(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2023年2月23日(23.02.2023)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2023/021664 A1

(51) 国際特許分類:
H04L 27/38 (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2021/030455

(22) 国際出願日： 2021年8月19日(19.08.2021)

(25) 国際出願の言語： 日本語

(26) 国際公開の言語： 日本語

(71) 出願人: 日本電信電話株式会社 (**NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORPORATION**) [JP/JP]; 〒1008116 東京都千代田区大手町一丁目５番１号 Tokyo (JP).

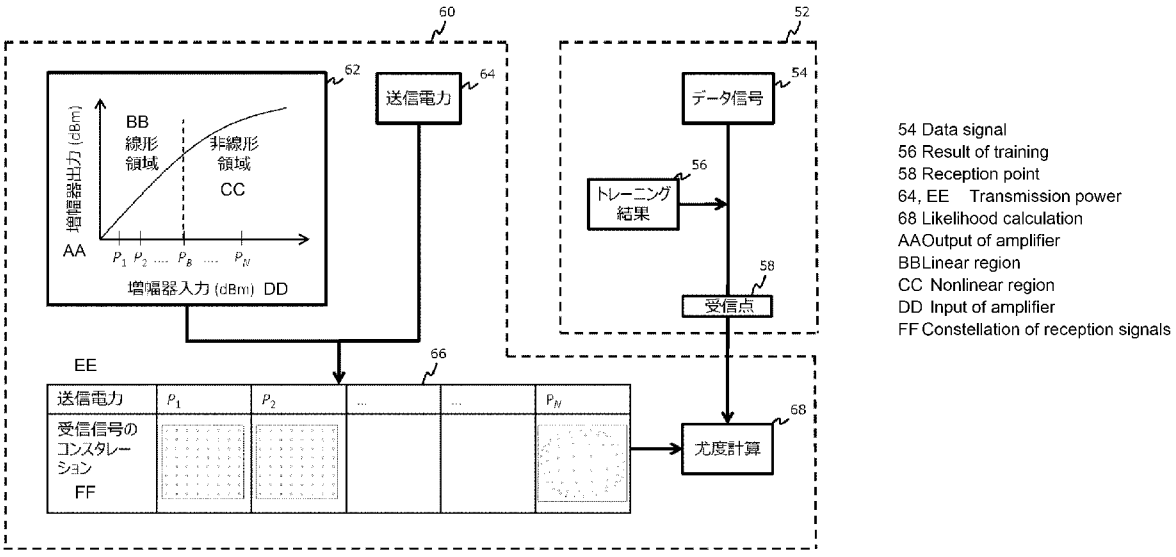
(72) 発明者: 福園 隼人 (**FUKUZONO, Hayato**); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町３丁目９－１１ ＮＴＴ知的財産センタ内 Tokyo (JP). 栗山 圭太 (**KURIYAMA, Keita**); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町３丁目９－１１ ＮＴＴ知的財産センタ内 Tokyo (JP). 内田 大誠 (**UCHIDA, Daisei**); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町３丁目９－１１ ＮＴＴ知的財産センタ内 Tokyo (JP). 吉岡 正文 (**YOSHIOKA, Masafumi**); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町３丁目９－１１ ＮＴＴ知的財産センタ内 Tokyo (JP). 宮城 利文 (**MIYAGI, Toshifumi**); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町３丁目９－１１ ＮＴＴ知的財産センタ内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 特許業務法人高田・高橋国際特許事務所 (**TAKADA, TAKAHASHI & PARTNERS**); 〒1040045 東京都中央区築地１丁目１２番２２号 コンワビル７階 Tokyo (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ,

(54) **Title:** WIRELESS COMMUNICATION SYSTEM, WIRELESS COMMUNICATION METHOD, AND RECEPTION DEVICE

(54) 発明の名称： 無線通信システム、無線通信方法および受信装置



(57) **Abstract:** The purpose of the present invention is to utilize a nonlinear region of an amplifier and ensure a high data rate without false transmission of data in a wireless communication system using a single-carrier multilevel modulation scheme. This reception device obtains, from a transmission device, specifications 62 about the input/output characteristics of a transmission signal amplifier, and transmission power 64 for data transmission. The constellation 66 of signal points are estimated on the basis of the specifications 62 and the transmission power 64. A reception point 58 of a reception signal that is a point of constellation coordinates is sensed, and, for the reception point, likelihood calculation 68 is performed with the signal points. A symbol intended by the reception point is identified on the basis of the result of the likelihood calculation 68.

WO 2023/021664 A1

［続葉有］

BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

一　国際調査報告（条約第21条(3)）

(57) 要約：シングルキャリア多値変調方式を用いる無線通信システムにおいて、増幅器の非線形領域を活用しつつ、データの誤送信を生じさせず、かつ、高いデータレートを確保することを目的とする。受信装置は、送信装置から、送信信号増幅器の入出力特性に関する仕様６２と、データ送信の送信電力６４を取得する。それらに基づいて、信号点のコンスタレーション６６を推定する。受信信号の、コンスタレーション座標上の点である受信点５８を検知し、受信点について、前記信号点との尤度計算６８を行う。尤度計算６８の結果に基づいて前記受信点が意図するシンボルを特定する。

明　細　書

発明の名称 ： 無線通信システム、無線通信方法および受信装置

技術分野

[0001] この開示は、無線通信システム、無線通信方法および受信装置に係り、特に、シングルキャリア多値変調方式を用いる無線通信システム、無線通信方法および受信装置に関する。

背景技術

[0002] 下記の非特許文献１には、シングルキャリア多値変調方式を用いる無線通信システムに関する技術が開示されている。シングルキャリア多値変調方式を用いる無線通信では、送信電力を上げるほどSNR（Signal to Noise Ratio）を高めることができる。

[0003] 一方で、送信信号の増幅器は、入力電力が小さい領域では線形な入出力特性を示すが、その電力が大きい領域では、非線形な特性を示すのが一般的である。このため、無線通信においては、送信電力が上がるほど、送信信号に歪みが生じ易くなる。

[0004] 上記の非特許文１は、このような歪みの影響を回避するために、送信電力を、増幅器の線形領域に収める技術を開示している。この場合、送信信号に歪みが重畳しないため、受信装置において正しく信号を処理することができ、データの誤送信を有効に防ぐことができる。

[0005] また、送信電力の増大に伴う歪みの問題を回避する技術としては、下記の特許文献１に開示される技術が知られている。変調方式として、例えば、APSK（Amplitude and Phase-Shift Keying）の手法を用いる場合、入力電力が大きい領域では、AM/PM特性の変化に伴って送信信号に位相のずれが生ずる。特許文献１は、そのような位相のずれに対処する技術を開示している。

[0006] 図１は、特許文献１に開示される技術の概要を説明するための図を示す。より具体的には、図１は、３２APSKに対応するコンスタレーションを示す。３２APSKでは、送信信号の振幅と位相を変化させることにより、図中に〇ま

たは●で示す３２のシンボルが定義される。より詳細には、第一内周１０に四個、第二内周１２に十二個、そして最外周１４に十六個のシンボルが定義される。

[0007] 特許文献１は、第一内周１０、第二内周１２、および最外周１４のそれぞれに、一つ以上のパイロット信号１６を配置することを開示している。パイロット信号１６の位置は、送信装置と受信装置で共有されている。このため、受信装置は、現実に受信したパイロット信号１６の位置と、予め共有している位置とのずれに基づいて、夫々の同心円に生じている位相のずれを検知することができる。

[0008] そして、例えば第一内周１０に属する信号を受信した場合は、その信号を、第一内周１０に生じている位相ずれを反映させる。他の同心円に属する信号を受信した場合も、同様にして位相ずれを補正する。このような手法によれば、送信電力の大きな領域で、受信信号に位相ずれが生じても、そのずれを適正に補正して、データの誤送信を防ぐことができる。

先行技術文献

非特許文献

[0009] 非特許文献1：High-Speed Satellite Mobile Communications: Technologies and Challenges, MOHAMED IBNKAHLA, QUAZI MEHBUBAR RAHMAN, AHMED IYANDA SULYMAN, HISHAM ABDULHUSSEIN AL-ASADY, JUN YUAN, AND AHMED SAFWAT, p312-339, PROCEEDINGS OF THE IEEE, VOL. 92, NO. 2, 2004年2月

特許文献

[0010] 特許文献1：特開２０１７－５９８８９号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0011] しかしながら、非特許文献１の技術は、増幅器の非線形領域の活用を放棄することで歪みの問題を解決している。つまり、この技術では、増幅器に、本来の能力を十分に発揮させることができず、過剰な設備投資をすることな

く大きな電力を用いたいという本質的な要求に反する事態が生ずる。

[0012] また、特許文献１の技術では、送信装置は、受信装置に向けて、少なくとも、コンスタレーションを構成する同心円の数と同数のパイロット信号を送信する必要がある。そして、無線信号の通信路の環境は常に一定ではない。このため、そのパイロット信号は、頻繁に、好ましくはデータ通信のフロー毎に、実行する必要がある。

[0013] 特許文献１に記載の技術は、更に、変調方式として、例えばQAM（Quadrature Amplitude Modulation）が用いられると、更に多数のパイロット信号を送信する必要に迫られる。即ち、特許文献１に記載されているように、変調方式がAPSKであれば、同心円上に並ぶ複数のシンボルを、共通する一つの位相ずれで補正することができる。従って、同心円上に並ぶ複数のシンボルに対して、必要なパイロット信号の数は一つになる。

[0014] これに対して、QAMの場合は、コンスタレーションにおけるシンボルの並びが格子状になる。例えば、４×４＝１６、或いは８×８＝６４のシンボルが、コンスタレーション上で格子状に並ぶ。この場合、幾つかのシンボルで一つのパイロット信号が共用できるとしても、全てのシンボルを適正に補正するためには、多数のパイロット信号を準備することが必要になる。

[0015] 通信のフロー毎に多数のパイロット信号を授受することになれば、必然的にデータレートは低下する。この点、特許文献１に記載の技術は、増幅器の能力に見合った大きな電力の使用を可能にするものではあるが、データレートの面では、未だ改善の余地を残すものであった。

[0016] 本開示は、上記の課題に鑑みてなされたものであり、増幅器の非線形領域を活用しつつ、データの誤送信を生じさせず、かつ、高いデータレートを確保する無線通信システムを提供することを第１の目的とする。

[0017] また、本開示は、増幅器の非線形領域を活用しつつ、データの誤送信を生じさせず、かつ、高いデータレートを確保する無線通信方法を提供することを第２の目的とする。

[0018] また、本開示は、増幅器の非線形領域を活用した信号が送信された場合に

も、データを誤認することなく、かつ、高いデータレートを確保する受信装置を提供することを第３の目的とする。

課題を解決するための手段

[0019] 第１の態様は、上記の目的を達成するため、シングルキャリア多値変調方式を用いて無線通信を行う送信装置と受信装置を備える無線通信システムであって、

前記送信装置は、

送信電力が可変の送信信号増幅器を備え、

前記送信信号増幅器の入出力特性に関する仕様を前記受信装置に提供する処理と、

データ送信に用いている送信電力を前記受信装置に提供する処理と、を実行するように構成されており、

前記受信装置は、

前記送信電力と前記仕様とに基づいて、信号点のコンスタレーションを推定する信号点推定処理と、

受信信号の、コンスタレーション座標上の点である受信点を検知する処理と、

前記受信点について、前記信号点との尤度を計算する処理と、

前記尤度の計算結果に基づいて前記受信点が意図するシンボルを特定する処理と、を実行するように構成されていることが望ましい。

[0020] また、第２の態様は、シングルキャリア多値変調方式を用いて無線通信を行う送信装置と受信装置を用いる無線通信方法であって、

前記送信装置は、送信電力が可変の送信信号増幅器を備え、

前記送信装置が、前記送信信号増幅器の入出力特性に関する仕様を前記受信装置に提供するステップと、

前記送信装置が、データ送信に用いている送信電力を前記受信装置に提供するステップと、

前記受信装置が、前記送信電力と前記仕様とに基づいて、信号点のコンス

タレーションを推定するステップと、

前記受信装置が、受信信号の、コンスタレーション座標上の点である受信点を検知するステップと、

前記受信装置が、前記受信点について、前記信号点との尤度を計算するステップと、

前記受信装置が、前記尤度の計算結果に基づいて前記受信点が意図するシンボルを特定するステップと、

を含むことが望ましい。

[0021] また、第３の態様は、シングルキャリア多値変調方式を用いて無線通信を行うための受信装置であって、

前記無線通信の送信装置から、当該送信装置が用いる送信信号増幅器の入出力特性に関する仕様を取得する処理と、

前記送信装置がデータ送信に用いている送信電力を取得する処理と、

前記送信電力と前記仕様とに基づいて、信号点のコンスタレーションを推定する信号点推定処理と、

受信信号の、コンスタレーション座標上の点である受信点を検知する処理と、

前記受信点について、前記信号点との尤度を計算する処理と、

前記尤度の計算結果に基づいて前記受信点が意図するシンボルを特定する処理と、

を実行するように構成されていることが望ましい。

発明の効果

[0022] 第１乃至第３の態様によれば、受信装置は、送信装置から提供される送信電力と、送信信号増幅器の仕様とに基づいて、信号点のコンスタレーションを推定することができる。このため、本態様によれば、増幅器の非線形領域を活用しつつ、データの誤送信を生じさせることなく、高いデータレートを確保することができる。

図面の簡単な説明

[0023] [図1]特許文献１に開示される技術の概要を説明するための図である。

[図2]本開示の実施の形態１の無線通信システムの構成を説明するための図である。

[図3]本開示の実施の形態１における送信装置と対比される比較対象の送信装置の構成を説明するための図である。

[図4]送信装置に内蔵される増幅器の入出力特性を示す図である。

[図5]送信電力の増大に伴ってコンスタレーションに歪みが生ずる様子を示す図である。

[図6]本開示の実施の形態１における送信装置の構成を説明するためのブロック図である。

[図7]本開示の実施の形態１における受信装置の主要部の構成を説明するためのブロック図である。

[図8]本開示の実施の形態１における受信装置の特徴的動作を説明するための図である。

[図9]本開示の実施の形態２の無線通信システムに含まれる通信装置の構成を説明するための図である。

[図10]図９に示す通信装置が送信電力を制御するために実行する処理の流れを説明するためのフローチャートである。

[図11]図９に示す通信装置が送信電力を制御するために実行する処理の変形例を説明するためのフローチャートである。

発明を実施するための形態

[0024] 実施の形態１．

［実施の形態１の全体構成］

図２は、本開示の実施の形態１の無線通信システムの全体構成を示す。図２に示すように、本実施形態の無線通信システムは、送信装置２０と受信装置５０を備えている。

[0025] ［実施の形態１が着目する課題］

図３は、本実施形態における送信装置２０と対比される比較対象の送信装

置２２の構成を説明するためのブロック図である。比較例の送信装置２２は、情報ビット生成部２４を備えている。情報ビット生成部２４は、受信装置５０に伝送したい情報ビットを生成する。情報ビット生成部２４は、誤り訂正符号化機能、或いはインターリーブ機能を備えていてもよい。

[0026] 情報ビット生成部２４で生成された情報ビットは、データ信号変調部２６に提供される。データ信号変調部２６は、提供された情報ビットをデータ信号に変調する。変調方式としては、例えば直交振幅変調（QAM)、或いはAPSKなど、シングルキャリア多値変調方式に用い得るものが考えられる。

[0027] データ信号変調部２６で生成されたデータ信号は、デジタルアナログ変換部２８に提供される。デジタルアナログ変換部２８は、デジタル変調されているデータ信号を、アナログの送信信号に変換する。

[0028] デジタルアナログ変換部２８において生成された送信信号は、送信信号増幅器３０に提供される。送信信号増幅器３０は、送信信号を増幅してアンテナ３２に提供する。そして、送信信号は、アンテナ３２から受信装置５０に向けて、無線信号の形態で送信される。

[0029] 図４は、送信信号増幅器３０の入出力特性を示す。図４に示すように、送信信号増幅器３０の出力電力（縦軸）は、入力電力（横軸）がP_Bより小さい領域では、入力電力に比例する。そして、入力電力がP_Bを超える領域では、その比例関係が崩れる。以下、両者が比例関係となる領域を「線形領域」と称し、両者の比例関係が崩れる領域を「非線形領域」と称す。

[0030] 図５は、送信電力の増大に伴って、８×８＝６４QAMのコンスタレーションに歪みが生ずる様子を示す。６４QAMの変調方式では、互いに独立な二つの搬送波の振幅を変更、調整することにより、格子状に並ぶ六十四のシンボルが定義される。以下、それら六十四のシンボルの夫々が定義されているコンスタレーション座標上の点を「信号点」と称す。また、現実に送信されるデータ信号夫々のコンスタレーション座標上の点を「受信点」と称す。

[0031] 送信信号増幅器３０の線形領域では、図５の左側（送信電力P_1）に示すように、受信点が、歪みの無いコンスタレーションを形成する。一方、送信信号

増幅器３０の非線形領域では、図５の右側（送信電力P_N）に示すように、受信点のコンスタレーションには歪みが重畳する。

[0032] 受信装置５０は、送信信号に含まれる受信点の夫々について、隣接する信号点との尤度計算を行い、その結果に基づいて、受信点の夫々を６４のシンボルの何れかとして認識する。尚、尤度の計算は、例えば、下記文献に記載されているような手法で実行することができる。

[0033] On the Optimality of Bit Detection of Certain Digital Modulations, Marvin K. Simon and Ramesh Annavajjala, p299-307, IEEE TRANSACTIONS ON COMMUNICATIONS, VOL. 53, NO. 2, FEBRUARY 2005

[0034] 受信装置５０が、歪みの無いコンスタレーションを構成する信号点を用いて上記の尤度計算を行うとすれば、線形領域で生成された受信点は、正しく認識することができる。しかしながら、非線形領域で生成された受信点は、コンスタレーション上の本来の位置からずれているため、正しく認識することができない。このため、送信信号増幅器３０が、非線形領域を用いると、受信装置５０においてデータが誤認される事態が生じ得る。

[0035] ［実施の形態１の特徴］

比較例の送信装置２２によっても、送信電力を、送信信号増幅器３０の線形領域に制限すれば、データの誤認は防ぐことができる。しかし、その場合、送信信号増幅器３０の増幅能力を十分に活用できないという事態が生ずる。

[0036] 図６は、本実施形態における送信装置２０の構成を説明するためのブロック図である。尚、図６において、比較例の送信装置２２が備える要素（図３参照）と同一の要素については、共通する符号を付してその説明を省略または簡略する。

[0037] 本実施形態における送信装置２０では、比較例の送信装置２２における情報ビット生成部２４が、情報ビット生成部３４に置き換えられている。本実施形態が備える情報ビット生成部３４は、送信装置２０と受信装置５０との通信が開始される段階で、送信装置２０の仕様に関する情報ビットを生成す

る。具体的には、送信装置２０が用いる変調方式と、送信信号増幅器３０の入出力特性（図４参照）とを情報ビット化する。

[0038] このようにして生成された情報ビットは、送信装置２０と受信装置５０との通信が開始される段階で送信装置２０から受信装置５０に送信される。このため、本実施形態では、両者の通信が開始される時点で、送信装置２０が用いる変調方式と、送信信号増幅器３０の入出力特性とが、両者間で共有される。

[0039] 本実施形態における送信装置２０は、送信信号増幅器３０の前段に送信電力制御部３６を備えている。送信電力制御部３６は、所望の通信品質が得られるように送信電力を制御する。送信電力制御部３６による送信電力の指令は、送信信号増幅器３０に提供されると共に、送信電力情報通知部３８に提供される。

[0040] 送信電力情報通知部３８は、送信電力の指令値を情報ビット生成部３４に提供する。そして、情報ビット生成部３４は、現状の送信電力に関するビット情報を生成して、その情報を送信データに含める。これにより、本実施形態の送信装置２０からは、送信電力制御部３６が設定した送信電力で、その送信電力の情報を含む送信信号が、受信装置５０に向けて送信される。

[0041] ところで、本実施形態の送信装置２０は、通信の開始後、データを送信する際には、トレーニング信号を併せて送信する。図６には、送信信号増幅器３０の下方に、データとトレーニング信号の、増幅前後のコンスタレーションを示している。送信信号増幅器３０が非線形領域を用いる場合は、この図に示すように、増幅後のデータのコンスタレーションは、歪みを伴うものとなる。

[0042] トレーニング信号の情報は、送信装置２０と受信装置５０の間で予め共有されており、好ましくは送信信号増幅器３０の線形領域に収まる電力（振幅）で送信される。受信装置５０に到達する過程で、トレーニング信号には、無線信号の通信路の環境に起因する位相および振幅のずれが生ずることがある。受信装置５０は、現実に受信したトレーニング信号の受信点と、トレー

ニング信号の既知の信号点とのずれに基づいて、通信路に起因するずれの影響を検知する。そして、受信装置５０は、その検知の結果を、データの受信点の夫々に反映させることにより、通信路に起因する影響を排除する。

[0043] 図７は、本実施形態における受信装置５０の主要部の構成を説明するためのブロック図である。図７に示すように、本実施形態の受信装置５０は、データ信号等化部５２を備えている。データ信号等化部５２は、通信路応答の振幅、移相情報を逆算して送信信号の推定値を得るブロックである。具体的には、データ信号等化部５２は、データ信号５４に、トレーニング結果５６を反映させる処理を実行する。これにより、通信路の環境に起因するずれが相殺された受信点５８が得られる。

[0044] 本実施形態の受信装置５０は、更に、尤度算出部６０を備えている。尤度算出部６０は、現在のコンスタレーション情報に従って尤度を算出するブロックである。尤度算出部６０は、先ず、通信の開始時に取得した送信装置２０の仕様情報６２と、データ信号と共に受信した現在の送信電力６４とに基づいて、受信信号のコンスタレーション６６を特定する。

[0045] 送信装置２０が用いる変調方式と、送信信号増幅器３０の入出力特性は、受信装置５０にとって既知情報である。そして、それらの情報が既知であれば、現実に用いられている送信電力が判れば、受信信号のコンスタレーションは再現することができる。ここでは、図７の下段に示すように、送信電力P_i（i＝１～N）に対応するコンスタレーション６６が選択される。この処理を終えると、尤度算出部６０は、次に、選択したコンスタレーション６６を用いて、トレーニング結果が反映された受信点５８の夫々について尤度計算６８を行う。

[0046] 図８は、尤度計算６８の概要を説明するための図である。図８の左側は、送信電力がP_1である場合の尤度計算６８の概要を示している。この場合、受信信号のコンスタレーション６６は、信号点７０の夫々が正しく格子状に並ぶ歪みのないものとなる。尤度算出部６０は、そのコンスタレーション６６を参照して、受信点５８の近隣に位置する信号点７０の幾つかについて、両者

間のユークリッド距離に対する正規分布を使用して尤度を計算する。そして、最も大きな尤度が得られた信号点７０を、その受信点５８に対応するシンボルとして採用する。

[0047] 図８の右側は、送信電力がP_Nである場合の尤度計算６８の概要を示している。この場合、受信信号のコンスタレーション６６は、信号点７０の夫々に、送信信号増幅器３０の非線形性に起因するずれを含むものとなる。尤度算出部６０は、そのずれを伴うコンスタレーション６６を参照して、上記と同様の手法で受信点５８についての尤度を計算する。そして、その結果に基づいて、受信点５８が意味するシンボルを特定する。

[0048] 以上説明した通り、本実施形態の無線通信システムによれば、送信装置２０に、送信信号増幅器３０の非線形領域を使用させて、大電力の送信信号を送信させることができる。また、通信の開始時に、送信信号増幅器３０の仕様を受信装置５０に受け渡しておくことで、その後の情報提供を必要とせずに、受信装置５０において、非線形領域に対応する歪んだコンスタレーションを再現させることができる。そして、そのコンスタレーションを用いて尤度計算を実行させることで、非線形領域を使用した送信信号についても、データが誤認されるのを防ぐことができる。更に、データ送信毎に、極めてデータ量の少ないトレーニング信号により、全ての受信点において、通信路に起因する位相および振幅のずれの影響を排除することができる。このため、本実施形態の無線通信システムによれば、送信信号増幅器３０の非線形領域を活用しつつ、データの誤送信を生じさせず、かつ、高いデータレートを確保することができる。

[0049] ［実施の形態１の変形例］

ところで、上記の図７には、尤度算出部６０が、送信信号増幅器３０の線形領域に属する複数の送信電力P_1、P_2対して受信信号のコンスタレーションを夫々再生する様子が示されている。しかしながら、受信信号のコンスタレーションを再生する手法はこれに限定されるものではない。すなわち、尤度算出部６０は、送信信号増幅器３０の線形領域に属する送信電力については、

歪みのない同一のコンスタレーションを共通に用いることとし、非線形領域に属する送信電力についてのみ、受信信号のコンスタレーションを再生することとしてもよい。

[0050] また、上述した実施の形態１では、無線通信の開始時に送信装置２０が受信装置５０に対して送信信号増幅器３０の仕様を提供することとしている。しかしながら、本開示はこれに限定されるものでない。例えば、送信装置２０に、上記仕様を提供した受信装置５０を記憶させ、かつ、上記仕様の提供を受けた受信装置５０には、その情報を記憶させておくこととしてもよい。そして、両者間の二度目以降の通信については、上記仕様の授受を省略してもよい。

[0051] また、上述した実施の形態１では、送信装置２０が受信装置５０に、送信信号増幅器３０の仕様と共に、無線通信に用いる変調方式の情報を提供することとしている。しかしながら、本開示はこれに限定されるものではない。例えば、送信装置２０と受信装置５０の通信に用いる変調方式が予め決定されている場合には、変調方式の情報提供は省略することができる。

[0052] 実施の形態２.

次に、上記の図２と共に図９乃至図１１を参照して、本開示の実施の形態２の無線通信システムについて説明する。

[0053] 図９は、本実施形態の無線通信システムで用いられる通信装置８０の構成を説明するためのブロック図である。図９に示す通信装置８０は、無線信号を送信するための送信部と、受信した無線信号を処理するための受信部とを備えている。通信装置８０は、図１に示す送信装置２０および受信装置５０の何れとしても使用することができる。以下、送信装置２０および受信装置５０の双方が、共に図９に示す通信装置８０で構成される場合について説明する。

[0054] 本実施形態における通信装置８０は、実施の形態１における送信装置２０と同様の構成を持つ送信部を備えている。また、通信装置８０は、実施の形態１の受信装置５０と同様に、データ信号等化部５２および尤度算出部６０

を備えている。尚、図９において、実施の形態１で説明した要素と同一の要素については、図６または図７に示す符号を付して、重複する説明を省略または簡略する。

[0055] 本実施形態における通信装置８０は、アンテナ３２が受信した信号を、受信信号増幅部８２に提供する。受信信号増幅部８２は、受信信号を適切なゲインで増幅してアナログデジタル変換部８４に提供する。

[0056] アナログデジタル変換部８４は、アナログ形式の受信信号をデジタル信号に復調するためのブロックである。アナログデジタル変換部８４でデジタル化された信号は、データ信号等化部５２に提供される。

[0057] データ信号等化部５２と、尤度算出部６０では、実施の形態１の場合と同様の処理が行われる。これにより、受信信号のコンスタレーションに歪みが含まれているか否かに関わらず、正確なデータ認識が実現される。

[0058] 尤度算出部６０においてシンボル化された信号は、情報ビット検出部８６に提供される。本実施形態では、情報ビット検出部８６において、通信相手と授受すべきデータに加えて、信号の誤り率BER（Bit Error Rate）に関する情報がビット化される。そして、BERの情報は、送信部の情報ビット生成部３４に提供される。

[0059] 情報ビット生成部３４は、BERの情報を通信相手に提供するべく、その情報を送信信号に含めるようにビット生成の処理を行う。これにより、本実施形態では、通信装置８０から、通信相手の通信装置８０に対して、現在の送信電力により実現されているBERの情報が提供される。

[0060] 同様に、図９に示す通信装置８０にも、通信相手から、現在の送信電力で実現されているBERの情報が提供される。この情報は、通信装置８０の受信部でデータ信号に復元された後、送信部の送信電力制御部３６にフィードバックされる。送信電力制御部３６は、このようにしてフィードバックされた情報に基づいて、通信品質が改善されるように送信電力を制御する。

[0061] 図１０は、本実施形態において、送信電力制御部３６が実行する処理の一例を説明するためのフローチャートである。図１０に示すルーチンは、通信

装置８０が、相手方の通信装置８０との通信を確立した直後に起動される。

[0062] このルーチンでは、先ず、送信電力が、最大電力P_Nに設定される（ステップ１００）。次に、設定した送信電力に対して、通信相手から返信されてきたBERが閾値（例えば、1E-6）以下であるかが判別される（ステップ１０２）。

[0063] 最大電力P_Nは、送信信号増幅器３０の非線形性に伴うコンスタレーションの歪みが適切に吸収できていれば、優れたSNRを得る上で最も有利な電力である。上記ステップ１０２で、BERが閾値以下であると判別された場合は、送信信号が十分に正確に受信されていると判断できる。従って、この場合は、通信相手の通信装置８０において、コンスタレーションの歪みが適切に吸収されていると判断できる。つまり、現在の送信電力は、所望の通信品質を実現する最大の電力であると判断できる。

[0064] このような送信電力は、高いデータレートを確保し、かつ、高いSNRを確保するうえで好適である。このため、上記ステップ１０２の判定が肯定された場合は、現時点の送信電力が適切であると判断して、電力制御のルーチンが終了される。

[0065] 一方、上記ステップ１０２において、BERが閾値を超えていると判別された場合は、通信相手の通信装置８０が、データを正確に取得できていないと判断できる。つまり、通信相手の通信装置８０にとって、コンスタレーションの歪みが大きすぎる可能性があると判断できる。この場合、送信電力制御部３６は、コンスタレーションの歪みを緩和させるべく、送信電力の低減を図る（ステップ１０４）。例えば、現在の送信電力がP_Nである場合は、その電力がP_{N-1}に変更される。

[0066] 以後、再びステップ１０２の処理が実行される。そして、ステップ１０２および１０４が繰り返される結果、BERをクリアする送信電力が見い出されると、その時点で本ルーチンが終了される。

[0067] 以上の処理によれば、通信装置８０が用いる送信電力は、通信開始後に、BERをクリアする最も大きな電力に決定される。このため、本実施形態の無線通信システムによれば、実施の形態１の場合と同様の効果に加えて、送信電

力の最適化を実現して、最良の通信品質を実現するという効果も得ることができる。

[0068] ［実施の形態２の変形例］

図１１は、送信電力制御部３６が、送信電力を制御するために、図１０に示すルーチンに代えて実行することのできる他のルーチンの例を説明するためのフローチャートである。図１１に示すルーチンも、図１０に示すルーチンと同様に、通信装置８０が、相手方の通信装置８０との通信を確立した直後に起動される。

[0069] 図１１に示すルーチンでは、先ず、送信電力が、予め設定されている初期電力に設定される（ステップ１１０）。初期電力は、BERをクリアする最大の電力と予想される電力である。

[0070] 次に、通信相手の通信装置８０から提供されるBERが、閾値以下の条件をクリアしているか否かが判別される（ステップ１１２）。この処理は、図１０に示すステップ１０２の処理と実質的に同一である。

[0071] ステップ１１２において、BERの条件がクリアされていると認められた場合は、送信電力を高める余地が残されていると判断できる。従って、この場合、送信電力制御部３６は送信電力の増大を図る（ステップ１１４）。具体的には、送信電力を、現在の電力P_iから、一段階大きなP_{i+1}に変更する。

[0072] 次に、増大した送信電力に対して、通信相手の通信装置８０から提供されるBERが、閾値条件をクリアしているか否かが再び判定される（ステップ１１６）。その結果、BERがクリアされていれば、再びステップ１１４の処理が実行される。

[0073] 本ルーチンにおいて、ステップ１１６の判定が否定された場合は、その時点で、送信電力が、BERをクリアできる電力の上限を一段階超えてしまったと判断できる。そして、この場合は、現在の送信電力より一段階小さな電力が、BERをクリアする最大の電力であると判断できる。このため、ステップ１１６の判定が否定された場合は、送信電力を一段下げて（ステップ１１８）、今回のルーチンが終了される。

[0074] 上記ステップ１１２において、送信電力に設定した初期電力ではBERがクリアできないと判別された場合は、送信電力を下げる処理が実行される（ステップ１２０）。そして、変更後の送信電力に対するBERが、閾値条件をクリアしているか否かが判定される（ステップ１２２）。

[0075] その結果、BERがクリアできていなければ、送信電力が未だ過大であると判断できる。このため、ステップ１２２の判別が否定された場合は、再びステップ１２０の処理が実行される。

[0076] 本ルーチンにおいて、ステップ１２２の判定が肯定された場合は、その時点で、送信電力が、BERをクリアできる最大の電力まで低減されたと判断できる。そして、この場合は、現在の送信電力が最適な電力であるため、以後速やかに今回のルーチンが終了される。

[0077] 以上説明した通り、図１１に示すルーチンによれば、図１０に示すルーチンの場合と同様に、送信電力を、所望のBERを満たす最大の電力に設定することができる。更に、図１１に示すルーチンによれば、最適な送信電力が、最大電力PNに比して十分に小さい場合に、図１０に示すルーチンに比して早期にその最適な送信電力を探し出すことができる。

符号の説明

[0078] ２０ 送信装置
３０ 送信信号増幅器
３４ 情報ビット生成部
３６ 送信電力制御部
３８ 送信電力情報通知部
５０ 受信装置
５２ データ信号等化部
６０ 尤度算出部
８０ 通信装置
８６ 情報ビット検出部

請求の範囲

[請求項1] シングルキャリア多値変調方式を用いて無線通信を行う送信装置と受信装置を備える無線通信システムであって、

前記送信装置は、

送信電力が可変の送信信号増幅器を備え、

前記送信信号増幅器の入出力特性に関する仕様を前記受信装置に提供する処理と、

データ送信に用いている送信電力を前記受信装置に提供する処理と、を実行するように構成されており、

前記受信装置は、

前記送信電力と前記仕様とに基づいて、信号点のコンスタレーションを推定する信号点推定処理と、

受信信号の、コンスタレーション座標上の点である受信点を検知する処理と、

前記受信点について、前記信号点との尤度を計算する処理と、

前記尤度の計算結果に基づいて前記受信点が意図するシンボルを特定する処理と、を実行するように構成されている無線通信システム。

[請求項2] 前記信号点推定処理は、

前記送信電力が前記送信信号増幅器の線形領域に属する場合に、前記シングルキャリア多値変調方式の基準のコンスタレーションを、前記信号点のコンスタレーションとする処理と、

前記送信電力が前記送信信号増幅器の非線形領域に属する場合に、前記送信電力と前記仕様とに対応する歪みを前記基準のコンスタレーションに加えたものを、前記信号点のコンスタレーションとする処理と、

を含む請求項１に記載の無線通信システム。

[請求項3] 前記送信装置は、

トレーニング信号を送信する処理を更に実行するように構成されて

おり、

前記受信装置は、

前記トレーニング信号の本来の値を記憶しており、

前記本来の値と、現実に受信したトレーニング信号の値との差に基づいて、通信路が前記受信信号に与える影響を検知する処理と、

前記尤度の計算に先立って前記受信点から前記通信路の影響を排除する処理と、を更に実行するように構成されている請求項１または２に記載の無線通信システム。

[請求項4] 前記トレーニング信号は、前記送信信号増幅器の線形領域に属する電力で送信される請求項３に記載の無線通信システム。

[請求項5] 前記受信装置は、

受信信号の誤り率を計算する処理と、

前記誤り率を前記送信装置に提供する処理と、を更に実行するように構成されており、

前記送信装置は、

前記送信電力を、前記誤り率に関する要求がクリアされる最大の電力に制御する電力制御処理を更に実行するように構成されている請求項１乃至４の何れか1項に記載の無線通信システム。

[請求項6] 前記電力制御処理は、

無線通信の開始時に、前記送信電力を最大電力に設定する処理と、

前記受信装置から、前記誤り率を取得する処理と、

前記誤り率が、前記要求をクリアしているか否かを判断する処理と、

前記誤り率が前記要求をクリアしているとの結果が得られるまで、前記送信電力を段階的に減少させる処理と、を含む請求項５に記載の無線通信システム。

[請求項7] シングルキャリア多値変調方式を用いて無線通信を行う送信装置と受信装置を用いる無線通信方法であって、

前記送信装置は、送信電力が可変の送信信号増幅器を備え、

前記送信装置が、前記送信信号増幅器の入出力特性に関する仕様を前記受信装置に提供するステップと、

前記送信装置が、データ送信に用いている送信電力を前記受信装置に提供するステップと、

前記受信装置が、前記送信電力と前記仕様とに基づいて、信号点のコンスタレーションを推定するステップと、

前記受信装置が、受信信号の、コンスタレーション座標上の点である受信点を検知するステップと、

前記受信装置が、前記受信点について、前記信号点との尤度を計算するステップと、

前記受信装置が、前記尤度の計算結果に基づいて前記受信点が意図するシンボルを特定するステップと、

を含む無線通信方法。

[請求項8] シングルキャリア多値変調方式を用いて無線通信を行うための受信装置であって、

前記無線通信の送信装置から、当該送信装置が用いる送信信号増幅器の入出力特性に関する仕様を取得する処理と、

前記送信装置がデータ送信に用いている送信電力を取得する処理と、

前記送信電力と前記仕様とに基づいて、信号点のコンスタレーションを推定する信号点推定処理と、

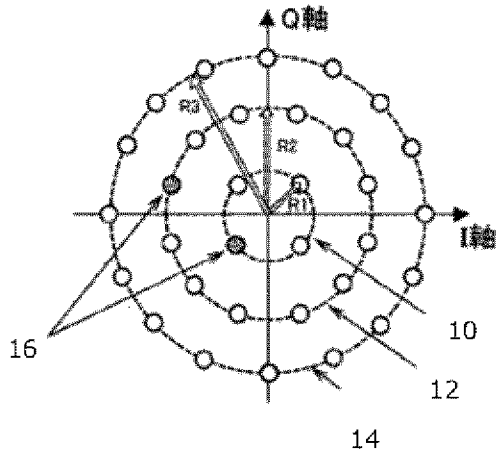
受信信号の、コンスタレーション座標上の点である受信点を検知する処理と、

前記受信点について、前記信号点との尤度を計算する処理と、

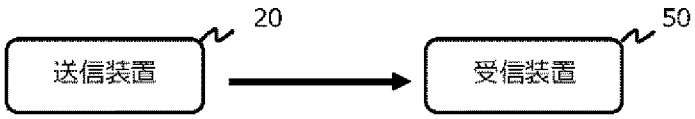
前記尤度の計算結果に基づいて前記受信点が意図するシンボルを特定する処理と、

を実行するように構成されている受信装置。

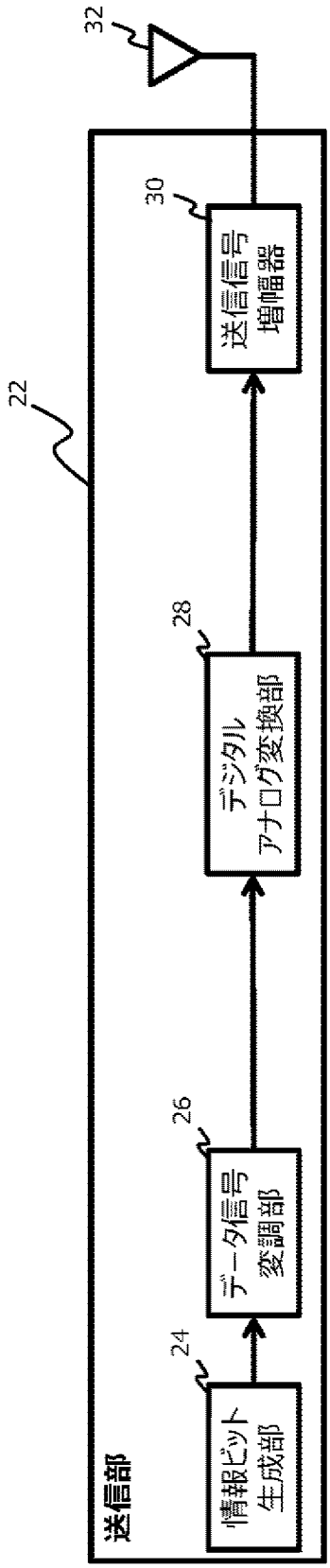
[図1]



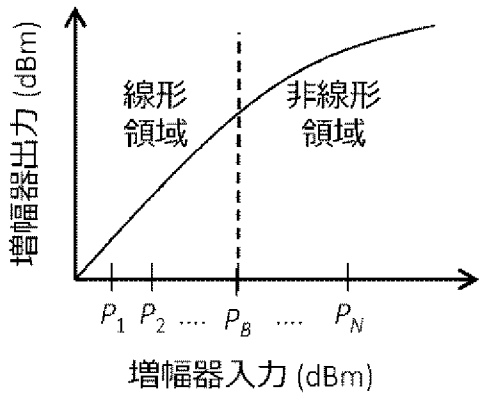
[図2]



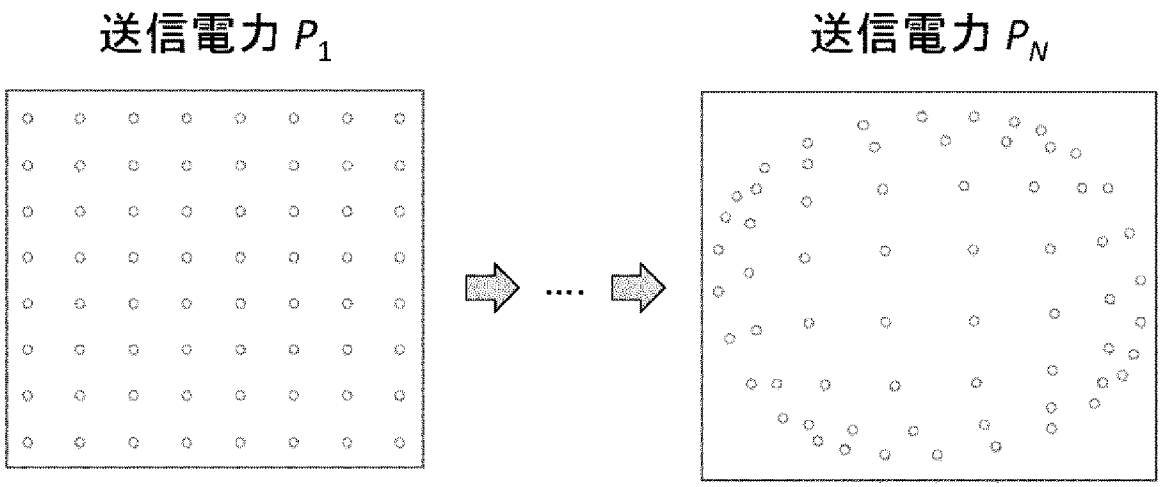
[図3]



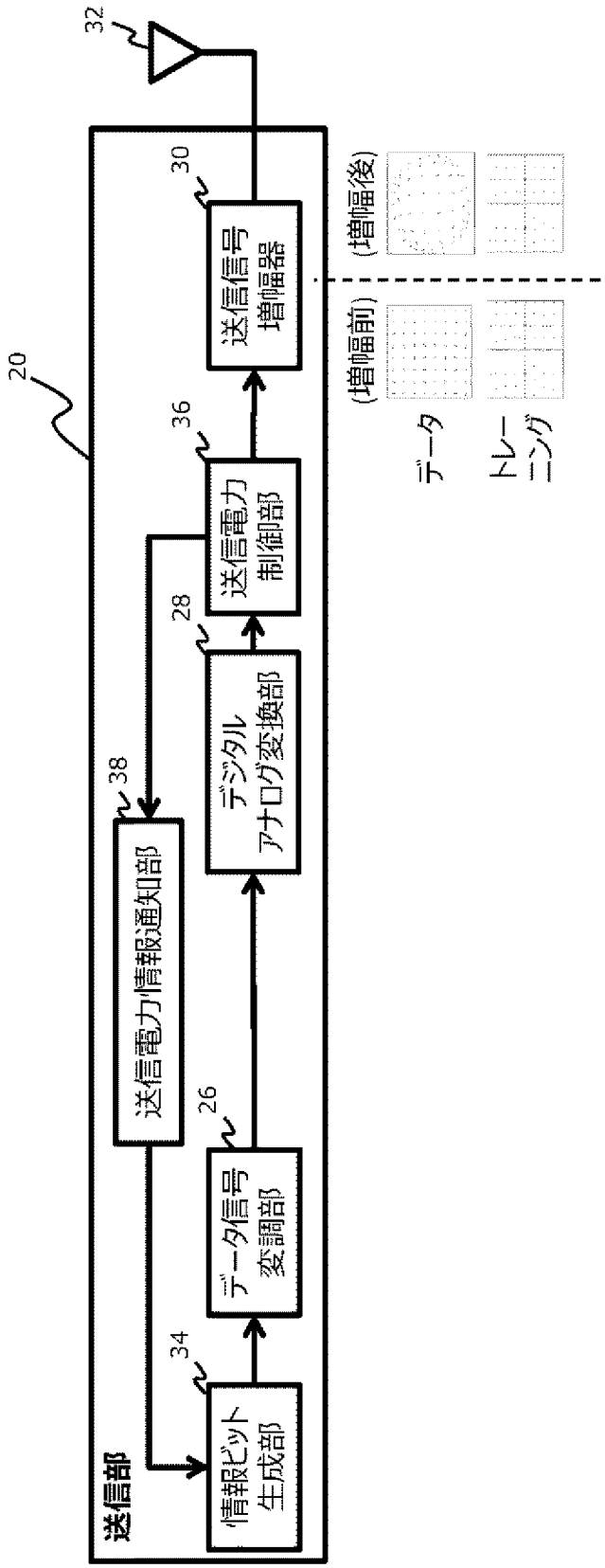
[図4]



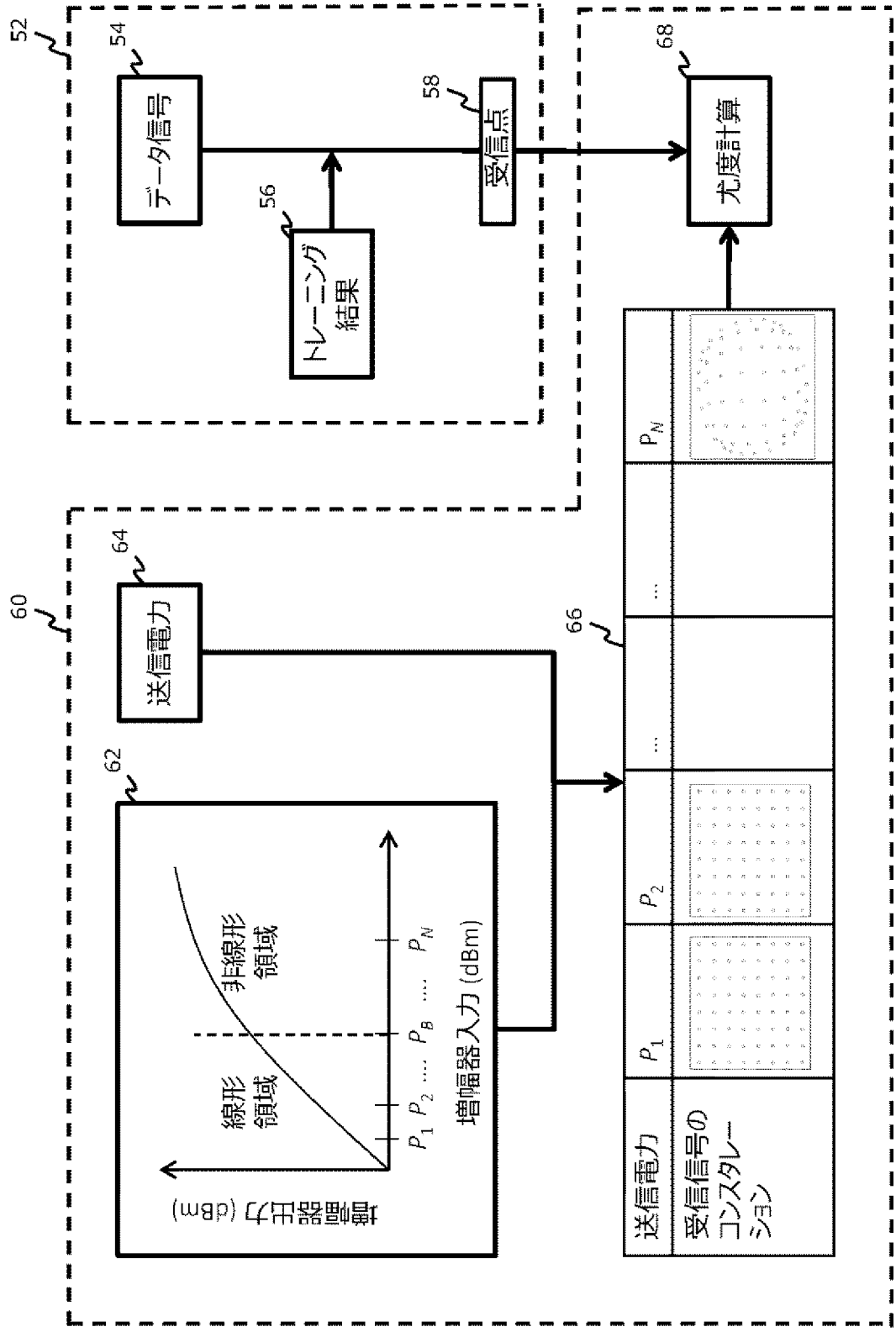
[図5]



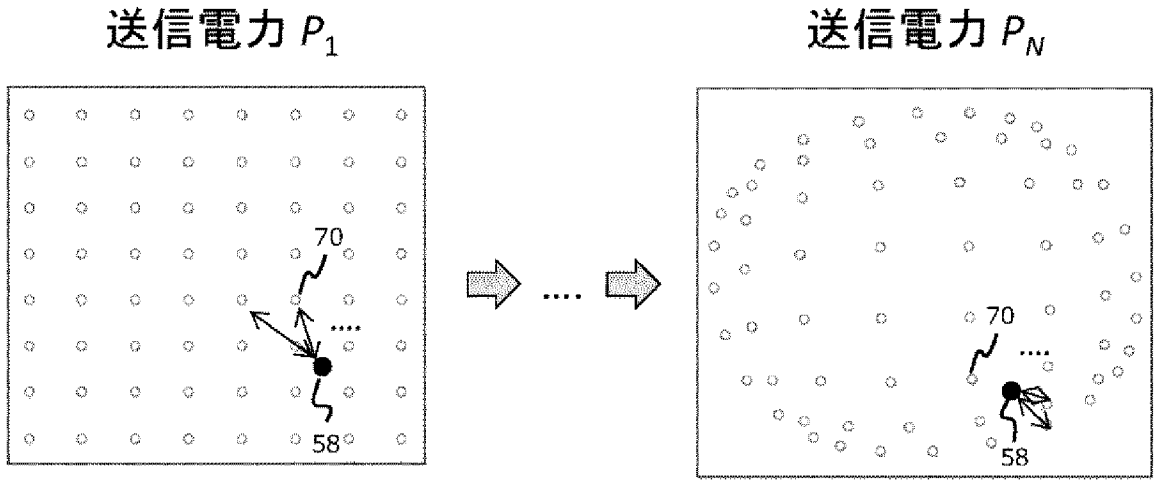
[図6]


32
30
送信信号
増幅器
(増幅後)
(増幅前)
データ
トレーニング
20
36
送信電力
制御部
28
デジタル
アナログ変換部
38
送信電力情報通知部
26
データ信号
変調部
34
情報ビット
生成部
送信部

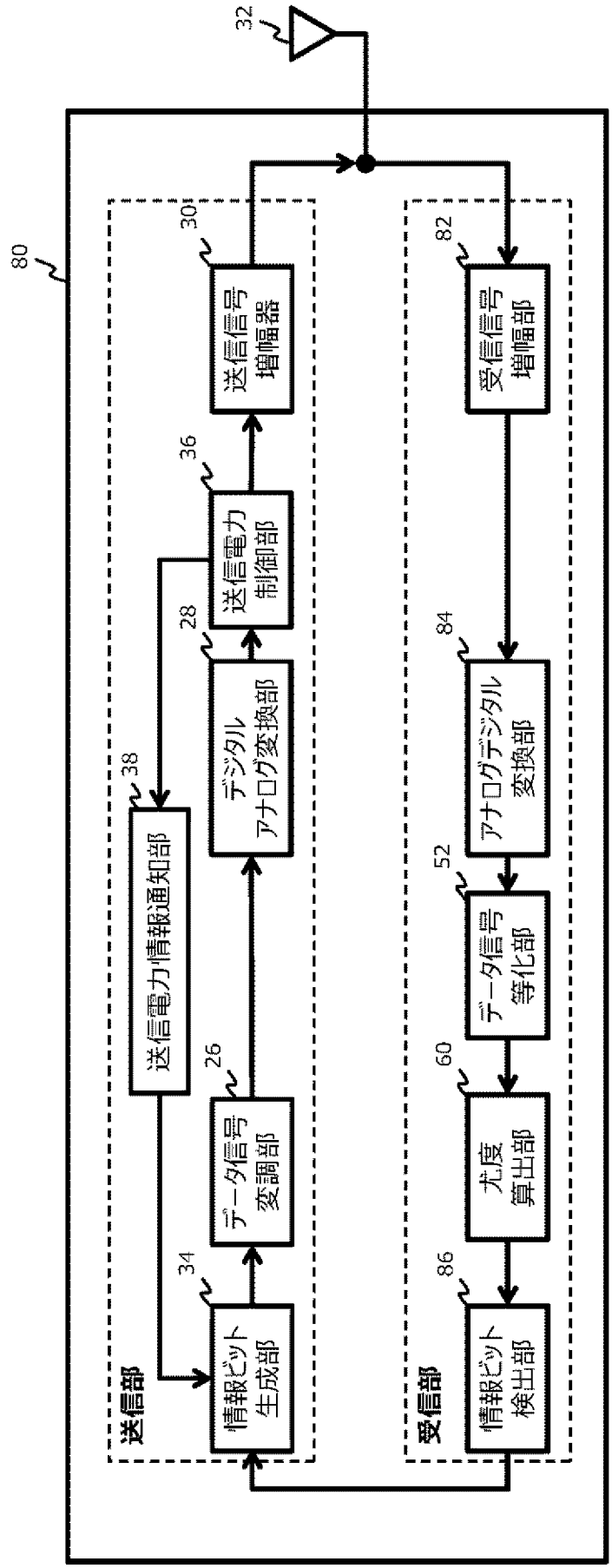
[図7]


52
54
データ信号
56
トレーニング結果
58
受信点
68
尤度計算
60
64
送信電力
62
増幅器出力 (dBm)
線形領域
非線形領域
P_1 P_2 .... P_B .... P_N
増幅器入力 (dBm)
66
送信電力
受信信号のコンスタレーション
P_1
P_2
...
...
P_N

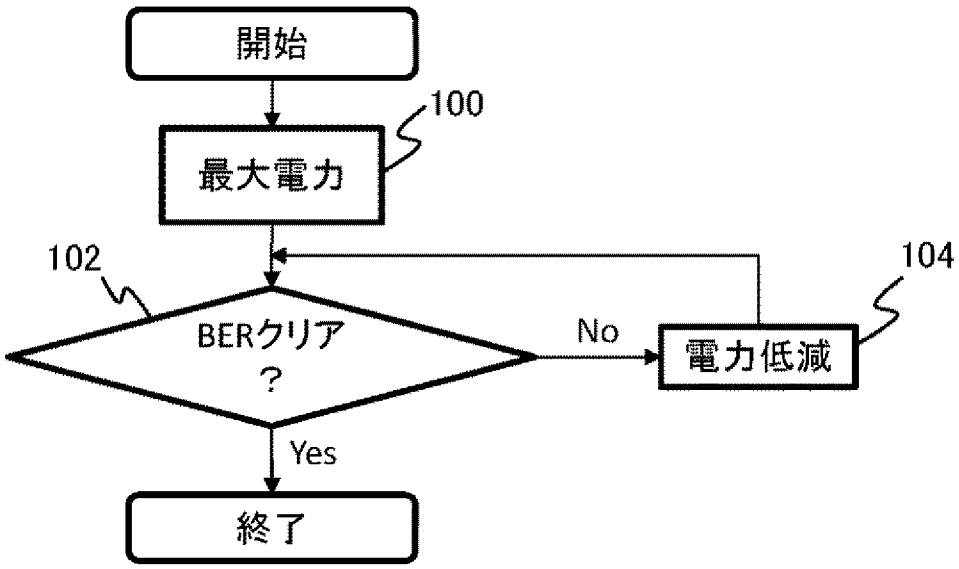
[図8]



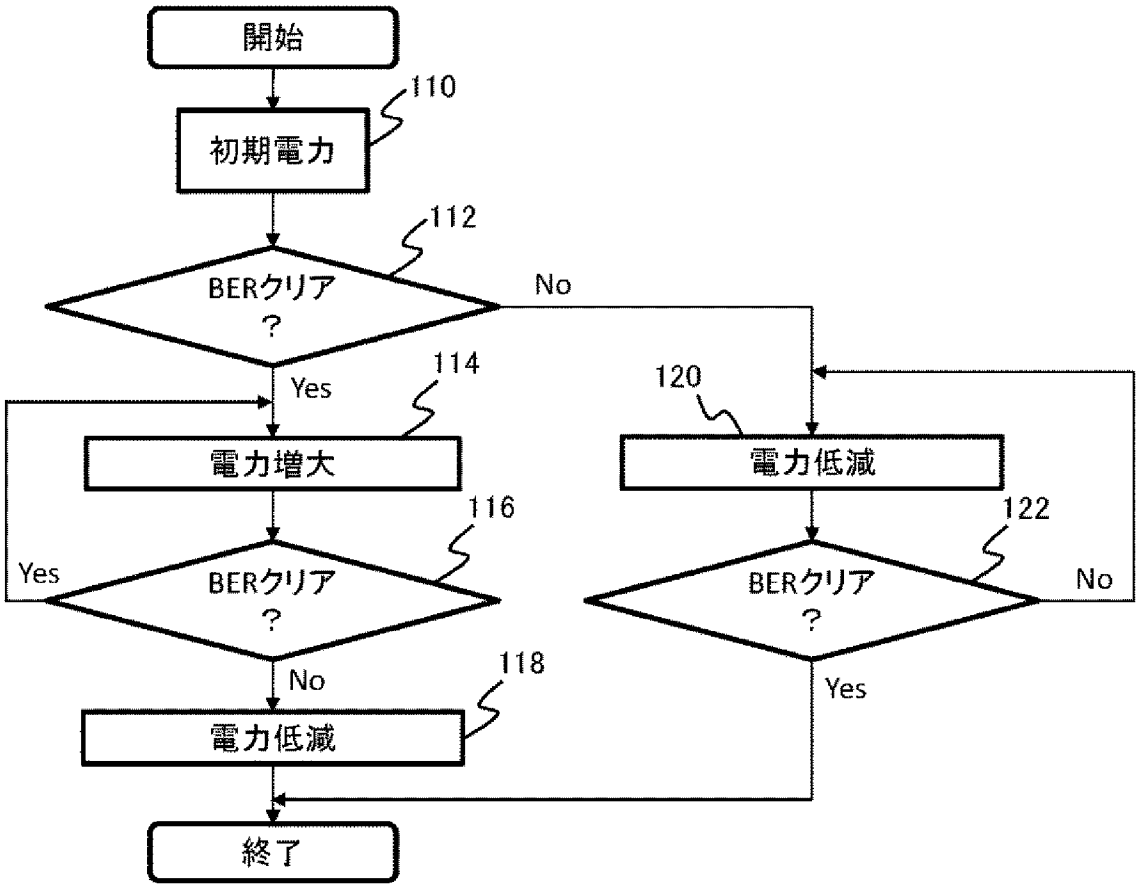
[図9]


32
80
30
送信信号
増幅器
36
送信電力
制御部
28
デジタル
アナログ変換部
38
送信電力情報通知部
26
データ信号
変調部
34
情報ビット
生成部
送信部
82
受信信号
増幅部
84
アナログデジタル
変換部
52
データ信号
等化部
60
尤度
算出部
86
情報ビット
検出部
受信部

[図10]


開始
100
最大電力
102
BERクリア
？
No
104
電力低減
Yes
終了

[図11]


開始
110
初期電力
112
BERクリア
？
No
Yes
114
電力増大
116
Yes
BERクリア
？
No
118
電力低減
120
電力低減
122
BERクリア
？
No
Yes
終了

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2021/030455

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H04L 27/38(2006.01)i
FI: H04L27/38

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H04L27/38

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2021
Registered utility model specifications of Japan 1996-2021
Published registered utility model applications of Japan 1994-2021

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2015-2354 A (SONY CORP) 05 January 2015 (2015-01-05) paragraphs [0046]-[0047], [0056], [0086]-[0087], [0166]-[0167], fig. 6, 25	1-2, 7-8
Y		3
A		4-6
Y	JP 2010-171905 A (NIPPON HOSO KYOKAI) 05 August 2010 (2010-08-05) paragraph [0012]	3
A		1-2, 4-8
A	JP 2012-65008 A (SONY CORP) 29 March 2012 (2012-03-29)	1-8
A	WO 2016/012382 A1 (DEUTSCHES ZENTRUM FUER LUFT- UND RAUMFAHRT E.V.) 28 January 2016 (2016-01-28)	1-8

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☑ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
20 October 2021	**02 November 2021**
Name and mailing address of the ISA/JP **Japan Patent Office (ISA/JP)** **3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915** **Japan**	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2021/030455

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP 2015-2354 A	05 January 2015	EP 3010191 A1 paragraphs [0049]-[0050], [0059], [0089]-[0090], [0170]-[0171], fig. 6, 25	
JP 2010-171905 A	05 August 2010	(Family: none)	
JP 2012-65008 A	29 March 2012	US 2012/0063549 A1 EP 2429139 A2 CN 102404277 A	
WO 2016/012382 A1	28 January 2016	(Family: none)	

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2021/030455

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

H04L 27/38(2006.01)i
FI: H04L27/38

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（ＩＰＣ））

H04L27/38

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０２１年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０２１年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０２１年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー*	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
X	JP 2015-2354 A (ソニー株式会社) 05.01.2015 (2015-01-05) [0046]-[0047],[0056],[0086]-[0087],[0166]-[0167],図6,25	1-2,7-8
Y		3
A		4-6
Y	JP 2010-171905 A (日本放送協会) 05.08.2010 (2010-08-05) [0012]	3
A		1-2,4-8
A	JP 2012-65008 A (ソニー株式会社) 29.03.2012 (2012-03-29)	1-8
A	WO 2016/012382 A1 (DEUTSCHES ZENTRUM FUER LUFT- UND RAUMFAHRT E.V.) 28.01.2016 (2016-01-28)	1-8

☐ Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。

☑ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー
"A" 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
"E" 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
"L" 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
"O" 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
"P" 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献
"T" 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
"X" 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
"Y" 特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
"&" 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日
20.10.2021	02.11.2021

名称及びあて先

日本国特許庁(ISA/JP)
〒100-8915
日本国
東京都千代田区霞が関三丁目４番３号

権限のある職員（特許庁審査官）

吉江　一明 5K 5887

電話番号 03-3581-1101 内線 3556

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号
PCT/JP2021/030455

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2015-2354 A	05.01.2015	EP 3010191 A1 [0049]-[0050],[0059], [0089]-[0090],[0170]-[0171],図6,25	
JP 2010-171905 A	05.08.2010	（ファミリーなし）	
JP 2012-65008 A	29.03.2012	US 2012/0063549 A1 EP 2429139 A2 CN 102404277 A	
WO 2016/012382 A1	28.01.2016	（ファミリーなし）	