

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4197482号
(P4197482)

(45) 発行日 平成20年12月17日(2008.12.17)

(24) 登録日 平成20年10月10日(2008.10.10)

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

請求項の数 11 (全 64 頁)

(21) 出願番号	特願2003-366249 (P2003-366249)	(73) 特許権者	000005821
(22) 出願日	平成15年10月27日(2003.10.27)		パナソニック株式会社
(65) 公開番号	特開2004-254285 (P2004-254285A)		大阪府門真市大字門真1006番地
(43) 公開日	平成16年9月9日(2004.9.9)	(74) 代理人	100105050
審査請求日	平成18年9月4日(2006.9.4)		弁理士 鷲田 公一
(31) 優先権主張番号	特願2002-329453 (P2002-329453)	(72) 発明者	村上 豊
(32) 優先日	平成14年11月13日(2002.11.13)		大阪府門真市大字門真1006番地 松下
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		電器産業株式会社内
(31) 優先権主張番号	特願2002-374393 (P2002-374393)	(72) 発明者	安倍 克明
(32) 優先日	平成14年12月25日(2002.12.25)		大阪府門真市大字門真1006番地 松下
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		電器産業株式会社内
(31) 優先権主張番号	特願2003-18761 (P2003-18761)	(72) 発明者	小林 聖峰
(32) 優先日	平成15年1月28日(2003.1.28)		大阪府門真市大字門真1006番地 松下
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		電器産業株式会社内
早期審査対象出願			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 基地局の送信方法、基地局の送信装置及び通信端末

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

複数のアンテナの各々からそれぞれ独立した変調信号を送信する基地局の送信方法であって、

各アンテナからそれぞれ異なるデータを送信するための複数の変調信号を形成し、

前記変調信号を受信する通信端末から、前記各変調信号が受信された際の受信信号強度を示す情報、及び、前記各変調信号を復調する際に有効に利用できる実効受信信号強度に関する情報とを含むフィードバック情報を受信し、

前記フィードバック情報に基づいて、各アンテナから送信する変調信号の送信電力を各アンテナで独立に制御する

送信方法。

【請求項2】

前記実効受信信号強度に関する情報は、前記各変調信号が受信された際のチャンネル推定値を示す情報であり、

前記送信電力の制御は、前記チャンネル推定値を示す情報及び前記受信信号強度を示す情報に基づいて、前記各アンテナから送信する変調信号の送信電力を各アンテナ独立に制御する

請求項1に記載の送信方法。

【請求項3】

前記送信電力の制御は、前記複数の変調信号を合成することなく、各変調信号で独立に

行う

請求項 1 又は 2 に記載の送信方法。

【請求項 4】

前記変調信号は、OFDM方式により形成された信号である

請求項 1 乃至 3 いずれか一項に記載の送信方法。

【請求項 5】

前記変調信号は、OFDM方式により形成された信号であり、

前記フィードバック情報は、各チャンネル及び各キャリアごとの、前記チャンネル推定値を示す情報及び前記受信信号強度を示す情報に基づく情報を含み、

前記送信電力の制御は、前記各チャンネル及び各キャリアごとの、前記フィードバック情報に基づいて、各アンテナ及び各サブキャリア独立に送信電力を制御する

請求項 2 に記載の送信方法。

【請求項 6】

複数のアンテナの各々からそれぞれ独立した変調信号を送信する基地局の送信装置であって、

各アンテナからそれぞれ異なるデータを送信するための複数の変調信号を形成する複数の変調部と、

前記変調信号を受信する通信端末から、前記各変調信号が受信された際の受信信号強度を示す情報、及び、前記各変調信号を復調する際に有効に利用できる実効受信信号強度に関する情報とを含むフィードバック情報を受信する受信部と、

前記フィードバック情報に基づいて、各アンテナから送信する変調信号の送信電力を各アンテナで独立に制御する送信電力制御部と、

送信電力が制御された前記変調信号を、各アンテナから送信する送信部と

を具備する送信装置。

【請求項 7】

前記実効受信信号強度に関する情報は、前記各変調信号が受信された際のチャンネル推定値を示す情報であり、

前記送信電力制御部は、前記チャンネル推定値を示す情報及び前記受信信号強度を示す情報に基づいて、前記各アンテナから送信する変調信号の送信電力を各アンテナ独立に制御する

請求項 6 に記載の送信装置。

【請求項 8】

前記送信電力制御部は、前記複数の変調信号を合成することなく、各変調信号で独立に行う

請求項 6 又は 7 に記載の送信装置。

【請求項 9】

前記変調信号は、OFDM方式により形成された信号である

請求項 6 乃至 8 いずれか一項に記載の送信装置。

【請求項 10】

前記変調信号は、OFDM方式により形成された信号であり、

前記フィードバック情報は、各チャンネル及び各キャリアごとの、前記チャンネル推定値を示す情報及び前記受信信号強度を示す情報に基づく情報を含み、

前記送信電力制御部は、前記各チャンネル及び各キャリアごとの、前記フィードバック情報に基づいて、各アンテナ及び各サブキャリア独立に送信電力を制御する

請求項 7 に記載の送信装置。

【請求項 11】

基地局の複数のアンテナから送信され、互いに独立した複数の変調信号を、複数のアンテナで受信して各変調信号を復調する通信端末であって、

前記複数のアンテナで受信した各変調信号の受信電界強度を検出する受信電界強度検出部と、

10

20

30

40

50

受信した前記複数の変調信号それぞれのチャンネル推定値を推定するチャンネル変動推定部と、

前記チャンネル推定値を要素とするチャンネル変動推定行列を用いて前記変調信号の復調を行う復調部と、

前記受信電界強度検出部で検出した受信電界強度を示す情報と、前記チャンネル変動推定部で推定したチャンネル推定値を示す情報に基づいて、基地局へのフィードバック信号を生成するフィードバック信号生成部と

を具備する通信端末。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

【0001】

本発明は、基地局の送信方法、基地局の送信装置及び通信端末に関し、特にマルチアンテナを用いた無線通信システムに適用される基地局の送信方法、基地局の送信装置及び通信端末に関するものである。

【背景技術】

【0002】

従来、限られた周波数帯域でより多くのデータの送受信を可能とするためにマルチアンテナを用いた無線通信システムの研究・開発が盛んに行われている。マルチアンテナを用いた無線通信システムの例としては、送信装置と受信装置の双方に複数アンテナを設けたMIMO (Multiple-Input Multiple-Output) システムや、送信装置に複数アンテナを設け受信装置に1つのアンテナを設けたMISO (Multiple-Input Single-Output) システムがある。このうちMISOシステムにおける受信品質を向上させる技術として、例えば特許文献1に開示された発明が知られている。

20

【0003】

図50に、MISOシステムの原理的な構成を示す。変調信号生成部3はデジタル信号1、2を入力とし、これらを変調して変調信号4、5を出力する。無線部6は変調信号4、5を入力とし、デジタルアナログ変換や無線周波数変換等の無線処理を行うことで送信信号7、8を得る。送信信号7、8はそれぞれアンテナ9、10から電波として送信される。無線部13は、アンテナ11で受信した受信信号12を入力とし、ダウンコンバートやアナログデジタル変換等の無線処理を行うことでベースバンド信号14を得る。ここでベースバンド信号14は伝搬路上で変調信号4、5が多重された状態の信号であるため、復調部15はベースバンド信号14を各信号に対して分離処理を含む復調処理を施して受信デジタル信号16を得る。

30

【特許文献1】特開2001-237750号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

ところで、このようにマルチアンテナ技術を用いた無線通信システムでは、複数のアンテナから送信した変調信号が伝搬路上で多重されて受信側のアンテナで受信されるため、信号分離処理を含む復調処理を高精度で行うことができないと、受信データの誤り率特性が劣化し、結果としてデータ伝送速度を向上させるといった当初の目的を達することができなくなる。

40

【0005】

各変調信号の分離復調精度を向上させるためには、各変調信号に挿入するパイロットシンボルを増やすことなどが考えられるが、パイロットシンボルを増やすとその分だけデータの伝送効率が低下してしまう。

【0006】

本発明はかかる点を考慮してなされたもので、各変調信号の分離処理を含む復調精度を向上させて受信データの誤り率特性を向上し得る基地局の送信方法、基地局の送信装置及び通信端末を提供することを目的とする。

50

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明の基地局の送信方法の一つの態様は、複数のアンテナの各々からそれぞれ独立した変調信号を送信する基地局の送信方法であって、各アンテナからそれぞれ異なるデータを送信するための複数の変調信号を形成し、前記変調信号を受信する通信端末から、前記各変調信号を受信された際の受信信号強度を示す情報、及び、前記各変調信号を復調する際に有効に利用できる実効受信信号強度に関する情報とを含むフィードバック情報を受信し、前記フィードバック情報に基づいて、各アンテナから送信する変調信号の送信電力を各アンテナで独立に制御する。

【0008】

本発明の基地局の送信装置の一つの態様は、複数のアンテナの各々からそれぞれ独立した変調信号を送信する基地局の送信装置であって、各アンテナからそれぞれ異なるデータを送信するための複数の変調信号を形成する複数の変調部と、前記変調信号を受信する通信端末から、前記各変調信号を受信された際の受信信号強度を示す情報、及び、前記各変調信号を復調する際に有効に利用できる実効受信信号強度に関する情報とを含むフィードバック情報を受信する受信部と、前記フィードバック情報に基づいて、各アンテナから送信する変調信号の送信電力を各アンテナで独立に制御する送信電力制御部と、送信電力が制御された前記変調信号を、各アンテナから送信する送信部とを具備する構成を採る。

【0009】

本発明の通信端末の一つの態様は、基地局の複数のアンテナから送信され、互いに独立した複数の変調信号を、複数のアンテナで受信して各変調信号を復調する通信端末であって、前記複数のアンテナで受信した各変調信号の受信電界強度を検出する受信電界強度検出部と、受信した前記複数の変調信号それぞれのチャンネル推定値を推定するチャンネル変動推定部と、前記チャンネル推定値を要素とするチャンネル変動推定行列を用いて前記変調信号の復調を行う復調部と、前記受信電界強度検出部で検出した受信電界強度を示す情報と、前記チャンネル変動推定部で推定したチャンネル推定値を示す情報に基づいて、基地局へのフィードバック信号を生成するフィードバック信号生成部とを具備する構成を採る。

【0010】

本発明の基地局の送信装置の一つの態様によれば、各アンテナから送信する変調信号の送信電力を、通信端末からフィードバックされた各変調信号のチャンネル変動値や受信電界強度等の情報に基づいて、各アンテナ独立に制御する。これにより、よりの確に各変調信号の実効受信電力を変更することができるため、通信端末での各変調信号の復調精度を一段と向上させることができるようになる。

【発明の効果】

【0011】

本発明によれば、マルチアンテナを用いた無線通信システムにおいて、複数アンテナから送信された複数の変調信号の実効受信電力を考慮した復調処理及び送信処理を行うようにしたことにより、各変調信号の分離処理を含む復調の精度を向上させて受信データの誤り率特性を向上させることができる。基地局の送信方法、基地局の送信装置及び通信端末を実現できる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0012】

本発明の発明者らは、マルチアンテナを用いた無線通信システムにおいて、単純に各変調信号を分離復調するのではなく、受信される変調信号の実効受信電力（すなわち受信装置で得られる受信電力のうち、各変調信号を復調する際に有効に利用できる実質的な受信電力）を考慮した復調処理及び送信処理を行うことで、各変調信号の復調精度を向上させることができると考え、本発明に至った。

【0013】

本発明においては、実効受信電力の指標としてチャンネル変動行列の固有値を用いる。チャンネル変動行列は、受信装置で各変調信号を分離するために、各アンテナ受信信号と各変

10

20

30

40

50

調信号をチャンネル変動値を要素として関連付けたものである。つまりチャンネル変動値を要素とした行列である。そして一般にマルチアンテナ通信で用いられる受信装置では、チャンネル変動行列の逆行列を求めて、受信された信号から各変調信号を分離する。

【 0 0 1 4 】

本発明においては、このように一般に用いられるチャンネル変動行列から固有値を求め、これを実効受信電力の指標として用いているので、比較的少ない演算量及び比較的少ない構成の追加で、実効受信電力を求めることができるようになされている。

【 0 0 1 5 】

以下の実施の形態の形態では、主に、本発明の次のような態様について説明する。

【 0 0 1 6 】

本発明の一つの態様は、複数のアンテナから複数の変調信号を送信する送信装置において、送信する複数の変調信号の送信電力の変更を各アンテナで独立に行うようにした。また前記送信電力の制御を、通信相手が推定した受信電界強度やチャンネル変動を用いて制御するようにした。これにより、データの伝送品質を向上させることができる。具体的には、実効受信電力が最適になるような変調信号の送信電力制御を行うことができるようになるので、受信側での各変調信号の復調精度を向上させることができる。

【 0 0 1 7 】

本発明のさらに一つの態様は、上記送信装置が送信した変調信号を受信する受信装置において、受信信号から受信電界強度を推定する受信電界強度推定部を設け、推定した受信電界強度情報を上記送信装置にフィードバックするようにした。また受信信号から各変調信号のチャンネル変動を推定するチャンネル変動推定部を設け、推定したチャンネル変動情報を上記送信装置にフィードバックするようにした。これにより、送信装置は、受信電界強度情報やチャンネル変動情報に基づいて、実際に受信側での実効受信電力が最適となるような変調信号の送信電力制御を行うことができるようになる。

【 0 0 1 8 】

本発明のさらに一つの態様は、マルチキャリア方式を用いて複数のアンテナから複数の変調信号を送信する送信装置において、送信する複数の変調信号の送信電力の変更を各アンテナで独立に、かつ、キャリアごとに独立に行うようにした。また上記送信電力の制御を、通信相手が推定したキャリアごとの受信電界強度やキャリアごとのチャンネル変動を用いて制御するようにした。これにより、各アンテナで独立に、かつ、各キャリアで独立に実効受信電力が最適になるような変調信号の送信電力制御を行うことができるようになる。

【 0 0 1 9 】

本発明のさらに一つの態様は、上記マルチキャリア送信装置が送信した変調信号を受信する受信装置において、受信信号からキャリアごとの受信電界強度を推定する受信電界強度推定部を設け、推定したキャリアごとの受信電界強度情報を上記マルチキャリア送信装置にフィードバックするようにした。また受信信号からキャリアごとにチャンネル変動を推定するチャンネル変動推定部を設け、推定したキャリアごとのチャンネル変動情報を上記マルチキャリア送信装置にフィードバックするようにした。これにより、マルチキャリア送信装置は、キャリアごとの受信電界強度情報やチャンネル変動情報に基づいて、実際に受信側での実効受信電力が最適となるような変調信号の送信電力制御をキャリアごとに行うことができるようになる。

【 0 0 2 0 】

本発明のさらに一つの態様は、複数のアンテナから送信された複数の変調信号を送信アンテナよりも多い複数の受信アンテナで受信する受信装置において、複数のアンテナ受信信号の組み合わせを作り、組み合わせごとにチャンネル変動行列を形成し、組み合わせごとのチャンネル変動行列の固有値を算出し、固有値の最小パワーが最も大きい組み合わせのアンテナ受信信号を選択して復調処理を行うようにした。これにより、変調信号の実効受信電力の最も大きくなるアンテナ受信信号の組み合わせを用いて各変調信号を復調できるようになるので、全てのアンテナ受信信号を用いて各変調信号を復調する場合と比較して、

10

20

30

40

50

変調信号の復調精度を向上させることができるようになる。

【 0 0 2 1 】

本発明のさらに一つの態様は、複数のアンテナから送信された複数の変調信号を送信アンテナよりも多い複数の受信アンテナで受信する受信装置において、複数のアンテナ受信信号の組み合わせを作り、各組み合わせごとにチャンネル変動行列を形成し、組み合わせごとのチャンネル変動行列の固有値を算出する。そして、各組み合わせのアンテナ受信信号とその組み合わせに対応するチャンネル変動行列を使って各変調信号を分離すると共に、各組み合わせで分離した変調信号を分離の際に用いたチャンネル変動行列の固有値を使って重み付け合成する。これにより、変調信号の実効受信電力に応じて各変調信号を重み付け合成できるので、変調信号の復調精度を向上させることができるようになる。

10

【 0 0 2 2 】

本発明のさらに一つの態様は、誤り訂正符号化され複数のアンテナから送信された複数の変調信号を受信する受信装置において、チャンネル変動行列の固有値を求め、この固有値と受信直交ベースバンド信号とから軟判定値を求める軟判定値計算部を設けるようにした。

【 0 0 2 3 】

本発明のさらに一つの態様は、誤り訂正符号化され複数のアンテナから送信された複数の変調信号を受信する受信装置において、受信レベルとチャンネル変動行列の固有値とから実効受信レベルを求め、この実効受信レベルと受信直交ベースバンド信号とから軟判定値を求める軟判定値計算部を設けるようにした。

20

【 0 0 2 4 】

これにより、軟判定値を実効受信レベルで重み付けして求めることで、軟判定値に適切な尤度をもたせることが可能となり、変調信号の復調精度を向上させることができるようになる。

【 0 0 2 5 】

本発明のさらに一つの態様は、チャンネル変動行列の固有値を用いて復調処理を行う際に、各アンテナで受信された受信信号の信号レベルの制御を、各アンテナに対し共通して行うようにした。これにより、固有値がより正確に求まるため、実効受信電力を一段と的確に反映した固有値に基づいて復調処理を行うことができるので、各変調信号の復調精度を一段と向上させることができる。

30

【 0 0 2 6 】

以下、添付図面を用いて本発明の実施の形態について説明する。

【 0 0 2 7 】

(実施の形態 1)

本実施の形態では、各アンテナから送信する変調信号の送信電力を独立に変更する送信装置について説明する。

【 0 0 2 8 】

図 1 に、本実施の形態における送信装置の送信ユニットの構成の一例を示し、例えば無線基地局(以下、単に基地局と呼ぶ)に設けられている。送信ユニット 1 0 0 の変調部 1 0 2 は送信デジタル信号 1 0 1、フレーム構成信号生成部 1 2 1 で生成されたタイミング信号 1 2 2 を入力とし、送信デジタル信号 1 0 1 に対して Q P S K (Quadrature Phase Shift Keying) や 1 6 Q A M (Quadrature Amplitude Modulation) 等の直交変調処理を施すと共にタイミング信号 1 2 2 にしたがったフレーム構成(図 3 (A))とすることにより送信直交ベースバンド信号 1 0 3 を形成して出力する。拡散部 1 0 4 は送信直交ベースバンド信号 1 0 3 を入力とし、この送信直交ベースバンド信号 1 0 3 に対して所定の拡散符号を用いた拡散処理を施すことにより拡散信号 1 0 5 を形成して出力する。無線部 1 0 6 は拡散信号 1 0 5 を入力とし、拡散信号 1 0 5 に対してデジタルアナログ変換処理やアップコンバート等の所定の無線処理を施すことにより変調信号 1 0 7 を形成して出力する。

40

【 0 0 2 9 】

50

送信パワー変更部 108 は、変調信号 107、受信パワーから求めた係数 125、固有値から求めた係数 124 を入力とし、変調信号 107 に係数 125、124 を乗じることにより送信信号 109 を得てこれを出力する。これにより、受信パワー及び固有値に基づいて変調信号 107 の送信パワーが決定される。送信信号 109 はアンテナ 110 から電波として出力される。

【0030】

変調部 112 は送信デジタル信号 111、タイミング信号 122 を入力とし、送信デジタル信号 111 に対して QPSK や 16QAM 等の直交変調処理を施すと共にタイミング信号 122 にしたがつたフレーム構成 (図 3 (B)) とすることにより送信直交ベースバンド信号 113 を形成して出力する。拡散部 114 は送信直交ベースバンド信号 113 を入力とし、この送信直交ベースバンド信号 113 に対して所定の拡散符号を用いた拡散処理を施すことにより拡散信号 115 を形成して出力する。因みに、拡散部 114 は拡散部 104 で用いた拡散符号と異なる拡散符号を用いて拡散処理を行う。無線部 116 は拡散信号 115 を入力とし、拡散信号 115 に対してデジタルアナログ変換処理やアップコンバート等の所定の無線処理を施すことにより変調信号 117 を形成して出力する。

10

【0031】

送信パワー変更部 118 は、変調信号 117、受信パワーから求めた係数 126、固有値から求めた係数 124 を入力とし、変調信号 117 に係数 126、124 を乗じることにより送信信号 119 を得てこれを出力する。これにより、受信パワー及び固有値に基づいて変調信号 117 の送信パワーが決定される。送信信号 119 はアンテナ 120 から電波として出力される。

20

【0032】

このように本実施の形態の送信装置に設けられた送信ユニット 100 においては、各アンテナ 110、120 から送信する変調信号の送信電力を独立に変更できるようになっている。

【0033】

図 2 に、本実施の形態における送信装置の受信ユニットの構成の一例を示す。受信ユニット 200 は、図 1 の送信ユニット 100 と同じ基地局に設けられる。受信ユニット 200 の無線部 203 はアンテナ 201 で受信した受信信号 202 を入力とし、受信信号 202 に対してダウンコンバートやアナログデジタル変換等の所定の無線処理を施すことにより受信直交ベースバンド信号 204 を形成して出力する。復調部 205 は受信直交ベースバンド信号 204 を入力とし、受信直交ベースバンド信号 204 に対して QPSK 復調や 16QAM 復調等の直交復調処理を施すことにより受信デジタル信号 206 を形成して出力する。

30

【0034】

データ分離部 207 は受信デジタル信号 206 を入力とし、受信デジタル信号 206 をデータ 208、電界強度推定情報 209、チャンネル変動推定情報 210 に分離して出力する。

【0035】

受信パワーによる係数計算部 211 は電界強度推定情報 209 を入力とし、この電界強度推定情報 209 に基づいて、送信ユニット 100 の送信パワー変更部 108、118 で用いる係数 125、126 を算出して送信パワー変更部 108、118 に送出する。この係数 125、126 の求め方の詳細については後述する。

40

【0036】

固有値による係数計算部 214 はチャンネル変動推定情報 210 を入力とし、このチャンネル変動推定情報 210 に基づいて、送信ユニット 100 の送信パワー変更部 108、118 で用いる係数 124 を算出して送信パワー変更部 108、118 に送出する。この係数 124 の求め方の詳細については後述する。

【0037】

図 3 に、送信ユニット 100 の各アンテナ 110、120 から送信される各送信信号 1

50

09 (拡散信号A)、119 (拡散信号B)の時間軸におけるフレーム構成の一例を示す。図3(A)に示す拡散信号Aと図3(B)に示す拡散信号Bは、各アンテナ110、120から同時に送信される。拡散信号Aのチャネル推定シンボル301と拡散信号Bのチャネル推定シンボル301は例えば互いに直交した符号とされており、端末の受信ユニットにおいて分離可能なものを用いる。これにより、端末の受信ユニットが、各拡散信号A、Bに含まれるチャネル推定シンボル301に基づき、アンテナ110、120から送信された信号のチャネル変動をそれぞれ推定することができるようになる。

【0038】

図4に、本実施の形態における受信装置の受信ユニットの構成の一例を示す。受信ユニット400は通信端末に設けられており、図1の送信ユニット100から送信された信号を受信復調する。受信ユニット400の無線部403はアンテナ401で受信した受信信号402を入力とし、受信信号402に対してダウンコンバートやアナログデジタル変換等の所定の無線処理を施すことにより受信直交ベースバンド信号404を形成して出力する。逆拡散部405は受信直交ベースバンド信号404を入力とし、受信直交ベースバンド信号404に対して図1の拡散部104及び拡散部114で用いた拡散符号と同じ拡散符号を用いた逆拡散処理を施すことにより逆拡散後の受信直交ベースバンド信号406を形成して出力する。

【0039】

拡散信号Aのチャネル変動推定部407は逆拡散後の受信直交ベースバンド信号406を入力とし、チャネル推定シンボルに基づき拡散信号A(アンテナ110から送信された拡散信号)のチャネル変動を推定しチャネル変動推定信号408として出力する。これにより、アンテナ110とアンテナ401間のチャネル変動が推定される。拡散信号Bのチャネル変動推定部409は逆拡散後の受信直交ベースバンド信号406を入力とし、チャネル推定シンボルに基づき拡散信号B(アンテナ120から送信された拡散信号)のチャネル変動を推定しチャネル変動推定信号410として出力する。これによりアンテナ120とアンテナ401間のチャネル変動が推定される。

【0040】

無線部413はアンテナ411で受信した受信信号412を入力とし、受信信号412に対してダウンコンバートやアナログデジタル変換等の所定の無線処理を施すことにより受信直交ベースバンド信号414を形成して出力する。逆拡散部415は受信直交ベースバンド信号414を入力とし、受信直交ベースバンド信号414に対して図1の拡散部104及び拡散部114で用いた拡散符号と同じ拡散符号を用いた逆拡散処理を施すことにより逆拡散後の受信直交ベースバンド信号416を形成して出力する。

【0041】

拡散信号Aのチャネル変動推定部417は逆拡散後の受信直交ベースバンド信号416を入力とし、チャネル推定シンボルに基づき拡散信号A(アンテナ110から送信された拡散信号)のチャネル変動を推定しチャネル変動推定信号418として出力する。これにより、アンテナ110とアンテナ411間のチャネル変動が推定される。拡散信号Bのチャネル変動推定部419は逆拡散後の受信直交ベースバンド信号416を入力とし、チャネル推定シンボルに基づき拡散信号B(アンテナ120から送信された拡散信号)のチャネル変動を推定しチャネル変動推定信号420として出力する。これによりアンテナ120とアンテナ411間のチャネル変動が推定される。

【0042】

信号処理部421は受信直交ベースバンド信号406、416、拡散信号Aのチャネル変動推定信号408、418、拡散信号Bのチャネル変動推定信号410、420を入力とし、チャネル変動推定値408、410、418、420を要素とするチャネル変動行列の逆行列を用いた演算を行うことにより、拡散信号Aの受信直交ベースバンド信号422、拡散信号Bの受信直交ベースバンド信号423を出力する。このチャネル変動行列の詳細については後述する。

【0043】

10

20

30

40

50

受信電界強度推定部 4 2 4 は受信直交ベースバンド信号 4 0 6、4 1 6 を入力とし、これらの信号の受信電界強度を求めて受信電界強度推定情報 4 2 5 を出力する。なおこの実施の形態では、受信電界強度を受信直交ベースバンド信号から求めているがこれに限ったものではなく、受信信号から求めてもよい。また受信電界強度は、拡散信号 A、拡散信号 B について別々に受信電界強度を求めてもよいし、合成波の受信電界強度を求めてもよい。

【 0 0 4 4 】

チャンネル変動情報生成部 4 2 6 は拡散信号 A のチャンネル変動推定信号 4 0 8、4 1 8、拡散信号 B のチャンネル変動推定信号 4 1 0、4 2 0 を入力とし、チャンネル変動推定情報 4 2 7 を形成して出力する。

10

【 0 0 4 5 】

図 5 に、本実施の形態における受信装置の送信ユニットの構成の一例を示す。送信ユニット 5 0 0 は受信ユニット 4 0 0 と同じ通信端末に設けられている。送信ユニット 5 0 0 の情報生成部 5 0 4 はデータ 5 0 1、受信電界強度推定情報 4 2 5、チャンネル変動推定情報 4 2 7 を入力とし、これらを所定の順序で配列して送信デジタル信号 5 0 5 を出力する。変調信号生成部 5 0 6 は送信デジタル信号 5 0 5 を入力とし、送信デジタル信号 5 0 5 に対して変調処理を施すことにより変調信号 5 0 7 を形成して出力する。無線部 5 0 8 は変調信号 5 0 7 を入力とし、変調信号 5 0 7 に対してデジタルアナログ変換処理やアップコンバート等の所定の無線処理を施すことにより送信信号 5 0 9 を形成して出力する。送信信号 5 0 9 はアンテナ 5 1 0 から電波として出力される。

20

【 0 0 4 6 】

図 6 に、送信ユニット 5 0 0 から送信される送信信号のフレーム構成の一例を示す。図中、6 0 1 はチャンネル変動推定情報シンボル、6 0 2 は電界強度推定情報シンボル、6 0 3 はデータシンボルである。

【 0 0 4 7 】

図 7 に、送信信号と受信信号の関係の一例を示す。送信アンテナ 1 1 0 から送信された変調信号 $T a(t)$ は、チャンネル変動 $h 1 1(t)$ 、 $h 1 2(t)$ を受けた後にアンテナ 4 0 1、4 0 2 で受信される。また送信アンテナ 1 2 0 から送信された変調信号 $T b(t)$ は、チャンネル変動 $h 2 1(t)$ 、 $h 2 2(t)$ を受けた後にアンテナ 4 0 1、4 0 2 で受信される。

30

【 0 0 4 8 】

次に、図 1 ~ 図 7 を用いて本実施の形態における送信装置および受信装置の動作について詳しく説明する。

【 0 0 4 9 】

まず、基地局（送信装置）の送信動作について説明する。図 1 に示す基地局の送信ユニット 1 0 0 で重要な動作は、各アンテナ 1 1 0、1 2 0 から送信する変調信号の送信パワーを各アンテナ 1 1 0、1 2 0 で独立に制御する点である。このため送信ユニット 1 0 0 においては、送信パワー変更部 1 0 8、1 1 8 で送信信号に係数を乗算する。

【 0 0 5 0 】

ここで送信パワー変更部 1 0 8 での動作を詳しく説明する。受信パワーから求めた乗算係数 1 2 5 の値を $C a$ 、変調信号 1 0 7 を $X a(t)$ 、固有値から求めた係数 1 2 4 を D とすると、送信パワー変更部 1 0 8 は、次式で表すように送信信号 1 0 9 の送信パワー $X a'(t)$ を制御する。

40

【 0 0 5 1 】

【数 1】

$$X a'(t) = C a \times D \times X a(t) \dots\dots\dots (1)$$

同様に、送信パワー変更部 1 1 8 は、受信パワーから求めた乗算係数 1 2 6 の値を $C b$ 、変調信号 1 1 7 を $X b(t)$ 、固有値から求めた係数 1 2 4 を D とすると、次式で表すように送信信号 1 1 9 の送信パワー $X b'(t)$ を制御する。

50

【 0 0 5 2 】

【 数 2 】

$$X b' (t) = C b \times D \times X b (t) \dots\dots\dots (2)$$

このように送信パワーコントロールを送信アンテナごとに独立して行うことにより、受信品質を向上させることができる。また固有値から求めた係数 1 2 4 の値 D を、すべての送信アンテナの送信パワー変更部 1 0 8、1 1 8 で共通に乗算するようにしたことにより、一段と効果的に受信品質を向上させることができる。なぜなら、固有値から得られた係数は、受信端末の実効受信電界強度（端末で得られる受信電界強度のうち、有効に利用できる実際の受信電界強度）に相当するからである。

10

【 0 0 5 3 】

また受信パワーから求めた係数を、各送信アンテナの送信パワー変更部 1 0 8、1 1 8 で独立して乗算するようにしたことにより、一段と効果的に受信品質を向上させることができる。なぜなら、受信パワーから求めた係数は、受信端末のアンテナでの各変調信号の受信電界強度を向上させるための送信パワー制御に相当するからである。

【 0 0 5 4 】

次に、基地局（送信装置）の受信動作について説明する。図 7 に示すように、t を時間とし、アンテナ 1 1 0 からの変調信号を T a (t)、アンテナ 1 2 0 からの変調信号を T b (t)、アンテナ 4 0 1 の受信信号を R 1 (t)、アンテナ 4 0 2 の受信信号を R 2 (t)、チャンネル変動をそれぞれ、h 1 1 (t)、h 1 2 (t)、h 2 1 (t)、h 2 2 (t) とすると、次式のような関係が成立する。つまり、各アンテナ受信信号 R 1 (t)、R 2 (t) と各変調信号 T a (t)、T b (t) を、チャンネル変動値 h 1 1 (t)、h 1 2 (t)、h 2 1 (t)、h 2 2 (t) を要素とするチャンネル変動行列によって関連付けることができる。

20

【 0 0 5 5 】

【 数 3 】

$$\begin{pmatrix} R1(t) \\ R2(t) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} h11(t) & h12(t) \\ h21(t) & h22(t) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} Ta(t) \\ Tb(t) \end{pmatrix} \dots\dots\dots (3)$$

図 2 の基地局（送信装置）の受信ユニット 2 0 0 に設けられた受信パワーによる係数計算部 2 1 1 は、端末から受け取った電界強度推定情報 2 0 9 つまり R 1 (t) と R 2 (t) の受信電界強度と、チャンネル変動推定情報 2 1 0 つまり h 1 1 (t)、h 1 2 (t)、h 2 1 (t)、h 2 2 (t) とを用いて、係数 1 2 5、1 2 6 を決定する。

30

【 0 0 5 6 】

例えば、係数 1 2 5 を、h 1 1 (t)、h 2 1 (t) の推定値から求める。なぜなら、h 1 1 (t)、h 2 1 (t) は図 1 のアンテナ 1 1 0 から出力される信号の送信パワーで決定される変動値であるからである。同様に、係数 1 2 6 を、h 1 2 (t)、h 2 2 (t) の推定値から求める。なぜなら、h 1 2 (t)、h 2 2 (t) は図 1 のアンテナ 1 2 0 から出力される信号の送信パワーで決定される変動値であるからである。

40

【 0 0 5 7 】

つまり、R 1 (t) と R 2 (t) の受信電界強度は共にアンテナ 1 1 0 からの信号とアンテナ 1 2 0 からの信号が合成された信号の電界強度なので、その受信電界強度のみに基づいて係数 1 2 5、1 2 6 を決定すると、各アンテナからの信号パワーを適切に調整するには不十分である。そこで本実施の形態においては、受信電界強度に加えて、各送信信号の受信時のチャンネル変動値 h 1 1 (t)、h 2 1 (t) 及び h 1 2 (t)、h 2 2 (t) を用いて各アンテナ 1 1 0、1 2 0 から送信する信号パワーを制御するための係数 1 2 5、1 2 6 を決定する。これにより、各アンテナ 1 1 0、1 2 0 から送信される各信号の受信時のパワーを適切なものとすることができる。

【 0 0 5 8 】

具体的に説明すると、受信電界強度が小さい場合には、当然送信電力が大きくなるよう

50

に係数 1 2 5、1 2 6 の値を大きくする。さらにチャネル変動値 $h_{11}(t)$ 、 $h_{21}(t)$ の大きさが小さいほど、アンテナ 1 1 0 で用いる係数 1 2 5 の値を大きくする。同様にチャネル変動値 $h_{12}(t)$ 、 $h_{22}(t)$ の大きさが小さいほど、アンテナ 1 2 0 で用いる係数 1 2 6 の値を大きくする。

【 0 0 5 9 】

固有値による係数計算部 2 1 4 は、端末から受け取ったチャネル変動 $h_{11}(t)$ 、 $h_{12}(t)$ 、 $h_{21}(t)$ 、 $h_{22}(t)$ の推定値を要素とする (3) 式のチャネル変動行列の固有値を計算し、固有値のパワーのうち最もパワーの小さい値に基づいて係数 1 2 4 を求める。

【 0 0 6 0 】

ここで固有値を求める計算方法としては、例えば Jacobi 法、Givens 法、Householder 法、QR 法、QL 法、陰的シフトつき QL 法、逆反復法があり、本発明ではどのような計算方法を用いてもよい。また固有値のパワーとは、固有値を $a + bj$ (a 、 b : 実数、 j : 虚数) のように表した場合、 $a^2 + b^2$ で表される値である。これらは、後述する他の実施の形態でも同様である。

【 0 0 6 1 】

次に、通信端末 (受信装置) の受信動作について説明する。図 4 の受信ユニット 4 0 0 の拡散信号 A のチャネル変動推定部 4 0 7 は図 3 (A) に示す拡散信号 A のチャネル推定シンボル 3 0 1 から、拡散信号 A のチャネル変動つまり (3) 式の $h_{11}(t)$ を推定し、推定結果を拡散信号 A のチャネル変動推定信号 4 0 8 として出力する。拡散信号 B のチャネル変動推定部 4 0 9 は図 3 (B) に示す拡散信号 B のチャネル推定シンボル 3 0 1 から、拡散信号 B のチャネル変動つまり (3) 式の $h_{12}(t)$ を推定し、推定結果を拡散信号 B のチャネル変動推定信号 4 1 0 として出力する。

【 0 0 6 2 】

拡散信号 A のチャネル変動推定部 4 1 7 は図 3 (A) に示す拡散信号 A のチャネル推定シンボル 3 0 1 から、拡散信号 A のチャネル変動つまり (3) 式の $h_{21}(t)$ を推定し、推定結果を拡散信号 A のチャネル変動推定信号 4 1 8 として出力する。拡散信号 B のチャネル変動推定部 4 1 9 は図 3 (B) に示す拡散信号 B のチャネル推定シンボル 3 0 1 から、拡散信号 B のチャネル変動つまり (3) 式の $h_{22}(t)$ を推定し、推定結果を拡散信号 B のチャネル変動推定信号 4 2 0 として出力する。

【 0 0 6 3 】

信号処理部 4 2 1 は、(3) 式においてチャネル変動行列の逆行列を両辺に乗じる逆行列演算を行うことで、拡散信号 A、B の受信直交ベースバンド信号 4 2 2、4 2 3 を求める。これにより、受信直交ベースバンド信号 4 2 2 と受信直交ベースバンド信号 4 2 3 が分離される。チャネル変動情報生成部 4 2 6 は、拡散信号 A のチャネル変動推定信号 4 0 8、4 1 8、拡散信号 B のチャネル変動推定信号 4 1 0、4 2 0 として、推定されたチャネル変動 $h_{11}(t)$ 、 $h_{12}(t)$ 、 $h_{21}(t)$ 、 $h_{22}(t)$ を入力し、これらをチャネル変動推定情報 4 2 7 として出力する。

【 0 0 6 4 】

かくして以上の構成によれば、マルチアンテナ送信を行う送信装置において、各アンテナ 1 1 0、1 2 0 から送信した変調信号の受信時のチャネル変動値 $h_{11}(t)$ 、 $h_{12}(t)$ 、 $h_{21}(t)$ 、 $h_{22}(t)$ を通信相手局から受け取り、このチャネル変動値 $h_{11}(t)$ 、 $h_{12}(t)$ 、 $h_{21}(t)$ 、 $h_{22}(t)$ に基づき各アンテナ 1 1 0、1 2 0 から送信する変調信号の送信電力を各アンテナ 1 1 0、1 2 0 で独立に制御するようにしたことにより、各変調信号の受信時の受信電界強度を適切なものとする事ができるので、各変調信号の受信品質を向上させることができる。

【 0 0 6 5 】

加えて、チャネル変動値 $h_{11}(t)$ 、 $h_{12}(t)$ 、 $h_{21}(t)$ 、 $h_{22}(t)$ を要素とするチャネル変動行列の固有値も加味して送信電力を制御するようにしたことにより、実効受信電界強度を大きくすることができるので、各変調信号の受信品質を一段と向

10

20

30

40

50

上させることができる。

【 0 0 6 6 】

なお上述した実施の形態では、基地局つまり送信側で各アンテナ 1 1 0、1 2 0 の送信電力を制御するための係数 1 2 4、1 2 5、1 2 6 を決定する場合について述べたが、本発明はこれに限らず、端末つまり受信側で係数 1 2 4、1 2 5、1 2 6 を決定し、決定した係数を送信側にフィードバックするようにしてもよい。これは、以下に説明する他の実施の形態についても同様である。

【 0 0 6 7 】

また上述した実施の形態では、アンテナ数が 2 つで、多重される変調信号数が 2 つの場合について述べたが、本発明はこれに限らず、要は複数アンテナを用い各アンテナから異なる変調信号を送信する場合に広く適用できる。また例えばアダプティブアレイアンテナのように各変調信号を送信する 1 つのアンテナ（例えばアンテナ 1 1 0）を複数のアンテナから構成するようにしてもよい。これは、以下に説明する他の実施の形態についても同様である。

【 0 0 6 8 】

また上述した実施の形態では、受信電界強度と記述しているが、受信電界強度を、受信レベル、受信強度、受信パワー、受信振幅又はキャリアパワー対ノイズパワーなどに置き換えても同様に実施することができる。これは、以下に説明する他の実施の形態についても同様である。

【 0 0 6 9 】

また上述した実施の形態では、チャンネル変動を推定するために送信するシンボルをチャンネル推定シンボル 3 0 1（図 3）と呼んだが、チャンネル推定シンボル 3 0 1 をパイロットシンボル、プリアンプル、制御シンボル、既知シンボル又はユニークワードと呼んでもよいし、他の名称で呼んでもよい。また、図 6 のチャンネル変動推定情報シンボル 6 0 1、電界強度推定情報シンボル 6 0 2 は、制御シンボルと呼んでもよいし、他の名称で呼んでもよい。つまり、これらのシンボルを用いても上述の実施の形態と同様に本発明を実施できる。これは、以下に説明する他の実施の形態についても同様である。

【 0 0 7 0 】

また上述した実施の形態では、スペクトル拡散通信方式を例に説明したが、これに限ったものではなく、例えば、拡散部を有しないシングルキャリア方式、OFDM方式においても同様に実施することができる。シングルキャリア方式の場合、拡散部 1 0 4、1 1 4（図 1）、逆拡散部 4 0 5、4 1 5（図 4）を有しない構成となる。これは、スペクトル拡散方式を例にとりて説明する以下の全ての実施の形態についても同様である。また本発明を OFDM方式に適用した場合については、実施の形態 2 において詳しく説明する。

【 0 0 7 1 】

さらに本発明の送信装置及び受信装置の構成は、図 1、図 2、図 4、図 5 の構成に限ったものではない。例えば上述した実施の形態では、送信パワー変更部 1 0 8、1 1 8 を設け、この送信パワー変更部によって、固有値から求めた係数 1 2 4、受信パワーから求めた係数 1 2 5、1 2 6 に基づいて各アンテナ 1 1 0、1 2 0 から送信する変調信号の送信電力を各アンテナ 1 1 0、1 2 0 で独立に制御する場合について説明したが、要は、各アンテナでの変調信号を独立に制御すればよいのであって、その構成は図 1 に示すものに限らない。

【 0 0 7 2 】

図 8 に、本実施の形態における基地局の送信ユニットの別の構成例を示す。図 8 では、図 1 の送信ユニット 1 0 0 と同様に動作するものについては同一符号を付した。図 8 の送信ユニット 7 0 0 と図 1 の送信ユニット 1 0 0 との違いは、図 1 の送信ユニット 1 0 0 が送信パワー変更部 1 0 8、1 1 8 によって各アンテナから送信する変調信号のパワーを制御したのに対して、拡散部 7 0 1、7 0 2 によって各アンテナから送信する変調信号のパワーを制御するようにしたことである。

【 0 0 7 3 】

具体的には、拡散部 701 は送信直交ベースバンド信号 103、受信パワーから求めた係数 125、固有値から求めた係数 124 を入力とし、これらの係数 125、124 に応じたパワーの拡散信号 105 を出力する。同様に、拡散部 702 は送信直交ベースバンド信号 113、受信パワーから求めた係数 126、固有値から求めた係数 124 を入力とし、これらの係数 126、124 に応じたパワーの拡散信号 115 を出力する。

【0074】

図 9 に、拡散部 701、702 の構成例を示す。拡散機能部 804 はチャネル X の送信直交ベースバンド信号 801、チャネル Y の送信直交ベースバンド信号 802、チャネル Z の送信直交ベースバンド信号 803 を入力とし、これらを異なる拡散コードを用いて拡散処理することによりチャネル X の拡散信号 805、チャネル Y の拡散信号 806、チャネル Z の拡散信号 807 を形成して出力する。ここでチャネル X の信号とは端末 X 宛の信号を示し、チャネル Y の信号とは端末 Y 宛の信号を示し、チャネル Z の信号とは端末 Z 宛の信号を示すものとする。つまり、送信ユニット 700 は、各アンテナ 110、120 からそれぞれ 3 つの端末 X、Y、Z 宛の拡散変調信号を出力する。

10

【0075】

係数乗算機能部 810 はチャネル X の拡散信号 805、チャネル Y の拡散信号 806、チャネル Z の拡散信号 807、受信パワーから求めた係数 125 (126)、固有値から求めた係数 124 を入力とし、これらの係数 125 (126)、124 に応じた係数を乗算することにより係数乗算後のチャネル X の拡散信号 811、係数乗算後のチャネル Y の拡散信号 812、係数乗算後のチャネル Z の拡散信号 813 を形成して出力する。

20

【0076】

ここでチャネル X の拡散信号 805 に乗じる、受信パワーから求めた係数 125 (126)、固有値から求めた係数 124 は、端末 X から送られてきた受信電界強度推定情報、チャネル変動推定情報に基づいて求められたものである。またチャネル Y の拡散信号 806 に乗じる、受信パワーから求めた係数 125 (126)、固有値から求めた係数 124 は、端末 Y から送られてきた受信電界強度推定情報、チャネル変動推定情報に基づいて求められたものである。またチャネル Z の拡散信号 807 に乗じる、受信パワーから求めた係数 125 (126)、固有値から求めた係数 124 は、端末 Z から送られてきた受信電界強度推定情報、チャネル変動推定情報に基づいて求められたものである。

【0077】

加算機能部 814 は、係数乗算後のチャネル X の拡散信号 811、係数乗算後のチャネル Y の拡散信号 812、係数乗算後のチャネル Z の拡散信号 813 を加算し、拡散信号 105 (115) として出力する。

30

【0078】

このように送信ユニット 700 は、複数の端末宛の送信信号を同時に生成するようになっている。この際、送信ユニット 700 は、各端末から受信電界強度推定情報及びチャネル変動推定情報を受け取り、各端末用の受信パワーから求めた係数、固有値から求めた係数を求め、各端末によって異なるこれらの係数を各端末宛の拡散変調信号に乗じるようにしたことにより、各アンテナ独立にかつ各端末宛の変調信号独立に送信パワーを制御できるようになる。この結果、複数アンテナから複数端末宛の変調信号を同時に送信する場合において、複数端末全てにおける実効受信電力を最適化して、伝送速度を下げることなく複数端末全ての受信品質を向上させることができるようになる。

40

【0079】

かくして本実施の形態によれば、受信装置からチャネル変動情報及び受信電界強度情報等の実効受信電力の指標となる情報をフィードバック情報として受け取り、この情報に基づいて各アンテナから送信する変調信号の送信電力を各アンテナ独立に変更することにより、各アンテナから送信される変調信号の実効受信電力を増加させることができ、変調信号の受信品質を向上し得る送信装置を実現できる。

【0080】

(実施の形態 2)

50

本実施の形態では、各アンテナから送信する変調信号の送信電力を各アンテナで独立に、かつ、各キャリアごとに独立に変更する送信装置について説明する。

【0081】

図10に、本実施の形態における送信装置の送信ユニットの構成の一例を示す。送信ユニット1000は例えば基地局に設けられている。基地局の受信ユニットは例えば図2に示すように構成されており、基地局と通信を行う端末の送信ユニットは例えば図5に示すように構成されており、端末の送信ユニットから送信される送信信号のフレーム構成は例えば図6に示すようになっており、これらは既に実施の形態1で説明したのでその説明は省略する。

【0082】

送信ユニット1000は、変調部102に、送信デジタル信号101、タイミング信号122を入力し、送信デジタル信号101に対してQPSKや16QAM等の直交変調処理を施すと共にタイミング信号122にしたがったフレーム構成(図11(A))とすることにより送信直交ベースバンド信号103を形成して出力する。IDFT1001は送信直交ベースバンド信号103、受信パワーから求めた係数125、固有値から求めた係数124を入力とし、係数125、124に基づいて送信パワーを変更すると共に逆フーリエ変換を行い、逆フーリエ変換後の信号1002を出力する。

【0083】

同様に、送信ユニット1000は、変調部112に、送信デジタル信号111、タイミング信号122を入力し、送信デジタル信号111に対してQPSKや16QAM等の直交変調処理を施すと共にタイミング信号122にしたがったフレーム構成(図11(B))とすることにより送信直交ベースバンド信号113を形成して出力する。IDFT1003は、送信直交ベースバンド信号113、受信パワーから求めた係数126、固有値から求めた係数124を入力とし、係数126、124に基づいて送信パワーを変更すると共に逆フーリエ変換を行い、逆フーリエ変換後の信号1004を出力する。

【0084】

図11に、送信ユニット1000から送信される変調信号のフレーム構成例を示す。図11(A)はアンテナ110から送信される信号(チャンネルA)のフレーム構成を示し、図11(B)はアンテナ120から送信される信号(チャンネルB)のフレーム構成を示す。この例では、推定用シンボル1101は特定の時刻1に全てのサブキャリアに配置されて送信され、情報シンボル1102は他の時刻2~9に送信されるようになっている。

【0085】

図12に、本実施の形態における受信装置の受信ユニットの構成の一例を示す。受信ユニット1200は通信端末に設けられており、図10の送信ユニット1000から送信された信号を受信復調する。受信ユニット1200の無線部1203はアンテナ1201で受信した受信信号1202を入力とし、受信信号1202に対してダウンコンバートやアナログデジタル変換等の所定の無線処理を施すことにより受信直交ベースバンド信号1204を形成して出力する。フーリエ変換部(dft)1205は受信直交ベースバンド信号1204を入力とし、受信直交ベースバンド信号1204に対してフーリエ変換処理を施すことによりフーリエ変換後の信号1206を形成して出力する。

【0086】

チャンネルAのチャンネル変動推定部1207はフーリエ変換後の信号1206を入力とし、チャンネルAのチャンネル推定用シンボルに基づきチャンネルAの信号(アンテナ110から送信されたOFDM信号)のチャンネル変動を推定しチャンネル変動推定群信号1208として出力する。これにより、アンテナ110とアンテナ1201間のチャンネル変動が推定される。チャンネルBのチャンネル変動推定部1209はフーリエ変換後の信号1206を入力とし、チャンネルBのチャンネル推定用シンボルに基づきチャンネルBの信号(アンテナ120から送信されたOFDM信号)のチャンネル変動を推定しチャンネル変動推定群信号1210として出力する。これにより、アンテナ120とアンテナ1201間のチャンネル変動が推定される。

10

20

30

40

50

【 0 0 8 7 】

無線部 1 2 1 3 はアンテナ 1 2 1 1 で受信した受信信号 1 2 1 2 を入力とし、受信信号 1 2 1 2 に対してダウンコンバートやアナログディジタル変換等の所定の無線処理を施すことにより受信直交ベースバンド信号 1 2 1 4 を形成して出力する。フーリエ変換部 (d f t) 1 2 1 5 は受信直交ベースバンド信号 1 2 1 4 を入力とし、受信直交ベースバンド信号 1 2 1 4 に対してフーリエ変換処理を施すことによりフーリエ変換後の信号 1 2 1 6 を形成して出力する。

【 0 0 8 8 】

チャンネル A のチャンネル変動推定部 1 2 1 7 はフーリエ変換後の信号 1 2 1 6 を入力とし、チャンネル A のチャンネル推定用シンボルに基づきチャンネル A の信号 (アンテナ 1 1 0 から送信された OFDM 信号) のチャンネル変動を推定しチャンネル変動推定群信号 1 2 1 8 として出力する。これにより、アンテナ 1 1 0 とアンテナ 1 2 1 1 間のチャンネル変動が推定される。チャンネル B のチャンネル変動推定部 1 2 1 9 はフーリエ変換後の信号 1 2 1 6 を入力とし、チャンネル B のチャンネル推定用シンボルに基づきチャンネル B の信号 (アンテナ 1 2 0 から送信された OFDM 信号) のチャンネル変動を推定しチャンネル変動推定群信号 1 2 2 0 として出力する。これにより、アンテナ 1 2 0 とアンテナ 1 2 1 1 間のチャンネル変動が推定される。

10

【 0 0 8 9 】

信号処理部 1 2 2 1 はフーリエ変換後の信号 1 2 0 6 、 1 2 1 6 、チャンネル A のチャンネル変動推定信号 1 2 0 8 、 1 2 1 8 、チャンネル B のチャンネル変動推定信号 1 2 1 0 、 1 2 2 0 を入力とし、チャンネル変動推定値 1 2 0 8 、 1 2 1 8 、 1 2 1 0 、 1 2 2 0 を要素とするチャンネル変動行列の逆行列を用いた演算を行うことにより、チャンネル A の受信直交ベースバンド信号群 1 2 2 2 、チャンネル B の受信直交ベースバンド信号群 1 2 2 3 を出力する。

20

【 0 0 9 0 】

チャンネル A の復調部 1 2 2 4 はチャンネル A の受信直交ベースバンド信号群 1 2 2 2 を入力とし、その信号に対して送信ユニット 1 0 0 0 (図 1 0) の変調部 1 0 2 に対応する復調処理を施すことにより受信ディジタル信号 1 2 2 5 を形成して出力する。チャンネル B の復調部 1 2 2 6 はチャンネル B の受信直交ベースバンド信号群 1 2 2 3 を入力とし、その信号に対して送信ユニット 1 0 0 0 の変調部 1 1 2 に対応する復調処理を施すことにより受信ディジタル信号 1 2 2 7 を形成して出力する。

30

【 0 0 9 1 】

受信電界強度推定部 1 2 2 8 はフーリエ変換後の信号 1 2 0 6 、 1 2 1 6 を入力とし、これらの信号の受信電界強度を求めて受信電界強度推定情報 1 2 2 9 を出力する。

【 0 0 9 2 】

チャンネル変動推定部 1 2 3 0 はチャンネル A のチャンネル変動推定信号群 1 2 0 8 、 1 2 1 8 、チャンネル B のチャンネル変動推定信号群 1 2 1 0 、 1 2 2 0 を入力とし、チャンネル変動推定情報 1 2 3 1 を形成して出力する。

【 0 0 9 3 】

図 1 3 に、図 1 0 の送信ユニット 1 0 0 0 に設けられた IDFT 1 0 0 1 、 1 0 0 3 の構成例を示す。ここで IDFT 1 0 0 1 と IDFT 1 0 0 3 は同様の構成なので、IDFT 1 0 0 1 について説明する。

40

【 0 0 9 4 】

IDFT 1 0 0 1 は送信パワー変更部 1 3 0 7 を有する。送信パワー変更部 1 3 0 7 は、キャリア 1 の送信直交ベースバンド信号 1 3 0 1 、キャリア 2 の送信直交ベースバンド信号 1 3 0 2 、キャリア 3 の送信直交ベースバンド信号 1 3 0 3 、キャリア 4 の送信直交ベースバンド信号 1 3 0 4 、受信パワーから求めた係数 1 2 5 、固有値から求めた係数 1 2 4 を入力とし、各キャリアの送信直交ベースバンド信号 1 3 0 1 ~ 1 3 0 4 に係数 1 2 5 、 1 2 4 を乗ずることにより、係数乗算後のキャリア 1 の送信直交ベースバンド信号 1 3 0 8 、係数乗算後のキャリア 2 の送信直交ベースバンド信号 1 3 0 9 、係数乗算後のキ

50

キャリア 3 の送信直交ベースバンド信号 1 3 1 0、係数乗算後のキャリア 4 の送信直交ベースバンド信号 1 3 1 1 を得てこれを出力する。

【 0 0 9 5 】

ここでこの実施の形態における受信パワーから求めた係数 1 2 5、固有値から求めた係数 1 2 4 は、キャリアごとに求められたものである。そして送信パワー変更部 1 3 0 7 は、互いに対応するキャリアの送信直交ベースバンド信号と係数 1 2 5、1 2 4 とを乗算することにより、キャリアごとに送信パワーを変更するようになっている。

【 0 0 9 6 】

逆フーリエ変換部 (I D F T 部) 1 3 1 2 は、係数乗算後のキャリア 1 の送信直交ベースバンド信号 1 3 0 8、係数乗算後のキャリア 2 の送信直交ベースバンド信号 1 3 0 9、
10 係数乗算後のキャリア 3 の送信直交ベースバンド信号 1 3 1 0、係数乗算後のキャリア 4 の送信直交ベースバンド信号 1 3 1 1 を入力とし、これらの信号に対して逆フーリエ変換処理を施すことにより逆フーリエ変換後の信号 1 3 1 3 を得てこれを出力する。

【 0 0 9 7 】

次に、本実施の形態における送信装置および受信装置の動作について詳しく説明する。なおここでは、説明を簡単化するために、実施の形態 1 で用いた図面 (図 2、図 6) を流用する。

【 0 0 9 8 】

まず、基地局 (送信装置) の動作について説明する。図 1 0 に示す基地局の送信ユニット 1 0 0 0 で重要な動作は、第 1 に、各アンテナ 1 1 0、1 2 0 から送信する O F D M 信号の送信パワーを各アンテナ 1 1 0、1 2 0 で独立に制御する点であり、第 2 に、キャリアごとに送信パワーを制御する点である。このため送信ユニット 1 0 0 0 は、I D F T 1 0 0 1、1 0 0 3 において送信直交ベースバンド信号 1 0 3、1 1 3 の送信パワーを変更するために係数を乗算する。
20

【 0 0 9 9 】

その詳しい動作を図 1 3 を用いて説明する。図 1 3 は、図 1 0 の I D F T 1 0 0 1、1 0 0 3 の詳細の構成を示している。図 1 0 の送信直交ベースバンド群 1 0 3、1 1 3 は、図 1 3 のキャリア 1 の送信直交ベースバンド信号 1 3 0 1、キャリア 2 の送信直交ベースバンド信号 1 3 0 2、キャリア 3 の送信直交ベースバンド信号 1 3 0 3、キャリア 4 の送信直交ベースバンド信号 1 3 0 4 に相当し、サブキャリアごとに直交ベースバンド信号が存在する。
30

【 0 1 0 0 】

そして送信パワー変更部 1 3 0 7 は、互いに対応するキャリアの送信直交ベースバンド信号と係数 1 2 5、1 2 4 とを乗算することにより、キャリアごとに送信パワーを変更するようになっている。つまり、受信パワーから求めた係数 1 2 5、固有値 1 2 6 は、各キャリアごとの係数で構成されている。なお送信パワー変更部 1 3 0 7 による係数乗算方法は、キャリアごとに係数を乗算することが異なるだけで、基本的には実施の形態 1 で説明したとおりである。

【 0 1 0 1 】

次に、基地局 (送信装置) の受信動作について説明する。この実施の形態の場合、図 2 の受信ユニット 2 0 0 は、通信端末 (受信装置) からキャリアごとの電界強度推定情報 2 0 9 を受け取ると共に、キャリアごとのチャネル推定情報 2 1 0 を受け取る。そして受信パワーによる係数計算部 2 1 1 によってキャリアごとの係数 1 2 5、1 2 6 を求め、固有値による係数計算部 2 1 4 によってキャリアごとの係数 1 2 4 を求める。このようにして、通信端末 (受信装置) から送られてきたキャリアごとの電界強度推定情報 2 0 9、チャネル変動推定情報 2 1 0 を基にして、キャリアごとの係数 1 2 5、1 2 6、1 2 4 を求める。なお受信パワーによる係数計算部 2 1 1 及び固有値による係数計算部 2 1 4 による係数算出方法は、キャリアごとに係数を算出することが異なるだけで、基本的には実施の形態 1 で説明したとおりである。
40

【 0 1 0 2 】

次に、通信端末（受信装置）の受信動作について説明する。図12の受信ユニット1200のフーリエ変換部（dfT）1205、1215から出力されるフーリエ変換後の信号1206、1216は、各キャリアごとの信号で構成されている。

【0103】

チャンネルAのチャンネル変動推定部1207は、図11（A）の推定用シンボル1101を検出し、キャリアごとにチャンネル変動を推定する。つまり、キャリアごとに（3）式の $h_{11}(t)$ を推定し、チャンネルAのチャンネル変動推定信号群1208として出力する。チャンネルBのチャンネル変動推定部1209は、図11（B）の推定用シンボル1101を検出し、キャリアごとにチャンネル変動を推定する。つまり、キャリアごとに（3）式の $h_{12}(t)$ を推定し、チャンネルBのチャンネル変動推定信号群1210として出力する。

10

【0104】

チャンネルAのチャンネル変動推定部1217は、図11（A）の推定用シンボル1101を検出し、キャリアごとにチャンネル変動を推定する。つまり、キャリアごとに（3）式の $h_{21}(t)$ を推定し、チャンネルAのチャンネル変動推定信号群1218として出力する。チャンネルBのチャンネル変動推定部1219は、図11（B）の推定用シンボル1101を検出し、キャリアごとにチャンネル変動を推定する。つまり、キャリアごとに（3）式の $h_{22}(t)$ を推定し、チャンネルBのチャンネル変動推定信号群1219として出力する。

【0105】

受信電界強度推定部1228は、フーリエ変換後の信号1206、1216を入力とし、各キャリアごとに受信電界強度を求め、受信電界強度推定信号1229として出力する。

20

【0106】

チャンネル変動推定部1230は、チャンネルAのチャンネル変動推定信号群1208、1218、チャンネルBのチャンネル変動推定信号群1210、1220を入力とし、各キャリアごとのチャンネル変動推定情報を生成し、チャンネル変動推定情報1231として出力する。

【0107】

このようにして形成したキャリアごとの受信電界強度推定情報、キャリアごとのチャンネル変動推定情報は、図5に示すような送信ユニット500によって基地局にフィードバック情報として送られる。なお図5の受信電界強度推定情報425は図12の1229に対応し、図5のチャンネル変動推定情報427は図12の1231に対応する。

30

【0108】

かくして本実施の形態によれば、複数アンテナからマルチキャリア信号を送信する場合に、受信装置からキャリアごとのチャンネル変動情報及びキャリアごとの受信電界強度情報等の実効受信電力の指標となる情報をフィードバック情報として受け取り、この情報に基づいて各アンテナから送信するマルチキャリア信号の送信電力を各アンテナ独立に、かつ各キャリア独立に変更するようにしたことにより、各アンテナから送信されるマルチキャリア信号の実効受信電力をキャリアごとに増加させることができ、マルチキャリア信号の誤り率特性を全てのキャリアに亘って向上し得る送信装置を実現できる。

【0109】

なおこの実施の形態では、IDFT1001、1003でキャリアマルチキャリアごとの送信パワーを変える場合について説明したが、送信パワーを変更するのはIDFT1001、1003でなくてもよく、例えば変調部102、112や無線部106、116で変えるようにしてもよい。

40

【0110】

またこの実施の形態ではOFDM方式を例にとって説明したが、方式や、OFDM処理と拡散処理とを組み合わせた方式（例えばOFDM-CDMA方式）についても同様に実施することができる。

【0111】

（実施の形態3）

本実施の形態では、複数のアンテナから送信された複数の変調信号を、複数のアンテナ

50

で受信する受信装置において、受信アンテナを選択し、選択した受信アンテナからの受信信号のみを用いて受信信号の復調を行う受信装置について説明する。

【 0 1 1 2 】

具体的には、複数のアンテナ受信信号の組み合わせを作り、各組み合わせごとにチャンネル変動行列を形成し、組み合わせごとのチャンネル変動行列の固有値を算出し、固有値の最小パワーが最も大きい組み合わせのアンテナ受信信号を選択して復調処理を行うようにする。

【 0 1 1 3 】

図 1 4 に、本実施の形態における受信装置の受信ユニットの構成の一例を示す。図 1 4 では、図 4 との対応する部分には同一符号を付し、その説明は省略する。受信ユニット 1 4 0 0 は例えば通信端末に設けられている。ここで受信ユニット 1 4 0 0 が設けられた通信端末と通信を行う基地局の送信ユニットは例えば図 1 に示すように構成されており、基地局から送信される信号は図 3 に示すように構成されているものとする。

10

【 0 1 1 4 】

受信ユニット 1 4 0 0 は 3 つのアンテナ 4 0 1、4 1 1、1 4 0 1 を有し、各アンテナ 4 0 1、4 1 1、1 4 0 1 で、図 1 の送信ユニット 1 0 0 から送信された 2 つの変調信号（拡散信号 A、拡散信号 B）を受信するようになっている。

【 0 1 1 5 】

受信ユニット 1 4 0 0 の無線部 1 4 0 3 はアンテナ 1 4 0 1 で受信した受信信号 1 4 0 2 を入力とし、受信信号 1 4 0 2 に対してダウンコンバートやアナログディジタル変換等の所定の無線処理を施すことにより受信直交ベースバンド信号 1 4 0 4 を形成して出力する。逆拡散部 1 4 0 5 は受信直交ベースバンド信号 1 4 0 4 を入力とし、受信直交ベースバンド信号 1 4 0 4 に対して図 1 の拡散部 1 0 4 及び拡散部 1 1 4 で用いた拡散符号と同じ拡散符号を用いた逆拡散処理を施すことにより逆拡散後の受信直交ベースバンド信号 1 4 0 6 を形成して出力する。

20

【 0 1 1 6 】

拡散信号 A のチャンネル変動推定部 1 4 0 7 は逆拡散後の受信直交ベースバンド信号 1 4 0 6 を入力とし、チャンネル推定シンボルに基づき拡散信号 A（アンテナ 1 1 0 から送信された拡散信号）のチャンネル変動を推定しチャンネル変動推定信号 1 4 0 8 として出力する。これにより、アンテナ 1 1 0 とアンテナ 1 4 0 1 間のチャンネル変動が推定される。拡散信号 B のチャンネル変動推定部 1 4 0 9 は逆拡散後の受信直交ベースバンド信号 1 4 0 6 を入力とし、チャンネル推定シンボルに基づき拡散信号 B（アンテナ 1 2 0 から送信された拡散信号）のチャンネル変動を推定しチャンネル変動推定信号 1 4 1 0 として出力する。これによりアンテナ 1 2 0 とアンテナ 1 4 0 1 間のチャンネル変動が推定される。

30

【 0 1 1 7 】

アンテナ選択部 1 4 1 1 は、拡散信号 A のチャンネル変動推定信号 4 0 8、4 1 8、1 4 0 8、拡散信号 B のチャンネル変動推定信号 4 1 0、4 2 0、1 4 1 0、逆拡散後の受信直交ベースバンド信号 4 0 6、4 1 6、1 4 0 6 を入力し、この中から復調するのに最適なアンテナ受信信号の組み合わせを選択する。その選択の仕方については後述する。アンテナ選択部 1 4 1 1 は、選択した拡散信号 A のチャンネル変動推定信号 1 4 1 2、1 4 1 5、選択した拡散信号 B のチャンネル変動推定信号 1 4 1 3、1 4 1 6、選択した逆拡散後の受信直交ベースバンド信号 1 4 1 4、1 4 1 7 を出力する。

40

【 0 1 1 8 】

図 1 5 に、アンテナ選択部 1 4 1 1 の構成例を示す。アンテナ選択部 1 4 1 1 は固有値計算部 1 5 0 1 及び信号選択部 1 5 0 3 を有する。固有値計算部 1 5 0 1 は、拡散信号 A のチャンネル変動推定信号 4 0 8、4 1 8、1 4 0 8、拡散信号 B のチャンネル変動推定信号 4 1 0、4 2 0、1 4 1 0 を入力する。つまり、この実施の形態の場合には、3 本のアンテナが設けられているので、3 系統のチャンネル変動値を入力する。そして 3 系統のチャンネル変動値の中から 2 系統の組み合わせを作って（この実施の形態の場合、3 通りの組み合わせとなる）、その組み合わせごとにチャンネル変動行列を作成し、各チャンネル変動行列の

50

固有値を計算する。そして固有値の計算結果に基づいて逆行列演算を行うための2系統の信号を選択し、どの2系統を選択したかを示す制御信号1502を出力する。

【0119】

信号選択部1503は、拡散信号Aのチャンネル変動推定信号408、418、1408、拡散信号Bのチャンネル変動推定信号410、420、1410、逆拡散後の受信直交ベースバンド信号406、416、1406、制御信号1502を入力とし、制御信号1502に基づいて2系統の信号(2つのアンテナの信号)を、選択された拡散信号Aのチャンネル変動推定信号1412、1415、選択された拡散信号Bのチャンネル変動推定信号1413、1416、選択された逆拡散後の受信直交ベースバンド信号1414、1417として出力する。

10

【0120】

次に、本実施の形態における送信装置および受信装置の動作について詳しく説明する。

【0121】

基地局(送信装置)の動作は、実施の形態1での説明と同様であり、図3のフレーム構成にしたがった送信信号を送信する。

【0122】

通信端末(受信装置)は、図14の受信ユニット1400に設けられた3つのアンテナで送信信号を受信する。ここでの特徴は、送信装置で送信したチャンネル数より、アンテナ数を多くし、アンテナ選択を行うという点である。つまり、アンテナ選択部1411は、アンテナ401で得られた信号群406、408、410、アンテナ411で得られた信号群416、418、420、アンテナ1401で得られた信号群1406、1408、1410のいずれか2つの信号群を選択し、選択した信号群のみを用いて変調信号を分離復調する。

20

【0123】

そのときの、信号群の選択方法について説明する。まず、図15に示す固有値計算部1501が、図7の関係にあるチャンネル変動推定信号408、410、418、420を用いて(3)式で示すようなチャンネル変動行列を作成し、その固有値のうちパワーの小さいものの値P1を求める。また図7の関係にあるチャンネル変動推定信号408、410、1408、1410を用いて(3)式で示すようなチャンネル変動行列を作成し、その固有値のうちパワーの小さいものの値P2を求める。さらに図7の関係にあるチャンネル変動推定信号418、420、1408、1410を用いて(3)式で示すようなチャンネル変動行列を作成し、その固有値のうちパワーの小さいものの値P3を求める。

30

【0124】

そして固有値計算部1501は、P1、P2、P3のなかで最も大きい値を検索する。もしもP1が最も大きかった場合、固有値計算部1501は、信号408、410、406、418、420、416を選択することを指示する制御信号1502を出力する。つまり、図14のアンテナ401、411から得られる信号群を選択することを信号選択部1503に指示する。

【0125】

このとき信号選択部1503は、信号1412として信号408、信号1413として信号410、信号1414として信号406、信号1415として信号418、信号1416として信号420、信号1417として信号416を出力する。同様にして、P2が大きい場合は、アンテナ401、1401で得られる信号群を選択する。P3が大きい場合は、アンテナ411、1401で得られる信号群を選択する。

40

【0126】

図14の信号処理部421は、入力された信号1412、1413、1414、1415、1416、1417を用いて、図7の関係における(3)式を立て、その式の逆行列演算を行うことにより、各チャンネルの信号を分離し、分離したチャンネル信号422、423を出力する。

【0127】

50

このようにチャンネル変動行列の固有値のパワーの最小値を基準に受信アンテナを切り替えるようにしたことにより、最も受信品質の良いアンテナを選択することができる。これにより、復調データの誤り率特性を向上させることができる。

【 0 1 2 8 】

固有値の最小パワーとはその固有値を得るために用いたアンテナ受信信号に含まれる変調信号の実効受信電力に相当するので、固有値の最小パワーが最大となるアンテナ受信信号を選択することは、変調信号の実効受信電力の最も大きくなるアンテナ受信信号の組み合わせを選択することに相当する。よって、変調信号の実効受信電力の最も大きくなるアンテナ受信信号の組み合わせを用いて各変調信号を復調できるようになるので、全てのアンテナ受信信号を用いて各変調信号を復調する場合と比較して、一段と変調信号の復調精度を向上させることができるようになる。

10

【 0 1 2 9 】

かくして本実施の形態によれば、複数のアンテナ受信信号の組み合わせを作り、組み合わせごとにチャンネル変動行列を形成し、組み合わせごとのチャンネル変動行列の固有値を算出し、固有値の最小パワーが最も大きい組み合わせのアンテナ受信信号を選択して復調処理を行うようにしたことにより、受信した複数チャンネル信号の誤り率特性を向上し得る受信装置を実現することができる。

【 0 1 3 0 】

なおこの実施の形態では、2本のアンテナから送信した2チャンネルの変調信号を3本のアンテナで受信する場合について説明したが、送信アンテナ及び受信アンテナの数はこれに限らない。要は、送信アンテナを複数個設けると共に、受信アンテナをそれよりも多く設け、複数の受信アンテナ信号の中からチャンネル数分の受信アンテナを選択する場合に広く適用することができる。

20

【 0 1 3 1 】

(実施の形態4)

本実施の形態では、実施の形態3で説明した処理をOFDM通信に適用した場合について説明する。具体的には、複数のアンテナ受信信号の組み合わせを作り、各組み合わせごとにチャンネル変動行列を形成し、組み合わせごとのチャンネル変動行列の固有値を算出し、固有値の最小パワーが最も大きい組み合わせのアンテナ受信信号を選択して復調処理を行うといった処理を、サブキャリアごとに行うようにする。

30

【 0 1 3 2 】

図16に、本実施の形態における受信装置の受信ユニットの構成の一例を示す。この実施の形態の受信ユニット1600は、実施の形態2と実施の形態3を組み合わせた部分が多いので、実施の形態2で説明した図12との対応部分には図12と同一符号を付し、実施の形態3で説明した図14との対応部分には図14と同一符号を付して、その説明は省略する。

【 0 1 3 3 】

受信ユニット1600は例えば通信端末に設けられている。ここで受信ユニット1600が設けられた通信端末と通信を行う基地局の送信ユニットは例えば図10に示すように構成されており、基地局から送信される信号は図11に示すように構成されているものとする。

40

【 0 1 3 4 】

受信ユニット1600は3つのアンテナ401、411、1401を有し、各アンテナ401、411、1401で、図10の送信ユニット1000から送信された2つのOFDM信号を受信するようになっている。ここで受信ユニット1600の特徴は、送信ユニット1000で送信した信号のチャンネル数(この実施の形態の場合、2つ)より、アンテナ数(この実施の形態の場合、3つ)を多くし、アンテナ選択を行うという点である。

【 0 1 3 5 】

各アンテナ401、411、1401の受信信号402、412、1402は、それぞれ無線部403、413、1403によってダウンコンバートやアナログデジタル変換

50

等の所定の無線処理が施されることにより受信直交ベースバンド信号404、414、1404とされる。受信直交ベースバンド信号404、414、1404は、それぞれフーリエ変換部(dft)1205、1215、1601によってフーリエ変換処理が施されることにより、フーリエ変換後の信号1206、1216、1602とされる。

【0136】

各アンテナごとに得られたフーリエ変換後の信号1206、1216、1602は、各アンテナごとに設けられたチャンネルAのチャンネル変動推定部1207、1217、1603、チャンネルBのチャンネル変動推定部1209、1219、1605に送出される。チャンネルAのチャンネル変動推定部1207、1217、1603は、チャンネルAの信号の各キャリアに配置された推定用シンボルに基づいて、チャンネルAについてのキャリアごとのチャンネル変動推定信号群1208、1218、1604を得、これを信号処理部1607に送出する。チャンネルBのチャンネル変動推定部1209、1219、1605は、チャンネルBの信号の各キャリアに配置された推定用シンボルに基づいて、チャンネルBについてのキャリアごとのチャンネル変動推定信号群1210、1220、1606を得、これを信号処理部1607に送出する。

10

【0137】

信号処理部1607は、図14のアンテナ選択部1411と信号処理部421を合わせた処理を行う。すなわち固有値パワーを基準としたアンテナ信号の選択処理を行うと共に、選択したアンテナ信号を用いたチャンネル信号の分離処理を行う。但し、この実施の形態の信号処理部1607は、上記アンテナ信号の選択処理及びチャンネル信号の分離処理をキャリアごとに行う点が図14の受信ユニット1400と異なる。信号処理部1607は、チャンネルAのチャンネル変動推定信号群1208、1218、1604、チャンネルBのチャンネル変動推定信号群1210、1220、1606、フーリエ変換後の信号1206、1216、1602を入力とし、キャリアごとに選択処理及び分離処理が施されたチャンネルAの受信直交ベースバンド信号1608、チャンネルBの受信直交ベースバンド信号1609を出力する。

20

【0138】

図17に、信号処理部1607の詳細構成を示す。なお図17に示す信号処理部の構成は、1キャリア分を処理するための構成であり、実際には図16の信号処理部1607は図17に示すような回路が複数キャリア分設けられている。

30

【0139】

固有値計算部1701は、実施の形態3で説明した図15の固有値計算部1501と同様の機能を有する。すなわち、固有値計算部1701は、チャンネル変動推定信号群1208、1210、1218、1220のうち図11のキャリア1についてのチャンネル変動推定信号1208-1、1210-1、1218-1、1220-1を用いて(3)式で示すようなチャンネル変動行列を作成し、その固有値のうちパワーの小さいものの値P1を求める。またチャンネル変動推定信号群1208、1210、1604、1606のうちキャリア1についてのチャンネル変動推定信号1208-1、1210-1、1604-1、1606-1を用いて(3)式で示すようなチャンネル変動行列を作成し、その固有値のうちパワーの小さいものの値P2を求める。さらにチャンネル変動推定信号群1218、1220、1604、1606のうちキャリア1についてのチャンネル変動推定信号1218-1、1220-1、1604-1、1606-1を用いて(3)式で示すようなチャンネル変動行列を作成し、その固有値のうちパワーの小さいものの値P3を求める。

40

【0140】

そして固有値計算部1701は、P1、P2、P3のなかで最も大きい値を検索する。もしもP1が最も大きかった場合、固有値計算部1701は、信号1208-1、1210-1、1206-1、1218-1、1220-1、1216-1を選択することを指示する制御信号1702を出力する。つまり、図16のアンテナ401、411から得られる信号群を選択することを信号選択部1703に指示する。

【0141】

50

このとき信号選択部1703は、信号1704として信号1208-1、信号1705として信号1210-1、信号1706として信号1206-1、信号1707として信号1218-1、信号1708として信号1220-1、信号1709として信号1216-1を出力する。同様に、P2が大きい場合は、アンテナ401、1401で得られる信号群を選択する。P3が大きい場合は、アンテナ411、1401で得られる信号群を選択する。

【0142】

演算部1710は、入力された信号1704～1709を用いて、図7の関係における(3)式を立て、その式の逆行列演算を行うことにより、各チャネルの信号を分離し、分離したチャネルAのキャリア1の直交ベースバンド信号1608-1、チャネルBのキャリア1の直交ベースバンド信号1609-1を出力する。

10

【0143】

次に、本実施の形態における送信装置および受信装置の動作について詳しく説明する。

【0144】

基地局(送信装置)の動作は、実施の形態2での説明と同様であり、図11のフレーム構成にしたがった送信信号を送信する。

【0145】

通信端末(受信装置)は、図16の受信ユニット1600に設けられた3つのアンテナでそれぞれ2チャネル分のOFDM信号を受信する。そして受信ユニット1600は、各アンテナ受信それぞれについて、チャネルごと及びキャリアごとにチャネル変動を推定する。

20

【0146】

次に受信ユニット1600は、複数のアンテナ受信信号の組み合わせを作り、各組み合わせごとにチャネル変動行列を形成し、組み合わせごとのチャネル変動行列の固有値を算出し、固有値の最小パワーが最も大きい組み合わせのアンテナ受信信号を選択するといった処理を、キャリアごとに行う。この実施の形態の場合には、受信されるOFDM信号のチャネル数が2で受信アンテナ数が3なので、3つの組み合わせを作り、この3つの組み合わせの中から1つの組み合わせを選択する。

【0147】

次に受信ユニット1600は、選択したアンテナ受信信号(チャネル変動推定と直交ベースバンド信号)の組み合わせを用いて逆行列演算を行うことにより、伝搬路上で多重された各チャネルの信号を分離する。そして最後に、分離した各チャネルの信号を復調することにより受信データを得る。

30

【0148】

このように、受信ユニット1600においては、キャリアごとに、チャネル変動行列の固有値の最小パワーが最大となるアンテナ受信信号を選択し、選択したアンテナ受信信号を用いて伝搬路上で多重された各変調信号(すなわち異なるアンテナから送信された信号)の分離、復調処理を行うようにしたので、キャリアごとに、実効受信電力の最も大きなアンテナ受信信号を用いて信号の分離復調処理を行うことができるようになる。

【0149】

特にOFDM信号は、周波数選択性フェージング等の影響により、キャリアごとに実効受信電力が大きく異なる。本実施の形態では、これを考慮して、キャリアごとに固有値を基準としたアンテナ選択を行うことにより、キャリアごとに最適なアンテナ受信信号の組み合わせを選択する。これにより、全キャリアに亘って誤り率特性を向上させることができる。

40

【0150】

かくして本実施の形態によれば、キャリアごとに、複数のアンテナ受信信号の組み合わせを作り、組み合わせごとにチャネル変動行列を形成し、組み合わせごとのチャネル変動行列の固有値を算出し、固有値の最小パワーが最も大きい組み合わせのアンテナ受信信号を選択して復調処理を行うようにしたことにより、受信した複数チャネルのOFDM信号

50

の誤り率特性を全キャリアに亘って向上し得る受信装置を実現することができる。

【0151】

なおこの実施の形態では、2本のアンテナから送信した2チャンネルのOFDM信号を3本のアンテナで受信する場合について説明したが、送信アンテナ及び受信アンテナの数はこれに限らない。要は、送信アンテナを複数個設けると共に、受信アンテナをそれよりも多く設け、複数の受信アンテナ信号の中からチャンネル数分の受信アンテナを選択する場合に広く適用することができる。

【0152】

またこの実施の形態ではOFDM方式を例にとって説明したが、実施の形態3で説明したスペクトル拡散通信方式とOFDM方式を併用した方式においても同様に実施することができ、またOFDM方式以外のマルチキャリア方式においても同様に実施することができる。また以下の実施の形態においても、OFDM方式について説明したものについては、スペクトル拡散通信方式とOFDM方式を併用した方式においても同様に実施することができ、またOFDM方式以外のマルチキャリア方式においても同様に実施することができる。

10

【0153】

(実施の形態5)

本実施の形態では、複数のアンテナから送信された複数の変調信号を、複数のアンテナで受信する受信装置において、各受信アンテナで得られた受信信号を、チャンネル変動行列の固有値に基づいて重み付け合成する受信装置について説明する。

20

【0154】

具体的には、まず、複数のアンテナ受信信号の組み合わせを作り、各組み合わせごとにチャンネル変動行列を形成し、組み合わせごとのチャンネル変動行列の固有値を算出する。そして、各組み合わせのアンテナ受信信号とその組み合わせに対応するチャンネル変動行列を使って各変調信号を分離すると共に、各組み合わせで分離した変調信号を分離の際に用いたチャンネル変動行列の固有値を使って重み付け合成する。

【0155】

因みに、この実施の形態では、送信アンテナ数2、送信信号数2、受信アンテナ数3の場合を例に説明する。この場合、受信アンテナ数3から2本のアンテナを選択する方法は3通りある。受信アンテナの信号の合成は、この3通りの組み合わせそれぞれから得られた信号を合成することになる。送信アンテナ数 m 、送信信号数 m 、受信アンテナ数 n の場合には、受信アンテナ数 n から m 本のアンテナを選択する組み合わせは、 $n C m$ 通りある。この場合、受信アンテナの信号の合成は、この $n C m$ 通りの組み合わせそれぞれから得られた信号を合成することになる。

30

【0156】

図18に、本実施の形態における受信装置の受信ユニットの構成の一例を示す。図18では、図14との対応する部分には同一符号を付し、その説明は省略する。受信ユニット1800は、例えば通信端末に設けられている。ここで受信ユニット1800が設けられた通信端末と通信を行う基地局の送信ユニットは例えば図1に示すように構成されており、基地局から送信される信号は図3に示すように構成されているものとする。

40

【0157】

ここで実施の形態3で説明した図14の受信ユニット1400と、本実施の形態の受信ユニット1800との違いは、受信ユニット1400がチャンネル変動行列の固有値に基づいて分離復調に用いるアンテナ信号を選択したのに対して、本実施の形態の受信ユニット1800はチャンネル変動行列の固有値に基づいて各アンテナ受信信号を重み付け合成する点である。そのため受信ユニット1800は、受信ユニット1400のアンテナ選択部1411及び信号処理部421の代わりに信号処理部1801を有し、信号処理部1801によってチャンネル変動行列の固有値に基づく各アンテナ受信信号の重み付け合成処理を行うようになっている。

【0158】

50

すなわち信号処理部1801は、拡散信号Aのチャンネル変動推定信号408、418、1408、拡散信号Bのチャンネル変動推定信号410、420、1410、逆拡散後の受信直交ベースバンド信号406、416、1406の3系統のアンテナ信号を入力し、実施の形態3と同様に2系統ずつの組み合わせを作り、組み合わせごとにチャンネル変動行列を作り、組み合わせごとにその固有値を算出する。また信号処理部1801は、組み合わせごとに、チャンネル変動行列の逆行列演算を行うことにより、組み合わせごとにチャンネルAの信号とチャンネルBの信号を分離する。そして組み合わせごとに分離したチャンネル信号をその組み合わせに対応する固有値を使って重み付けて合成する。そして信号処理部1801は、重み付け合成したチャンネル信号422、423を出力する。

【0159】

10

図19に、信号処理部1801の構成例を示す。信号処理部1801は固有値計算部1901及び分離合成部1903を有する。固有値計算部1901は、拡散信号Aのチャンネル変動推定信号408、418、1408、拡散信号Bのチャンネル変動推定信号410、420、1410を入力する。つまり、この実施の形態の場合には、3本のアンテナが設けられているので、3系統のチャンネル変動値を入力する。そして3系統のチャンネル変動値の中から2系統の組み合わせを作つて（この実施の形態の場合、3通りの組み合わせとなる）、その組み合わせごとにチャンネル変動行列を作成し、各チャンネル変動行列の固有値を計算する。そして組み合わせごとの固有値を固有値信号1902として出力する。

【0160】

分離合成部1903は、拡散信号Aのチャンネル変動推定信号408、418、1408、拡散信号Bのチャンネル変動推定信号410、420、1410、逆拡散後の受信直交ベースバンド信号406、416、1406、固有値信号1902を入力とし、組み合わせごとにチャンネル信号の分離処理を行うと共に、固有値信号1902を用いて各アンテナ受信信号の重み付け合成処理を行う。これにより、分離合成部1903は、拡散信号Aの受信直交ベースバンド信号422、拡散信号Bの受信直交ベースバンド信号423を得てこれを出力する。

20

【0161】

次に、本実施の形態における送信装置および受信装置の動作について詳しく説明する。

【0162】

基地局（送信装置）の動作は、実施の形態1での説明と同様であり、図3のフレーム構成にしたがった送信信号を送信する。

30

【0163】

通信端末（受信装置）は、図18の受信ユニット1800に設けられた3つのアンテナで送信信号を受信する。そして受信ユニット1800は、チャンネル変動推定部407、409、417、419、1407、1409によって、各アンテナ受信それぞれについて、チャンネルごとにチャンネル変動を推定する。

【0164】

次に受信ユニット1800は、複数のアンテナ受信信号の組み合わせを作り、各組み合わせごとにチャンネル変動行列を形成し、組み合わせごとのチャンネル変動行列の固有値を算出する。受信ユニット1800は、この組み合わせごとの固有値算出処理を固有値計算部1901によって行う。

40

【0165】

具体的には、固有値計算部1901は、図7の関係にあるチャンネル変動推定信号408、410、418、420を用いて（3）式で示すようなチャンネル変動行列を作成し、その固有値のうちパワーの小さいものの値P1を求める。また図7の関係にあるチャンネル変動推定信号408、410、1408、1410を用いて（3）式で示すようなチャンネル変動行列を作成し、その固有値のうちパワーの小さいものの値P2を求める。さらに図7の関係にあるチャンネル変動推定信号418、420、1408、1410を用いて（3）式で示すようなチャンネル変動行列を作成し、その固有値のうちパワーの小さいものの値P3を求める。そして固有値計算部1901は、求めたP1、P2、P3を固有値信号19

50

02として分離合成部1903に送出する。

【0166】

分離合成部1903は、まず、アンテナ受信信号の組み合わせごとにチャネル信号の分離処理を行う。この実施の形態の場合には、3組のアンテナ受信信号に関しての分離処理を行う。すなわち、分離合成部1903は、1組目については、信号408、410、406、418、420、416を用いて、図7の関係における(3)式を立て、その式の逆行列演算を行う。これにより得られる拡散信号Aの受信直交ベースバンド信号をRa1、拡散信号Bの受信直交ベースバンド信号をRb1とする。2組目については、信号408、410、406、1408、1410、1406を用いて、図7の関係における(3)式を立て、その式の逆行列演算を行う。これにより得られる拡散信号Aの受信直交ベースバンド信号をRa2、拡散信号Bの受信直交ベースバンド信号をRb2とする。3組目については、信号418、420、416、1408、1410、1406を用いて、図7の関係における(3)式を立て、その式の逆行列演算を行う。これにより得られる拡散信号Aの受信直交ベースバンド信号をRa3、拡散信号Bの受信直交ベースバンド信号をRb3とする。

10

【0167】

分離合成部1903は、このようにして得た各組の受信直交ベースバンド信号Ra1、Rb1、Ra2、Rb2、Ra3、Rb3と、各組に対応する固有値パワーP1、P2、P3を用いて、次式の重み付け合成演算を行うことにより、重み付け合成した拡散信号Aの受信直交ベースバンド信号Ra(422)、拡散信号Bの受信直交ベースバンド信号Rb(423)を得る。

20

【0168】

【数4】

$$Ra = \frac{1}{3(P1 + P2 + P3)} (P1 \times Ra1 + P2 \times Ra2 + P3 \times Ra3)$$

$$Rb = \frac{1}{3(P1 + P2 + P3)} (P1 \times Rb1 + P2 \times Rb2 + P3 \times Rb3)$$

…(4)

30

このように重み付けをして各チャネルの受信直交ベースバンド信号を求めることで、より正確な拡散信号A、Bの受信直交ベースバンド信号422、423が得られる。これは、固有値のパワーが実効受信電力に相当する値だからである。このように本実施の形態の受信処理では、チャネル変動行列の固有値パワーを用いて、受信レベルのうち有効に活用されている、つまり、実効受信レベルを求め、この実効受信レベルをもとに信号の合成を行っていることになる。

【0169】

分離合成部1903から出力された拡散信号A、Bの受信直交ベースバンド信号422、423はそれぞれ、図示しない復調部により直交復調処理が施され、受信データとされる。この結果、誤り率特性の良い各チャネルの受信データを得ることができる。

40

【0170】

かくして本実施の形態によれば、複数のアンテナから送信された複数の変調信号を、複数のアンテナで受信する受信装置において、各受信アンテナで得られた受信信号を、チャネル変動行列の固有値に基づいて重み付け合成するようにしたことにより、実効受信電力が大きなアンテナ受信信号ほど大きな重みをつけることが可能となり、受信した複数チャネル信号の誤り率特性を向上させることができる。

【0171】

なおこの実施の形態では、2本のアンテナから送信した2チャネルの変調信号を3本のアンテナで受信する場合について説明したが、送信アンテナ及び受信アンテナの数はこれに限らない。要は、送信アンテナを複数個設けると共に、受信アンテナをそれよりも多く

50

設け、複数の受信アンテナ信号の中からチャンネル数分の受信アンテナを選択する場合に広く適用することができる。

【 0 1 7 2 】

さらにこの実施の形態では、チャンネル変動行列の固有値のパワーを重み付け係数とし、この係数により受信直交ベースバンド信号を重み付け合成する方法について説明したが、これに限ったものではない。

【 0 1 7 3 】

さらに本実施の形態の方法は、畳み込み符号や、ターボ符号、低密度パリティ符号等の誤り訂正符号が施された信号を受信した場合にも適用することができる。この場合、重み付け結果に基づいてブランチメトリック、パスメトリックを順次求めて復号すればよい。例えば、“A simple transmit diversity technique for wireless communications” IEE E Journal on Select Areas in Communications, vol.16, no.8, October 1998で示されているMLD (Maximum Likelihood Detection) に対する重み付け係数として、本実施の形態で説明したチャンネル変動行列の固有値のパワーを用いてもよい。MLDを行う際の復調、復号化の際の重み付け係数としてチャンネル変動行列の固有値のパワーを用いると受信品質が向上する。なお、MLDに対する固有値を用いた重み付けの仕方については、実施の形態7以降で詳しく説明する。

【 0 1 7 4 】

(実施の形態 6)

本実施の形態では、実施の形態5で説明した処理をOFDM通信に適用した場合について説明する。本実施の形態の特徴は、実施の形態5で説明した、各受信アンテナで得られた受信信号をチャンネル変動行列の固有値に基づいて重み付け合成するといった処理を、キャリアごとに行う点である。

【 0 1 7 5 】

この実施の形態では、実施の形態5で用いた図18及び図19を流用して説明する。この実施の形態の受信ユニットは、図18の逆拡散部405、415、1405をフーリエ変換部(dft)に代え、図18のチャンネル変動推定部407、409、417、419、1407、1409をキャリアごとの信号のチャンネル変動を推定する構成とし、図18の信号処理部1801をキャリアごとのチャンネル変動行列の固有値を重み係数として用いてキャリアごとのアンテナ受信信号を重み付け合成する構成とすればよい。

【 0 1 7 6 】

実際には、信号処理部として、図19に示すような構成をキャリア分だけ設け、キャリアごとに実施の形態5で説明したチャンネル変動行列の固有値に基づく重み付け合成を行うようにすればよい。この結果、全てのキャリアの信号の誤り率特性を向上させることができるようになる。

【 0 1 7 7 】

ここで実施の形態4でも説明したように、OFDM信号は、周波数選択性フェージング等の影響により、キャリアごとに実効受信電力が大きく異なる。本実施の形態では、これを考慮して、キャリアごとに固有値のパワーを重み係数とした信号合成を行うことにより、キャリアごとに合成時の重み係数を変更する。これにより、全キャリアに亘って誤り率特性を向上させることができる。

【 0 1 7 8 】

かくして本実施の形態によれば、複数アンテナから送信されたOFDM信号を複数アンテナで受信する場合に、実施の形態5で説明した各受信アンテナで得られた受信信号をチャンネル変動行列の固有値に基づいて重み付け合成するといった処理を、キャリアごとに行うようにしたことにより、受信した複数チャンネルのOFDM信号の誤り率特性を全キャリアに亘って向上し得る受信装置を実現することができる。

【 0 1 7 9 】

なおこの実施の形態では、チャンネル変動行列の固有値のパワーを重み付け係数として、キャリアごとに受信直交ベースバンド信号を重み付け合成する方法について説明したが、

10

20

30

40

50

これに限ったものではない。

【 0 1 8 0 】

例えば、“A simple transmit diversity technique for wireless communications” I EEE Journal on Select Areas in Communications, vol.16, no.8, October 1998で示されている M L D (Maximum Likelihood Detection) に対する重み付け係数として、本実施の形態で説明したチャネル変動行列の固有値のパワーを用いてもよい。つまり、復調、復号化の際のキャリアごとの重み付け係数としてキャリアごとのチャネル変動行列の固有値のパワーを用いると受信品質が向上する。なお、M L D については、実施の形態 9、実施の形態 10 において詳しく説明する。

【 0 1 8 1 】

(実施の形態 7)

本実施の形態では、複数のアンテナから送信された複数の変調信号を、複数のアンテナで受信する受信装置において、チャネル変動行列の固有値や各アンテナ受信信号の受信電界強度を用いて、受信信号に対して重み付け処理を行って受信信号を復調する受信装置について説明する。

【 0 1 8 2 】

具体的には、分離後の各変調信号の軟判定値を、チャネル変動行列の固有値を用いて重み付けする。これにより、軟判定値に変調信号の実効受信電力に応じた適切な尤度をもたせることができるようになる。この結果、復号部によって得られる受信デジタル信号の誤り率特性が向上する。

【 0 1 8 3 】

先ず送信装置の構成について説明する。図 20 に、本実施の形態における送信装置の送信ユニットの構成の一例を示す。ここでこの実施の形態の送信ユニット 2000 と、図 1 の送信ユニット 100 との違いは、送信ユニット 2000 が誤り訂正符号化部 2001、2002 を有することである。その他の構成は、図 1 の送信ユニット 100 と同様なので、その説明は省略する。

【 0 1 8 4 】

誤り訂正符号化部 2001、2002 はそれぞれ、送信デジタル信号 101、111 を入力とし、送信デジタル信号 101、111 に対して畳み込み符号を用いた誤り訂正符号化処理を施すことにより誤り訂正符号化信号 2003、2004 を得てこれを出力する。

【 0 1 8 5 】

変調部 102、112 はそれぞれ、誤り訂正符号化信号 2003、2004 を入力とし、誤り訂正符号化信号 2003、2004 に対して変調処理を施す。この実施の形態では、変調部 102、112 が、図 22 に示すような B P S K 変調を施す場合について説明するが、Q P S K や 1 6 Q A M 等の他の変調処理を施してもよい。

【 0 1 8 6 】

ここで送信ユニット 2000 は例えば基地局に設けられており、この基地局は図 2 に示すような受信ユニット 200 を有する。また送信ユニット 2000 は図 3 に示すようなフレーム構成の信号を送信する。

【 0 1 8 7 】

次に受信装置の構成について説明する。図 21 に、送信ユニット 2000 から送信された信号を受信する本実施の形態の受信ユニットの構成を示す。受信ユニット 2100 は例えば通信端末に設けられている。この実施の形態の受信ユニット 2100 と、図 4 の受信ユニット 2100 との違いは、受信ユニット 2100 が固有値による係数計算部 2101、軟判定値計算部 2102、2104、誤り訂正復号化部 2103、2105、受信レベルによる係数計算部 2106 を有することである。その他の構成は、図 4 の受信ユニット 400 と同様なので、その説明は省略する。

【 0 1 8 8 】

固有値による係数計算部 2101 はチャネル変動推定情報 427 を入力とし、固有値か

10

20

30

40

50

ら求めた係数 2 1 1 0 を出力する。具体的には、実施の形態 1 でも説明したように、チャンネル変動推定情報 4 2 7 としてチャンネル変動 $h_{11}(t)$ 、 $h_{12}(t)$ 、 $h_{21}(t)$ 、 $h_{22}(t)$ の推定値を入力し、この推定値を要素とする (3) 式のチャンネル変動行列の固有値を計算し、固有値のパワーのうち最もパワーの小さい値に基づいて係数 2 1 0 1 を求める。すなわち、実施の形態 1 で説明した固有値による係数計算部 2 1 4 (図 2) と同じ計算を行って係数 2 1 1 0 を求め、これを軟判定値計算部 2 1 0 2、2 1 0 4 に送出する。

【0189】

受信レベルによる係数計算部 2 1 0 6 は受信直交ベースバンド信号 4 0 6、4 1 6 を入力とし、受信直交ベースバンド信号 4 0 6、4 1 6 に基づいて係数 2 1 1 5、2 1 1 6 を算出し、これらの係数 2 1 1 5、2 1 1 6 をそれぞれ軟判定値計算部 2 1 0 2、2 1 0 4 に送出する。具体的には、逆拡散部 4 0 5、4 1 5 おのおので得られた、拡散信号 A についての逆拡散信号 (受信直交ベースバンド信号) の受信レベルに基づき、拡散信号 A の受信レベルによる係数 2 1 1 5 を求めてこれを軟判定値計算部 2 1 0 2 に送出する。同様に逆拡散部 4 0 5、4 1 5 おのおので得られた、拡散信号 B についての逆拡散信号 (受信直交ベースバンド信号) の受信レベルに基づき、拡散信号 B の受信レベルによる係数 2 1 1 6 を求めてこれを軟判定値計算部 2 1 0 4 に送出する。

【0190】

軟判定値計算部 2 1 0 2 は拡散信号 A の受信直交ベースバンド信号 4 2 2、受信レベルから求めた係数 2 1 1 5、固有値から求めた係数 2 1 1 0 を入力とし、拡散信号 A の受信直交ベースバンド信号 4 2 2 に係数 2 1 1 5、2 1 1 0 を乗じることで軟判定値を得てこれを軟判定値信号 2 1 1 1 として出力する。誤り訂正復号化部 2 1 0 3 は軟判定値信号 2 1 1 1 を入力とし、軟判定値信号 2 1 1 1 に誤り訂正復号化処理を施すことにより誤り訂正復号化された受信デジタル信号 2 1 1 2 を得てこれを出力する。

【0191】

軟判定値計算部 2 1 0 4 は拡散信号 B の受信直交ベースバンド信号 4 2 3、受信レベルから求めた係数 2 1 1 6、固有値から求めた係数 2 1 1 0 を入力とし、拡散信号 B の受信直交ベースバンド信号 4 2 3 に係数 2 1 1 6、2 1 1 0 を乗じることで軟判定値を得てこれを軟判定値信号 2 1 1 3 として出力する。誤り訂正復号化部 2 1 0 5 は軟判定値信号 2 1 1 3 を入力とし、軟判定値信号 2 1 1 3 に誤り訂正復号化処理を施すことにより誤り訂正復号化された受信デジタル信号 2 1 1 4 を得てこれを出力する。

【0192】

因みに、本実施の形態における受信装置 (通信端末) は、図 2 1 に示す受信ユニット 2 1 0 0 に加えて、図 5 に示すような送信ユニット 5 0 0 を有し、送信ユニット 5 0 0 から図 6 に示すようなフレーム構成の信号を送信するものとする。

【0193】

次に、本実施の形態における送信装置および受信装置の動作について詳しく説明する。特に本実施の形態は、受信装置に特徴があるので受信装置の動作について詳しく説明する。また実施の形態 1 と同様の動作は省略し、実施の形態 1 と異なる動作を中心に説明する。

【0194】

受信ユニット 2 1 0 0 は、複数のアンテナ 4 0 1、4 1 1 において受信した信号に対して、無線信号処理、逆拡散処理、各拡散信号のチャンネル変動推定処理等を施した後、信号処理部 4 2 1 において (3) 式の逆行列演算を行うことで、拡散信号 A の受信直交ベースバンド信号 4 2 2、拡散信号 B の受信直交ベースバンド信号 4 2 3 を得る。

【0195】

ここで受信ユニット 2 1 0 0 が、図 2 2 に示すような信号点配置の BPSK 変調信号を受信したと仮定する。BPSK 変調における 2 点の信号点の I Q 平面上での座標を $(+1, 0, 0, 0)$ と $(-1, 0, 0, 0)$ で正規化すると、図 2 2 で示される例における受信直交ベースバンド信号 $R'(t)$ の軟判定値は、図 2 3 に示すように $+0.6$ となる。

10

20

30

40

50

【 0 1 9 6 】

本実施の形態において重要な動作は、軟判定値計算部 2 1 0 2、2 1 0 4 において、上記のように受信直交ベースバンド信号から得られる軟判定値に対して重み付けをする点であり、特に固有値から求めた係数を用いて重み付けする点である。

【 0 1 9 7 】

具体的には、まずチャネル変動情報生成部 4 2 6 において生成されたチャネル変動推定情報 4 2 7、すなわち推定された $h_{11}(t)$ 、 $h_{12}(t)$ 、 $h_{21}(t)$ 、 $h_{22}(t)$ を用い、固有値による係数計算部 2 1 0 1 において (3) 式に示したチャネル変動行列の固有値が求められ、固有値のうちパワーの最小となる値から係数 $D(t)$ 2 1 1 0 が算出される。

10

【 0 1 9 8 】

また一方で受信レベルによる係数計算部 2 1 0 6 において、 $R_1(t)$ と $R_2(t)$ の受信レベル (この実施の形態の場合、 $R_1(t)$ 、 $R_2(t)$ は逆拡散後の信号) から受信レベルから求めた係数 $C_a(t)$ 2 1 1 5 および $C_b(t)$ 2 1 1 6 が得られる。

【 0 1 9 9 】

以上のようにして得られた係数 $D(t)$ 、 $C_a(t)$ および受信直交ベースバンド信号 $R'_a(t)$ 4 2 2 を用い、軟判定値計算部 2 1 0 2 において受信信号の軟判定値 $S_a(t)$ 2 1 1 1 が次式により算出される。

【 0 2 0 0 】

【 数 5 】

$$S_a(t) = C_a(t) \times D(t) \times R'_a(t) \quad \dots\dots (5)$$

20

また同様に軟判定値算出部 2 1 0 4 において係数 $D(t)$ 、 $C_b(t)$ および受信直交ベースバンド信号 $R'_b(t)$ 4 2 3 を用い、軟判定値 $S_b(t)$ 2 1 1 3 が次式により算出される。

【 0 2 0 1 】

【 数 6 】

$$S_b(t) = C_b(t) \times D(t) \times R'_b(t) \quad \dots\dots (6)$$

誤り訂正復号化部 2 1 0 3 では、上記のようにして得られた軟判定値 $S_a(t)$ 2 1 1 1 を用いて誤り訂正復号化処理が行われる。同様に誤り訂正復号化部 2 1 0 5 では、上記のようにして得られた軟判定値 $S_b(t)$ 2 1 1 3 を用いて誤り訂正復号化処理が行われる。

30

【 0 2 0 2 】

ここで軟判定値計算部 2 1 0 2、2 1 0 4 で用いる重み付けのための係数 $C_a(t) \times D(t)$ および $C_b(t) \times D(t)$ は、実際に受信した受信電界強度に効率の係数を乗算した、実効受信電界強度を示している。この係数を乗算することで、受信特性を向上させることができる。

【 0 2 0 3 】

本実施の形態では、誤り訂正符号として畳み込み符号化が施されているので、例えばビタビ復号のような最尤復号が用いられる。軟判定値をどのようにして最尤復号に用いるかについては、既に様々な文献において開示されており、例えば軟判定値と各信号点との間のユークリッド距離を算出して用いる方法や、確率密度分布特性に基づいたメトリック値を算出する方法等がある。本実施の形態では、一例として 2 乗ユークリッド距離が算出されるものとする。すなわち、図 2 3 に示したような例では、各信号点からの尤度メトリック値 M_0 、 M_1 がそれぞれ以下の (7) 式、(8) 式に示すように算出される。これにより、ビタビ復号により復号された受信ディジタル信号 2 1 1 2、2 1 1 3 が得られる。

40

【 0 2 0 4 】

【数 7】

$$M_0(t) = (+0.6 - (-1.0))^2 = 2.56 \quad \dots\dots (7)$$

【0205】

【数 8】

$$M_1(t) = (+0.6 - (+1.0))^2 = 0.16 \quad \dots\dots (8)$$

かくして本実施の形態によれば、複数のアンテナから送信された複数の変調信号を、複数のアンテナで受信する受信装置において、分離処理して得た受信ベースバンド信号を用いて誤り訂正復号化を行う際、チャネル変動行列から算出した固有値の最小値に基づく係数 $D(t)$ を用いて軟判定値を重み付けするようにしたことにより、軟判定値に実効受信電力に基づく適切な尤度をもたせることが可能となり、受信データの誤り率特性を向上させることができる。

10

【0206】

なおこの実施の形態では、受信レベルによる係数を計算するにあたって、受信レベルによる係数計算部 2106 (図 21) によって、逆拡散部 405、415 の出力に基づいて、拡散信号 A の受信レベルによる係数 2115、拡散信号 B の受信レベルによる係数 2116 を求めているが、実施の形態 1 で説明した図 2 の受信パワーによる係数計算部 211 と同様にチャネル変動推定部 407、409、417、419 により得られるチャネル変動推定情報 $h_{11}(t)$ 、 $h_{12}(t)$ 、 $h_{21}(t)$ 、 $h_{22}(t)$ を用いて、係数 2115、2116 を求めるようにしてもよい。また各アンテナから受信された受信信号の RSSI (Received Signal Strength Indicator) から求めるようにしてもよい。これは、受信レベルによる係数を用いた処理を行う他の実施の形態についても同様である。

20

【0207】

またこの実施の形態では、固有値による係数 2110 に加えて受信レベルによる係数 2115、2116 を用いて軟判定値を重み付けする場合について述べたが、固有値による係数のみを用いて軟判定値を重み付けするようにしてもよい。

【0208】

さらに基地局の送信ユニットの構成は図 20 に示すものに限らない。例えば送信パワー変更部 108、118 は必須ではなく、変調信号 107、117 を各アンテナ 110、120 へ直接供給する構成としてもよい。

30

【0209】

また必要に応じて、誤り訂正符号化部 2001、2002 の前段や後段に誤り検出符号化を行う機能、信号の順序を入れ替えるインタリーブ機能や信号の一部を削除して冗長度を下げるバンクチャリング機能等を設けてもよく、このような機能部を設けても本発明には影響を与えない。このことは、誤り訂正符号化部を有する他の実施の形態についても同様である。

【0210】

さらにこの実施の形態では、誤り訂正符号化部 2001、2002 で畳み込み符号を用いた誤り訂正符号化処理を行う場合について述べたが、誤り訂正符号化処理に用いる誤り訂正符号は畳み込み符号に限らず、復号化時に軟判定値を用いて復号処理が可能な誤り訂正符号であれば他の符号を用いてもよい。例えばターボ符号や低密度パリティ符号を用いてもよい。この場合、受信ユニット 2100 の誤り訂正復号化部 2103、2105 でそれらの符号化に対応した復号化処理を行うようにすればよい。また誤り訂正符号化部 2001 と誤り訂正符号化部 2002 で必ずしも同じ形式の誤り訂正符号を用いる必要はなく、異なる符号を用いるようにしてもよい。さらには誤り訂正符号化部 2001、2002 を一つの誤り訂正符号化部に結合し、符号化後の信号を 2 系統に分離して変調部 102 と変調部 112 にそれぞれ供給する構成としてもよい。この場合、受信ユニット 2100 の誤り訂正復号化部 2103、2105 も一つの復号化処理部に結合した構成とすればよい

40

50

。これらのことは、誤り訂正符号化処理部を有する他の実施の形態についても同様である。

【0211】

さらにこの実施の形態では、図21に示すような構成の受信ユニット2100を例にとって説明したが、要は、チャンネル変動行列から算出した固有値の最小値に基づく係数を用いて軟判定値に重み付ければよいのであって、受信ユニットの構成は図21に示すものに限らず、例えば図24に示すように構成してもよい。

【0212】

図24の受信ユニット2400と、図21の受信ユニット2100との違いは、図21の受信ユニット2100が信号処理部421で逆行列演算による信号分離処理を行ったのに対して、図24の受信ユニット2400は軟判定値計算部2401によってMLD (Maximum Likelihood Detection) を行い、続く誤り訂正復号化部2403で軟判定値信号2402を拡散信号Aの受信デジタル信号2404と拡散信号Bの受信デジタル信号2405に分離する点である。このMLDを行うにあたって、固有値により求めた係数2110を用いれば、上述した実施の形態と同様に受信データの誤り率特性を向上させることができる。

10

【0213】

ここでは図20に示す送信ユニット2000の変調部102、112でQPSK変調が施された信号を、図24の受信ユニット2400でMLDを行って復調する場合を例にとって説明する。

20

【0214】

軟判定値計算部2401は受信直交ベースバンド信号406、416、チャンネル変動推定情報408、410、418、420、受信レベルによる係数2115、2116、固有値による係数2110を入力とし、先ず受信直交ベースバンド信号406、416の候補信号点位置（この例の場合、QPSKを想定しており1チャンネル当たり4個の候補信号点があるので、合計では4×4チャンネル=16個の候補信号点位置）をチャンネル変動推定情報408、410、418、420を用いて計算した後、この複数の候補点と受信点間の信号点距離を求め、さらにその信号点距離を受信レベルによる係数2115、2116、固有値による係数2110で重み付けたものを軟判定値信号2402として出力するようになっている。

30

【0215】

具体的に説明する。図25(a)に受信直交ベースバンド信号406（アンテナ401（アンテナ1）で受信された信号）の信号点位置2501と各候補信号点位置とを示し、図25(b)に受信直交ベースバンド信号416（アンテナ411（アンテナ2）で受信された信号）の信号点位置2502と各候補信号点位置とを示す。

【0216】

軟判定値計算部2401は、拡散信号Aのチャンネル変動推定信号408および拡散信号Bのチャンネル変動推定信号410から、送信4ビット(0000)、(0001)、・・・、(1111)の候補信号点を図25(a)のように定める。そして受信直交ベースバンド信号406の信号点2501と各候補信号点との距離を求める。実際には、信号点距離の2乗値(パワー値)を求める。ここで送信4ビット(0000)、(0001)、・・・、(1111)と受信点2501との信号点距離の2乗値をそれぞれx0000(t)、x0001(t)、x0010(t)、x1111(t)と記述する。

40

【0217】

同様に、軟判定値計算部2401は、拡散信号Aのチャンネル変動推定信号418および拡散信号Bのチャンネル変動推定信号420から、送信4ビット(0000)、(0001)、・・・、(1111)の候補信号点を図25(b)のように定める。そして受信直交ベースバンド信号416の信号点2502と各候補信号点との距離を求める。実際には、信号点距離の2乗値(パワー値)を求める。ここで送信4ビット(0000)、(0001)、・・・、(1111)と受信点2502との信号点距離の2乗値をそれぞれy00

50

$z_{0000}(t)$ 、 $z_{0001}(t)$ 、 $z_{0010}(t)$ 、 $z_{1111}(t)$ と記述する。

【0218】

そして軟判定値計算部2401は、軟判定値を固有値による係数2110と受信レベルによる係数2115、2116を用いて重み付ける。具体的には、重み付けした軟判定値 $z_{0000}(t) = C_a(t) D(t) \{x_{0000}(t) + y_{0000}(t)\}$ のようにして求める。同様に、 $z_{0001}(t)$ 、 $z_{0010}(t)$ 、 \dots 、 $z_{1111}(t)$ を求める。なお $C_a(t)$ を $C_b(t)$ に置き換えてもよい。軟判定値計算部2401は、このようにして重み付けした軟判定値 $z_{0000}(t)$ 、 $z_{0001}(t)$ 、 \dots 、 $z_{1111}(t)$ を軟判定値信号2402として出力する。

【0219】

誤り訂正復号化部2403は、このようにMLD処理および固有値により重み付け処理された軟判定値信号2402を誤り訂正復号化することにより、拡散信号Aの誤り訂正復号化信号2404及び拡散信号Bの誤り訂正復号化信号2405を得てこれを出力する。

【0220】

(実施の形態8)

本実施の形態では、実施の形態7で説明した処理をOFDM通信に適用した場合について説明する。本実施の形態の特徴は、チャネル変動推定結果から算出した固有値に基づく係数を用いて軟判定値を重み付けするといった処理を、サブキャリアごとに行うようにすることである。

【0221】

図26に、本実施の形態における送信装置の送信ユニットの構成例を示す。なお図26において図10との対応部分には同一符号を付し、図10を用いて既に説明した部分については説明を省略する。

【0222】

図26の送信ユニット2600と図10の送信ユニット1000との違いは、送信ユニット2600が誤り訂正符号化部2601、2603を有し、誤り訂正符号化部2601、2603が送信デジタル信号101、111に畳み込み符号等を用いた誤り訂正符号化処理を施し、誤り訂正符号化した信号2602、2604を変調部102、112に送出することである。これにより送信ユニット2600においては、誤り訂正符号化したデータをOFDM処理するので、送信データを周波数軸方向に符号化されている状態とすることができる。

【0223】

ここで送信ユニット2600は例えば基地局に設けられており、この基地局は図2に示すような受信ユニット200を有する。また送信ユニット2600は図11に示すようなフレーム構成の信号を送信する。

【0224】

図27に、送信ユニット2600から送信された信号を受信する本実施の形態の受信ユニットの構成を示す。ここで受信ユニット2700は、大まかには、図12で説明した受信ユニット1200と図21で説明した受信ユニット2100とを組み合わせた構成となっているので、図12及び図21で既に説明した部分については説明を省略し、本実施の形態での特徴部分のみを説明する。なお図27では、図12と対応する部分については図12と同一符号を付した。

【0225】

各チャネル変動推定部1207、1209、1217、1219は、各サブキャリアに配置されていた推定用シンボルに基づいてサブキャリアごとのチャネル変動を推定する。チャネル変動情報生成部2703、固有値による係数計算部2705は、サブキャリアごとに、図21のチャネル変動生成部426、固有値による係数計算部2101と同じ処理を行うことにより、サブキャリアごとに固有値による係数2706を求め、これを軟判定値計算部2707、2711に送出する。

【0226】

10

20

30

40

50

受信レベルによる係数計算部2701は、無線部1203、1213からの出力信号1204、1214、離散フーリエ変換部(dft)1205、1215からの出力信号1206、1216、各チャンネル変動推定部1207、1209、1217、1219からの出力信号1208、1210、1218、1220を入力し、これらのいずれか又は全てを使って、サブキャリアごとに受信レベルによる係数2702を求めてこれを軟判定値計算部2707、2711に送出する。

【0227】

軟判定値計算部2707、2711は、入力されたチャンネルAの受信直交ベースバンド信号群1222、チャンネルBの受信直交ベースバンド信号群1223を、固有値による係数2706及び受信レベルによる係数2702によって重み付けて、軟判定値信号2708、2712を出力する。ここで軟判定値計算部2707、2711は、サブキャリアごとに、図21の軟判定値計算部2102、2104について説明したのと同様の重み付け処理を行うようになっている。つまり、同じサブキャリアの受信直交ベースバンド信号、固有値による係数、受信レベルによる係数を用いて、サブキャリアごとに異なる重み付け処理を行う。

【0228】

このようにして、サブキャリアごとに重み付けされた軟判定値信号2708、2712が得られ、この軟判定値信号2708、2712が誤り訂正復号化部2709、2713によって誤り訂正復号化処理されて受信デジタル信号2710、2714が得られる。

【0229】

かくして本実施の形態によれば、複数のアンテナから送信された複数のOFDM変調信号を、複数のアンテナで受信する受信装置において、チャンネル変動推定結果から算出した固有値に基づく係数を用いて軟判定値を重み付けするといった処理を、サブキャリアごとに行うようにしたことにより、周波数選択性フェージング等によりサブキャリアごとの実効受信電力が変化した場合でも、軟判定値にサブキャリアごとの実効受信電力に基づく適切な尤度をもたせることが可能となり、受信データの誤り率特性を向上させることができる。

【0230】

なおこの実施の形態では、図27に示すような構成の受信ユニット2700を例にとって説明したが、要は、サブキャリアごとのチャンネル変動推定結果から算出したサブキャリアごとの固有値の最小値に基づく係数を用いて、サブキャリアごとの軟判定値に重み付ければよいのであって、受信ユニットの構成は図27に示すものに限らず、例えば図28に示すように構成してもよい。

【0231】

図28の受信ユニット2800と、図27の受信ユニット2700との違いは、図27の受信ユニット2700が信号処理部1221で逆行列演算による信号分離処理を行ったのに対して、図28の受信ユニット2800は軟判定値計算部2801によってMLD(Maximum Likelihood Detection)を行い、続く誤り訂正復号化部2803で軟判定値信号2802を受信デジタル信号2804と受信デジタル信号2805に分離する点である。

【0232】

MLD処理については、実施の形態7で図24を用いて説明したので、ここでの説明は省略する。但し、上述した図24の軟判定値計算部2401とこの実施の形態の図28の軟判定値計算部2801との違いは、軟判定値計算部2801がサブキャリア単位で軟判定値計算部2401と同様の処理を行うことである。すなわち、軟判定値計算部2801は、受信直交ベースバンド信号群1206、1216の全ての候補信号点位置をチャンネル変動推定情報1208、1210、1218、1220を用いて計算するといった処理をサブキャリア単位で行った後、サブキャリア単位で複数の候補点と受信点の間の信号点距離を求め、さらにサブキャリア単位でその信号点距離を受信レベルによる係数2702、固有値による係数2706で重み付けたものを軟判定値信号2802として出力する。つ

10

20

30

40

50

まり、サブキャリアごとの軟判定値が軟判定値信号 2 8 0 2 として出力される。

【 0 2 3 3 】

(実施の形態 9)

本実施の形態の特徴は、実施の形態 7 と比較して、各アンテナから送信するデータを個別に誤り訂正符号化処理するのではなく、1つの誤り訂正符号化部で誤り訂正符号化処理した後に、各アンテナに供給するようにしたことである。これにより、受信側で M L D (Maximum Likelihood Detection) 処理及び誤り訂正復号処理を行うにあたって、M L D 処理部及び誤り訂正復号化部に一系統の誤り訂正符号が入力されるようになるので、誤り率特性の向上したデータを得ることができるようになる。

【 0 2 3 4 】

図 2 0 との対応部分に同一符号を付して示す図 2 9 に、本実施の形態の送信ユニット 2 9 0 0 の構成を示す。本実施の形態の送信ユニット 2 9 0 0 と図 2 0 の送信ユニット 2 0 0 0 との違いは、送信ユニット 2 0 0 0 がアンテナ 1 1 0、1 2 0 ごとに誤り訂正符号化部 2 0 0 1、2 0 0 2 を設け、アンテナ 1 1 0、1 2 0 ごとの送信デジタル信号 1 0 1、1 1 1 を個別に誤り訂正符号化処理したのに対して、送信ユニット 2 9 0 0 は誤り訂正符号化部 2 9 0 2 によって送信デジタル信号 2 9 0 1 をまとめて誤り訂正処理した後に、誤り訂正符号化データ 2 9 0 3、2 9 0 4 に分流して変調部 1 0 2、1 1 2 に供給する点である。

【 0 2 3 5 】

図 2 4 との対応部分に同一符号を付して示す図 3 0 に、本実施の形態の受信ユニット 3 0 0 0 の構成を示す。受信ユニット 3 0 0 0 は送信ユニット 2 9 0 0 から送信された信号を受信する。つまり、受信ユニット 3 0 0 0 は、1つの誤り訂正符号化部 2 9 0 2 で誤り訂正符号化された信号を受信することになる。この結果、軟判定値計算部 2 4 0 1 及び誤り訂正復号化部 3 0 0 1 では、1系統の誤り訂正符号化信号の軟判定値を計算して誤り訂正復号化処理を行うことになるため、複数系統の誤り訂正符号化信号について別々に軟判定値を計算して誤り訂正復号化処理を行う場合と比較して(例えば図 2 4 の受信ユニット 2 4 0 0 と比較して)、誤り訂正能力が向上する。これにより、誤り率特性の向上した受信デジタル信号 3 0 0 2 を得ることができる。

【 0 2 3 6 】

かくして本実施の形態によれば、実施の形態 7 での構成と比較して、送信データを誤り訂正符号化処理して複数のアンテナから送信するにあたって、送信データを1つの誤り訂正符号化部 2 9 0 2 で誤り訂正符号化するようにしたことにより、受信側で M L D 処理及び誤り訂正復号化処理する場合の誤り訂正能力を向上させることができ、一段と誤り率特性の向上した受信データを得ることができる。

【 0 2 3 7 】

(実施の形態 1 0)

本実施の形態では、実施の形態 9 の特徴を O F D M 通信に適用した場合について説明する。

【 0 2 3 8 】

図 3 1 に、本実施の形態における送信装置の送信ユニットの構成例を示す。なお図 3 1 において図 2 6 との対応部分には図 2 6 と同一符号を付した。本実施の形態の送信ユニット 3 1 0 0 と図 2 6 の送信ユニット 2 6 0 0 との違いは、送信ユニット 2 6 0 0 がアンテナ 1 1 0、1 2 0 ごとに誤り訂正符号化部 2 6 0 1、2 6 0 2 を設け、アンテナ 1 1 0、1 2 0 ごとの送信デジタル信号 1 0 1、1 1 1 を個別に誤り訂正符号化処理したのに対して、送信ユニット 3 1 0 0 は誤り訂正符号化部 3 1 0 2 によって送信デジタル信号 3 1 0 1 をまとめて誤り訂正処理した後に、誤り訂正符号化データ 3 1 0 3、3 1 0 4 に分流して変調部 1 0 2、1 1 2 に供給する点である。

【 0 2 3 9 】

図 2 8 との対応部分に同一符号を付して示す図 3 2 に、本実施の形態の受信ユニット 3 2 0 0 の構成を示す。受信ユニット 3 2 0 0 は送信ユニット 3 1 0 0 から送信された信号

10

20

30

40

50

を受信する。つまり、受信ユニット3200は、1つの誤り訂正符号化部3102で誤り訂正符号化された信号を受信することになる。この結果、軟判定値計算部2801及び誤り訂正復号化部3201では、1系統の誤り訂正符号化信号の軟判定値を計算して誤り訂正復号化処理を行うこととなるため、複数系統の誤り訂正符号化信号について別々に軟判定値を計算して誤り訂正復号化処理を行う場合と比較して（例えば図28の受信ユニット2800と比較して）、誤り訂正能力が向上する。これにより、誤り率特性の向上した受信デジタル信号3202を得ることができる。

【0240】

かくして本実施の形態によれば、実施の形態8での構成と比較して、送信データを誤り訂正符号化処理して複数のアンテナから送信するにあたって、送信データを1つの誤り訂正符号化部3102で誤り訂正符号化するようにしたことにより、受信側でMLD処理及び誤り訂正復号化処理する場合の誤り訂正能力を向上させることができ、一段と誤り率特性の向上した受信データを得ることができる。

【0241】

（実施の形態11）

本実施の形態の特徴は、チャンネル変動行列の固有値を用いた復調処理を行う受信装置において、各アンテナ受信信号の信号レベルを検出し、各アンテナ受信信号の信号レベルを等しくする受信レベル制御部を設けるようにしたことである。

【0242】

図21との対応部分に同一符号を付して示す図33に、本実施の形態による受信ユニット3300の構成を示す。受信ユニット3300は、受信レベル制御部3301を有することを除いて、図21の受信ユニット2100と同様の構成である。

【0243】

受信レベル制御部3301は受信直交ベースバンド信号404、414を入力とし、これらの受信直交ベースバンド信号404、414の信号レベルを検出し、受信直交ベースバンド信号404、414の信号レベルを等しくするためのゲイン制御信号3302、3303を無線部403、413に送出する。無線部403、413は、ゲイン制御信号3302、3303に基づいて、増幅器のゲインを変更する。

【0244】

次に本実施の形態の受信ユニット3300の動作について説明する。受信ユニット3300は、受信レベル制御部3301によってアンテナ401、411で受信したそれぞれの受信信号のレベルが等しくなるように、つまり、無線部403、413から出力されるそれぞれの受信直交ベースバンド信号404、414の出力レベルが等しくなるように制御する。

【0245】

例えば、-40dBmの信号をアンテナ401、411で受信した場合、受信直交ベースバンド信号404、414の電圧は、2Vとなるように制御する。これに対して、-46dBmの信号をアンテナ401で受信し、-46dBmの信号をアンテナ411で受信した場合には、受信直交ベースバンド信号404、414の電圧を共に2Vとなるように制御するのではなく、受信直交ベースバンド信号404は2V、受信直交ベースバンド信号414の電圧は1Vとなるように制御する。このようにして、受信直交ベースバンド信号404、414の信号レベルを等しくする。

【0246】

このように各アンテナからの信号レベルを等しくすると、チャンネル変動行列の固有値を使って復調を行う際の復調精度が一段と向上するようになる。なぜなら、チャンネル変動行列の固有値は、各アンテナの受信信号レベルが近いほどその値に意味をもつからである。各アンテナ受信信号の信号レベルを別々に制御し、受信直交ベースバンド信号404、414の値を同一電圧となるように制御した場合には、固有値には実効受信電力の指標としての意味が少なくなってしまう。

【0247】

10

20

30

40

50

なお上述した実施の形態のうち、固有値による係数と共に受信レベルによる係数を用いて、これらの係数を実効受信電力の指標として復調を行うようにした実施の形態では、各アンテナ受信信号の信号レベルが異なる場合でも、この信号レベルの差を受信レベルの係数に反映して固有値を補正すれば、本実施の形態のように信号レベルを等しくすると同等の効果を得ることができる。

【0248】

かくして本実施の形態によれば、チャンネル変動行列の固有値を用いて復調処理を行う受信装置において、各アンテナ受信信号の信号レベルを検出し、各アンテナ受信信号の信号レベルを等しくするようにしたことにより、固有値の値を一段と実効受信電力の指標として用いるのに適切な値とすることができ、一段と誤り率特性の向上した受信データを得ることができる。

10

【0249】

なお各アンテナ受信信号の信号レベルの制御は、図33に示す構成の受信ユニット3300に適用する場合に限らず、要は、固有値を用いて復調処理を行う場合に広く適用することができる。

【0250】

(実施の形態12)

本実施の形態では、実施の形態11の特徴をOFDM通信に適用した場合について説明する。

【0251】

図27との対応部分に同一符号を付して示す図34に、本実施の形態による受信ユニット3400の構成を示す。受信ユニット3400は、受信レベル制御部3401を有することを除いて、図27の受信ユニット2700と同様の構成でなる。

20

【0252】

受信レベル制御部3401は受信直交ベースバンド信号1204、1214を入力とし、これらの受信直交ベースバンド信号1204、1214の信号レベルを検出し、受信直交ベースバンド信号1204、1214の信号レベルを等しくするためのゲイン制御信号3402、3403を無線部1203、1213に送出する。無線部1203、1213は、ゲイン制御信号3402、3403に基づいて、増幅器のゲインを変更する。

【0253】

このように各アンテナ受信信号の信号レベルが等しくなるように制御したので、フーリエ変換後の信号1206、1216の対応するサブキャリア間での信号レベルもほぼ等しくすることができる。これにより、サブキャリア単位でチャンネル変動行列の固有値を用いた復調を行うにあたって、各サブキャリアについての固有値をサブキャリアごとの実効受信電力を的確に反映したものとすることができる。

30

【0254】

かくして本実施の形態によれば、サブキャリアごとにチャンネル変動行列の固有値を用いて復調処理を行う受信装置において、各アンテナ受信信号の信号レベルを検出し、各アンテナ受信信号の信号レベルを等しくするようにしたことにより、サブキャリアごとの固有値の値を実効受信電力の指標として用いるのに適切な値とすることができ、一段と誤り率特性の向上したOFDM受信データを得ることができる。

40

【0255】

(実施の形態13)

本実施の形態では、複数アンテナから時間空間符号(Space Time Code)化された変調信号を送信し、受信側でその受信信号をチャンネル変動行列の固有値を用いて復調することを提案する。特に、この実施の形態では、チャンネル変動行列の固有値を用いて受信アンテナを選択し、選択した受信アンテナで受信された時空間符号化信号のみを用いて受信信号の復調を行う。

【0256】

ここで時空間符号化は既知の技術であり、例えば“Space-Time Block Codes from Orth

50

ogonal Design” IEEE Transactions on Information Theory, pp.1456-1467, vol.45, no. 5, July 1999に記載されている。

【 0 2 5 7 】

図 3 5 及び図 3 6 を用いて時空間符号化の概要を説明する。時空間符号化を用いた通信システムでは、図 3 5 に示す送信信号 A を図 3 6 の送信アンテナ 3 6 0 1 から送信すると同時に、図 3 5 に示す送信信号 B を図 3 6 の送信アンテナ 3 6 0 2 から送信する。すると、各アンテナ 3 6 0 1、3 6 0 2 から送信された送信信号 A と送信信号 B は、それぞれチャネル変動 $h_1(t)$ 、 $h_2(t)$ をうけて受信アンテナ 3 6 0 3 により受信される。

【 0 2 5 8 】

因みに図 3 5 において、3 5 0 1、3 5 0 4 は電波伝搬環境推定シンボルを示し、3 5 0 2、3 5 0 3、3 5 0 5、3 5 0 6 は符号化されたシンボル群を示す。また S 1 と S 2 を異なる信号とし、シンボル群 3 5 0 2 では信号 S 1 を、シンボル群 3 5 0 3 では信号 S 2 の負の複素共役である信号 $-S_2^*$ を、シンボル群 3 5 0 5 では信号 S 2 を、シンボル群 3 5 0 6 では信号 S 1 の複素共役である信号 S_1^* を送る。ここで * は複素共役を示す。

10

【 0 2 5 9 】

すると、アンテナ 3 6 0 1、3 6 0 2 から送信された信号 S 1、S 2 と、アンテナ 3 6 0 3 で受信された信号 R 1、R 2 との関係は次式により表すことができる。

【 0 2 6 0 】

【 数 9 】

$$\begin{pmatrix} R1 \\ -R2^* \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} h1 & h2 \\ -h2^* & h1^* \end{pmatrix} \begin{pmatrix} S1 \\ S2 \end{pmatrix} \dots\dots\dots (9)$$

20

ただし、(9) 式において、R 1 は図 3 5 のシンボル群 3 5 0 2 とシンボル群 3 5 0 5 を受信したときの受信信号、R 2 は図 3 5 のシンボル群 3 5 0 3 とシンボル群 3 5 0 6 を受信したときの受信信号である。

【 0 2 6 1 】

(9) 式からも分かるように、このような時空間符号化技術を用いれば、求めるべき送信信号 S 1、S 2 を、受信信号の最大比合成により得ることができるので、受信信号から送信信号を精度良く推定することができるようになる。以上が時空間符号化技術の概要である。

30

【 0 2 6 2 】

次に本実施の形態の構成について説明する。実施の形態 9 で説明した図 2 9 との対応部分に同一符号を付して示す図 3 7 に、本実施の形態による送信装置の送信ユニット 3 7 0 0 の構成を示す。図 2 9 の送信ユニット 2 9 0 0 と本実施の形態の送信ユニット 3 7 0 0 との違いは、送信ユニット 3 7 0 0 の誤り訂正符号化部 3 7 0 1 が送信デジタル信号 2 9 0 1 に対して時空間符号化処理を施して出力する点である。すなわち、誤り訂正符号化部 3 7 0 1 は、誤り訂正符号化信号 2 9 0 3 と誤り訂正符号化信号 2 9 0 4 が、図 3 5 の送信信号 A と送信信号 B のような関係なるような符号化処理を行う。これにより、送信ユニット 3 7 0 0 のアンテナ 1 1 0、1 2 0 から時空間符号化された信号が送信される。

40

【 0 2 6 3 】

図 3 8 に、送信ユニット 3 7 0 0 から送信された時空間符号化信号を受信する受信ユニット 3 8 0 0 の構成を示す。図 3 8 では、実施の形態 3 で説明した図 1 4 との対応部分に同一符号を付して示す。図 1 4 の受信ユニット 1 4 0 0 と本実施の形態の受信ユニット 3 8 0 0 との違いを述べる。

【 0 2 6 4 】

実施の形態 3 の受信ユニット 1 4 0 0 のアンテナ選択部 1 4 1 1 は、チャネル推定値を含んだ 3 つのアンテナ受信信号 4 0 8、4 1 0、4 0 6、4 1 8、4 2 0、4 1 6、1 4 0 8、1 4 1 0、1 4 0 6 の中から、2 つのアンテナ受信信号の組み合わせをつくり、組

50

み合わせごとの固有値を求め、固有値の最小パワーが最も大きい組み合わせの2つのアンテナ受信信号を選択して選択信号1412、1413、1414、1415、1416、1417として出力した。

【0265】

これに対して、この実施の形態の受信ユニット3800のアンテナ選択部3801は、チャンネル推定値を含んだ3つのアンテナ受信信号408、410、406、418、420、416、1408、1410、1406の中から、各アンテナ受信信号ごとに固有値を求め（すなわち各アンテナ受信信号ごとに(9)式の固有値を求め）、固有値の最小パワーが最も大きかった1つのアンテナ受信信号を選択して選択信号3802、3803、3804として出力する。このように1つのアンテナ受信信号ごとに固有値を求めることができるのは、各アンテナで受信される信号が時空間符号化された信号であり、1つのアンテナ受信信号のみで(9)式に示したようなチャンネル推定行列が得られるからである。

10

【0266】

また実施の形態3の受信ユニット1400の信号処理部421は、入力された2つのアンテナ受信信号1412、1413、1414、1415、1416、1417を(3)式の逆行列演算により分離することにより、2系統の受信直交ベースバンド信号422、423を得るようにした。

【0267】

これに対して、この実施の形態の受信ユニット3800の信号処理部3805は、入力された1つのアンテナ受信信号を(9)式に基づき最大比合成することにより、S1、S2の受信デジタル信号3806を得るようになっている。

20

【0268】

図39に、アンテナ選択部3801の構成を示す。アンテナ選択部3801は固有値計算部3901及び信号選択部3903を有する。固有値計算部3901には、各アンテナ受信信号から得られたチャンネル変動408と410、418と420、1408と1410が入力される。固有値計算部3901はチャンネル変動408と410を使って(9)式の固有値を求める。同様に、固有値計算部3901はチャンネル変動418と420を使って(9)式の固有値を求め、チャンネル変動1408と1410を使って(9)式の固有値を求める。このようにしてアンテナごとの固有値を計算する。そして固有値の最小パワーを比較し、固有値の最小パワーが最大であるアンテナを検出し、そのアンテナを示す制御信号3902を信号選択部3903に送出する。

30

【0269】

信号選択部3903は、アンテナ401の受信信号から得られた信号408、410、406、アンテナ411の受信信号から得られた信号418、420、416、アンテナ1401の受信信号から得られた信号1408、1410、1406の中から、制御信号3902で示されるアンテナに対応する信号を選択信号3602、3603、3604として出力する。

【0270】

次に本実施の形態の受信ユニット3800の動作を説明する。受信ユニット3800は、各受信アンテナ401、411、1401によって、複数の送信アンテナ110、120(図37)から送信された時空間符号化された信号を受信する。受信ユニット3800は、受信アンテナごとにチャンネル変動値 $h_1(t)$ 、 $h_2(t)$ を推定する。

40

【0271】

そして受信ユニット3800は、アンテナ選択部3801によって、受信アンテナごとのチャンネル変動値から、受信アンテナごとに(9)式に示すチャンネル変動行列の固有値を算出する。アンテナ選択部3801は、固有値の最小パワーが最大であるアンテナ受信信号を選択する。これにより、実効受信電力が最大であるアンテナ受信信号が選択される。そして受信ユニット3800は、選択したアンテナ受信信号を復調することで受信データを得る。

【0272】

50

かくして本実施の形態によれば、複数のアンテナから送信された時空間符号化信号を複数のアンテナで受信する受信装置において、各アンテナで受信された時空間符号化信号のチャンネル変動行列の固有値を算出し、固有値の最小パワーが最も大きいアンテナ受信信号を選択して復調処理を行うようにしたことにより、実効受信電力の最も大きいアンテナ受信信号を選択して復調できるため、誤り率特性の良い受信データを得ることができる。

【0273】

なおこの実施の形態では、送信アンテナが2つで、図35に示すような時空間符号を用いた場合について述べたが、送信アンテナの数は2つに限らず、時空間符号も図35に示すものに限らない。

【0274】

(実施の形態14)

本実施の形態では、実施の形態13と同様に、複数アンテナから時間空間符号(Space Time Code)化された変調信号が送信された場合、受信側で、各アンテナ受信信号ごとのチャンネル変動行列の固有値を求め、固有値の最小パワーの最も大きいアンテナ受信信号を選択して復調を行うようにする。但し、この実施の形態では、実施の形態13の特徴をOFDM通信に適用する場合について説明する。

【0275】

図40に、時空間符号をOFDM変調して送信する場合のフレーム構成を示す。図35と比較すれば分かるように、同じ周波数帯域のサブキャリア1に時空間符号を配置するようにしている。因みに、他のサブキャリアにも同様に互に対応する時空間符号を配置する。このような送信信号A、Bは、図37の拡散部104、114を逆離散フーリエ変換部(idft)に置き換えることで形成することができる。

【0276】

図40に示すようなフレームの信号を受信する受信ユニットは、図38の逆拡散部405、415、1405を離散フーリエ変換部(dft)に置き換え、拡散信号Aのチャンネル変動推定部407、417、1407をチャンネルAのチャンネル変動推定部に置き換え、拡散信号Bのチャンネル変動推定部409、419、1409をチャンネルBのチャンネル変動推定部に置き換えるようにすればよい。但し、チャンネルAのチャンネル変動推定部ではサブキャリアごとのチャンネル変動を推定するようにし、同様にチャンネルBのチャンネル変動推定部ではサブキャリアごとのチャンネル変動を推定するようにする。

【0277】

そしてアンテナ選択部3801では、サブキャリアごとに各アンテナで受信された時空間符号化信号のチャンネル変動行列の固有値を算出し、サブキャリアごとに固有値の最小パワーが最も大きいアンテナ受信信号を選択するようにすればよい。

【0278】

このようにすれば、実効受信電力が最大となるアンテナをサブキャリアごとに選択できるので、サブキャリアごとに最適なアンテナを選択できるようになる。この結果、全てのサブキャリアでの誤り率特性を向上させることができる。

【0279】

かくして本実施の形態によれば、複数のアンテナから送信された時空間符号化されたOFDM変調信号を、複数のアンテナで受信する受信装置において、各アンテナで受信された時空間符号化信号のチャンネル変動行列の固有値をサブキャリアごとに算出し、固有値の最小パワーが最も大きいアンテナ受信信号をサブキャリアごとを選択して復調処理を行うようにしたことにより、サブキャリアごとに実効受信電力の最も大きいアンテナ受信信号を選択して復調できるため、全サブキャリアに亘って誤り率特性の良い受信データを得ることができる。

【0280】

なおこの実施の形態では、時空間符号をOFDM変調して送信する場合のフレーム構成として図40に示すようなフレーム構成を例にとったが、図41に示すようなフレーム構成の信号を複数アンテナで受信する場合でも、受信アンテナごとのチャンネル変動行列の固

10

20

30

40

50

有値に基づいてアンテナを選択すれば、上述した実施の形態と同様に実効受信電力が最大のアンテナ受信信号を選択できるので、受信データの誤り率特性を向上させることができるようになる。因みに、図41に示す符号化は、時間-空間符号化に対して、一般に、時間-周波数符号化と呼ばれるものである。

【0281】

すなわち、本発明による固有値を基準とした受信アンテナの選択方法は、時間-空間符号化に限らず、周波数-空間符号化や、時間-空間符号化と周波数-空間符号化を同時に行う周波数-時間-空間符号化に適用した場合にも、上述した実施の形態と同様の効果を得ることができる。

【0282】

(実施の形態15)

上述した実施の形態13では、時空間符号化された受信信号を複数のアンテナで受信する場合に、各アンテナ受信信号のチャンネル変動行列の固有値に基づいて受信アンテナを選択し(すなわち受信アンテナを1つだけ選択し)、選択した受信アンテナで得られた信号を復調することにより受信データを得ることを提案した。

【0283】

これに対して、本実施の形態では、時空間符号化された受信信号を複数のアンテナで受信する場合に、各アンテナ受信信号のチャンネル変動行列の固有値に基づいて各アンテナ受信信号を重み付け合成し、重み付け合成した受信信号を復調することにより受信データを得る方法および装置を提案する。

【0284】

本実施の形態の固有値によるアンテナ受信信号の重み付け合成方法は、上述した実施の形態5の合成方法と似ている。但し、本実施の形態の合成方法と実施の形態5の合成方法は以下の点で相違する。

【0285】

実施の形態5の合成方法では、まず、複数のアンテナ受信信号の組み合わせを作り、各組み合わせごとにチャンネル変動行列を形成し、組み合わせごとのチャンネル変動行列の固有値を算出する。そして、各組み合わせのアンテナ受信信号とその組み合わせに対応するチャンネル変動行列を使って各変調信号を分離すると共に、各組み合わせで分離した変調信号を分離の際に用いたチャンネル変動行列の固有値を使って重み付け合成した。

【0286】

これに対して、本実施の形態の合成方法では、各アンテナ受信信号ごとに(9)式に示したようなチャンネル変動行列を作り、各アンテナ受信信号ごとのチャンネル変動行列の固有値を計算する。そしてその固有値に基づいて各アンテナ受信信号を重み付け合成する。このように本実施の形態では、実施の形態5のようにアンテナ受信信号の組み合わせを作ることなく、各アンテナ受信信号個別にチャンネル変動行列を作り、各アンテナ受信信号個別に固有値を求める。これが可能なのは、受信信号が時空間符号化された信号だからである。

【0287】

実施の形態5で説明した図18との対応部分に同一符号を付して示す図42に、本実施の形態による受信装置の受信ユニット4200の構成を示す。図18の受信ユニット1800と本実施の形態の受信ユニット4200との違いは、信号処理部4201の構成である。なお受信ユニット4200は、図37に示す送信ユニット3700から送信された図35に示すような時空間符号化された信号を受信する。

【0288】

図43に、信号処理部4201の構成を示す。信号処理部4201は固有値計算部4301及び合成部4303を有する。固有値計算部4301には、各アンテナ受信信号から得られたチャンネル変動408と410、418と420、1408と1410が入力される。固有値計算部4301はチャンネル変動408と410を使って(9)式の固有値を求める。同様に、固有値計算部4301はチャンネル変動418と420を使って(9)式の

10

20

30

40

50

固有値を求め、チャンネル変動1408と1410を使って(9)式の固有値を求める。このようにしてアンテナごとの固有値を計算する。そして固有値計算部4301は、各アンテナごとに求めた固有値の中から固有値パワーの最小のものを、各アンテナごとに求め、それを各アンテナ受信信号の固有値パワーP1、P2、P3として出力する。つまり、固有値計算部4301は固有値信号4302として各アンテナ401、411、1401についての固有値パワーP1、P2、P3を出力する。

【0289】

合成部4303は、入力信号408、410、406を(9)式に当てはめ、(9)式の逆行列演算を行うことにより、拡散信号Aの受信直交ベースバンド信号Ra1、拡散信号Bの受信直交ベースバンド信号をRb1を求める。同様に合成部4303は、入力信号418、420、416を(9)式に当てはめ、(9)式の逆行列演算を行うことにより、拡散信号Aの受信直交ベースバンド信号Ra2、拡散信号Bの受信直交ベースバンド信号をRb2を求める。同様に合成部4303は、入力信号1408、1410、1406を(9)式に当てはめ、(9)式の逆行列演算を行うことにより、拡散信号Aの受信直交ベースバンド信号Ra3、拡散信号Bの受信直交ベースバンド信号をRb3を求める。

10

【0290】

次に、合成部4303は、これら拡散信号Aの受信直交ベースバンド信号Ra1、Ra2、Ra3、拡散信号Bの受信直交ベースバンド信号Rb1、Rb2、Rb3を各アンテナの固有値パワーP1、P2、P3を用いて重み付け合成する。具体的には、重み付け合成後の拡散信号Aの受信直交ベースバンド信号4202をRa、重み付け合成後の拡散信号Bの受信直交ベースバンド信号4203をRbとすると、次式によりRa、Rbを求める。

20

【0291】

【数10】

$$Ra = \frac{1}{3(P1+P2+P3)} (P1 \times Ra1 + P2 \times Ra2 + P3 \times Ra3)$$

$$Rb = \frac{1}{3(P1+P2+P3)} (P1 \times Rb1 + P2 \times Rb2 + P3 \times Rb3)$$

30

..... (10)

このように各アンテナごとの固有値パワーによって各アンテナ受信信号を重み付けして合成することにより、正確な拡散信号A、Bの受信直交ベースバンド信号を得ることができる。これは、各アンテナ受信信号のチャンネル変動行列の固有値パワーが、各アンテナ受信信号の実効受信電力に相当する値であるからである。

【0292】

信号処理部4201により得られた拡散信号Aの受信直交ベースバンド信号4202、拡散信号Bの受信直交ベースバンド信号4203は、図示しない復調部及び復号化部により復調、復号化され、受信デジタル信号とされる。

40

【0293】

これにより、実効受信電力の大きい拡散信号A、Bの受信直交ベースバンド信号4202、4203を用いてデータを復調することができるので、誤り率特性の向上した受信デジタル信号を得ることができる。

【0294】

かくして本実施の形態によれば、複数のアンテナから送信された時空間符号化信号を複数のアンテナで受信する受信装置において、各アンテナで受信された時空間符号化信号のチャンネル変動行列の固有値を算出し、各アンテナごとの固有値パワーを用いて各アンテナ受信信号を重み付け合成するようにしたことにより、実効受信電力の大きい受信信号を得ることができるので、誤り率特性の良い受信データを得ることができる。

50

【 0 2 9 5 】

なおこの実施の形態では、チャンネル変動行列の固有値のパワーを重み付け係数とし、この係数により受信直交ベースバンド信号を重み付け合成する方法について説明したが、これに限ったものではない。

【 0 2 9 6 】

例えば、“A simple transmit diversity technique for wireless communications” I EEE Journal on Select Areas in Communications, vol.16, no.8, October 1998で示されているMLD (Maximum Likelihood Detection) に対する重み付け係数として、本実施の形態で説明したチャンネル変動行列の固有値のパワーを用いてもよい。MLDを行う際の復調、復号化の際の重み付け係数としてチャンネル変動行列の固有値のパワーを用いると受信品質が向上する。これは後述する実施の形態16についても同様である。

10

【 0 2 9 7 】

(実施の形態16)

本実施の形態では、実施の形態15と同様に、時間空間符号化された変調信号が送信された場合、受信側で、各アンテナ受信信号ごとのチャンネル変動行列の固有値を求め、各アンテナの固有値パワーを用いて各アンテナ受信信号を重み付け合成する。但し、この実施の形態では、実施の形態15の特徴をOFDM通信に適用する場合について説明する。

【 0 2 9 8 】

つまり、本実施の形態の受信装置は、図40に示すようなフレーム構成の信号を受信する。本実施の形態の受信装置の受信ユニットは、図42の逆拡散部405、415、1405を離散フーリエ変換部(dft)に置き換え、拡散信号Aのチャンネル変動推定部407、417、1407をチャンネルAのチャンネル変動推定部に置き換え、拡散信号Bのチャンネル変動推定部409、419、1409をチャンネルBのチャンネル変動推定部に置き換えるようにすればよい。但し、チャンネルAのチャンネル変動推定部ではサブキャリアごとのチャンネル変動を推定するようにし、同様にチャンネルBのチャンネル変動推定部ではサブキャリアごとのチャンネル変動を推定するようにする。

20

【 0 2 9 9 】

そして信号処理部4201では、サブキャリアごとに各アンテナで受信された時空間符号化信号のチャンネル変動行列の固有値を算出し、サブキャリアごとに実施の形態15で説明した固有値パワーを重み係数として用いた重み付け合成を行う。

30

【 0 3 0 0 】

このようにすれば、周波数選択性フェージング等の影響により、キャリアごとに実効受信電力が大きく異なった場合でも、キャリアごとに固有値のパワーを重み係数とした各アンテナ受信信号の合成を行うことにより、全キャリアに亘って誤り率特性を向上させることができる。

【 0 3 0 1 】

かくして本実施の形態によれば、時空間符号化されたOFDM信号を複数アンテナで受信する場合に、実施の形態15で説明した各受信アンテナで得られた受信信号をチャンネル変動行列の固有値に基づいて重み付け合成するといった処理を、キャリアごとに行うようにしたことにより、受信した時空間符号化されたOFDM信号の誤り率特性を全キャリアに亘って向上し得る受信装置を実現することができる。

40

【 0 3 0 2 】

(実施の形態17)

本実施の形態では、畳み込み符号化した信号を、さらに時空間ブロック符号化処理して複数のアンテナから送信する場合の、受信側での復調処理について説明する。

【 0 3 0 3 】

実施の形態1で説明した図1との対応部分に同一符号を付して示す図44に、本実施の形態の送信装置の送信ユニット4400の構成を示す。送信ユニット4400の誤り訂正符号化部4401、4405は、それぞれデジタル信号101、111を入力とし、例えば畳み込み符号化を施し、符号化したデジタル信号4402、4406を時空間プロ

50

ック符号化部 4 4 0 3 に送出する。

【 0 3 0 4 】

時空間ブロック符号化部 4 4 0 3 は、符号化されたデジタル信号 3 9 0 3、3 9 0 6 を入力とし、このデジタル信号 3 9 0 3、3 9 0 6 に対して (9) 式に示すような時空間ブロック符号化を施すことにより、図 3 5 のようなフレーム構成の変調信号 A の送信デジタル信号 4 4 0 4 (図 3 5 の送信信号 A に相当する)、変調信号 B の送信デジタル信号 4 4 0 7 (図 3 5 の送信信号 B に相当する) を出力する。

【 0 3 0 5 】

なお (9) 式のような時空間ブロック符号の方式は、文献 “ A Simple Transmit Diversity Technique for Wireless Communications, ” IEEE Journal on Select Areas in Communications, vol.16, no.8, October 1998 にも示されている。ここでは、送信アンテナ数 2、送信する変調信号数 2 の場合を例に説明しているが、これに限ったものではなく、送信アンテナ数が増えた場合の時空間ブロック符号の方法は、文献 “ Space-Time Block Codes from Orthogonal Design ” IEEE Transactions on Information Theory, pp.1456-1467, vol.45, no.5, July 1999 等にも示されている。因みに、畳み込み符号等の誤り訂正符号化は、各変調信号に対し施される。

【 0 3 0 6 】

図 4 との対応部分に同一符号を付して示す図 4 5 に、本実施の形態の受信装置の受信ユニット 4 5 0 0 の構成を示す。受信ユニット 4 5 0 0 の信号分離部 4 5 0 1 は、拡散信号 A のチャンネル変動推定信号 4 0 8 ((9) 式の h_1 に相当する)、拡散信号 B のチャンネル変動推定信号 4 1 0 ((9) 式の h_2 に相当する)、逆拡散後の受信直交ベースバンド信号 4 0 6 ((9) 式の R_1 、 R_2 に相当する) を入力とし、(9) 式の逆行列演算を行うことにより、ベースバンド信号 4 5 0 2 ((9) 式における S_1 に相当するベースバンド推定信号)、ベースバンド信号 4 5 0 3 ((9) 式における S_2 に相当するベースバンド推定信号) を求めてこれを出力する。

【 0 3 0 7 】

固有値計算部 4 5 0 4 は拡散信号 A のチャンネル変動推定信号 4 0 8、拡散信号 B のチャンネル変動推定信号 4 1 0 を入力とし、これを用いて (9) 式の行列を作り、その行列の固有値を計算し、固有値信号 4 5 0 5 を出力する。

【 0 3 0 8 】

軟判定計算部 4 5 0 6 はベースバンド信号 4 5 0 2、固有値信号 4 5 0 5 を入力とし、実施の形態 7 と同様に、(5) 式に示すようにして軟判定値を求める。このとき (5) 式における重み付け係数 $C_a(t) \times D(t)$ に、固有値信号 4 5 0 5 から求めた係数、例えば固有値の最小パワーを用いることで軟判定値 4 5 0 7 を求めてこれを出力する。誤り訂正部 4 5 0 8 は軟判定値 4 5 0 7 を入力とし、軟判定値 4 5 0 7 に対して誤り訂正復号化処理を施し、これにより得た受信デジタル信号 4 5 0 9 を出力する。

【 0 3 0 9 】

同様に、軟判定計算部 4 5 1 0 はベースバンド信号 4 5 0 3、固有値信号 4 5 0 5 を入力とし、実施の形態 7 と同様に、(6) 式に示すようにして軟判定値を求める。このとき (6) 式における重み付け係数 $C_b(t) \times D(t)$ に、固有値信号 4 5 0 5 から求めた係数、例えば固有値の最小パワーを用いることで軟判定値 4 5 1 1 を求めてこれを出力する。誤り訂正部 4 5 1 2 は軟判定値 4 5 1 1 を入力とし、軟判定値 4 5 1 1 に対して誤り訂正復号化処理を施し、これにより得た受信デジタル信号 4 5 1 3 を出力する。

【 0 3 1 0 】

かくして本実施の形態によれば、畳み込み符号と時空間符号を組み合わせた送信信号を受信する受信装置において、時空間符号のチャンネル変動行列の固有値を用いて受信信号の軟判定値を重み付けるようにしたことにより、軟判定値に実効受信電力に基づく適切な尤度をもたせることが可能となり、復号後の受信データの誤り率特性を向上させることができるようになる。

【 0 3 1 1 】

10

20

30

40

50

つまり、本実施の形態では、畳み込み符号化と時空間ブロック符号化とを組み合わせた場合についても、実施の形態 7 と同様に、固有値を用いて軟判定値を重み付けすれば、受信データの誤り率特性を向上し得ることを示した。

【 0 3 1 2 】

因みに、本発明によるチャネル変動行列の固有値を用いて軟判定値を重み付けする方法は、実施の形態 7 や本実施の形態に限らず、要は、多重された変調信号をチャネル変動行列を用いた演算によって分離する処理を行い、さらに畳み込み符号化などが施され、軟判定復号を行う場合に広く適用することができる。

【 0 3 1 3 】

(実施の形態 1 8)

上述した実施の形態 5 では、複数のアンテナ受信信号の組み合わせを作り、各組み合わせごとにチャネル変動行列を形成し、組み合わせごとのチャネル変動行列の固有値を算出し、各組み合わせのアンテナ受信信号とその組み合わせに対応するチャネル変動行列を使って各変調信号を分離すると共に、各組み合わせで分離した変調信号を分離の際に用いたチャネル変動行列の固有値を使って重み付け合成することを提案した。

【 0 3 1 4 】

これに対して、本実施の形態では、複数のアンテナ受信信号の組み合わせを作り、各組み合わせごとにチャネル変動行列を形成し、組み合わせごとのチャネル変動行列の固有値を算出し、各組み合わせのアンテナ受信信号とその組み合わせに対応するチャネル変動行列を使って各変調信号を分離することまでは実施の形態 5 と同じである。しかし、本実施の形態では、各組み合わせで分離した変調信号の受信点と各候補点とのユークリッド距離 (ブランチメトリック) を分離の際に用いたチャネル変動行列の固有値を使って重み付け合成し、重み付け合成後の軟判定値を判定する点で、実施の形態 5 と異なる。

【 0 3 1 5 】

本実施の形態では、図 1 に示す構成の送信ユニット 1 0 0 から送信された、図 3 に示すようなフレーム構成の信号を受信する場合について説明する。

【 0 3 1 6 】

本実施の形態の受信ユニットは、実施の形態 5 で説明した図 1 8 の受信ユニット 1 8 0 0 の信号処理部 1 8 0 1 の構成が異なることを除いて、受信ユニット 1 8 0 0 と同様の構成でなる。したがって、本実施の形態では、信号処理部の構成のみ説明する。

【 0 3 1 7 】

図 4 6 に、本実施の形態による信号処理部 4 6 0 0 の構成を示す。すなわち、本実施の形態の受信ユニットは、図 1 8 の受信ユニット 1 8 0 0 の信号処理部 1 8 0 1 を、図 4 6 の信号処理部 4 6 0 0 に置き換えた構成となる。

【 0 3 1 8 】

信号処理部 4 6 0 0 の固有値計算部 4 6 0 8 は、1 組目として、チャネル変動推定信号 4 0 8、4 1 0、4 1 8、4 2 0 を (3) 式の行列に当てはめ、この行列の固有値のパワーの最も小さいものの値 P 1 を求め、この固有値パワー P 1 を出力する。同様に固有値計算部 4 6 0 8 は、2 組目として、チャネル変動推定信号 4 0 8、4 1 0、1 4 0 8、1 4 1 0 を (3) 式の行列に当てはめ、この行列の固有値のパワーの最も小さいものの値 P 2 を求め、この固有値パワー P 2 を出力する。同様に固有値計算部 4 6 0 8 は、3 組目として、チャネル変動推定信号 4 1 8、4 2 0、1 4 0 8、1 4 1 0 を (3) 式の行列に当てはめ、この行列の固有値のパワーの最も小さいものの値 P 3 を求め、この固有値パワー P 3 を出力する。

【 0 3 1 9 】

信号分離部 4 6 0 1 は、1 組目として、信号 4 0 8、4 1 0、4 0 6、4 1 8、4 2 0、4 1 6 を (3) 式に当てはめ、その逆行列演算を行うことにより、拡散信号 A の受信直交ベースバンド信号 4 6 0 2 (R a 1)、拡散信号 B の受信直交ベースバンド信号 4 6 0 5 (R b 1) を求めてこれを出力する。同様に、2 組目として、信号 4 0 8、4 1 0、4 0 6、1 4 0 8、1 4 1 0、1 4 0 6 を (3) 式に当てはめ、その逆行列演算を行うこと

10

20

30

40

50

により、拡散信号 A の受信直交ベースバンド信号 4 6 0 3 (R a 2)、拡散信号 B の受信直交ベースバンド信号 4 6 0 6 (R b 2) を求めてこれを出力する。同様に、3 組目として、信号 4 1 8、4 2 0、4 1 6、1 4 0 8、1 4 1 0、1 4 0 6 を (3) 式に当てはめ、その逆行列演算を行うことにより、拡散信号 A の受信直交ベースバンド信号 4 6 0 4 (R a 3)、拡散信号 B の受信直交ベースバンド信号 4 6 0 7 (R b 3) を求めてこれを出力する。

【 0 3 2 0 】

軟判定値計算部 4 6 0 9 は、拡散信号 A の受信直交ベースバンド信号 4 6 0 2 (R a 1)、固有値パワー信号 P 1 を入力とし、受信直交ベースバンド信号 4 6 0 2 (R a 1) を固有値パワー信号 P 1 で重み付けることで軟判定値 4 6 1 0 を求めこれを出力する。そのときの動作を図 4 7 を用いて説明する。

10

【 0 3 2 1 】

図 4 7 は同相 I 直交 Q 平面における Q P S K の信号点配置であり、4 7 0 1 は Q P S K の信号点であり、[0 , 0] , [0 , 1] , [1 , 0] , [1 , 1] は送信ビットを表している。4 7 0 2 は受信直交ベースバンド信号の位置を示しており、ここでは拡散信号 A の受信直交ベースバンド信号 4 6 0 2 (R a 1) の位置を示している。Q P S K の信号点 4 7 0 1 と受信直交ベースバンド信号 4 6 0 2 (R a 1) との信号点のそれぞれのユークリッド距離を $D 1 [0 , 0]$, $D 1 [0 , 1]$, $D 1 [1 , 0]$, $D 1 [1 , 1]$ とする。軟判定値計算部 4 6 0 9 は、 $P 1 \times D 1^2 [0 , 0]$, $P 1 \times D 1^2 [0 , 1]$, $P 1 \times D 1^2 [1 , 0]$, $P 1 \times D 1^2 [1 , 1]$ を求めて、これを軟判定値信号 4 6 1 0

20

【 0 3 2 2 】

同様に、軟判定値計算部 4 6 1 1 は、拡散信号 A の受信直交ベースバンド信号 4 6 0 3 (R a 2)、固有値パワー信号 P 2 を入力とし、受信直交ベースバンド信号 4 6 0 3 (R a 2) を固有値パワー信号 P 2 で重み付けることで軟判定値 4 6 1 2 を求めこれを出力する。実際には、図 4 7 において、Q P S K の信号点 4 7 0 1 と受信直交ベースバンド信号 4 6 0 3 (R a 2) との信号点のそれぞれのユークリッド距離を $D 2 [0 , 0]$, $D 2 [0 , 1]$, $D 2 [1 , 0]$, $D 2 [1 , 1]$ とするとき、 $P 2 \times D 2^2 [0 , 0]$, $P 2 \times D 2^2 [0 , 1]$, $P 2 \times D 2^2 [1 , 0]$, $P 2 \times D 2^2 [1 , 1]$ を求めて、これを軟判定値信号 4 6 1 2 として出力する。

30

【 0 3 2 3 】

同様に、軟判定値計算部 4 6 1 3 は、拡散信号 A の受信直交ベースバンド信号 4 6 0 4 (R a 3)、固有値パワー信号 P 3 を入力とし、受信直交ベースバンド信号 4 6 0 4 (R a 3) を固有値パワー信号 P 3 で重み付けることで軟判定値 4 6 1 4 を求めこれを出力する。実際には、図 4 7 において、Q P S K の信号点 4 7 0 1 と受信直交ベースバンド信号 4 6 0 4 (R a 3) との信号点のそれぞれのユークリッド距離を $D 3 [0 , 0]$, $D 3 [0 , 1]$, $D 3 [1 , 0]$, $D 3 [1 , 1]$ とするとき、 $P 3 \times D 3^2 [0 , 0]$, $P 3 \times D 3^2 [0 , 1]$, $P 3 \times D 3^2 [1 , 0]$, $P 3 \times D 3^2 [1 , 1]$ を求めて、これを軟判定値信号 4 6 1 4 として出力する。

【 0 3 2 4 】

このように軟判定値計算部 4 6 0 9、4 6 1 1、4 6 1 3 では、各組み合わせで分離した変調信号の受信点と各候補点とのユークリッド距離を、分離の際に用いたチャネル変動行列の固有値を使って重み付ける計算が行われる。

40

【 0 3 2 5 】

判定部 4 6 2 1 は、軟判定値信号 4 6 1 0、4 6 1 2、4 6 1 4 を入力とし、 $P 1 \times D 1^2 [0 , 0] + P 2 \times D 2^2 [0 , 0] + P 3 \times D 3^2 [0 , 0]$ および $P 1 \times D 1^2 [0 , 1] + P 2 \times D 2^2 [0 , 1] + P 3 \times D 3^2 [0 , 1]$ および $P 1 \times D 1^2 [1 , 0] + P 2 \times D 2^2 [1 , 0] + P 3 \times D 3^2 [1 , 0]$ および $P 1 \times D 1^2 [1 , 1] + P 2 \times D 2^2 [1 , 1] + P 3 \times D 3^2 [1 , 1]$ を求める。そして判定部 4 6 2 1 は、求めた 4 つの値の中で最も小さいものを探索し、例えば、 $P 1 \times D 1^2 [0 , 0] +$

50

$P2 \times D2^2 [0, 0] + P3 \times D3^2 [0, 0]$ が最も小さい場合には、送信ビットが $[0, 0]$ であったと判定し、これを受信デジタル信号 4622 として出力する。

【0326】

以上、軟判定値計算部 4609、4611、4613、判定部 4621 による拡散信号 A についての軟判定値の計算及び判定動作について説明したが、拡散信号 B については、軟判定値計算部 4615、4617、4619、判定部 4623 によって同様の軟判定値の計算及び判定動作が行われ、受信デジタル信号 4624 が得られる。

【0327】

かくして本実施の形態によれば、複数のアンテナ受信信号の組み合わせを作り、各組み合わせごとにチャネル変動行列を形成し、組み合わせごとのチャネル変動行列の固有値を算出し、各組み合わせのアンテナ受信信号とその組み合わせに対応するチャネル変動行列を使って各変調信号を分離し、各組み合わせで分離した変調信号の受信点と各候補点とのユークリッド距離を分離の際に用いたチャネル変動行列の固有値を使って重み付けし、ユークリッド距離（ブランチメトリック）の最も小さい候補信号点を受信点としたことにより、実効受信電力が大きなアンテナ受信信号ほど尤度を高くしたビット判定処理を行うことができ、受信データの誤り率特性を向上させることができる。

【0328】

このように本実施の形態では、実施の形態 5 と比較して、組み合わせごとにアンテナ受信信号を分離し、分離したアンテナ受信信号を組み合わせごとの固有値を用いて重み付け合成する点では一致するものの、重み付け合成する方法が異なる。

【0329】

本実施の形態と実施の形態 5 を比較すると、実施の形態 5 の方法は、本実施の形態よりユークリッド距離を求める演算数が少ないため、回路規模が小さくなるというメリットがある。一方、誤り率特性の点では、実施の形態 5 より、本実施の形態は優れている。いずれにしても、固有値を重み付けの係数として使用することで、優れた誤り率特性を得ることができることは、実施の形態 5、本実施の形態で共通である。

【0330】

なお本実施の形態を OFDM 通信に適用することもできる。本実施の形態を OFDM 通信に適用する場合には、本実施の形態と実施の形態 6 の説明を統合して考えればよい。つまり、本実施の形態の方法をサブキャリアごとに行えばよい。

【0331】

さらに本実施の形態の方法は、畳み込み符号や、ターボ符号、低密度パリティ符号等の誤り訂正符号が施された信号を受信した場合にも適用することができる。この場合、上述した重み付け合成方法でブランチメトリックを求め、このブランチメトリックを使ってパスメトリックを求めて復号すればよい。

【0332】

（実施の形態 19）

本実施の形態では、実施の形態 18 の受信方法に、誤り訂正復号処理を加えた受信方法を提案する。すなわち、送信側において、実施の形態 7 で説明したように畳み込み符号等を用いた誤り訂正符号化を施した信号を送信し、受信側において、実施の形態 18 で説明したように受信信号を固有値を用いて重み付け合成した後に、誤り訂正復号処理を行うようにする。

【0333】

本実施の形態の受信装置は、実施の形態 7 で説明した図 20 に示すような誤り訂正符号化部 2001、2002 を有し、畳み込み符号化した信号を送信する送信ユニット 2000 により送信された信号を受信するものとする。

【0334】

本実施の形態の受信ユニットは、実施の形態 5 で説明した図 18 の受信ユニット 1800 の信号処理部 1801 の構成が異なることを除いて、受信ユニット 1800 と同様の構成となる。したがって、本実施の形態では、信号処理部の構成のみ説明する。

10

20

30

40

50

【 0 3 3 5 】

図 4 8 に、本実施の形態による信号処理部 4 8 0 0 の構成を示す。すなわち、本実施の形態の受信ユニットは、図 1 8 の受信ユニット 1 8 0 0 の信号処理部 1 8 0 1 を、図 4 8 の信号処理部 4 8 0 0 に置き換えた構成となる。

【 0 3 3 6 】

また本実施の形態の信号処理部 4 8 0 0 は、実施の形態 1 8 で説明した図 4 6 の判定部 4 6 2 1、4 6 2 3 を誤り訂正部 4 8 0 1、4 8 0 3 に置き換えただけなので、他の部分については図 4 6 と同一符号を付してその説明は省略する。

【 0 3 3 7 】

誤り訂正部 4 8 0 1 は、軟判定値信号 4 6 1 0、4 6 1 2、4 6 1 4 を入力とし $P 1 \times D 1^2 [0, 0] + P 2 \times D 2^2 [0, 0] + P 3 \times D 3^2 [0, 0]$ および $P 1 \times D 1^2 [0, 1] + P 2 \times D 2^2 [0, 1] + P 3 \times D 3^2 [0, 1]$ および $P 1 \times D 1^2 [1, 0] + P 2 \times D 2^2 [1, 0] + P 3 \times D 3^2 [1, 0]$ および $P 1 \times D 1^2 [1, 1] + P 2 \times D 2^2 [1, 1] + P 3 \times D 3^2 [1, 1]$ からメトリックを求め、例えばビタビ復号を行い誤り訂正を行うことにより受信デジタル信号 4 8 0 2 を得てこれを出力する。

【 0 3 3 8 】

誤り訂正部 4 8 0 3 も誤り訂正部 4 8 0 1 と同様に、固有値により重み付け合成した各候補信号点とのユークリッド距離からメトリックを求め、ビタビ復号等の誤り訂正を行うことにより受信デジタル信号 4 8 0 4 を得てこれを出力する。

【 0 3 3 9 】

図 4 9 に、本実施の形態のシミュレーション結果を示す。このシミュレーションでは、一例として、畳み込み符号を用い、受信アンテナ数が 2、3、4 のときの、Eb/No(bit-to-noise spectral density ratio)とBER(bit error rate)の関係を調べた。図 4 9 において、4 9 0 1 は受信アンテナ数 2、4 9 0 2 は受信アンテナ数 3、4 9 0 3 は受信アンテナ数 4 のときの特性を示している。図 4 9 から分かるように、本実施の形態の構成を用いれば、特に受信アンテナ数を増加させるほど、非常に優れた誤り率特性を得ることができる。

【 0 3 4 0 】

かくして本実施の形態によれば、実施の形態 1 8 の構成に加えて、誤り訂正復号処理を行うようにしたことにより、誤り率特性の非常に良い受信装置を得ることができる。

【 0 3 4 1 】

なおこの実施の形態では、実施の形態 1 8 の方法と軟判定復号を組み合わせた方法について説明したが、実施の形態 5 の方法と軟判定復号を組み合わせた方法でも同様な効果を得ることができる。

【 0 3 4 2 】

(他の実施の形態)

なお上述した実施の形態では、チャンネル変動行列の固有値を用いることで、実効受信電力を加味した復調処理を行う受信装置を中心に説明した。ここで固有値は、そのまま用いてもよいし、近似して用いるようにしてもよい。固有値を求める近似方法としては、例えばチャンネル変動行列の各要素のパワーを等しくして固有値を求めるなど、チャンネル変動行列の要素に対して近似を施す方法もある。ここでチャンネル変動行列の各要素のパワーを等しくするという近似を行う場合には、チャンネル変動行列の各要素の位相のみで固有値を求めることになる。したがって、チャンネル変動行列の各要素の位相のみを考慮して、アンテナ選択、アンテナ合成、復号などの制御を行うことになる。この場合、各アンテナの受信レベルを共通制御する必要が必ずしもあるわけではない。

【 0 3 4 3 】

換言すると、本発明による固有値を用いた復調方法においては、固有値を実効受信電力を反映した適切なものとするために、大別して 2 つの方法がある。その一つは、各アンテナでの受信信号レベルがほぼ等しくなるように受信信号レベルを補正したり、受信信号レ

10

20

30

40

50

ベルに応じて固有値を補正する方法である。もう一つは、チャンネル変動の各要素の位相のみから固有値を求める方法である。

【0344】

また上述した固有値を用いた軟判定復号方法の説明において、固有値の最小パワーを重み付け係数としているがこれに限ったものではなく、例えば固有値を入力としその固有値から重み付け係数を求めてもよい。但し、固有値の最小パワーを重み付け係数とした場合、誤り率特性の非常に良い受信データが得られる。

【0345】

また上述した実施の形態では、固有値の最小パワーを重み付け係数として軟判定復号を行う場合について述べたが、硬判定復号において固有値の最小パワーを重み付け係数として用いるようにしても、誤り率特性を向上させることができる。

【産業上の利用可能性】

【0346】

本発明は、受信データの誤り率特性の向上が求められるマルチアンテナを用いた無線通信に適用して好適である。

【図面の簡単な説明】

【0347】

【図1】本発明の実施の形態1の送信装置の送信ユニットの構成を示すブロック図

【図2】実施の形態1の送信装置の受信ユニットの構成を示すブロック図

【図3】送信装置の送信ユニットから送信される送信信号のフレーム構成を示す図

【図4】実施の形態1の受信装置の受信ユニットの構成を示すブロック図

【図5】実施の形態1の受信装置の送信ユニットの構成を示すブロック図

【図6】受信装置の送信ユニットから送信される送信信号のフレーム構成を示す図

【図7】送信装置と受信装置の各アンテナ間でのチャンネル変動の様子を示す図

【図8】送信装置の送信ユニットの別の構成例を示すブロック図

【図9】図8の拡散部の構成を示すブロック図

【図10】実施の形態2の送信装置の送信ユニットの構成を示すブロック図

【図11】図10の送信ユニットから送信される変調信号のフレーム構成を示す図

【図12】実施の形態2の受信装置の受信ユニットの構成を示すブロック図

【図13】図10の逆フーリエ変換部(IFFT)の構成を示すブロック図

【図14】実施の形態3の受信装置の受信ユニットの構成を示すブロック図

【図15】図14のアンテナ選択部の構成を示すブロック図

【図16】実施の形態4の受信装置の受信ユニットの構成を示すブロック図

【図17】図16の信号処理部の構成を示すブロック図

【図18】実施の形態5の受信装置の受信ユニットの構成を示すブロック図

【図19】図18の信号処理部の構成を示すブロック図

【図20】実施の形態7の送信装置の送信ユニットの構成を示すブロック図

【図21】実施の形態7の受信装置の受信ユニットの構成を示すブロック図

【図22】BPSK変調信号のIQ平面上での信号点位置を示す図

【図23】BPSK変調信号の軟判定値の説明に供する図

【図24】実施の形態7の受信装置の受信ユニットの別の構成例を示すブロック図

【図25】受信点と候補点との距離の算出の説明に供する図

【図26】実施の形態8の送信装置の送信ユニットの構成を示すブロック図

【図27】実施の形態8の受信装置の受信ユニットの構成を示すブロック図

【図28】実施の形態8の受信装置の受信ユニットの別の構成例を示すブロック図

【図29】実施の形態9の送信装置の送信ユニットの構成を示すブロック図

【図30】実施の形態9の受信装置の受信ユニットの構成を示すブロック図

【図31】実施の形態10の送信装置の送信ユニットの構成を示すブロック図

【図32】実施の形態10の受信装置の受信ユニットの構成を示すブロック図

【図33】実施の形態11の受信装置の受信ユニットの構成を示すブロック図

10

20

30

40

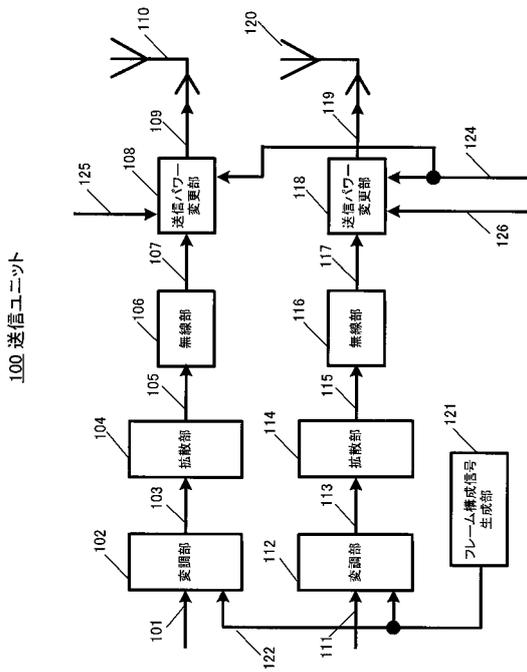
50

【図34】実施の形態12の受信装置の受信ユニットの構成を示すブロック図	
【図35】時空間符号のフレーム構成を示す図	
【図36】時空間符号を用いるときの送信アンテナと受信アンテナとの関係を示す図	
【図37】実施の形態13の送信装置の送信ユニットの構成を示すブロック図	
【図38】実施の形態13の受信装置の受信ユニットの構成を示すブロック図	
【図39】図38のアンテナ選択部の構成を示すブロック図	
【図40】時空間符号をOFDM変調して送信する場合のフレーム構成を示す図	
【図41】時間-周波数符号化のフレーム構成を示す図	
【図42】実施の形態15の受信装置の受信ユニットの構成を示すブロック図	
【図43】図42の信号処理部の構成を示すブロック図	10
【図44】実施の形態17の送信装置の送信ユニットの構成を示すブロック図	
【図45】実施の形態17の受信装置の受信ユニットの構成を示すブロック図	
【図46】実施の形態18の信号処理部の構成を示すブロック図	
【図47】受信点と候補点とのユークリッド距離算出の説明に供する図	
【図48】実施の形態19の信号処理部の構成を示すブロック図	
【図49】実施の形態19の構成を用いた場合のシミュレーション結果を示す図	
【図50】従来のマルチアンテナ通信の一例を示す図	
【符号の説明】	
【0348】	
100、500、700、1000、2000、2600、2700、2900、3100、3700、4400 送信ユニット	20
101、111、505、2901、3101 送信デジタル信号	
102、112 変調部	
103、113、801~803、1301~1304、1308~1311 送信直交ベースバンド信号	
104、114、701、702 拡散部	
105、115、805~807、811~813 拡散信号	
106、116、203、403、413、508、1203、1213 無線部	
107、117、507 変調信号	
108、118、1307 送信パワー変更部	30
109、119、509 送信信号	
110、120、201、401、411、510、1201、1211、3601、3602、3603 アンテナ	
121 フレーム構成信号生成部	
122 タイミング信号	
124、2110、2706 固有値から求めた係数	
125、126、2115、2116、2702 受信パワーから求めた係数	
200、400、1200、1400、1600、1800、2100、2400、2800、3000、3200、3300、3400、3800、4200、4500 受信ユニット	40
202、402、412、1202、1212 受信信号	
204、404、414、1204、1214、4202、4203 受信直交ベースバンド信号	
205、1224、1226 復調部	
206、1225、1227、2112、2114、2404、2405、2710、2714、2804、2805、3002、3202、3806、4509、4513、4622、4624、4802、4804 受信デジタル信号	
207 データ分離部	
208、501 データ	
209 電界強度推定情報	50

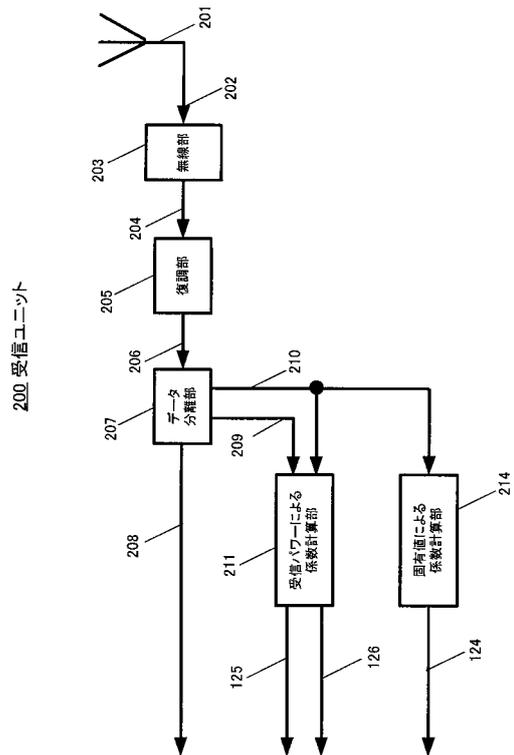
2 1 0	チャンネル変動推定情報	
2 1 1	受信パワーによる係数計算部	
2 1 4、2 1 0 1、2 7 0 5	固有値による係数計算部	
4 0 5、4 1 5	逆拡散部	
4 0 6、4 1 6	逆拡散後の受信直交ベースバンド信号	
4 0 7、4 0 9、4 1 7、4 1 9、1 2 0 7、1 2 0 9、1 2 1 7、1 2 1 9、1 6 0 3、1 6 0 5	チャンネル変動推定部	
4 0 8、4 1 0、4 1 8、4 2 0	チャンネル変動推定信号	
4 2 1、1 2 2 1、1 6 0 7、1 8 0 1、3 8 0 5、4 2 0 1、4 6 0 0、4 8 0 0		
信号処理部		10
4 2 2、4 6 0 2 ~ 4 6 0 4	拡散信号 A の受信直交ベースバンド信号	
4 2 3、4 6 0 5 ~ 4 6 0 7	拡散信号 B の受信直交ベースバンド信号	
4 2 4	受信電界強度推定部	
4 2 5	受信電界強度推定情報	
4 2 6、2 7 0 3	チャンネル変動情報生成部	
4 2 7、2 7 0 4	チャンネル変動推定情報	
5 0 4	情報生成部	
5 0 6	変調信号生成部	
8 0 4	拡散機能部	
8 1 0	係数乗算機能部	20
8 1 4	加算機能部	
1 0 0 1、1 0 0 3、1 3 1 2	逆フーリエ変換部 (I D F T)	
1 0 0 2、1 0 0 4	逆フーリエ変換後の信号	
1 2 0 5、1 2 1 5、1 6 0 1	フーリエ変換部 (d f t)	
1 2 0 6、1 2 1 6、1 6 0 2	フーリエ変換後の信号	
1 2 0 8、1 2 1 0、1 2 1 8、1 2 2 0、1 6 0 4、1 6 0 6	チャンネル変動推定群	
信号		
1 2 2 2、1 6 0 8	チャンネル A の受信直交ベースバンド信号群	
1 2 2 3、1 6 0 9	チャンネル B の受信直交ベースバンド信号群	
1 4 1 1、3 8 0 1	アンテナ選択部	30
1 4 1 2、1 4 1 5	選択した拡散信号 A のチャンネル変動推定信号	
1 4 1 3、1 4 1 6	選択した拡散信号 B のチャンネル変動推定信号	
1 4 1 4、1 4 1 7	選択した逆拡散後の受信直交ベースバンド信号	
1 5 0 1、1 7 0 1、1 9 0 1、3 9 0 1、4 3 0 1、4 5 0 4、4 6 0 8	固有値計算部	
1 5 0 2、1 7 0 2、3 9 0 2	制御信号	
1 5 0 3、1 7 0 3	信号選択部	
1 7 1 0	演算部	
1 9 0 2、4 3 0 2、4 5 0 5	固有値信号	
1 9 0 3	分離合成部	40
2 0 0 1、2 0 0 2、2 6 0 1、2 6 0 3、2 9 0 2、3 1 0 2、3 7 0 1、4 4 0 1、4 4 0 5	誤り訂正符号化部	
2 1 0 2、2 1 0 4、2 4 0 1、2 7 0 7、2 7 1 1、2 8 0 1、4 5 0 6、4 5 1 0、4 6 0 9、4 6 1 1、4 6 1 3、4 6 1 5、4 6 1 7、4 6 1 9	軟判定値計算部	
2 1 0 3、2 1 0 5、2 4 0 3、2 7 0 9、2 7 1 3、2 8 0 3、3 0 0 1、3 2 0 1	誤り訂正復号化部	
2 1 0 6、2 7 0 1	受信レベルによる係数計算部	
2 1 1 1、2 1 1 3、2 4 0 2、2 7 0 8、2 7 1 2、2 8 0 2、4 5 0 7、4 5 1 1	軟判定値信号	
2 5 0 1、2 5 0 2	信号点位置	50

- 3 3 0 1、3 4 0 1 受信レベル制御部
- 3 3 0 2、3 3 0 3、3 4 0 2、3 4 0 3 ゲイン制御信号
- 3 5 0 1、3 5 0 4 電波伝搬環境推定シンボル
- 3 5 0 2、3 5 0 3、3 5 0 5、3 5 0 6 符号化されたシンボル
- 3 8 0 2 ~ 3 8 0 4 選択信号
- 4 3 0 3 合成部
- 4 4 0 3 時空間ブロック符号化部
- 4 5 0 1、4 6 0 1 信号分離部
- 4 5 0 2、4 5 0 3 ベースバンド信号
- 4 5 0 8、4 5 1 2、4 8 0 1、4 8 0 3 誤り訂正部
- 4 6 2 1、4 6 2 3 判定部
- $h_{11}(t)$ 、 $h_{12}(t)$ 、 $h_{21}(t)$ 、 $h_{22}(t)$ チャネル変動
- P 1、P 2、P 3 固有値パワー信号

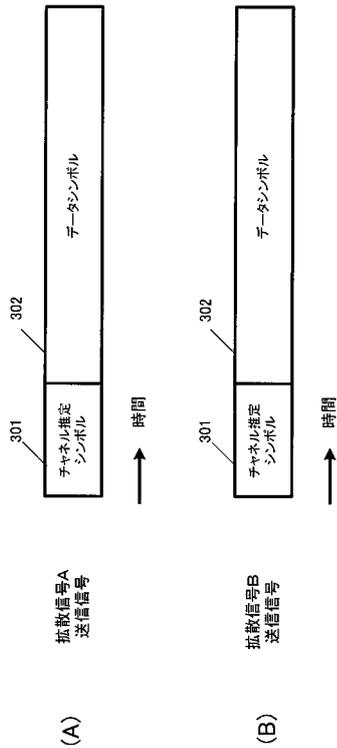
【図 1】



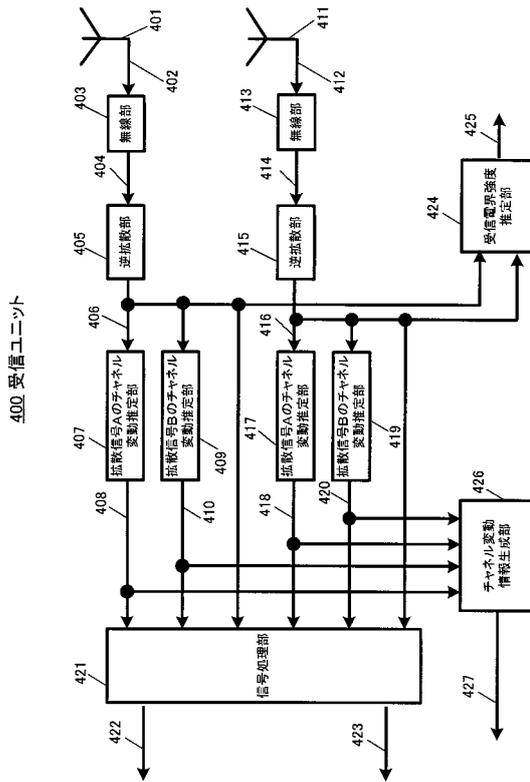
【図 2】



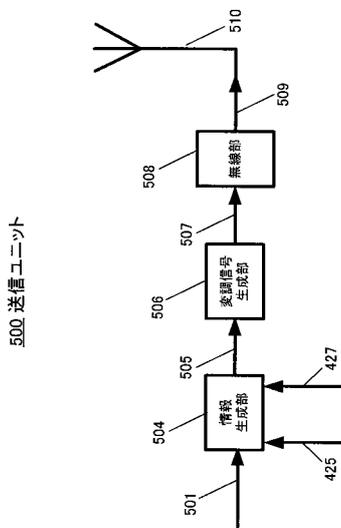
【 図 3 】



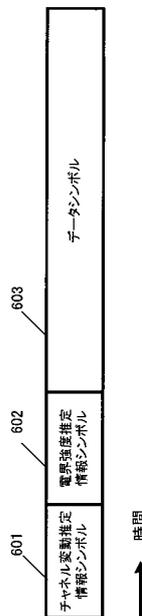
【 図 4 】



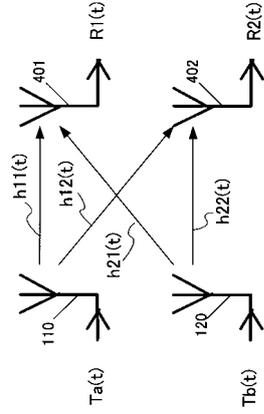
【 図 5 】



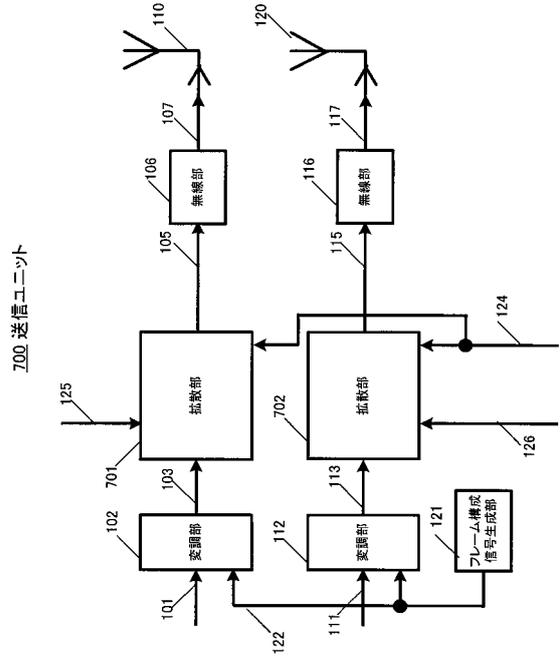
【 図 6 】



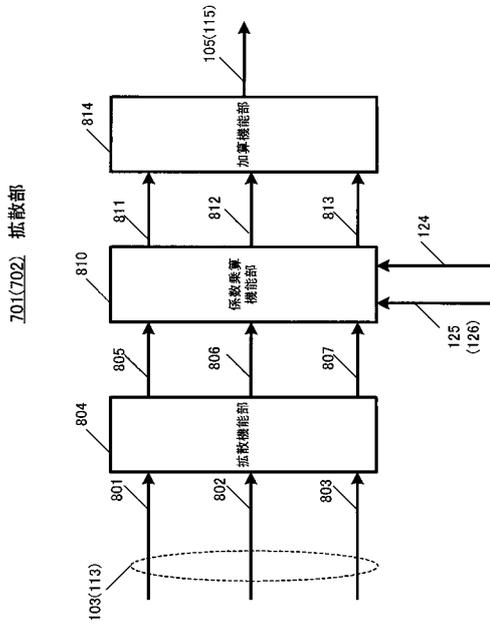
【 図 7 】



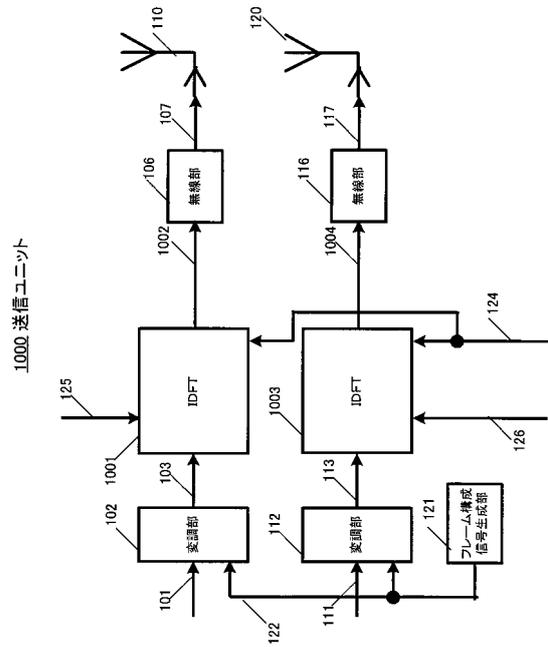
【 図 8 】



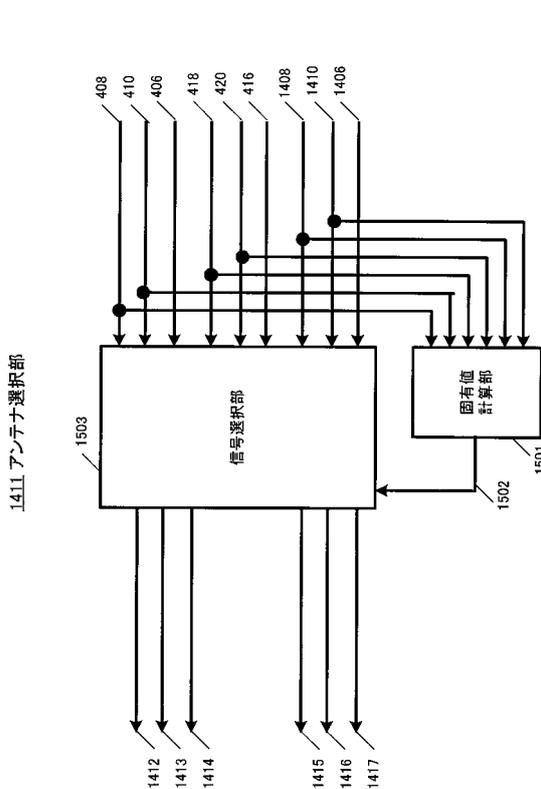
【 図 9 】



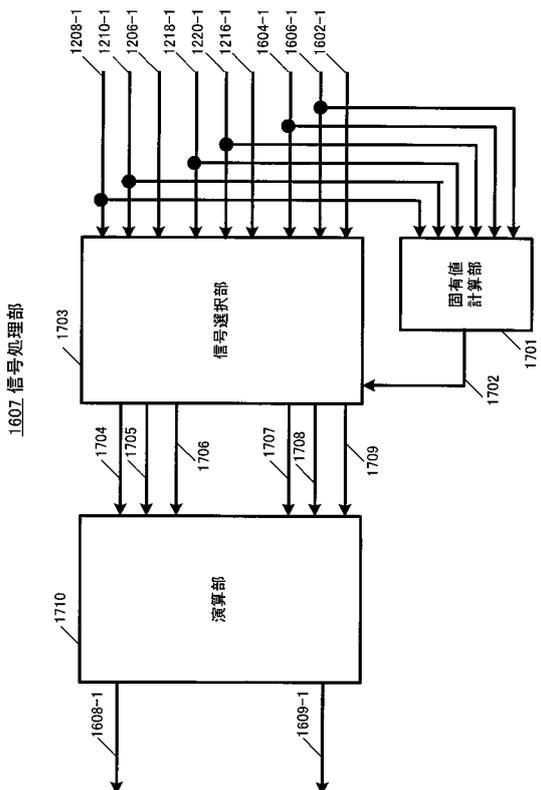
【 図 10 】



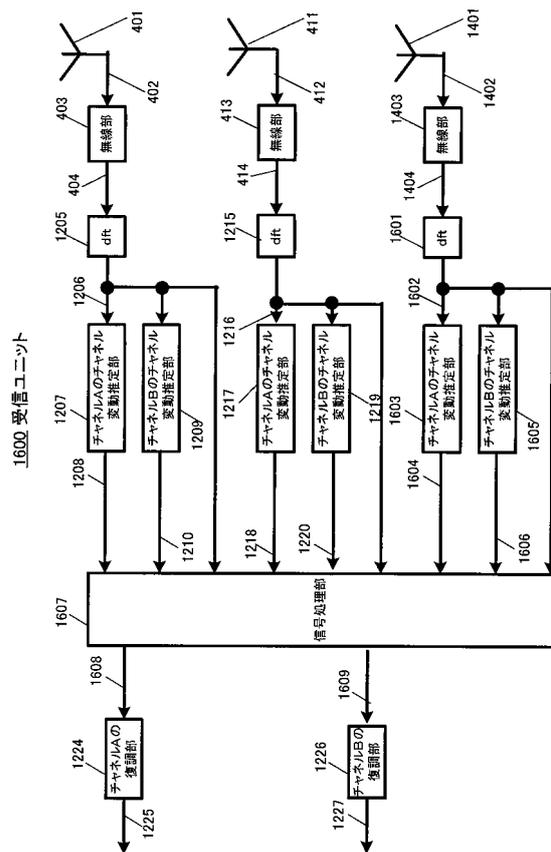
【図15】



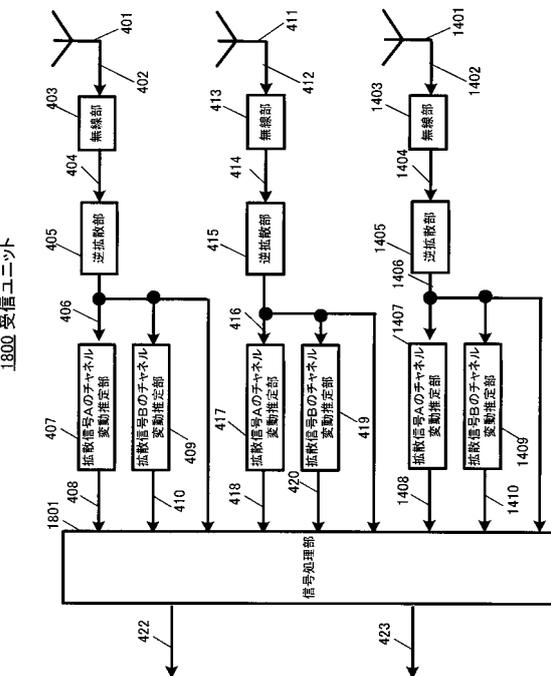
【図17】



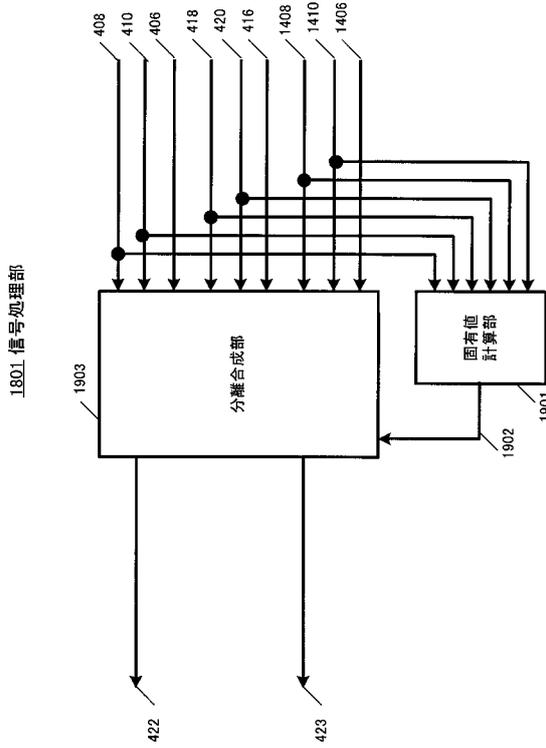
【図16】



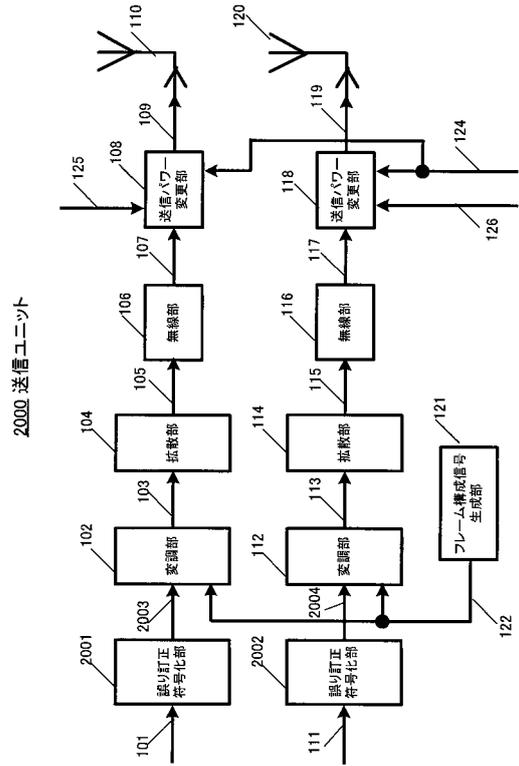
【図18】



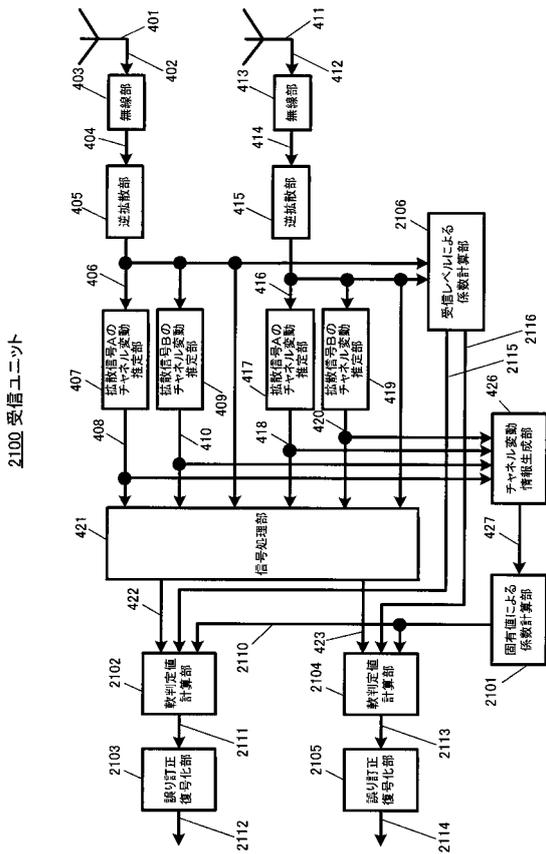
【図19】



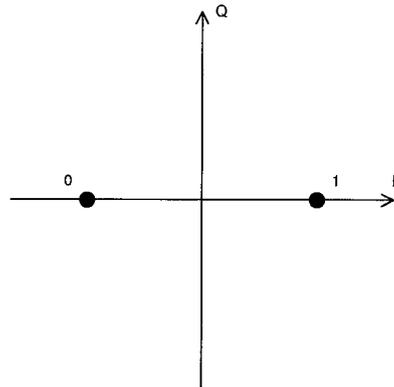
【図20】



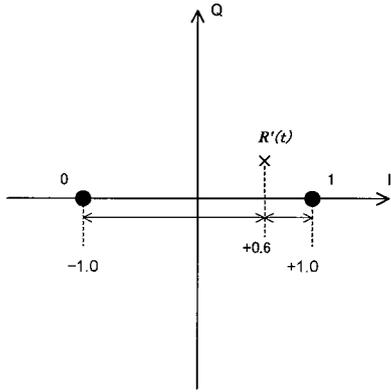
【図21】



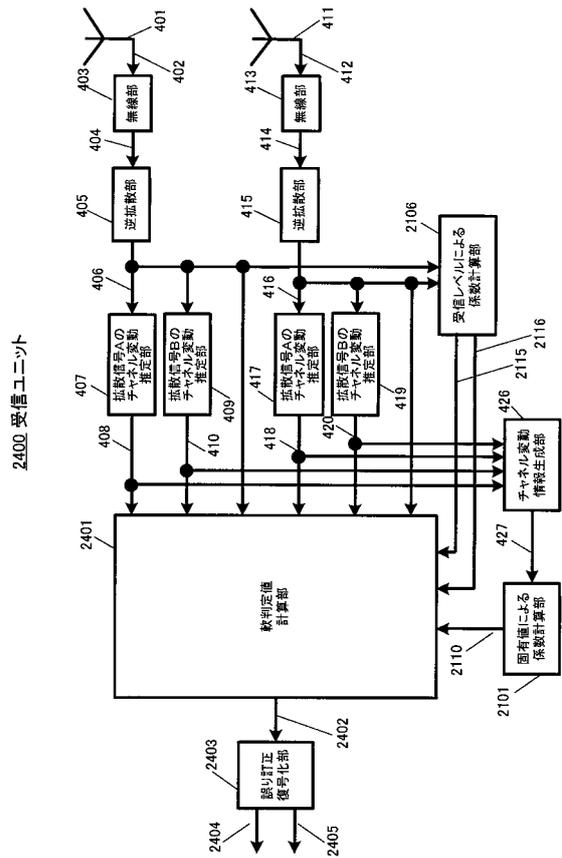
【図22】



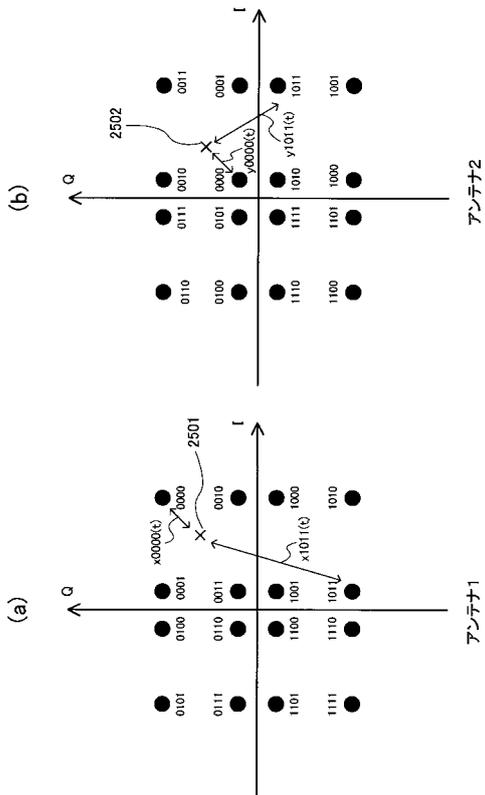
【図23】



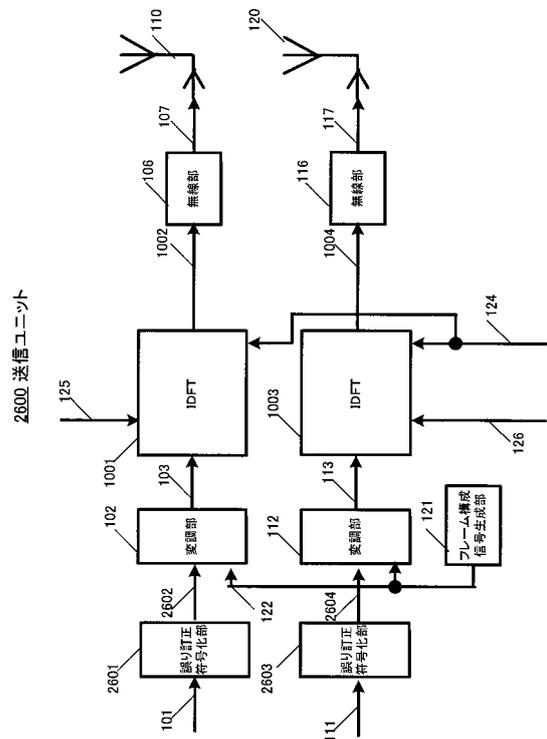
【図24】



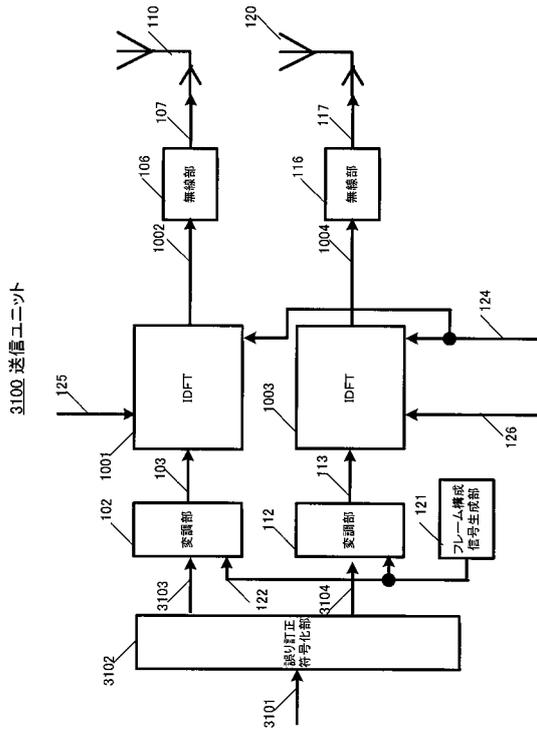
【図25】



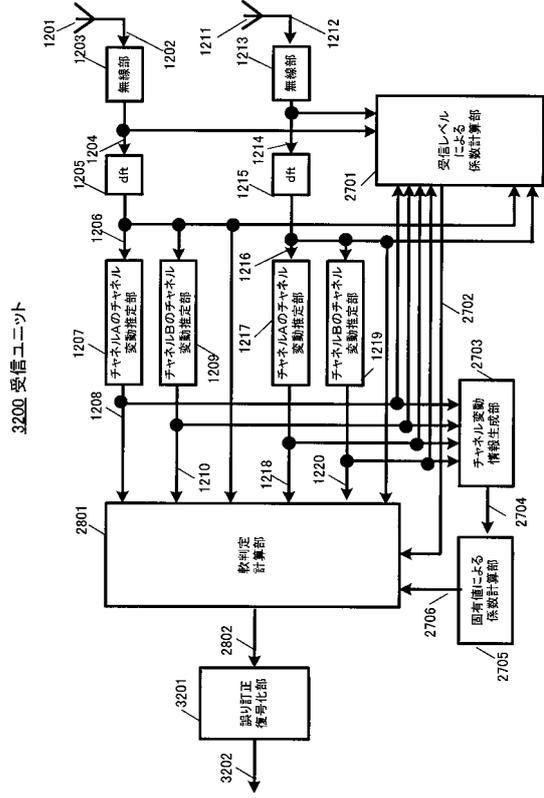
【図26】



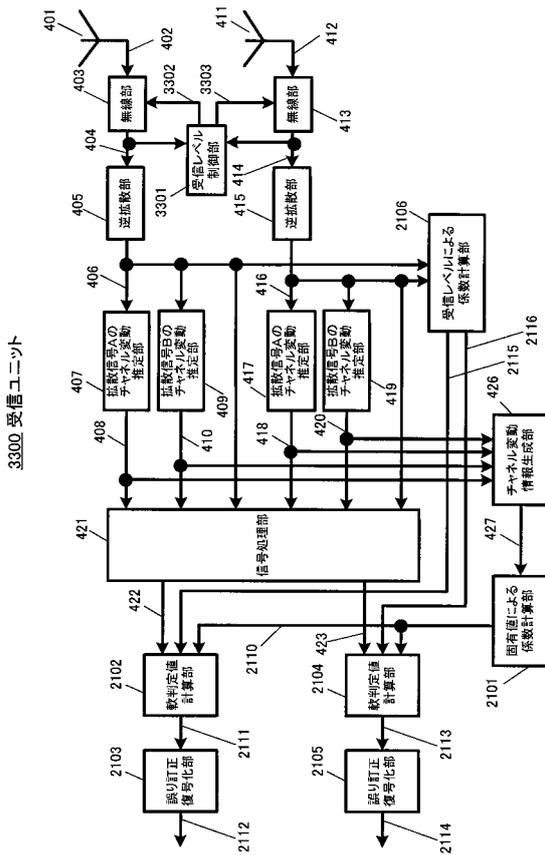
【図 3 1】



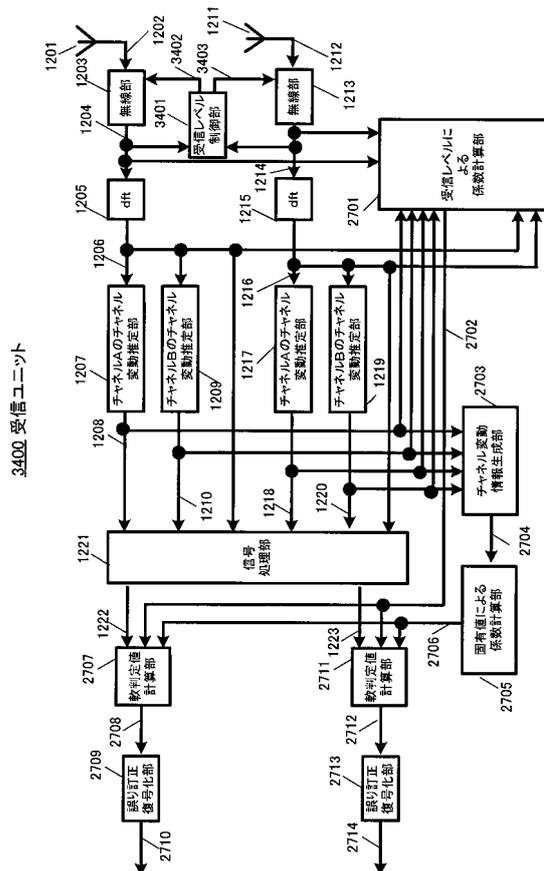
【図 3 2】



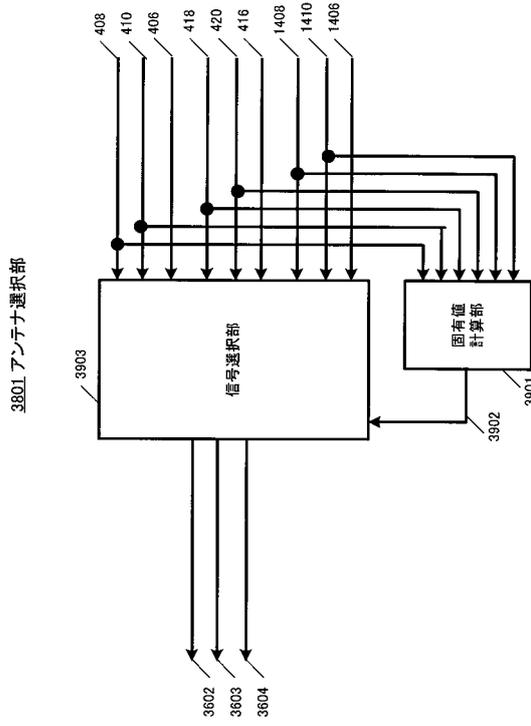
【図 3 3】



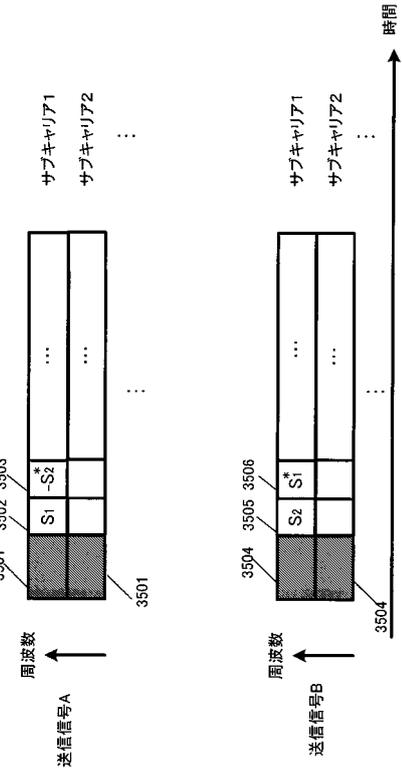
【図 3 4】



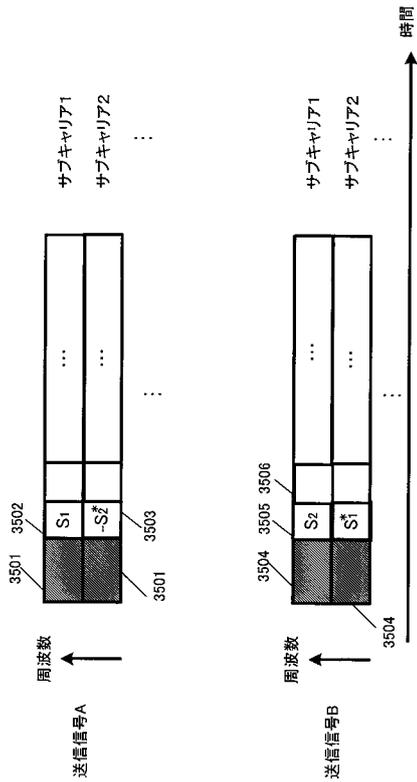
【図39】



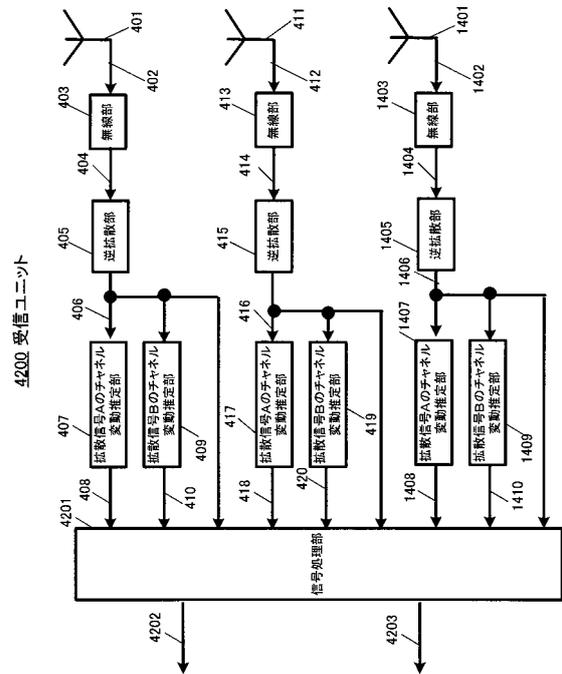
【図40】



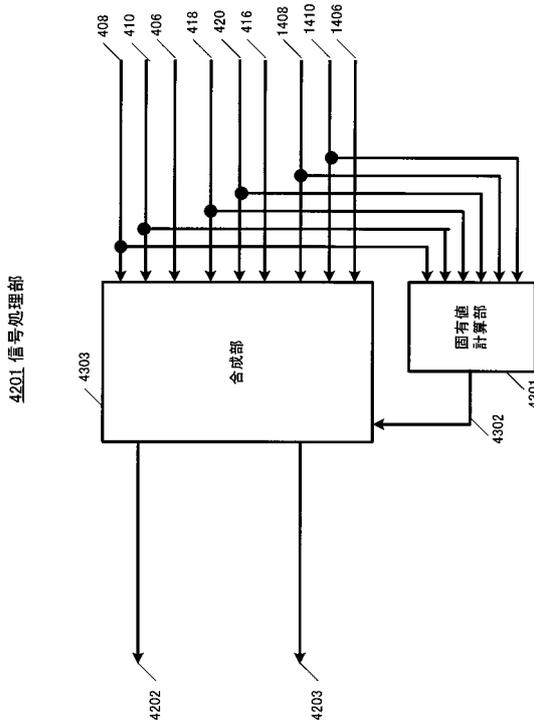
【図41】



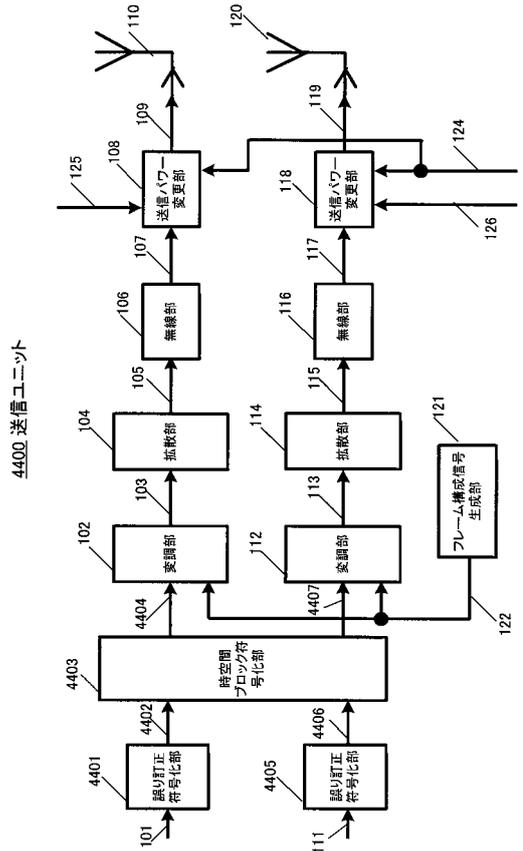
【図42】



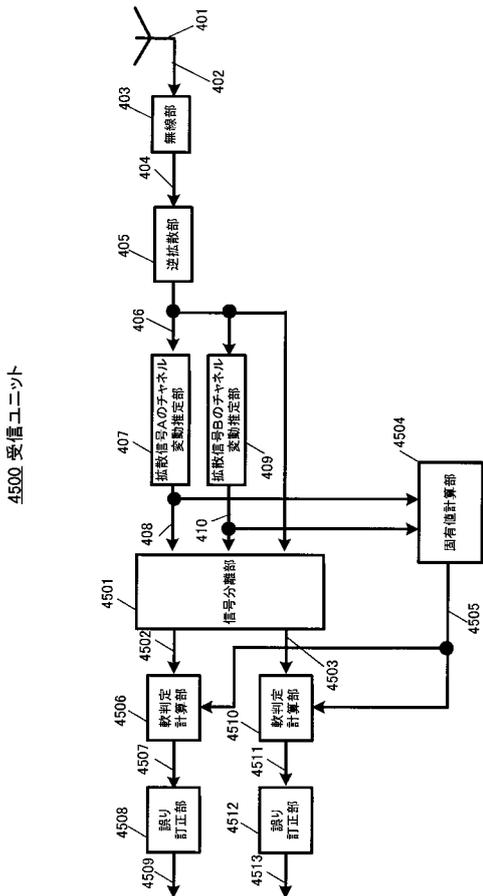
【 図 4 3 】



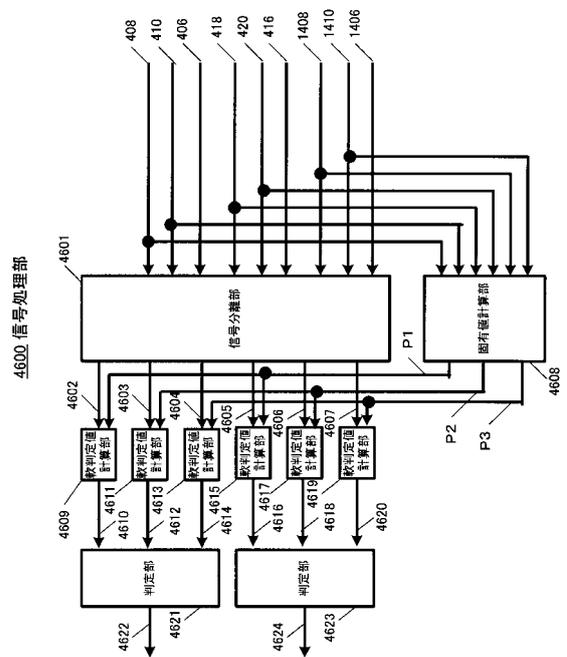
【 図 4 4 】



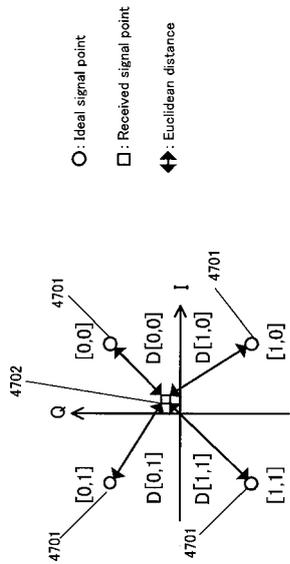
【 図 4 5 】



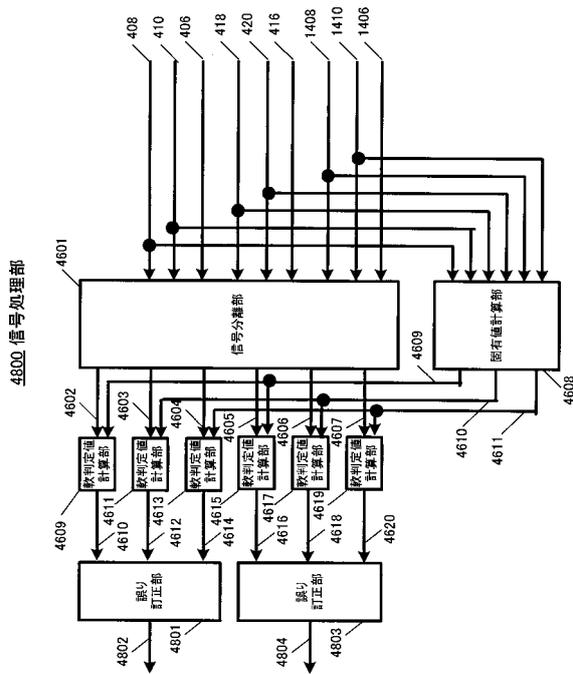
【 図 4 6 】



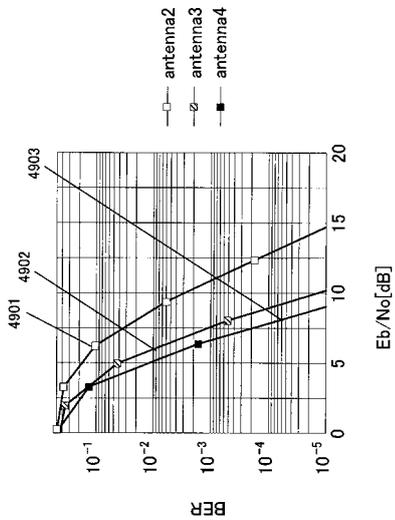
【 図 4 7 】



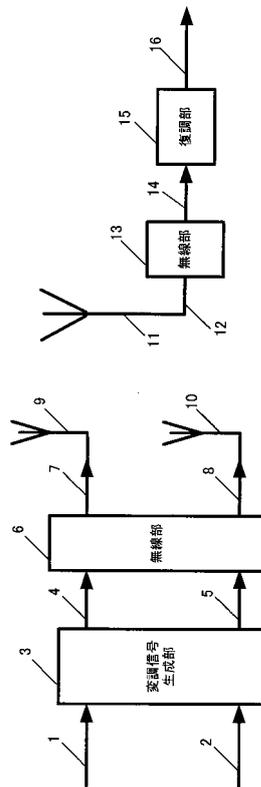
【 図 4 8 】



【 図 4 9 】



【 図 5 0 】



フロントページの続き

- (72)発明者 折橋 雅之
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内
- (72)発明者 松岡 昭彦
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内

審査官 太田 龍一

- (56)参考文献 特開2002-217752(JP,A)
特開平07-143047(JP,A)
国際公開第01/065748(WO,A1)
国際公開第98/009381(WO,A1)
Rey, F. Lamarca, M. Vazquez, G. , Optimal power allocation with partial channel knowledge for MIMO multicarrier systems , Vehicular Technology Conference, 2002. Proceedings. VTC 2002-Fall. 2002 IEEE 56thPublication Date: 2002, 2002年 9月29日, Volume: 4, On page(s): 2121- 2125 , URL , <http://ieeexplore.ieee.org/iel5/8066/22309/01040593.pdf?tp=&isnumber=&arnumber=1040593>
Matthias Stege, Peter Zillmann, Gerhard Fettweis , MIMO Channel Estimation with Dimension Reduction , Wireless Personal Multimedia Communications, 2002. The 5th International Symposium on , 2002年10月30日, Volume: 2, On page(s): 417- 421 , URL , <http://ieeexplore.ieee.org/iel5/8154/23648/01088205.pdf?tp=&isnumber=&arnumber=1088205>
Lucent Technologies , Increasing MIMO throughput with per-antenna rate control , TSG-R1(01)0879 , 2001年 8月28日 , URL , http://www.3gpp.org/ftp/tsg_ran/WG1_RL1/TSGR1_21/Docs/Zips/R1-01-0879.zip

(58)調査した分野(Int.Cl. , DB名)

H04J 15/00
H04B 7/04
H04J 11/00