることができる送信チャネルは少ない。従って、ベクトル R のコードレートごとの最大の取得可能なスループットが計算されて、最大スループットを提供する特定のコードレートが、評価されている特定のチャネル条件の最適コードレートとみなされる。最適閾値 α_{opt} は、 T_{opt} となる特定のコードレート r_n に対応する閾値 α_n に等しい。

【 0 1 0 4 】

上記の説明において、最適閾値 α_{opt} は全送信チャネルのチャネル利得に基づいて決定される。チャネル利得ではなく受信 S N R が使用可能である場合、受信 S N R は S N R が大きい順にリスト () にランク付けされて配置される (ここで $1 \leq N_T N_F$ であり、リストの最初の要素、 $(1) = \max \{ (j, k) \}, \dots$ およびリストの最後の要素、 $(N_T N_F) = \min \{ (j, k) \}$ となる)。シーケンス () は以下のように決定される。

【 数 4 1 】

$$\beta(\lambda) = \frac{1}{\sum_{i=1}^{\lambda} \gamma(i)^{-1}} \quad \text{式(32)}$$

【0105】

コードレート r_n (ここで $1 \leq n \leq N_z$ である) ごとに、 $\gamma_{n,\max}$ の最大値が決定され、個の選択送信チャネルの各々の受信 S/N/R は関連セットポイント z_n 以上となる。この条件は以下のように表すことができる。

【数42】

$$\beta(\lambda)N_T N_F \geq z_n \quad \text{式(33)}$$

【0106】

$\gamma_{n,\max}$ の最大値がコードレート r_n ごとに決定されると、このコードレートに関連する閾値 α_n が以下のように決定される。

【数43】

$$\alpha_n = \frac{\gamma(\lambda_{n,\max})}{\gamma_{ave}} \quad \text{式(34)}$$

【0107】

最適閾値 α_{opt} および最適スループット T_{opt} もまた上記のように決定される。

【0108】

上記の説明について、閾値が選択されて、使用可能な送信チャネルのスループットを最適化する。閾値はまた選択されて、他の性能基準やメトリクスを最適化してもよく、これは本発明の範囲内である。

【0109】

図3は、本発明の一実施形態に従った、データ送信のための送信チャネルを選択するために使用される閾値 α を決定するためのプロセス240のフロー図である。プロセス240は、チャネル利得、受信 S/N/R、あるいは他の特徴が送信チャネルに使用可能である場合に使用される。明確には、プロセス240はチャネル利得が使用可能である場合について以下に説明し、受信 S/N/R が使用可能である場合についてはかっこ内に示す。

【0110】

まず、ステップ250で、セットポイント ($Z = [z_1, z_2, \dots, z_{N_z}]$) のベクトルが定義され、関連セットポイントをサポートするコードレート ($R = [r_1, r_2, \dots, r_{N_z}]$) のベクトルが決定される。ステップ252で、全使用可能送信チャネルのチャネル利得 $H(j, k)$ [または受信 S/N/R, (j, k)] が検索されて、最も良から最悪のものにいたるまでランク付けされる。ステップ254で、見込み正規化係数のシーケンス

【数44】

$$\tilde{b}(\lambda)$$

【0111】

[または (\cdot)] が、式(27)に示されるチャネル利得に基づいて [または式(32)に示される受信 S/N/R に基づいて] 決定される。

【0112】

そして各使用可能なコードレートはループを介して評価される。ループの第一のステップにておいて、(まだ評価されていない) コードレート r_n が、ステップ256で評価のために識別される。ループを介した第一のパスについては、識別されたコードレートはベ

クトル R の第一のコードレート r_1 である。識別されたコードレート r_n については、ステップ 258 で、 $r_{n, \max}$ の最大値が決定されて、個の最良送信チャネルの各々の受信 SNR は評価されているコードレート r_n と関連するセットポイント z_n 以上である。これは、式(28) [または式(33)] に示される条件を計算し満たすことによって実行される。ステップ 260 で、セットポイント z_n に関連する閾値 α_n は式(29) [または式(34)] に示されるチャネル $r_{n, \max}$ のチャネル利得 [または受信 SNR] に基づいて決定される。ステップ 262 で、セットポイント z_n の最大の取得可能なスループット T_n もまた式(30) に示されるように決定される。

【0113】

次いで、ステップ 264 で、 N_z 個のコードレートの全部が評価されたか否かが判断される。評価されていない場合、プロセスはステップ 256 に戻り、別のコードレートが評価のために識別される。そうでない場合、ステップ 266 で、最適スループット T_{opt} と最適閾値 α_{opt} が式(31) に示されるように決定される。そしてプロセスは終了する。

【0114】

上記の説明において、選択チャネル反転は全チャネルに対して実行されるので、通信システムにおける全使用可能な送信チャネルに対して一つの閾値が決定される。送信チャネルが多数のグループに分割される実施形態において、グループごとに一つの閾値が決定されて使用されてもよい。グループごとの閾値は、グループに含まれる送信チャネルのスループットを最適化するなどの、種々の基準に基づいて設定されてよい。

【0115】

グループごとの閾値を決定するために、上記の導出が使用されてよい。しかしながら、グループごとのリスト $H_j(\cdot)$ [または $\gamma_j(\cdot)$] は、グループに含まれる送信チャネルの電力利得 [または受信 SNR] を含んでいるにすぎない。また、シーケンス

【数45】

$$\tilde{b}_j(\lambda)$$

【0116】

[または $\gamma_j(\cdot)$] は、グループの送信チャネルのチャネル利得 [または受信 SNR] に基づいて定義される見込み正規化係数を含んでいる。グループ j のコードレート r_n と関連する閾値 $\alpha_{j,n}$ は以下のように表すことができる。

【数46】

$$\alpha_{j,n} = \frac{H_j(\lambda_{n,\max})}{L_{ave,j}} \text{ 又は } \frac{\gamma_j(\lambda_{n,\max})}{\gamma_{ave,j}} \quad \text{式(35)}$$

【0117】

グループ j の最適閾値 $\alpha_{opt,j}$ は、グループ j の最適スループット $T_{opt,j}$ となる特定コードレート r_n に対応する閾値 $\alpha_{j,n}$ に等しい。

【0118】

各グループの送信チャネルはそれぞれの閾値に関連している。あるいはまた、多数のグループが同一の閾値を共有していてもよい。これは、例えば同一の符号化 / 変調スキームが多数の送信アンテナに対して使用され、かつ使用可能な送信電力がこれらの送信アンテナ間で共有される場合に望ましい。

【0119】

上記の説明において、閾値は、選択送信チャネルへの全使用可能な送信電力の（不均一な）分配に基づいて導き出され、これらのチャネルに同じ受信S/N比を得る。他の実施形態において、閾値は、他の条件および／またはメトリクスに基づいて導き出されてもよい。例えば、閾値は、選択送信チャネルへの全使用可能な送信電力の等しい割当（すなわち、選択送信チャネルの等しい重み）に基づいて導き出される。この場合、閾値を選択して、この等しい送信電力割当に基づいて得られるスループットを最適化することができる。別の例として、閾値は単に特定の（固定の）目標S/N比であってもよい。

【0120】

（マルチチャネル通信システム）

図4は、本発明の種々の態様および実施形態を実現することができるMIMO通信システム300の図である。システム300は、第二のシステム350（例えば端末106）と連通している第一のシステム310（例えば図1の基地局104）を含んでいる。システム300を操作して、アンテナ、周波数、および時間ダイバーシティの組み合わせを用いて、スペクトル効率を増大させ、性能を向上させ、柔軟性を高めることができる。

【0121】

システム310において、データソース312はデータ（すなわち情報ビット）を送信（TX）データプロセッサ314に提供し、プロセッサ314は（1）特定の符号化スキームに従ってデータを符号化し、（2）特定のインタリーブスキームに基づいて符号化データをインタリーブ（すなわち再配列）し、（3）インタリーブされたビットを、データ送信のために選択された一つ以上の送信チャネルの変調シンボルにマッピングし、選択送信チャネルごとに変調シンボルを重み付けする。符号化はデータ送信の信頼性を高める。インタリーブは符号化ビットに時間ダイバーシティを提供し、データが選択送信チャネルの平均S/N比に基づいて送信されることを可能にし、フェージングをコンバットし、そして各変調シンボルを形成するために使用される符号化ビット間の相関をさらに除去する。インタリーブはさらに、符号化ビットが複数の周波数サブチャネルで送信される場合に周波数ダイバーシティを提供する。重み付けは、選択送信チャネルごとの送信電力を効果的にコントロールし、受信システムにおいて所望のS/N比を得る。一態様において、符号化、シンボルマッピング、および重み付けは、コントローラ334によって提供されるコントロール信号に基づいて実行される。

【0122】

TXチャネルプロセッサ320はTXデータプロセッサ314から重み付け変調シンボルを受信して逆多重化し、選択送信チャネルごとに重み付け変調シンボルのストリームを提供する（タイムスロットあたり一つの重み付け変調シンボル）。TXチャネルプロセッサ320はさらに、完全CSIが使用可能である場合、選択送信チャネルの重み付け変調シンボルを事前調整することができる。

【0123】

OFDMが用いられない場合、TXチャネルプロセッサ320は、データ送信に使用されるアンテナごとに重み付け変調シンボルのストリームを提供する。またOFDMが用いられると、TXチャネルプロセッサ320はデータ送信に使用されるアンテナごとに重み付け変調シンボルベクトルのストリームを提供する。また完全CSI処理が実行されると、TXチャネルプロセッサ320は事前調整された変調シンボル、または事前調整された変調シンボルベクトルのストリームを、データ送信に使用されるアンテナごとに提供する。各ストリームはそれぞれの変調器（MOD）322によって受信および変調され、関連アンテナ324を介して送信される。

【0124】

受信システム350において、多数の受信アンテナ352が送信された信号を受信し、受信した信号をそれぞれの復調器（DEMOD）354に提供する。各復調器354は変調器322で実行された処理に相補的な処理を実行する。全復調器354からの変調シンボルは受信（RX）チャネル／データプロセッサ356に提供されて処理され、送信されたデータストリームを回復する。RXチャネル／データプロセッサ356は、TXデータ

プロセッサ 314 と TX チャネルプロセッサ 320 によって実行される処理に相補的な処理を実行し、復号されたデータをデータシンク 360 に提供する。受信システム 350 による処理を以下により詳細に説明する。

【 0125 】

(MIMO 送信システム)

図 5 は、本発明の一実施形態に従った、データ処理可能な MIMO 送信システム 310a のブロック図である。送信システム 310a は、図 4 のシステム 310 の送信部分の一実施形態である。システム 310a は、(1) 情報ビットを受信および処理し、重み付け変調シンボルを提供する TX データプロセッサ 314a と、(2) 選択送信チャネルの変調シンボルを逆多重化する TX チャネルプロセッサ 320a とを含んでいる。

【 0126 】

図 5 に示される実施形態において、TX データプロセッサ 314a は符号器 412 と、チャネルインタリーバ 414 と、パンクチャ器 416 と、シンボルマッピング要素 418 と、シンボル重み付け要素 420 とを含んでいる。符号器 412 は、特定の符号化スキームに従って、送信される全情報ビットを受信して、受信したビットを符号化し、符号化ビットを提供する。チャネルインタリーバ 414 は特定のインタリービングスキームに基づいて符号化ビットをインタリープして、ダイバーシティを提供する。パンクチャ器 416 はゼロ、またはインタリープされた符号化ビットの多くをパンクチャ（すなわち除去）して、所望の数の符号化ビットを提供する。シンボルマッピング要素 418 はパンクチャされていないビットを選択送信チャネルの変調シンボルにマッピングする。またシンボル重み付け要素 420 は選択送信チャネルごとに変調シンボルを重み付けし、重み付け変調シンボルを提供する。選択送信チャネルごとに使用される重みは、上記のように、チャネルの取得した SNR に基づいて決定されてよい。

【 0127 】

パイロットデータ（すなわち既知のパターンのデータ）はまた、処理された情報ビットによって符号化および多重化されてもよい。処理されたパイロットデータは、選択送信チャネルのサブセットまたは全部において、あるいは使用可能な送信チャネルのサブセットまたは全部において、（例えば時分割多重（TDM）方式によって）送信されてもよい。パイロットデータは、以下のように、受信機において使用されてチャネル推定を実行する。

【 0128 】

図 5 に示されるように、データの符号化、インタリープ、およびパンクチャは一つ以上の符号化コントロール信号に基づいて実行され、これは使用する特定の符号化、インタリープ、およびパンクチャスキームを識別する。シンボルマッピングは、使用する特定の変調スキームを識別する変調コントロール信号に基づいて実行される。またシンボル重み付けは、選択送信チャネルに提供される重みに基づいて実行される。

【 0129 】

一つの符号化 / 変調スキームにおいて、符号化は、固定のベースコードを使用して、パンクチャを調整し、選択送信チャネルの SNR によってサポートされるような所望のコードレートを得ることによって実行される。ベースコードはターボコード、畳込みコード、接続符号、または他のコードであってもよい。ベースコードはまた、特定のレート（例えば、コードの 1 / 3 のレート）であってもよい。このスキームについては、パンクチャは、チャネルがインタリープして、選択送信チャネルの所望のコードレートを得た後に実行される。

【 0130 】

シンボルマッピング要素 416 は、パンクチャされていないビットの組をグルーピングして非バイナリシンボルを形成し、各非バイナリシンボルを、選択送信チャネルの使用のために選択された変調スキームに対応する信号コンステレーションのポイントにマッピングするように設計されてもよい。変調スキームは QPSK、M-PSK、M-QAM、または他のスキームであってもよい。各マッピングされた信号ポイントは変調シンボルに対

応している。

【 0 1 3 1 】

送信システム 3 1 0 a での符号化、インタリープ、パンクチャ、およびシンボルマッピングは多数のスキームに基づいて実行されることが可能である。一つの特定のスキームが、前述の特許文献 1 に説明されている。

【 0 1 3 2 】

特定レベルの性能（例えば一つのパーセントパケットエラー率または P E R ）の変調シンボルごとに送信されてもよい情報ビット数は受信 S N R に依拠している。従って、選択送信チャネルの符号化 / 変調スキームはチャネルの特徴（例えば、チャネル利得、受信 S N R 、または他の情報）に基づいて決定される。チャネルインタリープはまた符号化コントロール信号に基づいて調整される。

【 0 1 3 3 】

表 1 は多数の受信 S N R 範囲に使用されてもよい符号化レートおよび変調スキームの種々の組み合わせを挙げている。送信チャネルごとのサポートビットレートは、符号化 / 変調スキームの多数の可能な組み合わせのいずれか一つを使用することによって得られる。例えば、変調シンボルあたりの一つの情報ビットは、(1) 1 / 2 の符号化レートおよび Q P S K 変調、(2) 1 / 3 の符号化レートおよび 8 - P S K 変調、(3) 1 / 4 の符号化レートおよび 1 6 - Q A M 、または他の符号化レートおよび変調スキームの組み合わせを使用することによって得られる。表 1 において、Q P S K 、 1 6 - Q A M 、および 6 4 - Q A M は挙げられている S N R 範囲に使用される。 8 - P S K 、 3 2 - Q A M 、 1 2 8 - Q A M などの他の変調スキームもまた使用されてよく、本発明の範囲内である。

【 表 1 】

表1

受信S N R 範囲	情報ビット/シンボルの数	変調シンボル	符号化ビット/シンボルの数	符号化レート
1.5 – 4.4	1	QPSK	2	1/2
4.4 – 6.4	1.5	QPSK	2	3/4
6.4 – 8.35	2	16-QAM	4	1/2
8.35 – 10.4	2.5	16-QAM	4	5/8
10.4 – 12.3	3	16-QAM	4	3/4
12.3 – 14.15	3.5	64-QAM	6	7/12
14.15 – 15.55	4	64-QAM	6	2/3
15.55 – 17.35	4.5	64-QAM	6	3/4
> 17.35	5	64-QAM	6	5/6

【 0 1 3 4 】

T X データプロセッサ 3 1 4 a からの重み付け変調シンボルが、図 4 の T X チャネルプロセッサ 3 2 0 の一実施形態である T X チャネルプロセッサ 3 2 0 a に提供される。 T X チャネルプロセッサ 3 2 0 a 内で、デマルチプレクサ 4 2 4 が重み付け変調シンボルを受信し、多数の変調シンボルストリームに逆多重化する（変調シンボルを送信するために選択された各送信チャネルにつき一つのストリーム）。各変調シンボルストリームはそれぞれの変調器 3 2 2 に提供される。 O F D M が用いられている場合、各送信アンテナの全選択周波数サブチャネルの各タイムスロットにおける重み付け変調シンボルは重み付け変調シンボルベクトルに結合される。各変調器 3 2 2 は（ O F D M のないシステムの）重み付

け変調シンボル、または(OFDMのあるシステムの)重み付け変調シンボルベクトルをアナログ信号に変換し、さらにその信号を増幅、フィルタリング、直交変調、およびアップコンバートし、無線リンクでの送信に適した変調信号を生成する。

【0135】

図6は、本発明の別の実施形態に従った、データ処理可能なMIMO送信システム310bのブロック図である。送信システム310bは図4のシステム310の送信部分の別の実施形態であり、TXデータプロセッサ314bとTXチャネルプロセッサ320bとを含んでいる。

【0136】

図6に示される実施形態において、TXデータプロセッサ314bは符号器412と、チャネルインタリーバ414と、シンボルマッピング要素418と、シンボル重み付け要素420とを含んでいる。符号器412は、特定の符号化スキームに従って全情報ビットを受信および符号化し、符号化ビットを提供する。符号化は、符号化コントロール信号によって識別されるように、コントローラ334によって選択された特定のコードおよびコードレートに基づいて実行される。チャネルインタリーバ414は符号化ビットをインタリーブし、シンボルマッピング要素418はインタリーブされたビットを選択送信チャネルの変調シンボルにマッピングする。シンボル重み付け要素420はそれぞれの重みに基づいて選択送信チャネルごとに変調シンボルを重み付けし、重み付け変調シンボルを提供する。

【0137】

図6に示される実施形態において、送信システム310bは、完全CSIに基づいて重み付け変調シンボルを事前調整することができる。TXチャネルプロセッサ320b内で、チャネルMIMOプロセッサ422が重み付け変調シンボルを多数の(最高 N_c 個の)重み付け変調シンボルストリームに逆多重化する(変調シンボルを送信するために使用される各空間サブチャネル(すなわち固有モード)につき一つのストリーム)。完全CSI処理については、チャネルMIMOプロセッサ422が各タイムスロットにおいて(最高 N_c 個の)重み付け変調シンボルを事前調整し、以下のように N_T 個の事前調整された変調シンボルを生成する。

【数47】

$$\begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_{N_T} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} e_{11}, & e_{12}, & \Lambda & e_{1N_c} \\ e_{21}, & e_{22}, & & e_{2N_c} \\ M & & O & M \\ e_{N_T1}, & e_{N_T2}, & \Lambda & e_{N_TN_c} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \vdots \\ b_{N_c} \end{bmatrix} \quad \text{式(36)}$$

【0138】

ここで、 b_1, b_2, \dots, b_{N_c} はそれぞれ空間サブチャネル1、2、… N_c の重み付け変調シンボルであり、

$e_{i,j}$ は、送信アンテナから受信アンテナへの送信特徴に関連する固有ベクトルマトリクスEの要素であり、

x_1, x_2, \dots, x_{N_T} は事前調整された変調シンボルであり、以下のように表すことができる。

【数48】

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

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

$$x_{N_T} = b_1 \cdot e_{N_T 1} + b_2 \cdot e_{N_T 2} + \dots + b_{N_c} \cdot e_{N_T N_c}$$

【 0 1 3 9 】

固有ベクトルマトリクス E は送信機によって計算することができ、受信機によって送信機に提供される。マトリクス E の要素はまた有効チャネル利得 H (j , k) を決定する際に考慮される。

【 0 1 4 0 】

完全 C S I 処理については、特定の送信アンテナの各事前調整された変調シンボル x_i は、最高 N_c 個の空間サブチャネルの重み付け変調シンボルの線形結合を表している。タイムスロットごとに、チャネル MIMO プロセッサ 422 によって生成された（最高） N_T 個の事前調整された変調シンボルがデマルチプレクサ 424 によって逆多重化され、（最高） N_T 個の変調器 322 に提供される。各変調器 322 は（O F D M のないシステムの）事前調整された変調シンボル、または（O F D M のあるシステムの）事前調整された変調シンボルベクトルを、無線リンクでの送信に適した変調信号に変換する。

【 0 1 4 1 】

図 7 は、本発明のさらに別の実施形態に従った、O F D M を利用し、かつデータ処理可能な MIMO 送信システム 310c のプロック図である。送信システム 310c は図 4 のシステム 310 の送信部分の別の実施形態であり、T X データプロセッサ 314c と T X チャネルプロセッサ 320c とを含んでいる。T X データプロセッサ 314c は、グループに対して選択された特定の符号化 / 変調スキームに基づいて各グループの送信チャネルを別個に符号化および変調するように操作されてもよい。各グループは一つの送信アンテナに対応していてもよく、また各グループの送信チャネルは送信アンテナの周波数サブチャネルに対応していてもよい。

【 0 1 4 2 】

図 7 に示される実施形態において、T X データプロセッサ 314c は多数の空間サブチャネルデータプロセッサ 410a ~ 410t を含んでいる（別個に符号化および変調される送信チャネルの各グループにつき一つのデータプロセッサ 410）。各データプロセッサ 410 は符号器 412 と、チャネルインタリーバ 414 と、シンボルマッピング要素 418 と、シンボル重み付け要素 420 とを含んでいる。データプロセッサ 410 のこれらの要素は、データプロセッサによって処理されるグループの情報ビットを符号化し、符号化ビットをインタリーブし、インタリーブされたビットを生成された変調シンボルにマッピングし、そしてグループ内の選択送信チャネルごとに変調シンボルを重み付けするよう動作する。図 7 に示されるように、符号化 / 変調コントロールと、重みはグループごとに具体的に提供される。

【 0 1 4 3 】

各データプロセッサ 410 からの重み付け変調シンボルは、特定の送信アンテナの重み付け変調シンボルを結合する、T X チャネルプロセッサ 320c 内のそれぞれの結合器 434 に提供される。各グループが特定の送信アンテナの選択周波数サブチャネルを含んでいる場合、結合器 434 は選択周波数サブチャネルの重み付け変調シンボルを結合し、送信チャネルごとに変調シンボルベクトルを形成し、そしてこれはそれぞれの変調器 322 に提供される。変調信号を生成する各変調器 322 による処理を以下に説明する。

【 0 1 4 4 】

図 8 は、本発明のさらに別の実施形態に従った、O F D M を利用し、かつデータ処理可能な MIMO 送信システム 310d のプロック図である。この実施形態において、周波数サブチャネルごとの送信チャネルは別個に処理されることができる。T X データプロセッサ

サ 3 1 4 c 内で、送信される情報ビットがデマルチプレクサ 4 2 8 によって多数の（最高 N_L 個の）周波数サブチャネルデータストリームに逆多重化される（データ送信に使用される周波数サブチャネルの各々につき一つのストリーム）。各周波数サブチャネルデータストリームはそれぞれの周波数サブチャネルデータプロセッサ 4 3 0 に提供される。

【 0 1 4 5 】

各データプロセッサ 4 3 0 は O F D M システムのそれぞれの周波数サブチャネルのデータを処理する。各データプロセッサ 4 3 0 は、図 5 の T X データプロセッサ 3 1 4 a 、図 6 に示される T X データプロセッサ 3 1 4 b 、または他の設計と同様に実現される。一実施形態において、データプロセッサ 4 3 0 は周波数サブチャネルデータストリームを多数のデータサブストリームに逆多重化する（周波数サブチャネルの使用のために選択された各空間サブチャネルにつき一つのデータサブストリーム）。各データサブストリームは符号化、インタリーブ、シンボルマッピング、および重み付けされて、データサブストリームの重み付け変調シンボルを生成する。周波数サブチャネルデータストリームごとの、またはデータサブストリームごとの符号化および変調は符号化 / 変調コントロール信号に基づいて調整されてもよく、重み付けは重みに基づいて実行されてもよい。従って、各データプロセッサ 4 3 0 は、周波数サブチャネルの使用のために選択された最高 N_c 個の空間サブチャネルの最高 N_c 個の重み付け変調シンボルストリームを提供する。

【 0 1 4 6 】

O F D M を利用する M I M O システムについては、変調シンボルは複数の周波数サブチャネル上で、複数の送信アンテナから送信することができる。M I M O プロセッサ 3 2 0 d 内で、各データプロセッサ 4 3 0 からの最高 N_c 個の変調シンボルストリームがそれぞれのサブチャネル空間プロセッサ 4 3 2 に提供され、プロセッサ 4 3 2 はチャネルコントロールおよび / または使用可能な C S I に基づいて、受信した変調シンボルを処理する。各空間プロセッサ 4 3 2 は、完全 C S I 処理が実行されない場合には単に（図 5 に示されているような）デマルチプレクサを実現してもよく、あるいは完全 C S I 処理が実行される場合は（図 6 に示されているような）デマルチプレクサが続くチャネル M I M O プロセッサを実現してもよい。O F D M を利用する M I M O システムについては、完全 C S I 処理（すなわち事前調整）が各周波数サブチャネル上で実行されてもよい。

【 0 1 4 7 】

各サブチャネル空間プロセッサ 4 3 2 はタイムスロットあたり最高 N_c 個の変調シンボルを、周波数サブチャネルの使用のために選択された送信アンテナの最高 N_T 個の変調シンボルに逆多重化する。送信アンテナごとに、結合器 4 3 4 は送信アンテナの使用のために選択された最高 N_L 個の周波数サブチャネルの変調シンボルを受信し、タイムスロットごとのシンボルを変調シンボルベクトル V に結合し、変調シンボルベクトルを次の処理ステージ（すなわち、それぞれの変調器 3 2 2 ）に提供する。

【 0 1 4 8 】

従って、M I M O プロセッサ 3 2 0 d は変調シンボルを受信および処理し、最高 N_T 個の変調シンボルベクトル $V_1 \sim V_{N_T}$ を提供する（データ送信に使用するために選択された各送信アンテナにつき一つの変調シンボルベクトル）。各変調シンボルベクトル V は单一のタイムスロットをカバーしており、変調シンボルベクトル V の各要素は、変調シンボルが伝送される一意のサブキャリアを有する特定の周波数サブチャネルに関連している。

【 0 1 4 9 】

図 8 はまた O F D M の変調器 3 2 2 の一実施形態を示している。M I M O プロセッサ 3 2 0 c からの変調シンボルベクトル $V_1 \sim V_{N_T}$ はそれぞれ、変調器 3 2 2 a ~ 3 2 2 t に提供される。図 8 に示される実施形態において、各変調器 3 2 2 は逆高速フーリエ変換（I F F T ）4 4 0 と、循環プレフィックス生成器 4 4 2 と、アップコンバータ 4 4 4 とを含んでいる。

【 0 1 5 0 】

I F F T 4 4 0 は各受信変調シンボルベクトルを、I F F T を使用して（O F D M シンボルと称される）そのタイムドメイン表示に変換する。I F F T 4 4 0 は任意の数（例え

ば、8個、16個、32個など)の周波数サブチャネル上でIFFTを実行するように設計されることが可能である。一実施形態において、OFDMシンボルに変換された変調シンボルベクトルごとに、循環プレフィックス生成器442がOFDMシンボルのタイムドメイン表示の一部を反復し、特定の送信アンテナの「送信シンボル」を形成する。循環プレフィックスは、送信シンボルがその直交特徴をマルチパス遅延拡散下に保持することによって、有害なパス効果に対する性能を向上させることを保証する。IFFT440と循環プレフィックス生成器442の実現は当業界において既知であるので、ここでは詳細に説明しない。

【0151】

各循環プレフィックス生成器442からのタイムドメイン表示(すなわちアンテナごとの送信シンボル)はアップコンバータ444によって処理(例えば、アナログ信号に変換、変調、増幅、およびフィルタリング)され、変調信号を生成し、次いでこれはそれぞれのアンテナ324から送信される。

【0152】

OFDM変調は、参照してここに組み込まれる非特許文献1の論文においてより詳細に説明されている。

【0153】

図5乃至8は、本発明の種々の態様および実施形態を実現することができるMIMO送信機の4つの設計を示している。本発明は、MIMOを利用しないOFDMシステムにおいてもまた実用可能である。この場合、使用可能な送信チャネルはOFDMシステムの周波数サブチャネルに対応している。多数の他の送信機の設計もまた、ここに説明されている種々の本発明の技術を実現することができ、これらの設計もまた本発明の範囲内である。これらの送信機の設計の一部は、すべてが本出願の譲受人に譲渡され、かつ参照してここに組み込まれる特許出願1乃至4においてより詳細に説明される。これらの特許出願はまたMIMO処理とCSI処理についてさらに詳細に説明している。

【0154】

一般的に、送信システム310は全選択送信チャネル(または各グループ内の全選択送信チャネル)のデータを、特定の共通の符号化/変調スキームに基づいて符号化および変調する。変調シンボルはさらに、選択送信チャネルに割り当てられた重みによって重み付けされるため、所望のレベルの性能が受信機において得られる。ここで説明されている技術は、MIMO、OFDM、または複数のパラレル送信チャネルをサポートすることができる他の通信スキーム(例えばCDMAスキーム)によってサポートされている複数のパラレル送信チャネルに適用可能である。

【0155】

図7は、送信アンテナごとのデータがその送信アンテナに対して選択された符号化/変調スキームに基づいて別個に符号化および変調されることが可能な実施形態を示している。同様に、図8は、周波数サブチャネルごとのデータがその周波数サブチャネルに対して選択された符号化/変調スキームに基づいて別個に符号化および変調されることが可能な実施形態を示している。一般的に、全使用可能な送信チャネル(例えば全周波数サブチャネルの全空間サブチャネル)はいかなるタイプの、任意の数のグループにも分割されることが可能であり、各グループは任意の数の送信チャネルを含むことができる。例えば、各グループは空間サブチャネル、周波数サブチャネル、または両ドメインにおけるサブチャネルを含むことができる。

【0156】

(MIMO受信システム)

図9は、本発明の実施形態に従った、データ受信可能なMIMO受信システム350aのブロック図である。受信システム350aは図4の受信システム350の具体的な実施形態であり、送信信号を受信および回復するという一連のキャンセル受信処理技術を実現する。(最高)N_T個の送信アンテナからの送信信号はN_R個のアンテナ352a~352rの各々によって受信され、(フロントエンドプロセッサとも称される)それぞれの復

調器（DEMOD）354にルーティングされる。

【0157】

各復調器354はそれぞれの受信信号を調整（例えばフィルタリングおよび増幅）し、調整した信号を中間周波数かベースバンドにダウンコンバートし、ダウンコンバートした信号をデジタル化し、サンプルを提供する。各復調器354はさらに、サンプルを受信パイロットによって復調し、受信変調シンボルのストリームを生成し、これはRXチャネル／データプロセッサ356aに提供される。

【0158】

OFDMがデータ送信に用いられると、各復調器354はさらに、図8に示される変調器322によって実行される処理に相補的な処理を実行する。この場合、各復調器354はサンプルの変換表示を生成し、かつ変調シンボルベクトルのストリームを提供するFFTプロセッサ（図示せず）を含んでいる。各ベクトルは、使用するために選択された最高 N_L 個の周波数サブチャネルの最高 N_L 個の変調シンボルを含んでおり、一つのベクトルがタイムスロットごとに提供される。（たとえば図8に示されるように）各周波数サブチャネルが別個に処理される送信処理スキームについては、全 N_R 個の復調器のFFTプロセッサからの変調シンボルベクトルストリームは（図9には示されていない）デマルチプレクサに提供され、デマルチプレクサは、各FFTプロセッサからの変調シンボルベクトルストリームを、データ送信に使用される周波数サブチャネル数に対応する、最高 N_L 個の変調シンボルストリームに「チャネル化」する。そしてデマルチプレクサは最高 N_L 個の変調シンボルストリームの各々をそれぞれのRX MIMO／データプロセッサ356aに提供する。

【0159】

OFDMを利用しないMIMOシステムについては、RX MIMO／データプロセッサ356aを使用して、 N_R 個の受信アンテナからの N_R 個の変調シンボルストリームを処理することができる。またOFDMを利用するMIMOシステムについては、RX MIMO／データプロセッサ356aを使用して、データ送信に使用される最高 N_L 個の周波数サブチャネルの各々の N_R 個の受信アンテナからの N_R 個の変調シンボルストリームの組を処理することができる。あるいはまた、単一のRXチャネル／データプロセッサ356aを使用して、各周波数サブチャネルと関連する変調シンボルストリームの組を別個に処理することができる。

【0160】

図9に示される実施形態において、（図4のRXチャネル／データプロセッサ356の一実施形態である）RXチャネル／データプロセッサ356aは多数の一連の（すなわちカスケード）受信処理ステージ510を含んでいる（受信システム350aによって回復される送信データストリームの各々につき一つのステージ）。送信処理スキームにおいて、選択チャネル反転が全使用可能な送信チャネルに適用される。この場合、選択送信チャネルを使用して、各々が共通の符号化スキームによって別個に符号化されてもよい一つ以上のデータストリームを送信することができる。別の送信処理スキームにおいて、選択チャネル反転は各送信アンテナに別個に適用される。この場合、送信アンテナごとの選択送信チャネルを使用して、各々がその送信アンテナに対して選択された符号化スキームによって別個に符号化されてもよい一つ以上のデータストリームを送信することができる。一般的に、データストリームが各空間サブチャネル上で別個に符号化および送信されると、一連のキャンセル受信処理技術を使用して、送信データストリームを回復することができる。明確には、RXチャネル／データプロセッサ356aは、一つのデータストリームが、データプロセッサ356aによって処理される所与の周波数サブチャネルの各空間サブチャネル上で別個に符号化および送信される実施形態について説明されている。

【0161】

（最終ステージ510nを除く）各受信処理ステージ510は干渉キャンセラ530に結合されているチャネルMIMO／データプロセッサ520を含んでおり、最終ステージ510nはチャネルMIMO／データプロセッサ520nのみを含んでいる。最初の受信

処理ステージ 510a については、チャネル MIMO / データプロセッサ 520a が復調器 354a ~ 354r から N_R 個の変調シンボルストリームを受信して、処理し、最初の送信チャネル（または最初の送信信号）の復号化データストリームを提供する。第二から最終ステージ 510b ~ 510n の各々については、そのステージのチャネル MIMO / データプロセッサ 520 が、次のステージの干渉キャンセラ 520 から N_R 個の変形シンボルストリームを受信して、処理し、そのステージによって処理されている送信チャネルの復号化データストリームを引き出す。各チャネル MIMO / データプロセッサ 520 はさらに、関連送信チャネルの CSI（例えば受信 SNR）を提供する。

【 0162 】

最初の受信処理ステージ 510a については、干渉キャンセラ 530a が N_R 個の変調シンボルストリームを全 N_R 個の復調器 354 から受信する。また第二乃至最後から二番目のステージの各々については、干渉キャンセラ 530 は、 N_R 個の変形シンボルストリームを次のステージの干渉キャンセラから受信する。各干渉キャンセラ 530 はまた復号化データストリームを、同一のステージ内のチャネル MIMO / データプロセッサ 520 から受信し、処理（例えば、符号化、インタリーブ、変調、チャネル応答など）を実行し、この復号化データストリームに起因する受信変調シンボルストリームの干渉成分の推定である、 N_R 個の再変調シンボルストリームを引き出す。そして最変調されたシンボルストリームは受信変調シンボルストリームから減算されて、減算された（すなわち除去された）干渉成分を除くすべてを含む N_R 個の変形シンボルストリームを引き出す。そして N_R 個の変形シンボルストリームは次のステージに提供される。

【 0163 】

図 9において、RX チャネル / データプロセッサ 356a に結合されているコントローラ 540 が示されており、プロセッサ 356a によって実行される一連のキャンセル受信処理における種々のステップを指揮するために使用されることが可能である。

【 0164 】

図 9 は、各データストリームがそれぞれの送信アンテナ上で送信される（すなわち各送信信号に一つのデータストリームが対応する）場合に直通に使用することができる受信構成を示している。この場合、各受信処理ステージ 510 を操作して、受信システム 350a に対する送信信号の一つを回復し、回復された送信信号に対応する復号化データストリームを提供することができる。

【 0165 】

他の送信処理スキームについては、データストリームが複数の送信アンテナ、周波数サブチャネル、および / または時間間隔で送信されて、それぞれ、空間、周波数、および時間ダイバーシティを提供することができる。これらのスキームについては、受信処理はまず、各周波数サブチャネルの各送信アンテナ上で送信された信号の受信変調シンボルストリームを引き出す。そして複数の送信アンテナ、周波数サブチャネル、および / または時間間隔の変調シンボルは、送信システムで実行される逆多重化と相補的に結合される。そして、結合された変調シンボルのストリームを処理して、対応する復号化データストリームを提供する。

【 0166 】

図 10 は、図 9 のチャネル MIMO / データプロセッサ 520 の一実施形態であるチャネル MIMO / データプロセッサ 520x の実施形態のブロック図である。この実施形態において、チャネル MIMO / データプロセッサ 520x は空間 / 時空プロセッサ 610 と、CSI プロセッサ 612 と、セレクタ 614 と、復調要素 618 と、デインタリーバ 618 と、復号器 620 とを含んでいる。

【 0167 】

空間 / 時空プロセッサ 610 は、非分散 MIMO チャネル（すなわちフラットフェージング）の N_R 個の受信信号に対する線形空間処理、または分散 MIMO チャネル（すなわち周波数選択フェージング）の N_R 個の受信信号に対する時空処理を実行する。空間処理は、チャネル相関マトリクス反転（CCM）技術および最小 2 乗平均誤差（MMSE）

技術などの線形空間処理技術を使用して実行される。これらの技術を使用して、不要な信号をヌルアウトし、または他の信号からの雑音および干渉下の構成信号の各々の受信S/Nを最大化することができる。時空処理は、MMSE線形等化器（MMSE-LTE）、判定帰還形等化器（DFE）、最ゆう系列推定器（MLSE）などの線形時空処理技術を使用して実行される。CCMI、MMSE、MMSE-LTE、およびDFE技術は前述の米国特許出願第09/854,235号により詳細に説明されている。DFEおよびMLSE技術もまた、参照して個々に組み込まれている非特許文献2によってより詳細に説明されている。

【0168】

CSIプロセッサ612は、データ送信に使用される送信チャネルの各々のCSIを決定する。例えば、CSIプロセッサ612は、受信バイロット信号に基づいて雑音共分散マトリクスを推定し、次いで復号化するデータストリームに使用されるk番目の送信チャネルのS/Nを計算することができる。S/Nは、当業界において既知であるように、従来のバイロットアシスト信号およびマルチキャリアシステムと同様に推定されてもよい。データ送信に使用される送信チャネルのすべてに対するS/Nは、送信システムに折り返し報告されるCSIを備えている。CSIプロセッサ612はさらに、この受信処理ステージによって回復される特定のデータストリームを識別するコントロール信号をセレクタ614に提供することができる。

【0169】

セレクタ614は、CSIプロセッサ612からのコントロール信号によって示されるように、空間／時空プロセッサ610から多数のシンボルストリームを受信し、復号化するデータストリームに対応するシンボルストリームを抽出する。そして、抽出された変調シンボルのストリームは復調要素614に提供される。

【0170】

送信チャネルごとのデータストリームが共通の符号化／変調スキームに基づいて別個に符号化および変調される、図10に示される実施形態については、選択送信チャネルの回復変調シンボルが、送信チャネルに使用される共通の変調スキームに相補的な復調スキーム（例えば、M-PSK、M-QAM）に従って復調される。復調要素616からの復調されたデータは、チャネルインタリーバ614によって実行されるインタリーブに相補的に、デインターリバ618によってデインターリーブされ、デインターリーブされたデータはさらに、符号器612によって実行される符号化に相補的に復号器620によって復号化される。例えば、ターボ復号器またはビタビ復号器が、ターボまたは畳込み符号化がそれぞれ送信システムで実行される場合に、復号器620に使用されてもよい。復号器620からの復号化データストリームは、回復されている送信データストリームの推定を表している。

【0171】

図11は、図9の干渉キャンセラ530の一実施形態である干渉キャンセラ530×のブロック図である。干渉キャンセラ530×内で、同一のステージ内のチャネルMIMO／データプロセッサ520からの復号化データストリームがチャネルデータプロセッサ628によって、再符号化、インタリーブ、および再変調されて、MIMO処理およびチャネル歪みの前に送信システムにおける変調シンボルの推定である、再変調シンボルを提供する。チャネルデータプロセッサ628は、データストリームに対して送信システムで実行されたのと同一の処理（例えば、符号化、インタリーブ、および変調）を実行する。そして再変調されたシンボルはチャネルシミュレータ630に提供され、シミュレータ630は推定チャネル応答によってシンボルを処理し、復号化データストリームによる干渉の推定

【数49】

$\hat{\mathbf{i}}^k$

【0172】

を提供する。チャネル応答推定は、送信システムによって送信されるパイロットおよび／またはデータに基づいて、かつ特許文献4に記載されている技術に従って導き出される。

【0173】

干渉ベクトル

【数50】

 $\hat{\mathbf{i}}^k$

【0174】

の N_R 個の要素は、k番目の送信アンテナ上で送信されるシンボルストリームによる、 N_R 個の受信アンテナの各々における受信信号の成分に対応している。ベクトルの各要素は、対応する受信変調シンボルストリームの復号化データストリームによる推定成分を表している。これらの成分は、 N_R 個の受信変調シンボルストリーム（すなわち、ベクトル

【数51】

 $\hat{\mathbf{i}}^k$

【0175】

)の残りの（まだ検出されていない）送信信号に対する干渉であり、加算器632によって受信信号ベクトル

【数52】

 $\hat{\mathbf{i}}^k$

【0176】

から減算（すなわち除去）され、除去された復号化データストリームからの成分を有する変形ベクトル

【数53】

 $\hat{\mathbf{i}}^{k+l}$

【0177】

を提供する。変形ベクトル

【数54】

 $\hat{\mathbf{i}}^{k+l}$

【0178】

は、図9に示されるように、入力ベクトルとして次の受信処理ステージに提供される。

【0179】

一連のキャンセル受信処理の種々の態様が、前述の特許文献4により詳細に説明されている。

【 0 1 8 0 】

図12は、本発明の別の実施形態に従った、データ受信可能なMIMO受信システム350bのブロック図である。(最高) N_T 個の送信アンテナからの送信信号は N_R 個のアンテナ352a～352rの各々によって受信され、それぞれの復調器354にルーティングされる。各復調器354はそれぞれの受信信号を調整、処理、およびデジタル化してサンプルを提供し、これはRX MIMO / データプロセッサ356bに提供される。

【 0 1 8 1 】

RX MIMO / データプロセッサ356b内で、受信アンテナごとのサンプルがそれぞれのFFTプロセッサ710に提供されて、プロセッサ710は受信サンプルの変換表示を生成し、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。そして、FFTプロセッサ710a～710rからの変調シンボルベクトルのストリームがプロセッサ720に提供される。プロセッサ720は各FFTプロセッサ710からの変調シンボルベクトルのストリームを、最高 N_L 個の多数のサブチャネルシンボルストリームにチャネル化する。プロセッサ720はさらに、サブチャネルシンボルストリーム上で空間処理、または時空処理を実行して、後処理変調シンボルを提供する。

【 0 1 8 2 】

複数の周波数サブチャネルおよび/または複数の空間サブチャネル上で送信されるデータストリームごとに、プロセッサ720はさらに、データストリームを送信するために使用された全周波数および空間サブチャネルの変調シンボルを一つの後処理変調シンボルストリームに結合し、これはその後データストリームプロセッサ730に提供される。各データストリームプロセッサ730は送信ユニットのデータストリームで実行されるのに相補的な復調、デインタリープ、および復号化を実行し、それぞれの復号化データストリームを提供する。

【 0 1 8 3 】

一連のキャンセル受信処理技術を用いる受信システムと、一連のキャンセル受信処理技術を用いない受信システムとを使用して、送信データストリームを受信、処理、および回復することができる。複数の送信チャネル上で受信された信号を処理できる一部の受信システムは、前述の特許文献1および特許文献3と、本発明の譲受人に譲渡され、かつ参照してここに組み込まれている特許文献2に説明されている。

【 0 1 8 4 】**(送信システムのCSIの取得)**

簡潔に言うと、CSIがSNRを備えている、本発明の種々の態様および実施形態について説明してきた。一般的に、CSIは通信リンクの特徴を示すいかなるタイプの情報をも備えることができる。種々のタイプの情報をCSIとして提供することができ、その一部を以下に説明する。

【 0 1 8 5 】

一実施形態において、CSIは、雑音および干渉指数に対する信号指数の比として導かれるSNRを備えている。全SNRもまた多数の送信チャネルに対して提供されるが、SNRは一般的にデータ送信に使用される送信チャネルごと(例えば送信データストリームごと)に推定および提供される。SNR推定は特定数のビットを有する値に量子化してもよい。一実施形態において、SNR推定は、例えばルックアップテーブルを使用して、SNRインデックスにマッピングされる。

【 0 1 8 6 】

別の実施形態において、CSIは、各周波数サブチャネルの空間サブチャネルごとに電力コントロール情報を備えている。電力コントロール情報は送信チャネルごとに単一のビットを含み、大電力または小電力のいずれかのリクエストを示していてもよく、あるいは複数のビットを含み、必要な電力レベルの変化の大きさを示していてもよい。この実施形態において、送信システムは受信システムからフィードバックされる電力コントロール情報をを利用して、いずれの送信チャネルを選択するか、および各送信チャネルにどの電力を使用するかを決定することができる。

【 0 1 8 7 】

さらに別の実施形態において、CSIは信号指数と、干渉および雑音指数を備えている。これら2つの成分は、データ送信に使用される送信チャネルごとに別個に導出および提供されることが可能である。

【 0 1 8 8 】

さらに別の実施形態において、CSIは信号電力と、干渉電力と、雑音電力を備えている。これら3つの成分は、データ送信に使用されている送信チャネルごとに導き出されかつ提供されてもよい。

【 0 1 8 9 】

さらに別の実施形態において、CSIは信号対雑音比と干渉電力のリストとを、観察可能な干渉項目ごとに備えている。この情報は、データ送信に使用されている送信チャネルごとに導き出されかつ提供されてもよい。

【 0 1 9 0 】

さらに別の実施形態において、CSIはマトリクス形態の信号成分（例えば、全送受信アンテナ対に対して $N_T \times N_R$ 個の複合エントリ）と、マトリクス形態の雑音および干渉成分（例えば $N_T \times N_R$ 個の複合エントリ）とを備えている。そして送信システムは、信号成分と、雑音および干渉成分とを適切な送受信アンテナ対に対して適切に結合し、データ送信に使用されている送信チャネルごとに品質を導き出す（例えば、受信システムで受信されるような、送信データストリームごとの後処理SNR）。

【 0 1 9 1 】

さらに別の実施形態において、CSIは送信データストリームごとにデータレートインジケータを備えている。データ送信に使用される送信チャネルの品質は、（例えば送信チャネルに対して推定されているSNRに基づいて）最初に決定されてもよく、次いで決定されたチャネル品質に対応するデータレートは、（例えばルックアップテーブルに基づいて）識別されてもよい。識別されたデータレートは、必要レベルの性能の送信チャネル上で送信されてもよい最高データレートを示している。そしてデータレートはデータレートインジケータ（DRI）にマッピングされ、またこれによって表され、効率的に符号化されることが可能である。例えば、（最高）7個の可能なデータレートが送信アンテナごとに送信システムによってサポートされている場合、3ビットの値を使用してDRIを表してもよい（ここでゼロはゼロのデータレートを示していてもよく（すなわち送信アンテナを使用せず）、また1～7を使用して7個の異なるデータレートを示してもよい）。一般的な実現において、品質測定（例えばSNR推定）は、例えばルックアップテーブルに基づいてDRIに直接マッピングされる。

【 0 1 9 2 】

さらに別の実施形態において、CSIは、送信データストリームごとに送信システムにおいて使用される特定の処理スキームの表示を備えている。この実施形態において、インジケータは、所望のレベルの性能が達成されるように、送信データストリームに対して使用される特定の符号化スキームと特定の変調スキームとを識別してもよい。

【 0 1 9 3 】

さらに別の実施形態において、CSIは、送信チャネルの特定の品質測定に対する差分インジケータを備えている。まず、送信チャネルに対するSNR、DRI、または他の品質測定が決定されて、基準測定値として報告される。その後、送信チャネルの品質の監視が継続し、最後に報告された測定と現在の測定間の差が決定される。その差は1つ以上のビットに量子化されてもよく、量子化された差は差分インジケータにマッピングされ、かつこれによって表されて、その後報告される。差分インジケータは、特定のステップサイズによって最後に報告された測定の増減（または最後に報告された測定の維持）を示すことができる。例えば、差分インジケータは、（1）特定の送信チャネルの観察SNRが特定のステップサイズによって増加または減少したこと、あるいは（2）データレートが特定量または他の変化によって調整されるべきであることを示すことができる。基準測定は定期的に送信されて、差分インジケータのエラーおよび／またはこれらのインジケータの

誤受信が蓄積されないことを保証することができる。

【0194】

さらに別の実施形態において、CSIは、送信システムによって送信された信号に基づいて受信システムにおいて推定されるように、使用可能な送信チャネルごとにチャネル利得を備えている。

【0195】

CSIの他の形態もまた使用してもよく、本発明の範囲内にある。一般的に、CSIは、(1)最適またはほぼ最適なスループットをもたらす1セットの送信チャネルを選択し、(2)同等またはほぼ同等の受信SNRをもたらす各選択送信チャネルの重み係数を決定し、(3)選択送信チャネルの最適またはほぼ最適なコードレートを推定するために使用されてもよいすべての形態において十分な情報を含んでいる。

【0196】

CSIは、送信システムから送信され、かつ受信システムで受信された信号に基づいて導き出されてもよい。実施形態において、CSIは、送信信号に含まれているパイロット基準に基づいて導き出される。代替的または追加的に、CSIは送信信号に含まれているデータに基づいて導き出されてもよい。データは選択送信チャネルでのみ送信されてもよいが、パイロットデータは未選択送信チャネルで送信されて、受信システムがチャネル特徴を推定できるようにしてよい。

【0197】

さらに別の実施形態において、CSIは、受信システムから送信システムに送信された1つ以上の信号を備えている。一部のシステムにおいて、相関度はアップリンクとダウンリンク間(例えば、アップリンクとダウンリンクが時分割多重化方式で同一の周波数帯域を共有する時分割複信(TDD)システム)に存在していてもよい。これらのシステムにおいて、アップリンクの品質はダウンリンクの品質に基づいて(必要な程度の正確さまで)推定されてもよく、またこの反対でもよく、これは、受信システムから送信された信号(例えばパイロット信号)に基づいて推定されてもよい。そしてパイロット信号は、送信システムが受信システムにおいて観察されているようにCSIを推定できる手段を表している。このタイプのCSIについては、チャネル特徴の報告は不要である。

【0198】

信号品質は種々の技術に基づいて送信システムにおいて推定されることが可能である。これらの技術の一部は、本出願の譲受人に譲渡され、かつ参考してここに組み込まれている以下の特許において説明されている。

【0199】

- ・1998年8月25日に発行された、「CDMA通信システムにおいて受信パイロット電力およびパス損失を決定するためのシステムおよび方法(SYSTEM AND METHOD FOR DETERMINING RECEIVED PILOT POWER AND PATH LOSS IN A CDMA COMMUNICATION SYSTEM)」と題された米国特許第5,799,005号(特許文献5)、
- ・1999年5月11日に発行された、「スペクトル拡散通信システムにおいてリンク品質を測定するための方法および装置(METHOD AND APPARATUS FOR MEASURING LINK QUALITY IN A SPREAD SPECTRUM COMMUNICATION SYSTEM)」と題された、米国特許第5,903,554号(特許文献6)、
- ・それぞれ1991年10月8日と1993年11月23日に発行された、「CDMAセルラーモバイル電話システムにおいて送信電力を制御するための方法および装置(METHOD AND APPARATUS FOR CONTROLLING TRANSMISSION POWER IN A CDMA CELLULAR MOBILE TELEPHONE SYSTEM)」と題された、米国特許第5,056,109号(特許文献7)と、第5,265,119号(特許文献8)、および
- ・2000年8月1日に発行された、「CDMAモバイル電話システムにおいて電力制御信号を処理するための方法および装置(METHOD AND APPARATUS FOR PROCESSING POWER CONTROL SIGNALS IN CDMA MOBILE TELEPHONE SYSTEM)」と題された、米国特許第6,097,972号(特許文献9)。

【 0 2 0 0 】

パイロット信号またはデータ送信に基づいて信号送信チャネルを推定するための方法はまた当業界で入手可能な多数の論文に見られる。このようなチャネル推定方法は、1999年10月の、IEEE Transaction on Communicationの「アプリケーションによる基準支援コヒーレントCDMA通信の最適受信、性能拘束、およびカットオフレート解析(Optimal Reception, Performance Bound, and Cutoff-Rate Analysis of References-Assisted Coherent CDMA Communications with Applications)」と題された論文(非特許文献3)において、F. Lingによって説明されている。

【 0 2 0 1 】

種々のタイプのCSI情報および種々のCSI報告メカニズムはまた、双方とも参照してここに組み込まれている、本出願の譲受人に譲渡されている、1997年11月3日に出願された、「高レートのパケットデータ送信のための方法および装置(METHOD AND APPARATUS FOR HIGH RATE PACKET DATA TRANSMISSION)」と題された米国特許出願第08/963,386号(特許文献10)と、「TIE/EIA/IS-856 cdma2000高レートのパケットデータエアインターフェース仕様書(High Rate Packet Data Air Interface Specification)」(非特許文献4)において説明されている。

【 0 2 0 2 】

CSIは種々のCSI送信スキームを使用して送信機に折り返し報告されてもよい。例えば、CSIは完全に、差動的に、またはこれらの組み合わせで送られてもよい。一実施形態において、CSIは定期的に報告され、差分更新は前の送信済みCSIに基づいて送られる。別の実施形態において、CSIは、変化がある場合のみ(例えば変化が特定の閾値を超える場合)に送られ、これはフィードバックチャネルの有効レートを低下させることが可能である。一例として、SNRは、これらが変化する場合のみ(例えば差分的に)送り返されてもよい。OFDMシステム(MIMO有りまたは無し)について、周波数ドメインにおける相関を利用してフィードバックされるCSI量を減らすことができる。OFDMシステムの一例として、M個の周波数サブチャネルの特定の空間サブチャネルに対応するSNRが同じである場合、SNRと、この条件が当てはまる最初と最後の周波数サブチャネルとが報告されてもよい。CSIにフィードバックされるデータ量を減少させる他の圧縮およびフィードバックチャネルエラー回復技術もまた使用されてもよく、本発明の範囲内である。

【 0 2 0 3 】

図3を再び参照すると、RXチャネル/データプロセッサ356によって決定されたCSI(例えば受信SNR)がTXデータプロセッサ362に提供され、これはCSIを処理して、処理済みデータを1つ以上の変調器354に提供する。変調器354はさらに、処理済データを調整し、CSIをリバースチャネルを介して送信システム310に折り返し送信する。

【 0 2 0 4 】

システム310において、送信フィードバック信号はアンテナ324によって受信され、復調器322によって復調され、RXデータプロセッサ332に提供される。RXデータプロセッサ332は、TXデータプロセッサ362によって実行されたのに相補的な処理を実行し、報告済みCSIを復元し、そしてこれはコントローラ334に提供される。

【 0 2 0 5 】

コントローラ334は報告済みCSIを使用して、(1)データ送信に対してNs個の最良の使用可能な送信チャネルのセットを選択することと、(2)選択送信チャネルでのデータ送信に使用される符号化/変調スキームを決定することと、(3)選択送信チャネルに使用される重みを決定することと、を含む多数の機能を実行する。コントローラ334は送信チャネルを選択して、他の性能基準またはメトリクスに基づいて高スループットを達成することができ、さらに、上記のように、送信チャネルを選択するのに使用される閾値を決定することができる。

【 0 2 0 6 】

データ送信に使用可能な送信チャネルの特徴（例えば、チャネル利得や受信S/NR）は上記の種々の技術に基づいて決定されて、送信システムに提供されてもよい。そして送信システムは情報を使用して N_s 個の最良送信チャネルのセットを選択し、データを適切に符号化および変調し、さらに変調シンボルを重み付けすることができる。

【0207】

ここに説明されている技術は、基地局から1つ以上の端末へのダウンリンクでのデータ送信に使用されてもよく、また1つ以上の端末の各々から基地局へのアップリンクでのデータ送信に使用されてもよい。ダウンリンクについて、図3および4A～4Dの送信システム310は基地局の一部を表してもよく、また図3、5、および6の受信システム350は端末の一部を表してもよい。アップリンクについては、図3および4A～4Dの送信システム310は端末の一部を表してもよく、また図3、5、および6の受信システム350は基地局の一部を表してもよい。

【0208】

送信および受信システムの要素は、1つ以上のデジタル信号プロセッサ（DSP）、特定用途向け集積回路（ASIC）、プロセッサ、マイクロプロセッサ、コントローラ、マイクロコントローラ、フィールドプログラマブルゲートアレイ（FPGA）、プログラマブル論理装置、他の電子ユニット、あるいはこれらの組み合わせによって実現されてもよい。ここに説明されている機能および処理の一部はまた、プロセッサ上で実行されるソフトウェアで実現されてもよい。本発明の特定の態様はまたソフトウェアとハードウェアの組み合わせによって実現されてもよい。例えば、閾値を決定し、送信チャネルを選択するための計算は、プロセッサ（図3のコントローラ334）上で実行されるプログラムコードに基づいて実行されてもよい。

【0209】

見出しは参照のためにここに含まれており、特定のセクションを配置するためのものである。これらの見出しがここに説明されている概念の範囲を制限する目的ではなく、またこれらの概念は明細書全体の他のセクションにおいても適用可能である。

【0210】

開示されている実施形態の上記の説明によって、当業者は本発明をなし、または使用することができる。これらの実施形態に対する種々の変形は当業者には容易に明らかであり、ここに定義されている一般原理は、本発明の主旨および範囲から逸脱することなく他の実施形態にも適用可能である。従って、本発明はここに示されている実施形態に制限されることを意図しておらず、ここに開示されている原理および新規の特徴に矛盾しない最大範囲を許容する。

【図面の簡単な説明】

【0211】

【図1】本発明の種々の態様および実施形態を実現するように設計および操作される多入力多出力（MIMO）通信システムの図。

【図2】本発明の実施形態に従った、選択チャネル反転に基づいて各選択送信チャネルに割り当てられる送信電力量を判断するプロセスのフロー図。

【図3】本発明の実施形態に従った、データ送信用の送信チャネルを選択するために使用される閾値を決定するプロセスのフロー図。

【図4】本発明の種々の態様および実施形態を実現するところができるMIMO通信システムの図。

【図5】本発明の4つの具体的な実施形態に従った、データ処理可能な4つのMIMOM送信システムのうちの1つを示すブロック図。

【図6】本発明の4つの具体的な実施形態に従った、データ処理可能な4つのMIMOM送信システムのうちの1つを示すブロック図。

【図7】本発明の4つの具体的な実施形態に従った、データ処理可能な4つのMIMOM送信システムのうちの1つを示すブロック図。

【図8】本発明の4つの具体的な実施形態に従った、データ処理可能な4つのMIM

○送信システムのうちの1つを示すブロック図。

【図9】本発明の実施形態に従った、データ受信可能なMIMO受信システムのブロック図。

【図10】図9に示されているMIMO受信システム内のチャネルMIMO/データプロセッサおよび干渉キャンセラの実施形態のブロック図。

【図11】図9に示されているMIMO受信システム内のチャネルMIMO/データプロセッサおよび干渉キャンセラの実施形態のブロック図。

【図12】本発明の別の実施形態に従った、データ受信可能なMIMO受信システムのブロック図。

【符号の説明】

【0212】

100...多入力多出力通信システム、104...基地局、106...端末、200...プロセス、240...プロセス、300...MIMO通信システム、310...MIMO送信システム、312...データソース、314...送信データプロセッサ、320...TXチャネルプロセッサ、322...変調器、復調器、324...アンテナ、332...RXデータプロセッサ、334...コントローラ、350...MIMO受信システム、352...受信アンテナ、354...復調器、変調器、356...データプロセッサ、360...データシンク、362...TXデータプロセッサ、410...空間サブチャネルデータプロセッサ、412...符号器、414...チャネルインタリーバ、416...パンクチャ器、418...シンボルマッピング要素、422...MIMOプロセッサ、424...デマルチプレクサ、428...デマルチプレクサ、430...周波数サブチャネルデータプロセッサ、432...サブチャネル空間プロセッサ、434...結合器、440...逆高速フーリエ変換、442...循環プレフィックス生成器、444...アップコンバータ、510...受信処理ステージ、520...データプロセッサ、530...干渉キャンセラ、540...コントローラ、610...時空プロセッサ、612...CSIプロセッサ、614...セレクタ、614...チャネルインタリーバ、616...復調要素、618...デインタリーバ、620...復号器、628...チャネルデータプロセッサ、630...チャネルシミュレータ、630...シミュレータ、632...加算器、710...FFTプロセッサ、720...プロセッサ、730...データストリームプロセッサ