(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第5543442号
(P5543442)
(45)発行日　平成26年7月9日(2014.7.9)　(24)登録日　平成26年5月16日(2014.5.16)

(51)Int.Cl.　F I
H04L 27/34 (2006.01)　H04L 27/00　E

請求項の数 6　(全 13 頁)

(21)出願番号　特願2011-513063(P2011-513063)
(86)(22)出願日　平成21年5月22日(2009.5.22)
(65)公表番号　特表2011-523318(P2011-523318A)
(43)公表日　平成23年8月4日(2011.8.4)
(86)国際出願番号　PCT/IB2009/005684
(87)国際公開番号　WO2009/150500
(87)国際公開日　平成21年12月17日(2009.12.17)
審査請求日　平成24年4月19日(2012.4.19)
(31)優先権主張番号　08305257.1
(32)優先日　平成20年6月13日(2008.6.13)
(33)優先権主張国　欧州特許庁(EP)

(73)特許権者　501263810
トムソン　ライセンシング
Ｔｈｏｍｓｏｎ　Ｌｉｃｅｎｓｉｎｇ
フランス国，　９２１３０　イツシー　レ　ムーリノー，　ル　ジヤンヌ　ダルク，　１－５
１－５，　ｒｕｅ　Ｊｅａｎｎｅ　ｄ’Ａｒｃ，　９２１３０　ＩＳＳＹ　ＬＥＳ　ＭＯＵＬＩＮＥＡＵＸ，　Ｆｒａｎｃｅ
(74)代理人　110001243
特許業務法人　谷・阿部特許事務所

最終頁に続く

(54)【発明の名称】ＡＷＧＮチャネル上の性能を向上させるための適応型ＱＡＭ伝送方式

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
シンボルコンステレーションを、符号化率に応じて非均一なシンボルコンステレーションまたは均一なシンボルコンステレーションとなるように適応させるステップと、
前記適応したシンボルコンステレーションに従って、伝送用の信号を直交振幅変調（ＱＡＭ）するステップと、を備え、
前記適応させるステップは、
選択された符号化率を閾値と比較するステップであって、前記閾値は選択されたＱＡＭ変調方式に関連し、前記ＱＡＭ変調方式は関連シンボルコンステレーションを有する、ステップと、
前記比較の結果、前記選択された符号化率が前記閾値以上であると判断した場合に、前記関連シンボルコンステレーションを非均一となるように適応させるステップと、
そうではなく、前記比較の結果、前記選択された符号化率が前記閾値より小さいと判断した場合に、前記関連シンボルコンステレーションを均一となるように適応させるステップと、
を有する、方法。
【請求項２】
前記符号化率は、１／４、１／３、２／５、１／２、３／５、２／３、３／４、４／５、５／６、８／９および９／１０のいずれかであり、前記シンボルコンステレーションはｍ－ＱＡＭのサイズを有し、ｍは１より大きい整数である、請求項１に記載の方法。

【請求項３】
２５６－ＱＡＭおよび１０２４－ＱＡＭのうち少なくとも１つに対して、前記閾値は８／９である、請求項１に記載の方法。
【請求項４】
関連符号化率を有する符号化データを提供する前方向誤り訂正符号化器と、
シンボルコンステレーションを、前記関連符号化率に応じて非均一なシンボルコンステレーションまたは均一なシンボルコンステレーションとなるように適応させ、かつ、伝送のために、前記適応したシンボルコンステレーションに従って、前記符号化データを変調する直交振幅変調器と、を備え、
前記直交振幅変調器は、前記関連符号化率が閾値以上である場合に、前記シンボルコンステレーションを非均一となるように適応させ、そうではなく前記比較の結果、前記関連符号化率が前記閾値より小さいと判断した場合に、前記シンボルコンステレーションを均一となるように適応させる、装置。
【請求項５】
前記前方向誤り訂正符号化器は低密度パリティ検査符号器であり、前記関連符号化率は１／４、１／３、２／５、１／２、３／５、２／３、３／４、４／５、５／６、８／９および９／１０のいずれかであり、前記シンボルコンステレーションはｍ－ＱＡＭのサイズを有し、ｍは１より大きい整数である、請求項４に記載の装置。
【請求項６】
前記関連符号化率が前記閾値以上であるかどうかを判定し、かつ、前記直交振幅変調器によって前記シンボルコンステレーションの適応を制御するプロセッサをさらに備える、請求項４に記載の装置。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、一般的に通信システムに関し、より具体的には、複数の符号率および変調方式を有する通信システムに関する。
【背景技術】
【０００２】
デジタルビデオ放送－ケーブル（ＤＶＢ－Ｃ）は、第一世代ケーブル伝送システムである（例えば、非特許文献１を参照）。しかしながら、トランスポート能力を高めて高解像度テレビ（ＨＤＴＶ）、ビデオオンデマンド（ＶｏＤ）、および他の先端的な個人向けの対話式サービスを提供するように、現在、第二世代ケーブルシステムＤＶＢ－Ｃ２への移行が研究されている。
【０００３】
第二世代ケーブルシステムの性能を向上させる１つの方法は、第二世代デジタルビデオ放送－衛星（ＤＶＢ－Ｓ２）システム（例えば、非特許文献２を参照）において使用される低密度パリティ検査（ＬＤＰＣ：ｌｏｗ　ｄｅｎｓｉｔｙ　ｐａｒｉｔｙ　ｃｈｅｃｋ）前方向誤り訂正符号をＤＶＢ－Ｃ２に採用することである。ＤＶＢ－Ｓ２において、これらのＬＤＰＣ符号は、４－ＱＡＭ、１６－ＱＡＭ、６４－ＱＡＭ、２５６－ＱＡＭ、および１０２４－ＱＡＭなどＱＡＭ方式の範囲にわたる直角位相振幅変調（ＱＡＭ）と併用して、よい性能を有する。これらのＱＡＭ方式のそれぞれでは、均一なシンボル（信号点）コンステレーション（ｃｏｎｓｔｅｌｌａｔｉｏｎ）はＤＶＢ－Ｓ２において全ＬＤＰＣ符号化率（ｃｏｄｉｎｇ　ｒａｔｅ）に使用される。実際に、均一なシンボルコンステレーションは、ＤＶＢ－Ｃ、ＤＶＢ－Ｓ、ならびにＤＶＢ－Ｔ２（第二世代地上デジタルビデオ放送）のような次世代システムにさえ使用される。
【先行技術文献】
【非特許文献】
【０００４】
【非特許文献１】EN 300 429 V.1.2.1 (1998-04) Digital Video Broadcasting (DVB); F

raming structure, channel coding and modulation for cable systems
【非特許文献２】European Telecommunications Standards Institute (ETSI) Draft EN 302307, v.1.1.1, June 2004
【非特許文献３】ETSI EN 300 744 V1.4.1 (2001-01), Digital Video Broadcasting (DVB); Framing structure, channel coding and modulation for digital terrestrial television
【非特許文献４】ETSI EN 300 744 V1.5.1 (2004-11), Digital Video Broadcasting (DVB); Framing structure, channel coding and modulation for digital terrestrial television
【非特許文献５】"Signal Shaping by QAM for AWGN Channels and Applications Using Turbo Coding", Dirk Sommer, Gerhard P. Fettweis. ITG Conference Source and Channel Coding, pages 81-86, January 2000
【発明の概要】
【０００５】
ケーブル放送伝送環境についての研究から、ＡＷＧＮチャネルが主な伝送環境であることが分かる。それで、本発明の原理によって、シンボルコンステレーションを、符号化率の関数として均一なシンボルコンステレーションまたは非均一なシンボルコンステレーションとなるよう適応させることによって、よりよい符号化利得を獲得し、ケーブルシステムの能力を高めることが可能であることが見つけられた。
【０００６】
本発明の実施形態において、ケーブル送信機は、いくつかのＬＤＰＣ符号化率、例えば１／４、１／３、２／５、１／２、３／５、２／３、３／４、４／５、５／６、８／９および９／１０に対応し、いくつかのＱＡＭ方式、例えば４－ＱＡＭ、１６－ＱＡＭ、６４－ＱＡＭ、２５６－ＱＡＭ、１０２４－ＱＡＭまたはより高いＱＡＭに対応する。選択された変調方式に対して、ケーブル送信機は選択された符号化率の関数として非均一なシンボルコンステレーションまたは均一なシンボルコンステレーションを使用することを選択する。例えば、１０２４－ＱＡＭ方式に対して、符号化率が８／９以上である場合にケーブル送信機は均一な１０２４シンボルコンステレーションを使用するが、符号化率が８／９未満である場合にケーブル送信機は非均一な１０２４シンボルコンステレーションを使用する。
【０００７】
本発明のもう１つの実施形態において、ケーブル受信機は、いくつかのＬＤＰＣ符号化率、例えば１／４、１／３、２／５、１／２、３／５、２／３、３／４、４／５、５／６、８／９および９／１０に対応し、いくつかのＱＡＭ方式、例えば４－ＱＡＭ、１６－ＱＡＭ、６４－ＱＡＭ、２５６－ＱＡＭ、１０２４－ＱＡＭまたはより高いＱＡＭの復調に対応する。選択された変調方式に対して、ケーブル受信機は選択された符号化率の関数として非均一なシンボルコンステレーションまたは均一なシンボルコンステレーションを使用することを選択する。例えば、１０２４－ＱＡＭ方式に対して、符号化率が８／９以上である場合にケーブル受信機は均一な１０２４シンボルコンステレーションを使用するが、符号化率が８／９未満である場合にケーブル受信機は非均一な１０２４シンボルコンステレーションを使用する。
【０００８】
前記から、また本発明の詳細な説明を読んだときに明確になるように、他の実施形態および特徴も可能であり、本発明の原理の範囲に含まれる。
【図面の簡単な説明】
【０００９】
【図１】本発明の原理を具現化するシステムの例示的なハイレベルブロック図である。
【図２】本発明の原理による、図１の送信機または受信機において使用される例示的な流れ図である。
【図３】非均一な３２ＰＡＭシンボルコンステレーションについての表１を示すである。

【図４】表１の値を用いる非均一な１０２４－ＱＡＭシンボルコンステレーションを示す図である。
【図５】均一な３２ＰＡＭシンボルコンステレーションについての表２を示すである。
【図６】表２の値を用いる均一な１０２４－ＱＡＭシンボルコンステレーションを示す図である。
【発明を実施するための形態】
【００１０】
本発明の概念を除いて、添付の図面に示される要素は、周知であり、詳しく説明しない。例えば、本発明の概念を除いて、（直交周波数分割多重（ＯＦＤＭ：Ｏｒｔｈｏｇｏｎａｌ Ｆｒｅｑｕｅｎｃｙ Ｄｉｖｉｓｉｏｎ Ｍｕｌｔｉｐｌｅｘｉｎｇ）とも称される）ＤＭＴ（Ｄｉｓｃｒｅｔｅ Ｍｕｌｔｉｔｏｎｅ）伝送、または、符号化ＯＦＤＭ（ＣＯＦＤＭ：Ｃｏｄｅｄ Ｏｒｔｈｏｇｏｎａｌ Ｆｒｅｑｕｅｎｃｙ Ｄｉｖｉｓｉｏｎ Ｍｕｌｔｉｐｌｅｘｉｎｇ）は周知であると想定され、ここで説明しない。また、テレビ放送、受信機およびビデオ符号化は周知であると想定され、ここで詳しく説明しない。例えば、本発明の概念を除いて、ＮＴＳＣ（Ｎａｔｉｏｎａｌ Ｔｅｌｅｖｉｓｉｏｎ Ｓｙｓｔｅｍｓ Ｃｏｍｍｉｔｔｅｅ）、ＰＡＬ（Ｐｈａｓｅ Ａｌｔｅｒｎａｔｉｏｎ Ｌｉｎｅｓ）、ＳＥＣＡＭ（ＳＥｑｕｅｎｔｉａｌ Ｃｏｕｌｅｕｒ Ａｖｅｃ Ｍｅｍｏｉｒｅ）、ＡＴＳＣ（Ａｄｖａｎｃｅｄ Ｔｅｌｅｖｉｓｉｏｎ Ｓｙｓｔｅｍｓ Ｃｏｍｍｉｔｔｅｅ）、デジタルビデオ放送（ＤＶＢ：Ｄｉｇｉｔａｌ Ｖｉｄｅｏ Ｂｒｏａｄｃａｓｔｉｎｇ）、デジタルビデオ放送－地上（ＤＶＢ－Ｔ：Ｄｉｇｉｔａｌ Ｖｉｄｅｏ Ｂｒｏａｄｃａｓｔｉｎｇ－Ｔｅｒｒｅｓｔｒｉａｌ）（例えば、非特許文献３を参照）、デジタルビデオ放送－ケーブル（ＤＶＢ－Ｃ：Ｄｉｇｉｔａｌ Ｖｉｄｅｏ Ｂｒｏａｄｃａｓｔｉｎｇ－Ｃａｂｌｅ）（例えば、非特許文献１を参照）、デジタルビデオ放送－衛星（ＤＶＢ－Ｓ２：Ｄｉｇｉｔａｌ Ｖｉｄｅｏ Ｂｒｏａｄｃａｓｔ－ｓａｔｅｌｌｉｔｅ）システム（例えば、非特許文献２を参照）、および中国デジタルテレビシステム（ＧＢ）２０６００－２００６（デジタルマルチメディア放送－地上／ポータブル（ＤＭＢ－Ｔ／Ｈ））などＴＶ標準の現在の勧告または提案されている勧告は、周知であると想定される。同じように、本発明の概念を除いて、８レベル残留側波帯（８－ＶＳＢ）、位相偏移変調（ＰＳＫ）、直角位相振幅変調（ＱＡＭ）およびＲＦ（ｒａｄｉｏ－ｆｒｅｑｕｅｎｃｙ）フロントエンドのような受信機構成要素、または低ノイズブロック、チューナーかつダウンコンバータのような受信機の部分など他の伝送概念、ならびにＦＦＴ（ｆａｓｔ ｆｏｕｒｉｅｒ ｔｒａｎｓｆｏｒｍ）要素、スペクトルシフター、チャネル状態情報（ＣＳＩ）推定器、等化器、復調器、相関器、リーク積分器（ｌｅａｋ ｉｎｔｅｇｒａｔｏｒ）、平方器（ｓｑｕａｒｅｒ）は、想定される。さらに、本発明の概念を除いて、チャネル状態情報を形成するような信号を処理することは、周知であると想定され、ここで説明しない。同様に、本発明の概念を除いて、トランスポートビットストリームを生成するためのフォーマッティングおよび符号化方法（ＭＰＥＧ－２システム標準（ＩＳＯ／ＩＥＣ １３８１８－１）など）は、周知であり、ここで詳しく説明しない。本発明の概念は従来のプログラミング技術を使用して実施できることにも留意すべきである。従来のプログラミング技術それ自体は、ここで説明しない。これに関して、ここで説明する実施形態はアナログまたはデジタル領域で実施することができる。最後に、図面の同様の番号は同様の要素を表す。
【００１１】
前述のように、ＤＶＢ－Ｓ２またはＤＶＢ－Ｔ２など第二世代システムにおいて、均一なシンボルコンステレーションは全ＬＤＰＣ符号化率に使用される。しかしながら、ＬＤＰＣ符号を変調技術と効果的に結合して最大符号化利得およびシェイピング利得を得る方法は、まだに有用な問題である。情報理論から、送信機出力の振幅が加法性白色ガウスノイズ（ＡＷＧＮ）チャネルにおいてガウス分布に従う場合に、符号利得に加えてシェイピング利得は獲得できることが分かる。シェイピング利得を得るために２つの方法がある。
【００１２】

１つの方法は、均一なＱＡＭコンステレーションと、各シンボル（信号点）選択の異なる確率とを一緒に使用して、シェイピング利得をもたらすことである。このタイプの方法は、トレリスシェイピング、プレフィックス符号の使用、または、類似の、信号コンステレーションのサイズ可変な領域への再分割を含む。しかしながら、この方法は、送信機設計において１つの追加のシェイピング符号要素を必要とし、それは送信機複雑さの増大を引き起こす。

【００１３】

もう１つの方法は、非均一なシンボルコンステレーションを使用してシェイピング利得を獲得すること、すなわち幾何学的シェイピングである。ここで、コンステレーションの各シンボルは同じ確率で選択されると想定され、シンボルは、送信機における出力信号のガウス分布によって、例えば、低い電力レベルで使用されるシンボルが増え、高い電力レベルで使用されるシンボルが減ることになるように配置されると想定される。この方法は送信機において追加のシェイピング符号要素を必要としない。

【００１４】

残念ながら、前述の標準が均一なシンボルコンステレーションを使用する１つの原因は、非均一なシンボルコンステレーションを使用するときのいくつかの不利である。まず、シェイピング利得は通常ＱＡＭコンステレーションの次数の増大とともに増大し、例えば、１０２４－ＱＡＭの場合に、シェイピング利得はおよそ０．７ｄＢとなり、２５６－ＱＡＭの場合に、シェイピング利得がおよそ０．５ｄＢとなるが、低次ＱＡＭの場合に、シェイピング利得が非常に小さくなる。従って、ＱＰＳＫまたは１６－ＱＡＭなど低次ＱＡＭ方式において非均一なシンボルコンステレーションを使用するときに、著しい利得がない。それに加えて、シェイピング利得は通常符号率の増大とともに低下する。実際に、非常に高い符号率の場合に、シェイピング利得がマイナスにまでなる。最後に、もう１つの不利はフェージングチャネルにおけて非均一なシンボルコンステレーションがよくないことである。

【００１５】

ケーブル送信伝送環境についての研究から、ＡＷＧＮチャネルが主な伝送環境であることが分かる。それで、本発明の原理によって、シンボルコンステレーションを、符号化率の関数として均一なシンボルコンステレーションまたは非均一なシンボルコンステレーションとなるよう適応させることによって、よりよい符号化利得を獲得し、ケーブルシステムの能力を高めることが可能であることが見つけられた。

【００１６】

次に図１を参照すると、本発明の原理によるシステムのハイレベルブロック図は示され、送信機１００および受信機１５０を備える。本発明の原理に関連するそれらの部分のみが送信機１００および受信機１５０において示される。送信機１００は通信チャネル１０を介して受信機１５０に信号１０２を送信（放送）する。例示的には、チャネル１０は、ケーブルシステムによって表されるＡＷＧＮチャネルを表すと想定されるが、本発明の原理がそれに限定されず、有線または無線通信システムに適用することができる。通信チャネル１０は送信される信号に影響を与えるので、これは例えばノイズなどを受信機１５０によって受信されている信号１４９において生じさせる。

【００１７】

例示的には、送信機１００はいくつかのＬＤＰＣ符号化率、例えば、１／４、１／３、２／５、１／２、３／５、２／３、３／４、４／５、５／６、８／９および９／１０に対応する。例えば、当技術分野で周知のように、２／５の符号化率は、ＬＤＰＣ符号器に適用される２つのビット毎に、５つの出力ビットがＬＤＰＣ符号器によって生成され、例えば３つのパリティビットが追加されていることを意味する。さらに、ここで定義されるように、１／４の符号化率は最小の符号化率であり、９／１０の符号化率が最大の符号化率である。従って、１／２の符号化率は５／６の符号化率より小さい。こられのＬＤＰＣ符号化率は、例えば前述のＤＶＢ－Ｓ２システムにおいて説明され、現在、ケーブルシステムに適用される。送信機１００はいくつかのｍ－ＱＡＭ方式、例えば、４－ＱＡＭ、１６

－ＱＡＭ、６４－ＱＡＭ、２５６－ＱＡＭ、１０２４－ＱＡＭにも対応し、ここで、パラメーターｍはシンボルコンステレーションの次数またはサイズを表し、１より大きい整数である。本発明の原理によって、送信機１００は、符号化率の関数として非均一なｍ－シンボルコンステレーションまたは均一なｍ－シンボルコンステレーションを使用することを選択する。

【００１８】

送信機１００は（前方向誤り訂正符号器を代表する）ＬＤＰＣ符号器１０５およびＱＡＭ変調器１１０を備える。送信機１００はプロセッサベースのシステムであり、図１において破線の長方形で示されるプロセッサ１４０およびメモリ１４５によって表される、１つ以上のプロセッサおよび関連メモリを含む。これに関して、コンピュータプログラムまたはソフトウェアはメモリ１４５に格納されてプロセッサ１４０によって実行され、例えば、ＬＤＰＣ符号器１０５を実施する。プロセッサ１４０は、１つ以上の蓄積プログラム制御プロセッサを代表し、これらは送信機機能のために設けられる必要がなく、例えばプロセッサ１４０は送信機１００の他の機能を制御してもよい。メモリ１４５は任意の記憶装置、例えば、ＲＡＭ（ｒａｎｄｏｍ－ａｃｃｅｓｓ　ｍｅｍｏｒｙ）、ＲＯＭ（ｒｅａｄ－ｏｎｌｙ　ｍｅｍｏｒｙ）などを代表し、送信機１００の内部および／または外部にあってもよく、場合によって揮発性および／または非揮発性である。

【００１９】

相補的には、受信機１５０は、元データを回復するために、同じ数のＬＤＰＣ符号化率、例えば１／４、１／３、２／５、１／２、３／５、２／３、３／４、４／５、５／６、８／９および９／１０に対応し、同じ数のｍ－ＱＡＭ方式、例えば４－ＱＡＭ、１６－ＱＡＭ、６４－ＱＡＭ、２５６－ＱＡＭ、１０２４－ＱＡＭに対応する。本発明の原理によって、受信機１５０は符号化率の関数として非均一なｍ－シンボルコンステレーションまたは均一なｍ－シンボルコンステレーションを使用することを選択する。

【００２０】

受信機１５０はＱＡＭ復調器１６０および（前方向誤り訂正復号器を代表する）ＬＤＰＣ復号器１５５を備える。送信機１００のように、受信機１５０はプロセッサベースのシステムでもあり、図１において破線の長方形で示されるプロセッサ１９０およびメモリ１９５によって表される、１つ以上のプロセッサおよび関連メモリを含む。これに関して、コンピュータプログラムまたはソフトウェアはメモリ１９５に格納されてプロセッサ１９０によって実行され、例えば、ＬＤＰＣ復号器１５５を実施する。プロセッサ１９０は、１つ以上の蓄積プログラム制御プロセッサを代表し、これらは受信機機能のために設けられる必要がなく、例えばプロセッサ１９０は受信機１５０の他の機能を制御してもよい。メモリ１９５は任意の記憶装置、例えば、ＲＡＭ（ｒａｎｄｏｍ－ａｃｃｅｓｓ　ｍｅｍｏｒｙ）、ＲＯＭ（ｒｅａｄ－ｏｎｌｙ　ｍｅｍｏｒｙ）などを代表し、受信機１５０の内部および／または外部にあってもよく、場合によって揮発性および／または非揮発性である。

【００２１】

本発明の概念を除いて、図１に示される例示的なシステムは、前述の標準および他のＤＶＢ標準において定義されるようにＤＶＢに従って機能することに留意すべきである。例えば、ＤＶＢ伝送システムはデータのフレームを送信する。これに関して、ＤＶＢ伝送システムは伝送パラメータシグナリング（ＴＰＳ）を使用し、それによって送信機が各送信されるフレームのシグナリングパラメータ、例えば符号化率および変調方式を受信機に提供することができるようになる（例えば、非特許文献４を参照）。この例のために、送信機１００はＤＶＢにおいて定義されるようにＴＰＳを使用してシグナリングパラメータを受信機１５０に提供することが想定される。ＴＰＳにおいて指定される値、例えば符号化率および変調方式はフレーム毎に変更することができる。加えて、符号化率を選択する方法およびシンボルコンステレーションサイズを選択する方法は本発明の概念に無関係であり、ＤＶＢに従って実行される。それで、ＤＶＢにおいて、チャネルで送信されるサービスは使用されまたは選択されるべき符号率およびｍ－ＱＡＭ方式を決定する。所定のチャ

ネル（例えば、周波数帯域）に対して、符号率およびシンボルコンステレーションのサイズはシステムのスループットを決定する。例えば、ＨＤＴＶサービスがチャネルで送信される場合に、高い符号率および大きいシンボルコンステレーションは好ましい。同じように、１つの標準テレビ（ＳＤＴＶ：ｓｔａｎｄａｒｄ ｄｅｆｉｎｉｔｉｏｎ ＴＶ）サービスがチャネルで送信されている場合に、低い符号率および小さいシンボルコンステレーションで十分である。しかしながら、いくつかのＳＤＴＶサービスがチャネルで送信されている場合に、高い符号率および大きいシンボルコンステレーションは再び好ましくなる。

【００２２】

送信機１００に戻ると、データは、入力信号１０１によって表されるように、前述のＤＶＢ－Ｓ２標準において定義されるように前述の符号化率のうち選択された１つに従ってデータを符号化して、符号化されたデータ１０６をＱＡＭ変調器１１０に提供する、ＬＤＰＣ符号器１０５に適用される。ＬＤＰＣ符号器１０５は、例えばプロセッサ１４０によって提供される信号１０９を介して選択された符号化率に設定される。同じように、ＱＡＭ変調器１１０が使用する選択されたｍ－ＱＡＭ方式は、例えばプロセッサ１４０によって提供される信号１１３を介して提供される。しかしながら、本発明の原理によって、ＱＡＭ変調器１１０も例えばプロセッサ１４０によって提供される信号１１２を介して、非均一なシンボルコンステレーションまたは均一なシンボルコンステレーションを使用するように設定される。ＱＡＭ変調器１１０は選択されたｍ－ＱＡＭ方式およびコンステレーションタイプ（均一または非均一）を使用して、伝送のために、対応するＱＡＭ変調信号を信号１０２を介して提供する。

【００２３】

次に図２を参照すると、本発明の原理による、送信機１００において使用される例示的な流れ図が示される。ステップ３０５において、プロセッサ１４０は、ＬＤＰＣ符号器１０９によって使用される符号化率（信号１０９を介して設定される）、およびＱＡＭ変調器１１０によって使用されるｍ－ＱＡＭ方式（信号１１３を介して設定される）を決定（または選択）する。ステップ３１０において、プロセッサ１４０は選択された符号化率Ｒを閾値T_mと比較する。選択された符号化率Ｒが閾値T_m以上である場合に、プロセッサ１４０は、ステップ３１５において信号１１２を介してＱＡＭ変調器１１０が均一なシンボルコンステレーションを使用するように設定する。しかしながら、選択された符号化率Ｒが閾値T_mより小さい場合に、プロセッサ１４０は、ステップ３２０において信号１１２を介してＱＡＭ変調器１１０が非均一なシンボルコンステレーションを使用するように設定する。

【００２４】

例示的には、２５６－ＱＡＭ方式が選択される（ｍ＝２５６）場合に、T_{256}＝８／９となる。従って、本発明の原理によって、１／４、１／３、２／５、１／２、３／５、２／３、３／４、４／５および５／６の符号化率に対して、非均一な２５６シンボルコンステレーションが使用されるが、８／９および９／１０の符号化率に対して、均一な２５６シンボルコンステレーションが使用される。さらなる例示としては、１０２４－ＱＡＭ方式が選択される（ｍ＝１０２４）場合に、T_{1024}＝８／９となる。従って、本発明の原理によって、１／４、１／３、２／５、１／２、３／５、２／３、３／４、４／５および５／６の符号化率に対して、非均一な１０２４シンボルコンステレーションが使用されるが、８／９および９／１０の符号化率に対して、均一な１０２４シンボルコンステレーションが使用される。ｍ－ＱＡＭ方式を保持するための他の閾値T_mは実験的に決定することができる。２５６－ＱＡＭおよび１０２４－ＱＡＭの前述の２つの例から見つけられるように、すべてのT_m値は同じであり得るが、それに限らない。

【００２５】

ＱＡＭ変調器１１０によって使用される種々の異なるシンボルコンステレーションは、メモリ、例えばメモリ１４５に格納されることに留意すべきである。従って、本発明の原理によって、ＱＡＭ変調器１１０は実質的にシンボルコンステレーションを適応させる。

この適応型コンステレーション設計は実施し易くてかなりの追加のコストを必要とせず、それは、すべての符号率がＡＷＧＮチャネル上でよりよい性能を得るようにすることができる。非均一なシンボルコンステレーションに対して、各コンステレーションシンボルの座標は送信機における出力コンステレーション信号のガウス分布が生じるように配置される。均一なシンボルコンステレーションに対して、各コンステレーションシンボルの座標は信号スペースに均一に配置される。これに関して、非均一なコンステレーションおよび均一なコンステレーションの双方のための１０２４－ＱＡＭ方式の例示的な表は、図３および図４において示される。

【００２６】

当技術分野で周知のように、１０２４－ＱＡＭ方式は、２つの３２－ＰＡＭ（パルス振幅変調）コンステレーションの交点として表すことができ、１つは同位相（Ｉ）軸に沿い、もう１つは直角位相（Ｑ）軸に沿う。図３の表１は非均一なＰＡＭコンステレーションの３２個のシンボルの正規化信号点（再び、これらの点がＩ軸およびＱ軸方向に生じる）を提供する。記号「±」の使用を介して表１は実際に３２個のエンティティを含むことに留意すべきである。それで、表１は、図４に例示的に示される非均一な１０２４－ＱＡＭコンステレーションを表す。当技術分野で周知のように、正規化シンボルコンステレーションは各シンボルの平均エネルギーが１であることを意味する。異なるシンボルコンステレーションを比較するために、コンステレーションを正規化することは好ましい。例えば、１つの軸に沿って、－３、－１、１、３の座標に位置するシンボルを有する４－ＰＡＭコンステレーションを考える。正規化後、正規化コンステレーションは、－１．３４１６、－０．４４７２、＋０．４４７２、＋１．３４１６となり、ここで各シンボルの平均エネルギーが１に正規化された（例えば、非特許文献５を参照）。

【００２７】

同じように、図５の表２は均一なＰＡＭコンステレーションの３２個のシンボルの正規化信号点（再び、これらの点がＩ軸およびＱ軸方向に生じる）を提供する。記号「±」の使用を介して表２は実際に３２個のエンティティを含むことにも留意すべきである。それで、表２は、図６に例示的に示される均一な１０２４－ＱＡＭコンステレーションを表す。

【００２８】

次に図１に戻ると、受信機１５０は送信機１００に対して相補的に実行し、それで、１つの概観だけを提供する。受信機１５０は、前述のＴＰＳシグナリングを介して受信されるフレームの選択されたｍ－ＱＡＭ方式および符号率を決定する。それで、ＬＤＰＣ復号器１５５は、例えばプロセッサ１９０からの信号１５９を介して、選択された符号化率に設定され、ＱＡＭ復調器１６０は、例えばプロセッサ１９０からの信号１６３を介して、選択されたｍ－ＱＡＭ変調に設定される。加えて、プロセッサ１９０は、例えば前述の図２の流れ図を実行して、非均一なコンステレーションと均一なコンステレーションのどちらがＱＡＭ復調器１９０によって使用されるかを決定する。ステップ３０５において、前述のように、プロセッサ１９０は、ＬＤＰＣ復号器１５５によって使用される符号化率（信号１５９を介して設定される）、およびＱＡＭ復調器１６０によって使用されるｍ－ＱＡＭ方式（信号１６３を介して設定される）を決定（または選択）する。ステップ３１０において、プロセッサ１９０は選択された符号化率Ｒを閾値T_mと比較する。選択された符号化率Ｒが閾値T_m以上である場合に、プロセッサ１９０は、ステップ３１５において信号１６２を介してＱＡＭ復調器１６０が均一なシンボルコンステレーションを使用するように設定する。しかしながら、選択された符号化率Ｒが閾値T_mより小さい場合に、プロセッサ１９０は、ステップ３２０において信号１１２を介してＱＡＭ復調器１６０が非均一なシンボルコンステレーションを使用するように設定する。ＱＡＭ復調器１６０は、受信された信号１４９を復調して、復調した復号データをＬＤＰＣ復号器１５５に提供し、ＬＤＰＣ復号器１５５は誤り訂正データ１５１を提供する。前述のように、１０２４－ＱＡＭシンボルコンステレーションのために、$T_m = 8/9$および図３の表１かつ図５の表２は、メモリ、例えばメモリ１９５に格納することができ、それによって、ＱＡＭ復調

器１６０は必要によってシンボルコンステレーションを適応させる。図３の流れ図を実行する代わりに、受信機１５０は均一なシンボルコンステレーションまたは非均一なシンボルコンステレーションを使用することに関連する情報を、適切に変更されたＴＰＳシグナリングから回復できることに留意すべきである。

【００２９】

前述のように、本発明の原理によって、所定のｍ－ＱＡＭ方式に対して、非均一なシンボルコンステレーションまたは均一なシンボルコンステレーションを符号化率の関数として選択することができる。この適応型コンステレーション設計は実施し易くてかなりの追加のコストを必要とせず、すべての符号率がＡＷＧＮチャネル上でよりよい性能を得るようにすることができる。ＬＤＰＣ符号化に関して本発明の概念が説明されたが、本発明の概念はそれに限定されず、他のチャネル符号化方式に適用することができる。同様に、ケーブルシステムに関して説明されたが、他の通信システムには、ＡＷＧＮのようなシステムであるかどうかに拘わらず、本発明の概念は適用することもできる。

【００３０】

前記から、前述のことは単に発明の原理を説明する例示であり、従って、ここでは明示的に記載されていないが本発明の原理を具現し本発明の要旨及び範囲内にある多数の代替構成を当業者が考案できることは、理解されるだろう。例えば、別々の機能要素に関して図示されているが、これらの機能要素は、１つ以上の集積回路（ＩＣ）に具現されてもよい。同様に、別々の要素として図示されているが、（例えば、図１における）要素のいずれか又は全ては、関連ソフトウェアを実行する蓄積プログラム制御プロセッサ、例えばデジタル信号プロセッサで実施されてもよい。さらに、本発明の原理は、他のタイプの通信システム、例えば、衛星、Ｗｉ－Ｆｉ、セルラなどにも適用することができる。実際に、本発明の概念は静止型または移動型受信機に適用することもできる。従って、多数の変更が例示的な実施形態に行われてもよく、特許請求の範囲に記載の本発明の要旨及び概念を逸脱することなく、他の構成も考案され得ることは、理解されるべきである。

本発明は以下の態様を含む。

（付記１）

シンボルコンステレーションを、符号化率（ｃｏｄｉｎｇ　ｒａｔｅ）の関数として非均一なシンボルコンステレーションまたは均一なシンボルコンステレーションとなるように適応させるステップと、

前記適応したシンボルコンステレーションによって、伝送される信号を直角位相振幅変調（ＱＡＭ）または復調するステップと

を備える方法。

（付記２）

前記符号化率は、１／４、１／３、２／５、１／２、３／５、２／３、３／４、４／５、５／６、８／９および９／１０のいずれかであり、前記シンボルコンステレーションはｍ－ＱＡＭのサイズを有し、ｍは１より大きい整数である、付記１に記載の方法。

（付記３）

前記適応ステップは、

選択された符号化率を閾値と比較するステップであって、前記閾値は選択されたＱＡＭ変調方式に関連し、前記ＱＡＭ変調方式は関連シンボルコンステレーションを有する、ステップと、

前記比較結果が前記閾値以上である場合に、前記関連シンボルコンステレーションを非均一となるように適応させるステップと、

前記比較結果が前記閾値より小さい場合に、前記関連シンボルコンステレーションを均一となるように適応させるステップと

を備える、付記１または２に記載の方法。

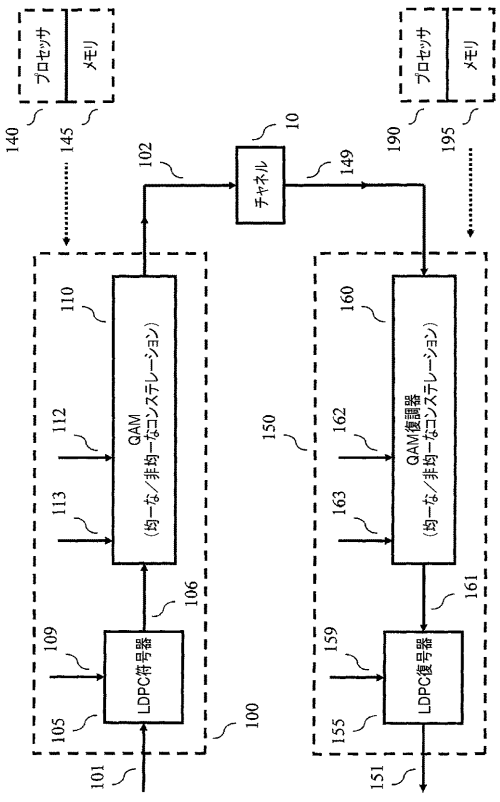
（付記４）

２５６－ＱＡＭおよび１０２４－ＱＡＭのうち少なくとも１つに対して、前記閾値は８／９である、付記３に記載の方法。

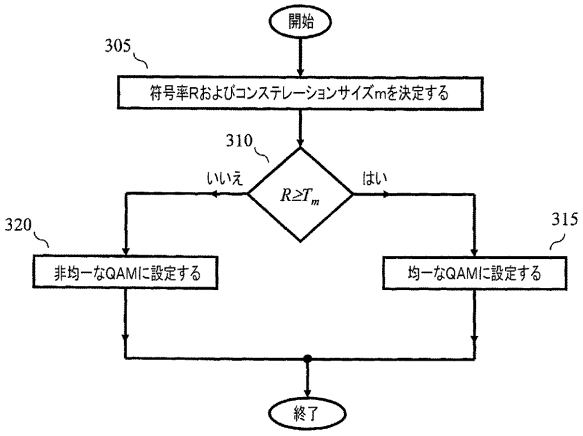
（付記５）
前記適応ステップは、前記シンボルコンステレーションに均一なシンボルコンステレーションと非均一なシンボルコンステレーションのどちらかを使用するかを表示する制御情報を受信するステップを備える、付記１乃至４に記載の方法。
（付記６）
関連符号化率を有する符号化データを提供する前方向誤り訂正符号器と、
シンボルコンステレーションを、前記関連符号化率の関数として非均一なシンボルコンステレーションまたは均一なシンボルコンステレーションとなるように適応させ、および、伝送のために、前記適応したシンボルコンステレーションによって、前記符号化データを変調する直角位相振幅変調器と
を備える装置。
（付記７）
前記前方向誤り訂正符号器は低密度パリティ検査符号器であり、前記関連符号化率は１／４、１／３、２／５、１／２、３／５、２／３、３／４、４／５、５／６、８／９および９／１０のいずれかであり、前記シンボルコンステレーションはｍ－ＱＡＭのサイズを有し、ｍは１より大きい整数である、付記６に記載の装置。
（付記８）
前記直角位相振幅変調器は、前記関連符号化率が閾値以上である場合に、前記シンボルコンステレーションを非均一となるように適応させ、そうではなければ、比較結果が前記閾値より小さい場合に、前記シンボルコンステレーションを均一となるように適応させる、付記６または７に記載の装置。
（付記９）
前記関連符号化率が前記閾値以上であるかどうかを決定し、および、前記直角位相振幅変調器によって前記シンボルコンステレーションの適応を制御するプロセッサをさらに備える、付記６乃至８に記載の装置。
（付記１０）
シンボルコンステレーションを、関連符号化率の関数として非均一なシンボルコンステレーションまたは均一なシンボルコンステレーションとなるように適応させ、および、前記適応したシンボルコンステレーションによって、受信されたデータを復調して符号化データを提供する直角位相振幅復調器と、
前記関連符号化率で符号化された符号化データを処理し、および、復号されたデータを提供する前方向誤り訂正復号器と
を備える装置。
（付記１１）
前記前方向誤り訂正復号器は低密度パリティ検査符号器であり、前記関連符号化率は１／４、１／３、２／５、１／２、３／５、２／３、３／４、４／５、５／６、８／９および９／１０のいずれかであり、前記シンボルコンステレーションはｍ－ＱＡＭのサイズを有し、ｍは１より大きい整数である、付記１０に記載の装置。
（付記１２）
前記直角位相振幅復調器は、前記関連符号化率が閾値以上である場合に、前記シンボルコンステレーションを非均一となるように適応させ、そうではなければ、比較結果が前記閾値より小さい場合に、前記シンボルコンステレーションを均一となるように適応させる、付記１０または１１に記載の装置。
（付記１３）
前記関連符号化率が前記閾値以上であるかどうかを決定し、および、前記直角位相振幅復調器によって前記シンボルコンステレーションの適応を制御するプロセッサをさらに備える、付記１０乃至１２に記載の装置。
（付記１４）
前記閾値は選択されたＱＡＭ変調方式と関連する、付記８、９、１２および１３のいずれかに記載の装置。

（付記１５）
２５６－ＱＡＭおよび１０２４－ＱＡＭのうち少なくとも１つに対して、前記閾値は８／９である、付記１４に記載の装置。

【図１】



【図２】



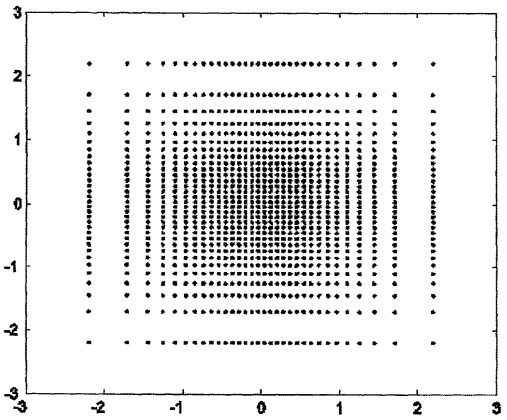
【図３】

表1

±0.039934	±0.120127	±0.200994	±0.283207
±0.067358	±0.453957	±0.544127	±0.0638580
±0.739052	±0.847173	±0.965699	±1.099117
±1.254465	±1.446126	±1.709493	±2.196958

非均一な32PAM

【図４】



非均一な1024QAM

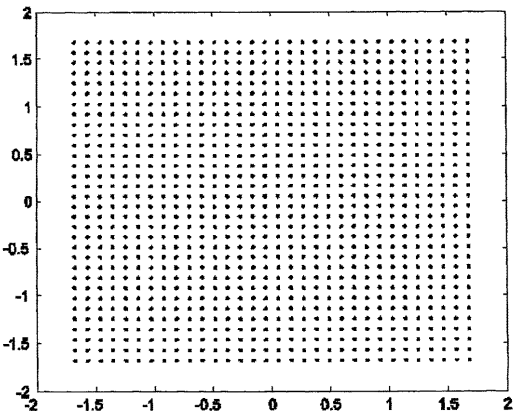
【図５】

表2

±0.0542	±0.1625	±0.2708	±0.3791
±0.4874	±0.5957	±0.7040	±0.8123
±0.9206	±1.0289	±1.1372	±1.2455
±1.3538	±1.4621	±1.5704	±1.6787

均一な32PAM

【図６】



均一な1024QAM

フロントページの続き

(72)発明者 チョウ ウェイ
中華人民共和国 １０００８６ ベイジン ハイディアン ディストリクト シィ トゥ チェン ロード １０ ナンバー ８４１３ ルーム
(72)発明者 ツォウ リー
中華人民共和国 １０００８８ ベイジン ハイディアン ディストリクト シィ トゥ チェン ロード ２５ ビルディング １ ルーム ３０２

審査官 彦田 克文

(56)参考文献 特開平１１－０６８７１０（ＪＰ，Ａ）
特表２０１０－５３８５０２（ＪＰ，Ａ）
国際公開第２００７／０２９７４５（WO，Ａ１）
Minhan Zheng et al., Shaping gain of LDPC coded-QAM transmitting systems with non-uniform constellation, 2007. ICCCAS, 2007. International Conference on Communications, Circuits and Systems, 米国, ２００７年 7月, Pages 6 - 9

(58)調査した分野(Int.Cl., ＤＢ名)
Ｈ０４Ｌ ２７／３４