

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4412005号
(P4412005)

(45) 発行日 平成22年2月10日 (2010. 2. 10)

(24) 登録日 平成21年11月27日 (2009. 11. 27)

(51) Int. Cl.

F I

H 0 4 J 11/00 (2006. 01)

H 0 4 J 11/00

Z

請求項の数 10 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2004-61578 (P2004-61578)	(73) 特許権者	000005108
(22) 出願日	平成16年3月5日 (2004. 3. 5)		株式会社日立製作所
(65) 公開番号	特開2005-252745 (P2005-252745A)		東京都千代田区丸の内一丁目6番6号
(43) 公開日	平成17年9月15日 (2005. 9. 15)	(74) 代理人	100100310
審査請求日	平成18年11月17日 (2006. 11. 17)		弁理士 井上 学
		(72) 発明者	玉木 諭
			東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地
			株式会社日立製作所中央研究所内
		(72) 発明者	矢野 隆
			東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地
			株式会社日立製作所中央研究所内
		(72) 発明者	齋藤 利行
			東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地
			株式会社日立製作所中央研究所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 適応変調方法並びにデータレート制御方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

送信情報を符号化して生成される符号語を複数の通信単位に分割し、該分割された符号語を通信単位毎に変調して送信する第1の無線局と、複数の通信単位をそれぞれ復調した信号を結合して復号を行う第2の無線局とを有する無線通信システムであって、

上記第1の無線局と第2の無線局とは上記複数の通信単位毎の1シンボルあたりの最大伝送ビット数である第1のビット数についての情報と、上記第1の無線局で送信情報を符号化するために用いることのできる、情報ビット長が異なり符号化後の符号長が等しい符号化方式のリストとを共有し、

上記第1の無線局は、

上記通信単位毎の変調に用いる変調方式を、伝搬路状況に基づいて1シンボルあたりの伝送ビット数が上記第1のビット数以下の第2のビット数であるそれぞれの変調方式に決定し、

上記符号化方式のリストにある符号化方式から、上記通信単位毎に決定した変調方式の1シンボルあたりの伝送ビット数である上記第2のビット数の総和と、上記通信単位毎の上記第1のビット数の総和との関係に応じて符号化方式を選択し、

送信情報を符号化して符号語を生成し、該符号語を複数の通信単位に分割し、上記通信単位毎に決定した変調方式により、上記複数の通信単位に分割した符号語をそれぞれ変調して送信し、

上記第2の無線局は、

10

20

上記第1の無線局から変調された上記複数の通信単位を受信し、
1シンボルあたりの伝送ビット数が上記第1のビット数以下の第3のビット数である変調方式により、上記複数の通信単位毎をそれぞれ復調し、
上記符号化方式のリストにある符号化方式のうち1または複数の符号化方式により、上記復調された複数の通信単位の信号を結合して復号を行い、
該復号結果に誤り無しと判定した符号化方式で復号した結果を受信情報とすることを特徴とする無線通信システム。

【請求項2】

請求項1記載の無線通信システムであって、

前記第1の無線局により選択される符号化方式は、符号化率が、上記通信単位毎に決定した変調方式の1シンボルあたりの伝送ビット数である上記第2のビット数の総和を上記通信単位毎の上記第1のビット数の総和で割った値に基づいて、上記符号化方式のリストにある符号化方式から、符号化率が上記値よりも小さな値となる符号化方式であることを特徴とする無線通信システム。

10

【請求項3】

請求項1記載の無線通信システムであって、上記第2の無線局は、上記第1の無線局との間の伝搬路状況を判定し、該判定された伝搬路状況に基づいて上記復調の際の変調方式または上記復号化に用いる符号化方式と決定することを特徴とする無線通信システム。

【請求項4】

請求項1記載の無線通信システムであって、上記送信情報の送信に先立って上記第1の無線局と上記第2の無線局との間で行われる通信に基づいて上記第1の伝送ビット数についての情報および上記符号化方式のリストを共有することを特徴とする無線通信システム。

20

【請求項5】

請求項1記載の無線通信システムであって、該複数の通信単位毎に異なる中心周波数を用いて変調を行って通信することを特徴とする無線通信システム。

【請求項6】

請求項1記載の無線通信システムであって、該複数の通信単位毎に異なる拡散符号によって拡散して通信を行うことを特徴とする無線通信システム。

【請求項7】

30

請求項1記載の無線通信システムであって、該第1の無線局は送信に複数のアンテナを用い、該複数の通信単位毎に異なるアンテナを用いて通信を行うことを特徴とする無線通信システム。

【請求項8】

請求項1記載の無線通信システムであって、該第1の無線局は送信に複数のアンテナを用い、該複数の通信単位に分割した符号語を一次変換した結果毎に異なるアンテナを用いて通信を行うことを特徴とする無線通信システム。

【請求項9】

無線通信システムにおいて受信局へ送信情報を送信する送信局であって、
送信情報から生成される符号語を複数に分割した通信単位を送信する際のそれぞれの1シンボルあたりの最大伝送ビット数である第1のビット数についての情報と、該送信情報を符号化するために用いることのできる、情報ビット長が異なり符号化後の符号長が等しい符号化方式のリストとを保持する記憶部と、
上記通信単位毎の変調に用いる変調方式を、上記受信局との間の伝搬路状態に基づいて1シンボルあたりの伝送ビット数が上記第1のビット数以下の第2のビット数であるそれぞれの変調方式に決定する適用変調制御部と、
上記符号化方式のリストにある符号化方式から、上記通信単位毎に決定した変調方式の1シンボルあたりの伝送ビット数である上記第2のビット数の総和と上記通信単位毎の上記第1のビット数の総和との関係に応じて、符号化方式を選択し、送信情報を符号化して符号語を生成する符号化部と、

40

50

上記符号語を複数に分割した通信単位のそれぞれを、上記通信単位毎に決定した変調方式により変調する変調部と、
該変調された通信単位を送信する送信部とを有し、
上記第 1 の伝送ビット数についての情報と、上記符号化方式のリストとは上記受信局と共有されるものであることを特徴とする送信局。

【請求項 10】

請求項 9 記載の送信局であって、
前記選択される符号化方式は、符号化率が、上記第 2 のビット数の総和を上記第 1 のビット数の総和で割った値よりも小さな値となる符号化方式である、ことを特徴とする送信局
。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は複数のキャリアを用いる等により、複数の伝搬路を通じて通信する無線通信システムにおいて、各々の伝搬路毎の品質の変動に適応した変調方式及びデータレートを制御する方法に関する発明である。

【背景技術】

【0002】

無線通信システムにおいて時間あたりの伝送量を増加するために、1シンボルあたりに複数ビットの情報を伝送する多値変調技術が知られている。

20

多値変調技術では、1シンボルあたりのビット数が増すほど伝搬路品質が良好な場合における最大スループットは増加する一方、1シンボルあたりのビット数が増すほど伝搬路品質が低下した際にスループットが大きく低下してしまうため、安定した通信を行うためには伝搬路の品質にあわせて変調多値数を切り替える適応変調技術が提案されている。この技術については、論文「変調多値数可変適応変調方式の伝送特性」（電子情報通信学会論文誌 B-II Vol.J78-B-II No.6 pp.435-444, 1995年6月）（非特許文献 1）等で説明されている。

【0003】

また無線通信の広帯域化に伴って、情報を多数の直行したサブキャリアに分割して送信するOFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing)方式が用いられ、OFDMの帯域内の伝搬路品質の違いに対応するためにサブキャリアごとに変調方式を切り替えるOFDM適応変調方式が提案されている。この技術については論文「高速データ通信のためのマルチレベル送信電力制御を用いたOFDM適応変調方式」（電子情報通信学会論文誌 B-II Vol.J84-B-II No.7 pp.1141-1150, 2001年7月）（非特許文献 2）等で説明されている。

30

【0004】

【非特許文献 1】大槻信也 他、「変調多値数可変適応変調方式の伝送特性」、電子情報通信学会論文誌、1995年6月、B-II Vol.J78-B-II No.6 pp.435-444

【0005】

【非特許文献 2】吉識知明 他、「高速データ通信のためのマルチレベル送信電力制御を用いたOFDM適応変調方式」、電子情報通信学会論文誌、2001年7月、B-II Vol.J84-B-II No.7 pp.1141-1150

40

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

上述の従来の適応変調技術による伝搬路の変動に応じた変調方式の切り替えでは、受信局が正しく復調を行うためには、送信局と受信局とは用いる変調方式の情報を共有する必要がある。

送信局と受信局との間で変調方式が食い違った場合にはデータ位置がずれ、誤りが連鎖してしまうため、例えば送信局から受信局に変調方式を通知する方式ではこの通知信号は非常に高い精度で通信する必要がある、また例えば受信局が受信信号から変調方式を推定す

50

るような場合でも高い精度で推定するためのトレーニング信号が必要となる。

このため、例えばOFDMのサブキャリア毎に変調方式を制御するためには、変調方式の通知信号やトレーニング信号といった変調方式制御のための信号が増加するためにデータ信号自体のスループットを圧迫するという問題が生じ、また逆にデータ信号のスループットを圧迫しないように変調方式の通知信号やトレーニング信号といった変調方式制御のための信号を削減すると、変調方式制御の自由度が減少し、細やかな制御が行えず、ために伝搬路を十分に活用して通信することができないという問題があった。

【 0 0 0 7 】

本発明は上記の問題を解決すべくなされたものであり、例えばOFDMのサブキャリアごとに変調方式を制御する場合においても、送信局と受信局との間の変調方式の一致が必ずしも正確で無くとも通信可能であり、ために変調方式制御のための制御信号を削減しつつサブキャリアごとに変調方式を切り替え可能であり、また伝搬路の全体的な品質に応じて通信全体のスループットを制御可能な無線通信システムを提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 8 】

上記課題を解決するための手段として、本発明による適応変調及び符号化方式では、まず送信局と受信局とは、各サブキャリアにおける1シンボルあたりの最大伝送ビット数と、選択しうる符号化方式のリストとの情報を共有する。

送信局では各サブキャリアの伝搬路品質から該サブキャリアにおける変調方式を決定し、決定した変調方式で通信可能なビット数の情報を元に前記リストから符号化方式を選択して符号化を行い、符号を分割して各サブキャリアに前記1シンボルあたりの最大伝送ビット数ずつ分配し、各サブキャリアでは分配されたビットのうち先に決定した変調方式で送信可能なビット数だけ変調して送信を行う。

【 0 0 0 9 】

受信局では各サブキャリアの伝搬路品質から該サブキャリアにおいて復調に用いる変調方式を決定して復調を行い、1シンボルあたりの復調の結果得られたビット数が前記1シンボルあたりの最大伝送ビット数に満たない場合には尤度0の信号を受信したとして信号を付加して復調結果をまとめ、この復調結果に対して前記符号化方式のリストにある符号化方式で復号を試行し、復号が成功した場合に復号結果得られた情報が送信されたとする。

この方法により、送信局と受信局との間で正確な変調方式の一致を取ることなく、伝搬路に応じてサブキャリア毎に変調方式を切り替えることが可能となり、また平均的な伝搬路品質に応じてスループットが制御可能となる。

【発明の効果】

【 0 0 1 0 】

本発明によれば、送信局と受信局との間で変調方式の情報を通知する必要なく、伝搬路の変動にあわせて1シンボルあたりに通信されるビット数を切り替えることを可能とし、また伝搬路の変動に応じて最適なスループットで通信できるシステムを提供する。

【発明を実施するための最良の形態】

【 0 0 1 1 】

以下、本発明の実施の形態について、図面を用いて説明する。ただし、以下では例として各サブキャリアにおける1シンボルあたりの最大伝送ビット数を6ビットとし、変調方式としては64QAMまたは16QAMまたはQPSKを用いる適応変調方式について説明するが、本発明の適用はこれらの最大伝送ビット数及び変調方式に限定されるものではなく、より一般的に1シンボルあたりの最大伝送ビット数を 2^m ビットとし、変調方式として 2^{2^k} QAM(k は m 以下の自然数)で復調する場合にも同様に適用可能である。また上記において $k=1$ に相当する4QAMはQPSKと同じ変調方式を表すものとする。

【 0 0 1 2 】

まず、図 5 - 8 に示す、本発明の適応変調及び符号化方式を用いて通信を行う送信局及び受信局の構成図面に基づき、送信局及び受信局の構成及び信号の流れについて説明する。

ただし、以下では送信局から受信局への通信にのみ本発明の変復調方式を適用する構成についてのみ説明するが、実施の際には受信局と送信局の両方の機能を一つの通信装置に持たせ、双方向の通信に本発明を適用することも可能である。また、本発明における送信局及び受信局の用語は送信されるデータ信号の変調を行う無線局および復調を行う無線局、の意味で使われており、いずれを基地局・移動端末としてもよく、また端末同士が相互に接続される場合にはいずれの端末が送信局・受信局となってもよい。

10

【 0 0 1 3 】

図5に本発明における送信局の第1の構成例を、図6に本発明における送信局の第2の構成例を、図7に本発明における受信局の第1の構成例を、図8に本発明における受信局の第2の構成例を示す。

図5もしくは図6の送信局と、図7もしくは図8の受信局を用いて通信を行う際には、送信局と受信局とは、まず各サブキャリアにおける1シンボルあたりの最大伝送ビット数と、選択しうる符号化方式のリストとの情報を共有し、送信情報の符号化、受信信号の復号化に先立って記憶部に記憶しておく。

【 0 0 1 4 】

送信局と受信局との情報共有の方法としては、システムとしてあらかじめ決めておいてもよいし、通信開始時に送信局もしくは受信局から通知してもよい。また、送信局と受信局の一方が基地局であり他方が端末であるような場合には、位置登録やハンドオーバーを行う際に基地局から端末に通知したり、基地局からブロードキャストされる基準信号に共有情報を含めて送信するなどの方法を用いることもできる。また、1シンボルあたりの最大伝送ビット数は、伝搬路状況や通信要求量、送受信機の性能などによって決まる。

20

【 0 0 1 5 】

図5の送信局において、適応変調制御部410は無線部400が受信した信号をFFT(高速フーリエ変換)によって周波数領域の信号に変換し、サブキャリア毎に伝搬路品質に基づいて変調方式を決定し、サブキャリア毎の変調方式それぞれの情報を適応変調部430に、サブキャリア毎に選択した変調方式の1シンボルあたりのビット数の総和を符号化部420に通知する。

30

符号化部420では、適応変調制御部410から得た情報を元に符号化方式リストの中から符号化方式を選択し、選択した符号化方式に基づいて符号化処理を行い、符号化処理を行った結果を適応変調部430に渡す。符号化処理では送信すべき情報に例えばパリティやCRCといった手法で誤り検出情報を付加し、例えば畳み込み符号やTurbo符号といった通信路符号で符号化し、作成した符号語内のビット位置をインタリーブによって変更し、各サブキャリアに分配した際にビット数に余りが生じるようであればパンクチャによって一部ビットを削除する。

【 0 0 1 6 】

適応変調部430では、符号化部420より渡されたデータを各サブキャリアに分割し、各サブキャリアでは適応変調制御部410で決定した変調方式で変調を行い、IFFT(逆高速フーリエ変換)により各サブキャリアの信号を時間領域の信号に多重化して無線部400を通じて送信を行う。

40

図5の送信局から送信された信号は例えば図7のような構成の受信局で受信される。図7の受信局において、適応復調制御部510は無線部500が受信した信号をFFTによって周波数領域の信号に変換し、サブキャリア毎に伝搬路品質に基づいて復調に用いる変調方式を決定し、サブキャリア毎の復調に用いる変調方式それぞれの情報を適応復調部530に、サブキャリア毎に選択した復調に用いる変調方式の1シンボルあたりのビット数の総和を復号部520に通知する。

【 0 0 1 7 】

50

適応復調部530では、無線部500で受信した信号をFFTによって周波数領域の信号に変換し、サブキャリア毎に適応復調制御部から通知された変調方式を用いて復調を行い、復調に用いた変調方式の1シンボルあたりのビット数が、先に送信局との間で決定した1シンボルあたりの最大ビット数に満たない場合には不足分だけ尤度0の信号を受信したと扱って、各サブキャリアからシンボル毎に1シンボルあたりの最大ビット数の復調結果が出力され、全キャリア分が多重されて復号部に渡される。

【0018】

復号部520では、符号化方式リストから符号化方式を選択し、選択された符号化方式に従って適応復調部530から渡されたデータのデバンクチャ、デインタリーブ、通信路符号の復号処理が行われ、送信時に付加された誤り検出情報を用いて復号結果が誤っているか否かを判定する。

10

復号結果が誤っていないと判定された場合、復号部520は判定された復号結果を受信情報として出力する。復号結果が誤っていると判定された場合、先の符号化方式のリストから別の符号化方式を選択して、同様の復号処理を再試行する。また、リスト中の全ての符号化方式について復号結果が誤っていると判定された場合には、復号失敗を出力する。

【0019】

上記復号部520における試行において、リストから復号に用いる符号化方式を選択する順番の決定方法としては、簡単には通信前に順番を定めておき常に予め定めた順番で選択することが可能である。別の決定方法としては適応復調制御部510から受信品質の通知を受け、受信品質が高ければ符号化率が高い符号化方法を優先して試行し、受信品質が低ければ符号化率が低い符号化方法を優先して選択することが可能である。更に別の決定方法としては、前回の復号において復号が成功した符号化方法を優先的に選択して試行することも可能であり、この方法は特に伝搬路の品質変動が比較的緩やかであるときに適する。また、更に別の決定方法として、送信局が符号化部420に選択した符号化方式を受信局に対して通知し、受信局は該送信局より通知された方式を優先的に選択して試行することも可能である。

20

【0020】

本発明の受信局は図7の構成のかわりに図8のような構成でも実現可能である。図7の受信局では、適応復調制御部510及び適応復調部530は図6の構成例における受信局における適応復調制御部510及び適応復調部530と同様の処理を行う。図8の受信局の復号部520は、符号化方式のリスト毎にデバンクチャ、デインタリーブ、通信路復号及び誤り検出部を用意し、誤り検出処理の結果、誤り無しとされた復号部の出力を受信情報として出力することも可能である。

30

【0021】

本発明の送信局は図5に示した構成のかわりに例えば図6のような構成でも実現可能である。図6の構成による送信局では、適応変調制御部410は無線部400が受信した信号を元に、伝搬路の全体的な品質を判定し、結果を符号化部420に通知する。

符号化部420では、適応変調制御部410から得た情報を元に、符号化方式リストから符号化方式を選択し、選択した符号化方式に基づいて符号か処理を行い、結果を適応変調部430に渡す。符号か処理では送信すべき情報に例えばパリティやCRCといった手法で誤り検出情報を付加し、例えば畳み込み符号やTurbo符号といった通信路符号で符号化し、作成した符号語内のビット位置をインタリーブによって変更し、各サブキャリアに分配した際にビット数に余りが生じるようであればバンクチャによって一部ビットを削除する。

40

【0022】

適応変調部430では、符号化部420より渡されたデータを各サブキャリアに分割し、全てのサブキャリアで予め受信局との間で定めた1シンボルあたりの最大伝送ビット数を伝送する変調方式を用いて変調を行い、IFFT(逆高速フーリエ変換)により各サブキャリアの信号を時間領域の信号に多重化して無線部400を通じて送信を行う。

図6の構成の送信局では、図5の構成の送信局に比べてサブキャリア毎の伝搬路品質に応じて変調方式の切り替えは行わないが、図7ないしは図8の受信局がサブキャリア毎の伝

50

搬路品質に応じて復調に用いる変調方式を切り替えるために、サブキャリア毎の品質の違いを利用して通信しつつ送信局の構成を簡易化できるという利点がある。

【 0 0 2 3 】

また、図6の構成の送信局を用いることにより、例えば送信局から受信局への通信と受信局から送信局への通信で異なる周波数を用いるような場合で送信局でサブキャリア毎の伝搬路品質の違いを測定することが困難な場合においても本発明を適用することができ、この場合には受信局から受信品質をフィードバック情報をして受け取ることが望ましい。

次に、図1及び図2に示す送信局及び受信局それぞれにおける本発明の変調方式及び符号化方式を説明するための模式図に基づき、詳細な説明を行う。

送信局と受信局とは、まず各サブキャリアにおける1シンボルあたりの最大伝送ビット数 N_c と、選択しうる符号化方式のリストとの情報を共有する。なお、以下の説明及び図中では N_c と表記する値は各サブキャリアにおける1シンボルあたりの最大伝送ビット数を表すこととする。

【 0 0 2 4 】

図1を用いて送信局の適応変調制御部、符号化部、および適応変調部における処理を詳細に説明する。図1の送信局では、まず適応変調制御部110においてサブキャリア毎の伝搬路品質111を元に、サブキャリア毎の変調方式114を決定し、決定した変調方式の1シンボルあたりに通信可能なビット数 N_b 115を求める。なお、以下の説明及び図中では N_b と表記する値は、送信局側で判断される、1シンボルあたりに通信可能なビット数115を表すこととする。

ここで、サブキャリア毎の変調方式の決定には、例えば伝搬路の品質として信号電力強度や干渉電力強度、信号対干渉及び雑音電力比等を用いることが可能である。

また、閾値の決定は単純には例えばサブキャリア毎の伝搬路品質111から予想されるサブキャリアの通信路容量がQPSKの1シンボルあたりに通信可能なビット数である2よりも大きければQPSKよりも変調多値数の大きな変調方式を選択するように閾値112を選択し、16QAMの1シンボルあたりに通信可能なビット数である4よりも大きければ16QAMよりも変調多値数の大きな変調方式を選択するように閾値113を選択するような決定方法が可能であり、またより通信品質を向上させるためには用いる符号や変調方式や伝搬路の性質に応じて閾値を決定することができる。

【 0 0 2 5 】

符号化部120では、送信局と受信局とで共有した符号化方式のリストから符号を一つ選択して符号化を行う。ここで符号を選択する基準の一例が図3のグラフに示す関係301である。

関係301では、1符号語を送信する区間における各サブキャリアで選択した変調方式1シンボルあたりに通信可能なビット数 N_b の総和を、各サブキャリアの1シンボルあたりの最大伝送ビット数 N_c の総和で割った値よりも小さな符号化率の符号化方式を選択する。

【 0 0 2 6 】

例えば図1の例では、一つの符号を6つのサブキャリアを用いて一時に送信するため、符号長122は各サブキャリアの1シンボルあたりの最大伝送ビット数 N_c を6つのサブキャリアについて加算した値に等しく、情報ビット長121は各サブキャリアで選択した変調方式の1シンボルあたりに通信可能なビット数 N_b を6つのサブキャリアについて加算した値よりも小さくなるような符号化方式が選択される。ここで、選択される符号化方式は符号化率が N_b の総和と N_c の総和の商よりも小さいという条件を満たしていれば良く、この他にも例えば符号を時間的に n 回に分割して送信するような場合であれば、符号長はこの符号の送信に用いる全キャリアについての N_c の総和と n との積に等しく、この符号の情報ビット長はこの符号の送信に用いる全キャリアについての N_b の総和と n との積よりも小さな値となる符号化方式が選択される。

【 0 0 2 7 】

このように符号化方式を選択することにより、伝搬路の品質が高いほど高い符号化率の符号化方式が選択されてデータレートが向上し、伝搬路の品質が低いほど低い符号化率の

10

20

30

40

50

符号化方式が選択されて誤り訂正能力が向上し、伝搬路の品質に応じた符号化方式が選択される。

なお、図3の関係301では例えば302の範囲において一定の符号化率を選択しているが、例えば図4に示すNbの総和とNcの総和の商と送信電力との関係図のように、同一の符号化率を選択する区間312においてはNbの総和とNcの総和の商が小さいほど送信電力が大きくなるように電力を制御することにより送信情報1ビットあたりに用いるエネルギーを安定させることができ、さらに通信品質を改善することが可能である。

【0028】

以上に示した符号の選択方針では、Nbの総和とNcの総和の商を基準に符号化率を選択しているが、伝搬路の品質を符号化率の選択基準として用いることも可能である。例えば1符号語を送信する区間における伝搬路の通信路容量の総和を、Ncの総和で除した値に通信路符号の誤り訂正能力と正の相関を持つ係数を乗じた値を基準値とし、符号化方式のリストのうち符号化率が基準値に最も近い方式を選択する、あるいは符号化方式のリストのうち符号化率が基準値を超えない範囲で最も大きな方式を選択する、あるいは符号化方式のリストのうち符号化率が基準値を下回らない範囲で最も小さな方式を選択するような符号の選択方法でも同様の効果を得ることができる。

【0029】

変調部130では、符号化部120で作成した符号語を各サブキャリアの1シンボルあたりの最大伝送ビット数Ncビット分ずつ各サブキャリアに分割し、各サブキャリアごとに分配されたNcビットのうち適応変調制御部110において決定した該サブキャリアの変調方式の1シンボルあたりに通信可能なビット数Nbビットを用いて該サブキャリアの変調方式で変調し、送信信号を作成する。このとき、NcビットとNbビットの差分だけ送信に用いられないビットが生じるが、これは特に送信に使用することなく破棄される。

【0030】

次に図2を用いて受信局の適応復調制御部、復号部、および復調部における処理を詳細に説明する。図2の受信局では、まず適応復調制御部210においてサブキャリア毎の伝搬路品質211を元に、サブキャリア毎の復調に用いる変調方式214を決定し、決定した変調方式の1シンボルあたりに通信可能なビット数Nd215を求める。なお、以下の説明及び図中ではNdと表記する値は、送信局側で判断される、1シンボルあたりに通信可能なビット数を表すこととする。

ここで、サブキャリア毎の変調方式の決定には、送信局においてと同様に例えば伝搬路の品質として信号電力強度や干渉電力強度、信号対干渉及び雑音電力比等を用いることが可能である。

【0031】

また、閾値の決定は例えばサブキャリア毎の伝搬路品質211から予想されるサブキャリアの通信路容量がQPSKの1シンボルあたりに通信可能なビット数である2よりも大きければQPSKよりも変調多値数の大きな変調方式を選択するように閾値212を選択し、16QAMの1シンボルあたりに通信可能なビット数である4よりも大きければ16QAMよりも変調多値数の大きな変調方式を選択するように閾値213を選択するような決定方法が可能であり、またより通信品質を向上させるためには用いる符号や変調方式や伝搬路の性質に応じて閾値を決定することができる。さらに、受信局における閾値212及び213は送信局における閾値112及び113よりもそれぞれ小さめの値を選択することにより、通信品質の向上が可能である。

【0032】

なお受信局において測定した伝搬路品質211は図中点線で示した送信局において測定した伝搬路品質111と一致することが最も望ましいが、送信局と受信局の物理的な環境の違いや測定のタイミング等が異なること等の理由で必ずしも一致しない。この結果、本発明の適応変調及び符号化方式では、受信局において決定する変調方式214と送信局で送信に用いた変調方式114とは必ずしも一致しない。しかし本発明では変調方式214及び114によらずに各サブキャリアの1シンボルあたりの最大伝送ビット数Ncを固定するために変調方

10

20

30

40

50

式の選択の誤りが他のサブキャリアの変調結果の誤りに連鎖することが無く、また符号の誤り訂正能力を利用することにより、送信局と受信局とで異なる変調方式を選択した際にも大きく特性を劣化することは無い。このため、十分な誤り訂正能力を有する符号を用いれば、従来の技術と異なって送信局と受信局とで変調方式を正確に一致させるための仕組みは不要となる。

【 0 0 3 3 】

復調部230では、適応復調制御部210において決定したサブキャリア毎の復調に用いる変調方式によって復調処理を行ってNdビットの信号を得て、NcビットとNdビットの差の分だけ尤度0の信号を受信したとして信号を追加し、サブキャリア毎に合計Ncビットの信号を復号部220に対して出力する。

10

【 0 0 3 4 】

復号部220では、送信局との間で共有した符号化方式のリストから1ないし複数の符号化方式を選択して復号を試行し、復号に成功した方式で送信局において符号化されたものとみなして送信情報の復号を完了する。復号成功の判断は、例えば送信時にパリティやCRCのような誤り検出信号を付加し、復号時に判定して誤りが検出されなかった場合に復号成功と判断することが可能である。

【 0 0 3 5 】

復号部220において複数の符号化方式による復号を順に試行する場合には、例えば送信局で符号化方式を決定する方法と同様の方法でNd及びNcから符号化方式を推定し、推定した方式を優先的に試行するといった方法や、直前に復号に成功した方式を優先的に試行するといった方法を用いることにより、計算量を削減することが可能である。

20

以上の復号処理の結果として復号部220から復号結果及び誤り検出信号が本発明の受信局における受信結果として上位の通信レイヤに通知される。

以上の本発明における適応変調・符号化処理について、送信局の処理の流れを図12に、受信局の処理の流れを図13に示す。

図12の処理の流れにおいて、送信局はまず処理600において各サブキャリアの1シンボルあたりの最大伝送ビット数Ncを決定する。処理600は一連の通信単位ごとに行えばよい処理であり、通信開始時に一度設定する程度の頻度で行う処理である。

【 0 0 3 6 】

次に送信局では処理601において伝搬路品質を測定し、測定結果に基づいて処理602において各サブキャリアの変調方式を決定し、処理603において符号化方式を決定する。これらの処理は伝搬路の変動速度に追従する程度の頻度で行う処理であり、伝搬路の変動速度が符号長と同程度であれば符号送信ごと程度の頻度で処理601における測定結果に基づいて処理602及び処理603の方式決定を行い、伝搬路の変動が符号長に比べて緩やかであればより少ない頻度で行う処理である。次に送信局では1符号毎に処理604において送信情報を符号化し、符号化された情報をシンボル単位毎に処理605で変調して信号を送信する。

30

図13の処理の流れにおいて受信局はまず処理610において各サブキャリアの1シンボルあたりの最大伝送ビット数Ncを決定する。処理610は送信局における処理600と同様に一連の通信単位ごとに行えばよい処理であり、通信開始時に一度設定する程度の頻度で行う処理であり、また送信局における処理600と同じタイミングで処理を行う必要がある。

40

【 0 0 3 7 】

次に受信局では処理611において伝搬路品質を測定し、測定結果に基づいて処理612において各サブキャリアの復調に用いる変調方式を決定する。これらの処理は伝搬路の変動速度に追従する程度の頻度で行う処理であり、伝搬路の変動速度が符号長と同程度であれば受信信号の符号長と同程度の頻度で処理611における測定結果に基づいて処理612における方式決定を行い、伝搬路の変動が符号長に比べて緩やかであればより少ない頻度で行う処理である。この処理の頻度は送信局における処理601、処理602、処理603の処理頻度と同程度であることが望ましいが、必ずしも一致する必要は無い。

【 0 0 3 8 】

次に受信局では処理612において決定した変調方式に基づいて受信信号の復調を行い、

50

符号化長分の復調処理が終わる毎に処理613において符号化方式を推定し、処理614において復号処理を行う。処理613及び処理614は、図8の受信局のように複数の復号部を持つ受信局であれば、符号長分の復調処理が終わる毎に一度だけ行う。一方図7の受信局のように一つの復号部を方式を切り替えて繰り返し用いるような受信局であれば、符号長分の復調処理が終わる毎に候補となる方式で復号を試行し、復号が失敗すれば異なる方式で再び復号を試行し、復号成功すれば処理を終了する。

【0039】

以上では、変調方式を 2^m QAMについて説明したが、本発明の適用は 2^m QAMに限定するものではなく、例えばgray符号を用いて再帰的に信号点配置を拡張し、信号点へのビットの割り当てを設定可能な変調方式であれば適用可能であり、1シンボルあたりの最大伝送ビット数を m ビットとして 2^m PSKや 2^m ASKに対しても同様の制御を適用可能である。

10

また、以上の説明で用いてる符号及び符号化とは、例えば単純な畳み込み符号やTurbo符号といった誤り訂正符号による符号化のみを指すのではなく、より一般的に通信対象の情報から変調を行うbit列への写像を指しており、例えば誤り検出符号の付加やインタリーブ、リビティション、パंकチャといった信号処理も含んだ処理をまとめて符号化と称している。

【0040】

また以上の記述において、シンボルあたりのビット数ないしはシンボルあたりの最大ビット数と称する際のビット数とは符号化後の符号語のビット数に相当し、送信情報ビット数に対応させるためには符号の符号化率を乗じる必要がある。

20

また、以上では周波数毎に品質の異なる伝搬路において、IFFT及びFFT演算を用いて複数のサブキャリアに情報を分割して通信する場合について説明しているが、本発明は品質が異なる複数の通信単位に情報を分割して通信するシステムについて一般的に適用可能である。

【0041】

例えば適応変調部を図9に示すように構成しても良い。図9の適応変調部430においては、IFFTを行う代わりに例えばWalsh符号のような符号を用いて拡散し、適応復調部530においてFFTを行う代わりに逆拡散を行うことで符号語を複数の符号に分割して同様に本発明を適用することができる。

30

また、適応変調部430においてIFFTを行う代わりに、例えば図10のように分割し、変調した信号をそれぞれ異なるアンテナから送信し、適応復調部530においてFFTを行う代わりに複数のアンテナで受信した信号を送信元のアンテナ毎に分離するような干渉除去処理を行うことで、符号語を複数のアンテナに分割して同様に本発明を適用することができる。

【0042】

また、適応変調部430においてIFFTを行う代わりに、例えば図11のように分割し、変調した信号に複素係数を乗じて一次変換した後に異なるアンテナから送信し、適応復調部530においてFFTを行う代わりに複数のアンテナで受信した信号を、送信元の一次変換前の信号毎に分離するような干渉除去処理を行うことで、符号語を複数のビームパターンに分割して同様に本発明を適用することができる。

40

【図面の簡単な説明】

【0043】

【図1】本発明における送信局における適応変調及び符号化方式の例。

【図2】本発明における受信局における適応復調及び復号方式の例。

【図3】本発明における適応変調により通信可能なビット数と符号化率との関係の例。

【図4】本発明における適応変調により通信可能なビット数と送信電力との関係の例。

【図5】本発明における送信局の第1の実施の例。

【図6】本発明における送信局の第2の実施の例。

【図7】本発明における受信局の第1の実施の例。

【図8】本発明における受信局の第2の実施の例。

【図9】複数の符号に情報を分割して送信するシステムに本発明を適用する際の送信局適

50

応変調部の実施の例。

【図 1 0】複数のアンテナに情報を分割して送信するシステムに本発明を適用する際の送信局適応変調部の実施の例。

【図 1 1】複数のビームパターンに情報を分割して送信するシステムに本発明を適用する際の送信局適応変調部の実施の例。

【図 1 2】本発明における送信局の処理の流れの例。

【図 1 3】本発明における受信局の処理の流れの例。

【符号の説明】

【 0 0 4 4 】

110 適応変調制御部、 111 送信局におけるサブキャリア毎の伝搬路品質の例、 112, 113 変調方式選択のための閾値の例、 114 サブキャリア毎の変調方式、 115, 132 サブキャリア毎の変調方式の1シンボルあたりのビット数、

120 符号化部、 121 符号化前の情報ビット、 122 符号語、

130 適応変調部、 131, 231 サブキャリア毎の1シンボルあたりの最大ビット数、

210 適応復調制御部、 211 受信局におけるサブキャリア毎の伝搬路品質の例、 212, 213 復調に用いる変調方式選択のための閾値の例、 214 サブキャリア毎の復調に用いる変調方式、 115, 232 サブキャリア毎の復調に用いる変調方式の1シンボルあたりのビット数、

220 復号部、 221 復号後の情報ビット、 222 符号語、 230 適応復調部、 301 符号化率の例、 302, 312 一定の符号化率が選択される範囲の例、 311 送信電力の例、

400 送信局無線部、 410 適応変調制御部、 420 符号化部、 430 適応変調部、

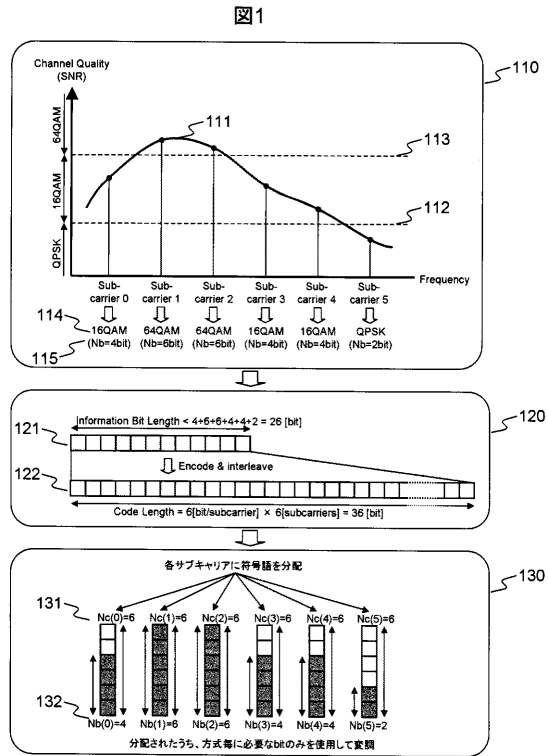
500 受信局無線部、 510 適応復調制御部、 520 復号部、 530 適応復調部

600 シンボルあたり最大ビット数決定処理、 601 伝搬路品質推定処理、 602 変調方式決定処理、 603 符号化方式決定処理、 604 符号化処理、 605 変調処理、 610 シンボルあたり最大ビット数決定処理、 611 伝搬路品質推定処理、 612 復調用変調方式決定処理、 613 符号化方式決定処理、 614 復号処理、 615 復調処理。

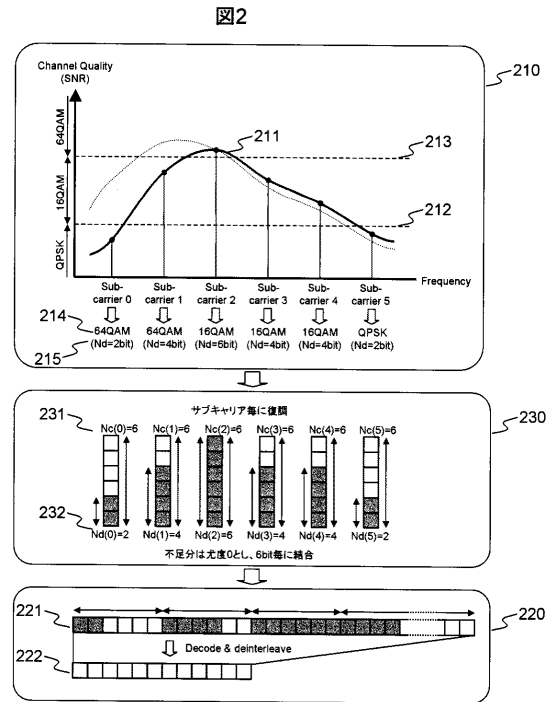
10

20

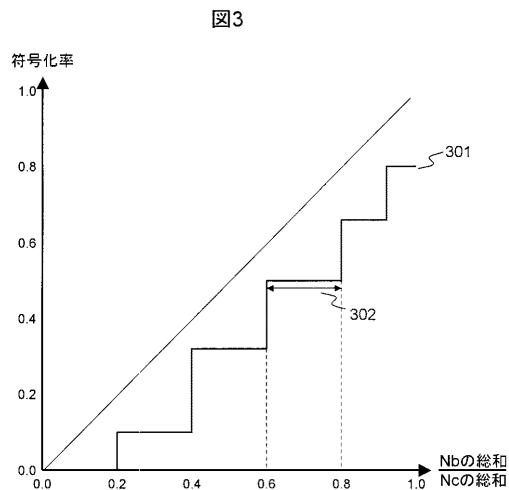
【図 1】



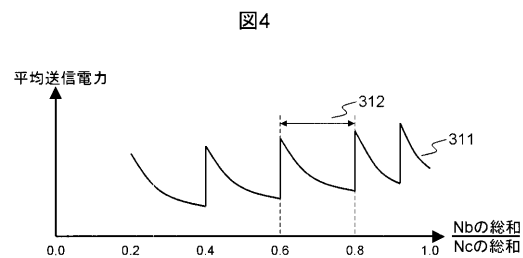
【図 2】



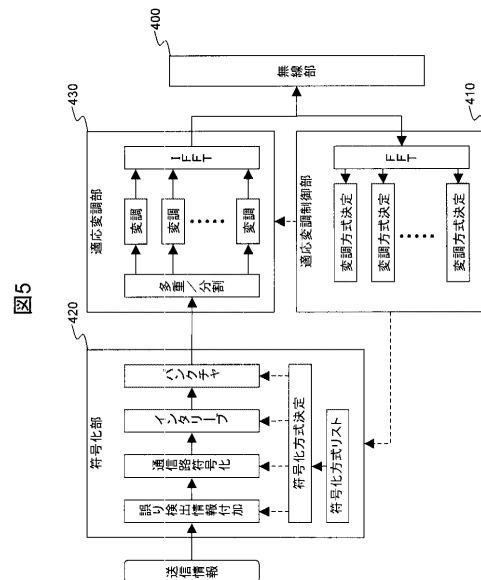
【図 3】



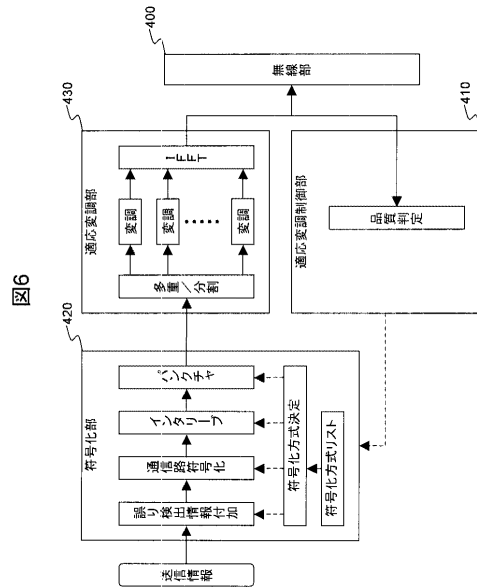
【図 4】



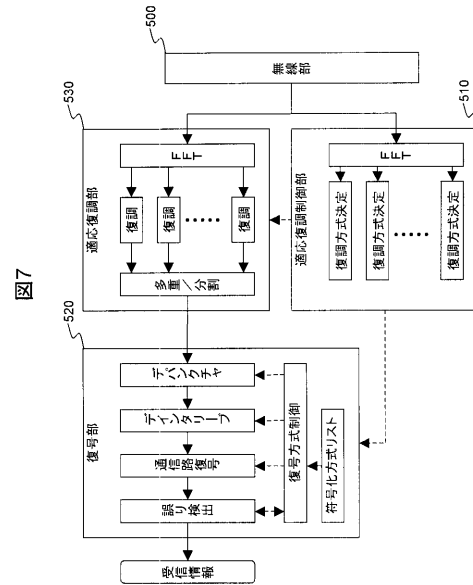
【図 5】



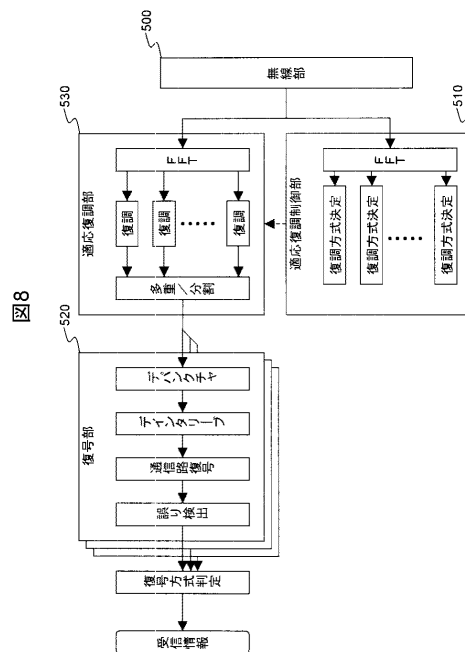
【 図 6 】



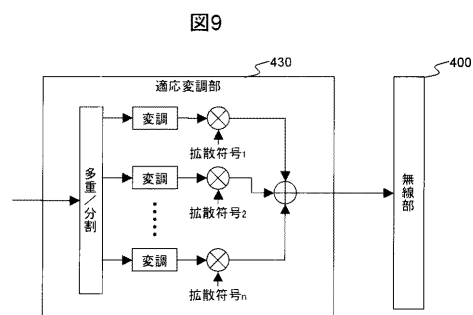
【 図 7 】



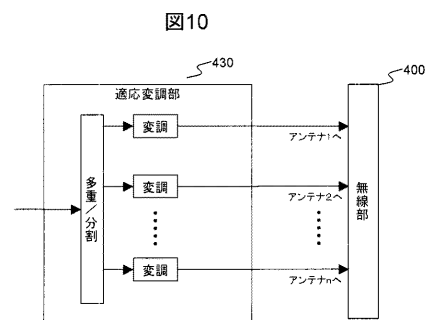
【 図 8 】



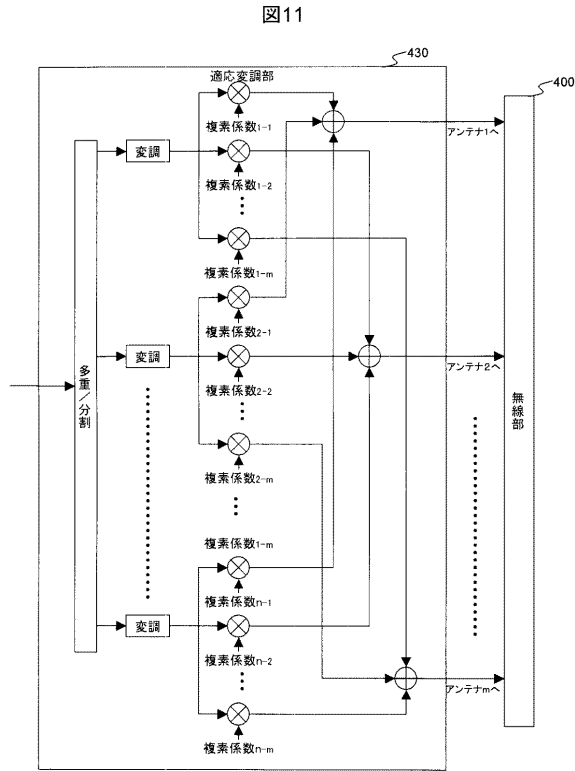
【 図 9 】



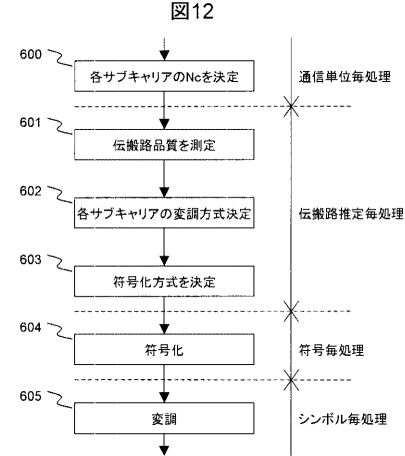
【 図 1 0 】



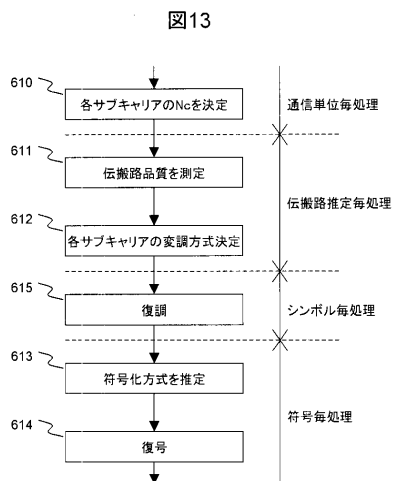
【図 1 1】



【図 1 2】



【図 1 3】



フロントページの続き

(72)発明者 花岡 誠之

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目 2 8 0 番地 株式会社日立製作所中央研究所内

審査官 北村 智彦

(56)参考文献 特開平 0 8 - 2 6 5 3 0 4 (J P , A)

国際公開第 0 2 / 0 7 3 9 1 6 (W O , A 1)

花岡 誠之, 小林 真, 玉木 諭, 矢野 隆, 加藤 猛, Q A Mにおける適応復調方式 - 尤度制御による Q A M信号復調方法, 2003年通信ソサイエティ大会講演論文集1, 日本, 電気情報通信学会, 2 0 0 3 年 9 月 1 0 日, p.440, B-5-63

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

H 0 4 J 1 1 / 0 0