(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号

特許第5268821号
(P5268821)

(45)発行日　平成25年8月21日(2013.8.21)　(24)登録日　平成25年5月17日(2013.5.17)

(51)Int.Cl.		F I		
H04W 52/08	(2009.01)	H04W	52/08	
H04W 16/28	(2009.01)	H04W	16/28	１３０
H04J 13/00	(2011.01)	H04J	13/00	
H04J 99/00	(2009.01)	H04J	15/00	

請求項の数 1　(全 12 頁)

(21)出願番号　特願2009-178063 (P2009-178063)
(22)出願日　平成21年7月30日 (2009.7.30)
(65)公開番号　特開2011-35549 (P2011-35549A)
(43)公開日　平成23年2月17日 (2011.2.17)
審査請求日　平成24年1月23日 (2012.1.23)

（出願人による申告）平成２１年度、総務省、「複数基地局連携送信によるユーザスループット高速化技術の研究開発」委託研究、産業技術力強化法第１９条の適用を受ける特許出願

(73)特許権者　000006013
三菱電機株式会社
東京都千代田区丸の内二丁目７番３号
(74)代理人　100110423
弁理士　曾我　道治
(74)代理人　100084010
弁理士　古川　秀利
(74)代理人　100094695
弁理士　鈴木　憲七
(74)代理人　100111648
弁理士　梶並　順
(74)代理人　100122437
弁理士　大宅　一宏
(74)代理人　100147566
弁理士　上田　俊一

最終頁に続く

(54)【発明の名称】並列チャネルに対する電力制御方法

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
１つのＦＥＣブロックデータを複数の並列チャネルに振り分けて伝送するVertical Encoding法を用いた伝送方式における並列チャネルに対する電力制御方法であって、
各並列チャネルの利得差に応じて電力制御し、
各並列チャネルのチャネル品質レベルに応じて電力増幅を行い、
所望チャネル品質レベルと切捨チャネル品質レベルを閾値として各並列チャネルの電力制御を行う
ことを特徴とする並列チャネルに対する電力制御方法。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
この発明は、例えばＭＩＭＯ（Multiple－Input Multiple－Output）伝送方式で形成される複数並列チャネルを介するデータ送信において、複数並列チャネルに対する送信電力制御を行う並列チャネルに対する電力制御方法に関するものである。
【背景技術】
【０００２】
ワイヤレスブロードバンドにおける高速大容量化の要求は日増しに大きくなっている。このような状況から、伝送容量を飛躍的に向上させる手法として、移動体通信、無線ＬＡＮ等にＭＩＭＯ伝送方式が導入されている。さらに、柔軟なリソース制御が可能なことや

、周波数選択性フェージングに対する耐性が強いという特徴を持つシステム帯域全体を複数の周波数ブロック（サブキャリアと呼ばれる）に分割し、各ブロックに対しデータを割り当てるＯＦＤＭ／ＯＦＤＭＡ（Orthogonal Frequency Division Multiplexing／Orthogonal Frequency Division Multiple Access）に上記ＭＩＭＯ通信方式を組み合わせたＭＩＭＯ－ＯＦＤＭ、ＭＩＭＯ－ＯＦＤＭＡ方式の検討が近年急速に進められている。

【０００３】

ＭＩＭＯ伝送は空間の複雑性を利用し、空間軸上に複数の独立並列チャネルを形成することで、アンテナ本数に応じてチャネル容量が線形に増加する伝送技術である。

【０００４】

このような背景の中、特許文献１では、ＯＦＤＭ（Orthogonal Frequency Division Multiplexing）方式を用いたマルチチャネル通信システムにおいて、各チャネルの電力割り当てを効果的かつ効率的に判断するための技術が記載されており、アンテナ毎の最大出力値の制約を考慮しつつ、サブチャネル及びアンテナ毎に電力（送信アンテナウェイト値）を割り当てる方法を提供している。

【先行技術文献】

【特許文献】

【０００５】

【特許文献１】特表２００５－５２７１２８号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【０００６】

ＭＩＭＯ伝送システムは空間軸上に複数の独立並列チャネルを形成し、伝送速度を向上する技術である。ＭＩＭＯ伝送システムで形成される独立な並列チャネル間には、利得差があり、並列化された信号ストリームの全てが同じ品質で伝送されない。伝送する信号の並列化にはHorizontal Encoding法とVertical Encoding法がある。Horizontal Encoding法は並列チャネル毎に異なるＦＥＣ（Forward Error Correction）ブロックが割り当てられ、変調レベルも並列チャネル毎に異なる。

【０００７】

そのため、高い利得の並列チャネルに割り当てられたＦＥＣブロックは低い利得の並列チャネルの影響を受けずに復調が可能である。さらに、高い利得の並列チャネルには高い変調レベルの信号を割り当て、利得の低い並列チャネルには低い変調レベルの信号を割り当てることで、シャノンの情報理論に漸近する伝送能力を得ることができるため、Horizontal Encoding法は最良の信号の並列化方法である。

【０００８】

一方、Vertical Encoding法は１つのＦＥＣブロックの信号を各並列チャネルに振り分ける割り当て方法であり、全ての並列チャネルで同じ変調レベルとなる。そのため、ＦＥＣブロックをデコードするときには利得の低い並列チャネルの影響がＦＥＣブロック全体に及ぶことになり、並列チャネル全体の性能が利得の低い並列チャネルに依存してしまう悪影響がある。また、全ての並列チャネルで同じ変調レベルとなるため、利得の高い並列チャネルに応じて変調レベルを決定すると利得の低い並列チャネルで誤りが多くなってしまう。一方、利得の低い並列チャネルに応じて変調レベルを決定すると利得の高い並列チャネルでは冗長となり伝送速度を大きく落としてしまう問題がある。

【０００９】

そこで、この発明は上述した点に鑑みてなされたもので、１つのＦＥＣブロックデータを複数の並列チャネルに振り分けて伝送するVertical Encoding法を用いた伝送方式において、利得の低い並列チャネルがＦＥＣブロック全体に与える影響を軽減することができる並列チャネルに対する電力制御方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【００１０】

この発明に係る並列チャネルに対する電力制御方法は、１つのＦＥＣブロックデータを

複数の並列チャネルに振り分けて伝送するVertical Encoding法を用いた伝送方式における並列チャネルに対する電力制御方法であって、各並列チャネルの利得差に応じて電力制御し、各並列チャネルのチャネル品質レベルに応じて電力増幅を行い、所望チャネル品質レベルと切捨チャネル品質レベルを閾値として各並列チャネルの電力制御を行うことを特徴とする。

【発明の効果】

【００１１】

この発明によれば、各並列チャネルの利得差に応じた電力制御することにより、利得の低い並列チャネルがＦＥＣブロック全体に与える影響を軽減することができる。

【図面の簡単な説明】

【００１２】

【図１】この発明の実施の形態に係る並列チャネルに対する電力分配方法を説明するための無線基地局装置の構成を示すブロック図である。

【図２】図１に示すスケジューリング部の内部構成を示すブロック図である。

【図３】通信形態を説明するための図である。

【図４】平均値・瞬時チャネル品質による電力制御方法（コーディングレートを考慮しない場合）の説明図である。

【図５】２並列チャネルの場合のチャネル品質レベルを用いた電力制御のフローチャートである。

【図６】図５に続くフローチャートである。

【図７】平均値・瞬時チャネル品質による電力制御方法（コーディングレートを考慮する場合）の説明図である。

【図８】チャネル品質分布による電力制御方法の説明図である。

【発明を実施するための形態】

【００１３】

以下に、この発明に係る並列チャネルに対する電力分配方法の実施の形態を図面に基づいて詳細に説明する。なお、本実施の形態によりこの発明が限定されるものではない。

【００１４】

１．装置構成

図１は、この発明の実施の形態に係る並列チャネルに対する電力分配方法を説明するための無線基地局装置（送信機）の構成を示すブロック図である。図１において、送信機１００は、ユーザデータである送信ビット系列をシステムにて規定される誤り訂正符号種別に従い誤り訂正符号化を行い１つのＦＥＣブロックを生成するＦＥＣエンコード部１０１、送信信号に対して一次変調（コンスタレーション上へのマッピング）を行う変調部１０２、変調データを並列チャネル数分に振り分けるデータ分配部１０３、ＯＦＤＭ／ＯＦＤＭＡ等の伝送方式に従い無線リソースに対して変調データをマッピングするリソースマッピング部１０４、マッピングされた送信データを無線信号処理（ＩＤＦＴ：Inverse Discrete Fourier TransferによるＯＦＤＭ処理等を含む）を行い、Ｄ／Ａ（ディジタル－アナログ）変換後にアップコンバートし、ＲＦ（Radio Frequency）帯へ変換する操作を行うベースバンド／ＲＦ処理部１０５、受信機からのフィードバック情報をもとに並列チャネルのチャネル品質情報を取得する並列チャネル品質解析部１０６、受信局からのフィードバック情報をもとに受信局のＣＩＮＲ情報を取得するＣＩＮＲ測定部１１０、受信局からのＣＩＮＲ情報、並列チャネル品質情報からコーディングレート、変調度、電力制御情報を決定するスケジューリング部１０７から構成される。

【００１５】

ユーザデータである送信ビット系列はスケジューリング部１０７の指示に従いＦＥＣエンコード部１０１にて誤り訂正符号化され、１ユーザ毎のＦＥＣブロックに変換される。このＦＥＣブロックは、スケジューリング部１０７の指示に従い変調部１０２にて一次変調され、変調データに変換される。変調データは、データ分配部１０３によって各並列チャネルに等分配される。等分配された変調データは、各並列チャネルにおいて、リソース

マッピング部１０４にてスケジューリング部１０７の指示に従い電力調整が施され、無線リソースに対してマッピングされる。無線リソースにマッピングされた電力調整後の変調データはベースバンド／ＲＦ処理部１０５にて無線信号処理された後、ＲＦ帯へ変換されアンテナを介して空間へ放射される。

【００１６】

次に、図２を用いてスケジューリング部１０７を詳細に説明する。スケジューリング部１０７は、受信局のＣＩＮＲ情報をもとにコーディングレートと変調度を決定するＭＣＳ（Modulation and Coding Scheme）レベル決定部１０８、ＭＣＳレベル決定部１０８からのコーディングレート情報と並列チャネル品質解析部１０６からの並列チャネル品質情報をもとに各並列チャネルの電力制御情報を決定する電力制御部１０９からなる。

【００１７】

２．想定システム

以下、送信機１００の具体的な動作について説明する。並列チャネル品質解析部１０８は、２つの方法で並列チャネルの品質を取得する。また、図３に示すような通信形態の場合について説明する。セル２００は送信局２０１がカバーする領域であり、セルラーシステムを想定する。しかし、無線ＬＡＮのようなスポット的な場合にもこの発明は適用可能である。ここでは、送信局２０１が受信局２０２に対して並列チャネルを用いてユーザデータを送信する場合を考える。

【００１８】

３．チャネル品質の取得

３．１．ＵＬ－サウンディングによる並列チャネル品質取得

ＴＤＤ（Time Division Duplex）のようなＤＬ（Down Link）とＵＬ（Up Link）の間に伝搬路の可逆性がある場合、ＵＬ－サウンディングにより送信局でＤＬの伝搬路を推定可能である。また、並列チャネルの伝送利得は受信局のＭＩＭＯデコード方式によって依存するため、受信局のＭＩＭＯデコード方式を送信局が知っている必要がある。受信局は規定のＵＬ－サウンディングパケットをＵＬチャネルを用いて短周期もしくは長周期に送信する。送信局は受信したＵＬ－サウンディングパケットを解析し、ＤＬの伝搬路情報（送受信間の伝送路係数）を推定する。

【００１９】

並列チャネル品質解析部１０６は、この推定した伝搬路情報と受信局のＭＩＭＯデコード方式から並列チャネルのチャネル品質を推定する。チャネル品質とは、ＣＮＲ（Carrier to Noise Ratio）もしくはＬＬＲ（Log Likelihood ratio）のようなチャネルの信頼性を示す指標である。ＵＬ－サウンディングパケットを受信局が送信する周期が、システムが規定する並列チャネルの電力制御周期よりも短い場合、並列チャネル品質解析部１０６は、並列チャネルのチャネル品質の分布を計算する場合もある。つまり、ＵＬ－サウンディングの周期に従い、並列チャネル品質解析部１０６は、以下を計算する。

【００２０】

短周期のＵＬ－サウンディング　：　並列チャネルのチャネル品質分布

長周期のＵＬ－サウンディング　：　並列チャネルの瞬時のチャネル品質

【００２１】

３．２　Feedbackによる並列チャネル品質取得

ＦＤＤ（Frequency Division Duplex）では、ＴＤＤのような伝搬路の可逆性がないため、ＵＬ－サウンディングが不可能である。そこで、受信局において並列チャネルのチャネル品質を推定し、これを送信局へフィードバックする必要がある。送信局は既知のパイロット信号を送信し、受信局がこれを用いてＤＬの伝搬路を推定する。推定した伝搬路と受信局のＭＩＭＯデコード方式をもとに並列チャネルのチャネル品質を推定する。並列チャネルのチャネル品質測定に限らず、受信局でユーザデータを復調するために、常にパイロット信号を送信する場合がある。

【００２２】

そのため、受信局は極めて短周期に並列チャネルのチャネル品質を取得することが可能

である。よって、システムが要求するフィードバック周期に合わせて並列チャネルのチャネル品質の分布、瞬時のチャネル品質のどちらでも送信局にフィードバック可能である。また、フィードバック周期が長周期であり、チャネル品質の分布が得られる場合でも、分布ではなくチャネル品質の平均値をフィードバックすることも可能である。さらに、フィードバック周期が短周期であり、送信局が瞬時のチャネル品質を取得できる場合でも、送信局がこれらを用いてチャネル品質の分布、もしくはチャネル品質の平均値を使用することも可能である。もちろん、この方式はＴＤＤにおいても有効である。

【００２３】

４．ＭＣＳレベルの決定方法

ＭＣＳレベル決定部１０８は、ＣＩＮＲ測定部１１０からのＣＩＮＲ情報をもとにユーザデータのＭＣＳレベルを決定する。ＭＣＳレベルの決定方法は、送信局が許容する信号増幅量P_{Limit}と受信局のＣＩＮＲ情報$CINR_0$によって決定される。信号増幅量P_{Limit}とＣＩＮＲ情報$CINR_0$からＭＣＳレベルMCS_{PC}を導出する関係式（１）を予め用意しておく方法が考えられるが、最も簡単な方法としては、離散的な対応表を予め用意しておき、その対応表に照らし合わせてＭＣＳレベルMCS_{PC}を決定する方法も考えられる。

【００２４】

【数１】

$$MCS_{PC} = F\left(P_{Limit}, CINR_0\right) \qquad (1)$$

【００２５】

５．並列チャネルの電力制御方法

５．１．利用する情報源

電力制御部１０９は、並列チャネル品質情報とコーディングレートをもとに電力制御情報を決定する。上記に述べたように取得できる並列チャネルのチャネル品質は３種類ある。

［１］．瞬時のチャネル品質、
［２］．チャネル品質の平均値、
［３］．チャネル品質の分布

【００２６】

［１］、［２］については各並列チャネル１つのレベル数値であるため、どちらもチャネル品質レベルとして同様に扱う。一方、［３］については、チャネル品質レベルに対する評価が広がりをもつので、［１］、［２］とは制御が異なる。以下に、［１］、［２］の両方についての電力制御方法を説明し、次に［３］についての電力制御方法を説明する。

【００２７】

５．２．平均値・瞬時チャネル品質による電力制御方法（コーディングレートを考慮しない場合）

チャネル品質レベルを用いて電力制御を行う場合について説明する。並列チャネルのチャネル品質レベルに対する、各並列チャネルの電力調整量は次式（２）となる。

【００２８】

【数２】

$$\left(\lambda_1, \lambda_2, \cdots, \lambda_N\right) = F_{PC}\left(C_1, C_2, \cdots, C_N\right) \qquad (2)$$

【００２９】

ここで、Ｎは並列チャネル数、F_{PC}は電力調整関数、C_1，C_2，・・・，C_Nは電力制御前のチャネル品質レベルであり、一般的には、ＣＮＲ（Carrier to Noise Ratio）が用いられる。また、λ_1，λ_2，・・・，λ_Nを等電力分配時の電力（P_0）からの電力制御量であり、以下の関係式（３）を満たす。

【００３０】

【数３】

$$\lambda_1 P_0 + \lambda_2 P_0 + \cdots + \lambda_N P_0 = NP_0 \qquad (3)$$

【００３１】

さらに、g_1，g_2，・・・，g_Nを並列チャネルの利得、雑音電力をP_Nとすると、ｊ番目の並列チャネルの品質レベル（ＣＮＲ）は次式（４）となる。

【００３２】

【数４】

$$\hat{C}_j = \lambda_j P_0 g_j / P_N = \lambda_j C_j \qquad (4)$$

【００３３】

一例として、図４（ａ）に２並列チャネルの場合を示す。各並列チャネルは、Ｃｈ１品質レベル$C_1$３０１、Ｃｈ２品質レベル$C_2$３０２の品質レベルを持つ。所望チャネル品質レベル３０３γ_{th_req}はターゲットＢＥＲ（Bit Error Rate）を満たすチャネル品質レベル、切捨チェネル品質レベル３０６γ_{th_off}は電力制御によっても特性の改善が見込まれないチャネル品質レベルである。

【００３４】

各並列チャネルは、ＭＩＭＯデコード後の分離チャネルであり、独立したＡＷＧＮ（Additive White Gaussian Noise）チャネルと等しい。よって、所望チャネル品質レベル３０３（γ_{th_req}）は、ＡＷＧＮチャネルでの所望ＢＥＲを満たすチャネル品質レベルである。

【００３５】

等電力分配では、並列チャネルの品質レベル差は並列チャネル利得g_jに依存し、g_jが低すぎると電力制御λ_jによる品質改善分が微少であり、効率的にチャネル品質レベルを改善させることができない。さらに、ＢＥＲの観点では、品質の悪いチャネルが全体のＢＥＲを決定するため、並列チャネル数を減少させ、品質の悪いチャネルを使用しない方が効率的となることもある。よって、切捨チャネル品質レベル３０６γ_{th_off}は、以下のチャネルを使用せず、並列チャネル数（ランク）を削減する制御を行う。

【００３６】

以下、具体例を挙げて詳細に説明する。

図５及び図６に示すフローチャートを用いて説明する。簡単のために、２つの並列チャネルが存在する場合について示す。まず、Ｓｔａｇｅ１では、各並列チャネルの利得差に応じた電力制御に利用可能な電力算出を行う。

【００３７】

（Ｓｔｅｐ０）

並列チャネル数、送信アンテナ数、受信アンテナ数、ＭＩＭＯデコード方式をもとに、ＭＩＭＯデコード後の並列チャネルのチャネル利得g_j、並列チャネルの品質レベルC_jを計算する。計算した並列チャネル品質レベルC_jを切捨チャネル品質レベル３０６（γ_{th_off}）や所望チャネル品質レベル３０３（γ_{th_req}）を閾値として比較し電力制御を行う。

【００３８】

（Ｓｔｅｐ１）

図４（ｅ）に示すように、Ｃｈ２品質レベル３０２が切捨チャネル品質レベル３０６（γ_{th_off}）以下である場合、そのチャネルを用いた信号伝送を行わずにランク低減し、図４（ｆ）に示すように並列チャネルＣｈ１でのみの信号送信を行う。そのため、並列チャネルＣｈ２に予め割り当てられている送信電力であるP_0を電力制御で利用可能な電力増幅の最大値であるP_{PC_max}に加算し、P_{PC_max}を更新し、他のチャネルに対する電力制御に利用することができる。この例では、ランク低減による利用可能な

電力P_0を電力制御用に利用することを示しているが、電力制御用に利用せずに残りの並列チャネルに対して等分配することも可能である。

【００３９】

（Ｓｔｅｐ２）

次に、図４（ｅ）に示すように、Ｃｈ１品質レベル３０１が所望チャネル品質レベル３０３（γ_{th_req}）以上である場合、その並列チャネルＣｈ１に割り当てられている電力の一部

【００４０】

【数５】

$$P_{extra_1} = P_0 - \frac{\gamma_{th}}{g_1 / P_N}$$

【００４１】

（品質レベルでは余剰チャネル品質３１０（C_{extra_1}）に相当）を電力制御で利用可能な電力増幅量として利用する。並列チャネルがＮ個存在する場合は、$P_{extra}=P_{extra_1}+P_{extra_2}+\cdots+P_{extra_N}$が計算される。ここで、$P_{extra}$は、$P_{PC_max}$と同様に電力制御にて利用する電力増幅量として扱うことが可能であり、システム全体で利用できる電力増幅量は$P_{PC_max}+P_{extra}$である。しかしながら、P_{extra}分の電力の使用には条件があり、その条件を満たさない限りは、各並列チャネルの余剰電力P_{extra_j}を当該並列チャネルから差し引いたり、利用することはできない。この条件については、後述する。

【００４２】

（Ｓｔｅｐ３）

Ｓｔｅｐ１にてランク低減される場合、受信側でのＭＩＭＯデコードで分離すべきストリーム数が減少するので、各並列チャネル利得が変化する。よって、ランク低減される場合、再度の並列チャネル利得計算が必要となる。

【００４３】

次に、Ｓｔａｇｅ２では、すべての並列チャネルを所望チャネル品質レベル３０３（γ_{th_req}）とするために電力制御に必要となる電力算出を行う。

【００４４】

（Ｓｔｅｐ４）

図４（ａ）に示すように、Ｃｈ２品質レベル３０２（C_2）は所望チャネル品質レベル３０３（γ_{th_req}）未満である。このとき、Ｃｈ２品質レベル３０２（C_2）が所望チャネル品質レベル３０３（γ_{th_req}）となるために必要となる各並列チャネルの電力制御量を以下に式（５）により算出する。

【００４５】

【数６】

$$P_{req_j} = \left(P_N / g_j\right)\gamma_{req_th} - P_0 \qquad (5)$$

【００４６】

そして、所望チャネル品質レベル３０３（γ_{th_req}）未満の品質レベルを持つ全ての並列チャネルが、所望チャネル品質レベル３０３（γ_{th_req}）の品質を有するために必要となる電力P_{req_tot}は以下の式（６）により算出される。

【００４７】

【数７】

$$P_{req_tot} = \sum_{j=1}^{N} P_{req_j} \qquad (6)$$

【００４８】
また、所望チャネル品質レベル３０３（γ_{th_req}）以上の品質レベルを持つ並列チャネルが必要とする電力制御量は０である。
【００４９】
次に、図６に移行し、Ｓｔａｇｅ３では、Ｓｔａｇｅ１とＳｔａｇｅ２で得たP_{PC_max}、P_{extra}、P_{req_tot}の情報を用いて電力制御の実施を行う。
【００５０】
（Ｓｔｅｐ５）
$P_{req_tot} \leqq P_{PC_max}$であり、他の並列チャネルに割り当てられている電力を用いなくとも電力制御により所望チャネル品質レベル３０３（γ_{th_req}）を全ての並列チャネルが満足できる場合、P_{PC_max}の電力のみを用いて次式（７）となるように電力増幅を行う。
【００５１】
【数８】

$$\hat{C}_j = \lambda_j C_j = C_j + C_{PC_j} = \gamma_{th_req} \qquad (7)$$

【００５２】
ここで、C_{PC_j}は並列チャネルＣｈｊの電力制御による品質改善分である。図４（ｂ）に２つの並列チャネルが存在する場合についての一例を示す。
【００５３】
（Ｓｔｅｐ６）
$P_{req_tot} > P_{PC_max}$であり、P_{PC_max}だけでは全並列チャネルを所望チャネル品質レベル３０３（γ_{th_req}）まで引き上げることができない場合（図４（ｃ））、P_{PC_max}に加えてP_{extra}も利用して電力制御を行う。この場合、$P_{extra} + P_{PC_max} \geqq P_{req_tot}$の条件を満たせば$P_{extra}$も用いて電力制御を行う。所望チャネル品質レベル３０３（γ_{th_req}）に満たない並列チャネルに対しては、電力制御により式（７）となるように電力増幅を行う。
【００５４】
$P_{extra} + P_{PC_max} > P_{req_tot}$であるとき、$P_{extra} + P_{PC_max}$の全電力を使用しない。このとき、$P_{extra}$に対応する電力を残して、なるべく他の並列チャネルの電力を使用しないようにする。よって、$\gamma_{th_req} \leqq C_j$であるときは他の並列チャネルにて使用する分の電力を削減する。図４（ｄ）に2つの並列チャネルが存在する場合についての一例を示す。P_{PC_max}による品質改善分３０４とP_{extra}による電力追加分３０８によって所望チャネル品質レベル３０３を達成できている。
【００５５】
（Ｓｔｅｐ７）
$P_{extra} + P_{PC_max} < P_{req_tot}$である場合は、電力制御によるチャネル品質レベルの測定は行わない。
【００５６】
５．３．平均値・瞬時チャネル品質による電力制御方法（コーディングレートを考慮しない場合）
～簡易版～
５．２に示した方法は、所望チャネル品質レベル３０３γ_{th_req}と切捨チャネル品質レベル３０６γ_{th_off}を持つ現実的な方法である。しかしながら、これらの制御方法は複雑である。もし、複数並列チャネルが全て同程度のチャネル品質レベルである場合、簡易的な以下に説明する方法を適用することも考えられる。ＭＩＭＯ伝送においては、複数並列チャネルの品質レベルが等しいときに最も効率的な伝送が可能となるため、電力制御により複数並列チャネルの品質を等しくする。図４（ａ）に示すように、２つの並列チャネルＣｈ１、Ｃｈ２間に品質レベル差がある場合、両者のレベルを制御値を次式

（８）により決定することで、各並列チャネルの品質は同一となる。

【００５７】

【数９】

$$\lambda_j = \frac{N}{C_j\left(\sum_k^N \frac{1}{C_k}\right)} \qquad (8)$$

【００５８】

５．４．平均値・瞬時チャネル品質による電力制御方法（コーディングレートを考慮する場合）

上記方法では、ＦＥＣによる誤り訂正符号化を考慮しない電力制御方法である。以下に、誤り訂正符号化のコーディングレートに応じた電力制御方法を示す。図７（ａ）に４つの並列チャネルのチャネル品質を示す。Ｃｈ１品質レベル４０１のみが所望チャネル品質レベル４０５を満たしている。これら４つの並列チャネルには、ユーザデータをＦＥＣエンコード部１０１でＦＥＣエンコードし、１つのＦＥＣブロックをデータ分配部１０３にて４分配された信号が流れる。つまり、全ての並列チャネルに流れるユーザデータを合成することで１つのＦＥＣブロックが再生される。コーディングレート１／２の場合、理論的には、ＦＥＣブロックを構成する全ビットの１／２が再生されれば正しく復調可能である。よって、図７（ｂ）のように並列チャネルＣｈ２のみを電力増幅し、所望チャネル品質レベル４０５まで改善させる。Ｃｈ１品質レベルのみが所望チャネル品質レベルを満たしているので、全体の１／２が所望チャネル品質レベル４０５を満たしており、所望の品質で復調可能となる。その他の並列チャネルの制御方法については、５．２節と同様である。

【００５９】

５．５．チャネル品質分布による電力制御方法

５．２節～５．４節では並列チャネルのチャネル品質のレベル（瞬時値もしくは平均値）のみについて言及した。チャネル行列の観測時間が長期間であり、電力制御の制御間隔も長周期であるとき、並列チャネルのチャネル品質の分布を得ることが可能である。

【００６０】

平均値がγ_{th_off}以下のとき

図８（ａ）、図８（ｃ）に２つの並列チャネルの一例を示す。どの並列チャネルの分布の平均値も切捨チャネル品質レベル５０７（γ_{th_off}）を越えているため、ランク低減は行われない。しかし、もし切捨チャネル品質レベル５０７（γ_{th_off}）以下の平均値を取る並列チャネルがある場合は、５．２．節と同様にランク低減を行う。上記例は、並列チャネルの分布の平均値をパラメータとした制御であるが、並列チャネルの分布におけるγ_{th_off}以下となる割合（η_{below_off}）をパラメータとしても良い。システムが規定するスレッショルドη_{th_off}に対し、$\eta_{th_off} < \eta_{below_off}$となる場合に、ランク低減を行う方法も考えられる。

【００６１】

平均値がγ_{th_off}以上のとき

図８（ａ）の並列チャネルＣｈ２品質分布５０２の分散σ_2は大きく、電力制御前においても所望チャネル品質レベル５０３（γ_{th_req}）以上となるサンプルが幾つかある。図８（ｂ）に示すように、電力制御により並列チャネルＣｈ２の品質を向上させると所望チャネル品質レベル５０３以上となる割合が増加する。よって、品質分布の平均値がγ_{th_req}を越えない場合でも、電力制御による一定の品質改善が望まれる。よって、電力制御の有無を、電力制御後にγ_{th_req}を越える割合η_{over_req}により決定する。$\eta_{over_req} \geqq \eta_{th_req}$のとき電力制御を行い、それ以外では電力制御を行わない。ここで、η_{th_req}は電力制御後にγ_{th_req}以上となる割合の所望値である。たとえば、図８（ｂ）内の所望チャネル品質レベルを超える割合５

０８が$\eta_{over_req} \geqq \eta_{th_req}$であるとすると、電力制御が実施される。一方で、図８（ｃ）に示すように並列チャネルＣｈ２品質分布５０４の分散σ_2が小さい場合、図８（ｄ）に示すように図７（ｂ）と同じ電力制御を行った場合でも、γ_{th_req}を越える割合が存在しない場合もある。このような場合は、電力制御を実施しない。

【００６２】

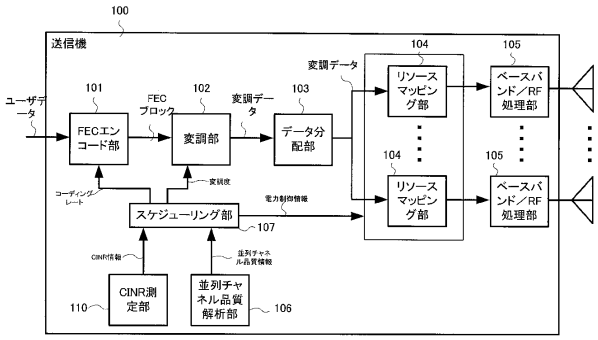
上記説明は、ＦＥＣのコーディングレートを考慮しない場合であるが、５．４節に示すようなコーディングレートを考慮した電力制御と組み合わせることも可能である。

【符号の説明】

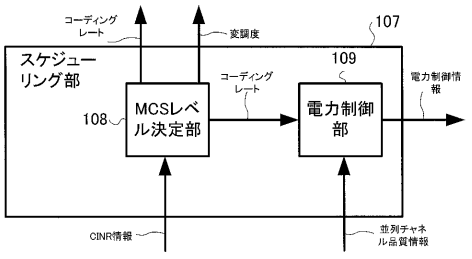
【００６３】

１００　送信機、１０１　ＦＥＣエンコード部、１０２　変調部、１０３　データ分配部、１０４　リソースマッピング部、１０５　ベースバンド／ＲＦ処理部、１０６　並列チャネル品質解析部、１０７　スケジューリング部、１０８　ＭＣＳレベル決定部、１０９　電力制御部、１１０　ＣＩＮＲ測定部、２００　セル、２０１　送信局、２０２　受信局、３０１　Ｃｈ１品質レベルC_1、３０２　Ｃｈ２品質レベルC_2、３０３　所望チャネル品質レベル、３０４　品質改善分、３０５　所望チャネル品質レベル、３０６　切捨チェネル品質レベル、３０７　電力低減分、３０８　電力追加分、４０１　Ｃｈ１品質レベル、４０２　Ｃｈ２品質レベル、４０３　Ｃｈ３品質レベル、４０４　Ｃｈ４品質レベル、４０５　所望チャネル品質レベル、４０６　切捨チャネル品質レベル、５０１　並列チャネルＣｈ１品質分布、５０２　並列チャネルＣｈ２品質分布、５０３　所望チャネル品質レベル、５０４　並列チャネルＣｈ２品質分布、５０５　電力制御後の並列チャネルＣｈ２品質分布、５０６　並列チャネルＣｈ２品質分布、５０７　切捨チャネル品質レベル、５０８　所望チャネル品質レベルを超える割合。

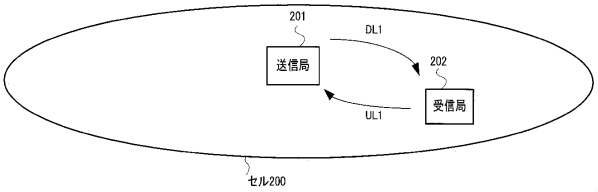
【図１】



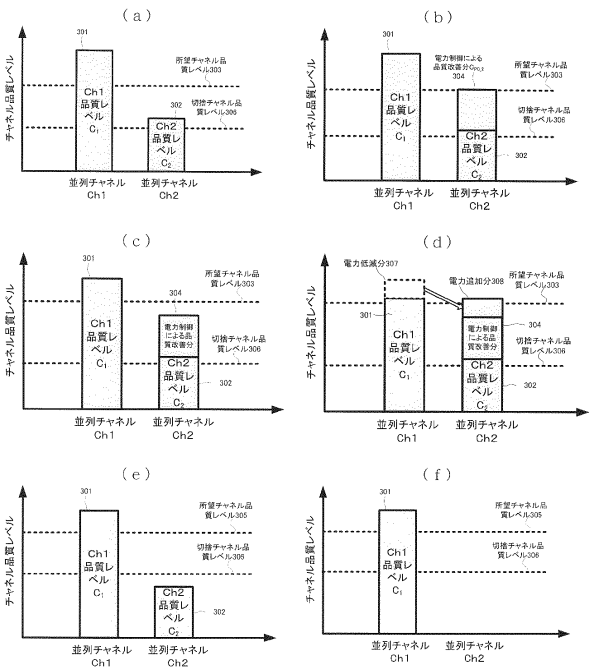
【図２】



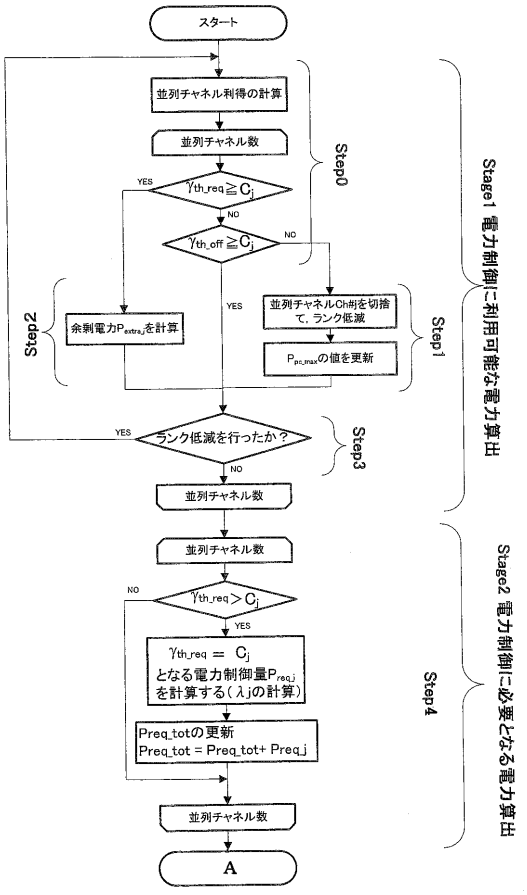
【図３】



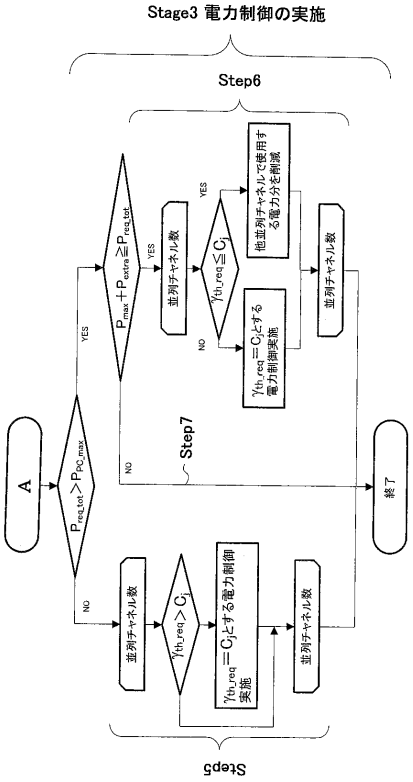
【図４】



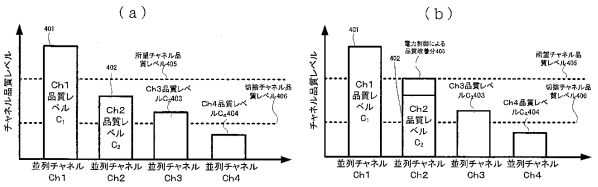
【図５】


スタート
並列チャネル利得の計算
並列チャネル数
YES
NO
Step0
余剰電力を計算
並列チャネルCh#を切捨て、ランク低減
Step1
Step2
ランク低減を行ったか？
Step3
並列チャネル数
並列チャネル数
NO
YES
Step4
Stage1 電力制御に利用可能な電力算出
Stage2 電力制御に必要となる電力算出
Preq_totの更新
Preq_tot = Preq_tot+ Preq_j
並列チャネル数
A

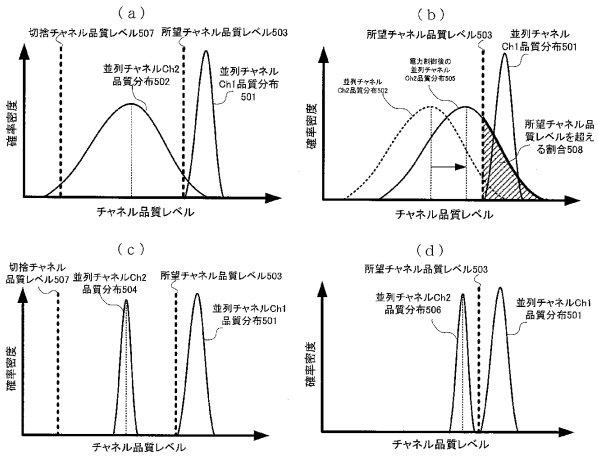
【図６】


Stage3 電力制御の実施
Step6
Step7
Step5
並列チャネル数
他並列チャネルで使用する電力分を削減
終了
A
NO
YES

【図７】


(a)
(b)
チャネル品質レベル
Ch1 品質レベル C1
Ch2 品質レベル C2
Ch3品質レベル C3
Ch4品質レベル C4
並列チャネル Ch1
並列チャネル Ch2
並列チャネル Ch3
並列チャネル Ch4

【図８】


(a)
(b)
(c)
(d)
切捨チャネル品質レベル507
所望チャネル品質レベル503
並列チャネルCh2 品質分布502
並列チャネル Ch1品質分布 501
所望チャネル品質レベルを超える割合508
並列チャネルCh2 品質分布504
並列チャネルCh2 品質分布506
確率密度
チャネル品質レベル

フロントページの続き

(74)代理人 100161171
弁理士 吉田 潤一郎
(72)発明者 井浦 裕貴
東京都千代田区丸の内二丁目７番３号 三菱電機株式会社内
(72)発明者 内田 繁
東京都千代田区丸の内二丁目７番３号 三菱電機株式会社内
(72)発明者 久世 俊之
東京都千代田区丸の内二丁目７番３号 三菱電機株式会社内

審査官 石田 昌敏

(56)参考文献 特表２００４－５３１９７６（ＪＰ，Ａ）
特開２００４－０８８６９２（ＪＰ，Ａ）
国際公開第２００６／０３５４９８（WO，Ａ１）
特表２００９－５０６６７５（ＪＰ，Ａ）
特開２００９－１６５１２６（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｈ０４Ｗ ４／００－９９／００
Ｈ０４Ｊ １／００－１５／００
Ｈ０４Ｂ ７／０２－ ７／１２