

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4474252号
(P4474252)

(45) 発行日 平成22年6月2日(2010.6.2)

(24) 登録日 平成22年3月12日(2010.3.12)

(51) Int.Cl. F I
H O 4 L 27/38 (2006.01) H O 4 L 27/00 G

請求項の数 9 外国語出願 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2004-278374 (P2004-278374)	(73) 特許権者	501409670
(22) 出願日	平成16年9月24日 (2004.9.24)		マイクロナス ゲーエムベーハー
(65) 公開番号	特開2005-167979 (P2005-167979A)		Micronas GmbH
(43) 公開日	平成17年6月23日 (2005.6.23)		ドイツ連邦共和国、79108 フライブルグ、ハンス・ブンテ・ストラッセ 19
審査請求日	平成18年11月30日 (2006.11.30)	(74) 代理人	100095315
(31) 優先権主張番号	10344756.3		弁理士 中川 裕幸
(32) 優先日	平成15年9月25日 (2003.9.25)	(74) 代理人	100120400
(33) 優先権主張国	ドイツ (DE)		弁理士 飛田 高介
		(74) 代理人	100130270
			弁理士 反町 行良
		(72) 発明者	クリスティアン ボック
			ドイツ連邦共和国 フライブルグ 79108 バルドストラッセ 1a

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 直角変調法の複素位相空間において記号を決定するための方法および回路配置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

直交信号対 (I , Q) と結合した信号 (s) を受信する際に符号 (S e) を決定するための方法であって、少なくとも1つの受信点 (S) から少なくとも1つの設定点 (S e) までの距離 (D) を複素座標空間 (I , Q) 内で解析することによって決定が捉えられる方法であって、直交座標空間 (I , Q) が極座標空間 (R ,) へ変換され、前記極座標空間内で距離 (D) の解析が実施され、これと同時に半径 R、角 が観察され、前記直交空間 (I , Q) への逆変換が実施され、それに基づき決定が捉えられることを特徴とする方法。

【請求項 2】

前記極座標空間 (R ,) 内で距離 (D) として受信点と設定点との間のユークリッド距離が解析され、特に $\min (\sqrt{R^2 (u \cdot (R_s - R_{s_e})^2 + (s - s_e)^2)}$) に従い解析される、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

極座標系で受信点と少なくとも1つの設定点との間の距離の角射影および半径射影の総和が解析され、特に $\min (u | R_s - R_{s_e} | + | s - s_e |)$ に従い解析される、請求項 1 又は 2 に記載の方法。

【請求項 4】

距離を解析するため、半径誤差を加重するための加重因子 (u) および/または角誤差を加重するための加重因子 (w) が半径誤差および位相誤差を加重するために互いの関係に

において使用される、請求項 2 または 3 に記載の方法。

【請求項 5】

加重因子（単数）または加重因子（ u, w ）が動的に信号（ s ）の受信条件へ適合させられる、請求項 4 に記載の方法。

【請求項 6】

前記極座標空間（ R, \quad ）内で距離を決定するためにさまざまな様式の最小化法の組み合わせが実施され、特に一方で受信点から少なくとも 1 つの設定点までのユークリッド距離の決定と、他方で受信点と少なくともその 1 つの設定点との間の距離の角射影および半径射影の総和の決定との組み合わせが解析され、特に（ $(u((R_s - R_{se})^2 + w(s - s_{se})^2)) + ((I_s - I_{se})^2 + (Q_s - Q_{se})^2)$ ）に従い解析される、請求項 2 ないし 5 のうちいずれか 1 項に記載の方法。

10

【請求項 7】

距離（ D ）を解析する際、受信点と少なくとも 1 つの設定点との間の距離を最小化させるための、一方で少なくとも 1 つの前記極座標空間（ R, \quad ）内で最小化させるための方法と、他方で直交空間内で距離を最小化するための方法との、方法の組み合わせが実施され、特に $\min(u|R_s - R_{se}| + |s - s_{se}| + v((I_s - I_{se})^2 + (Q_s - Q_{se})^2))$ に従い実施される、請求項 1 ~ 6 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 8】

直交空間内での決定の影響を加重するための加重因子（ v ）が、前記極座標空間（ R, \quad ）内での決定との割合において固定される、請求項 7 に記載の方法。

20

【請求項 9】

直交信号対（ I, Q ）と結合した信号（ s ）を受信する際に記号（ S ）を決定するための回路配置であって、信号を直交座標（ I, Q ）から前記極座標座標（ R, \quad ）へ変換するための座標変換器（20）と、直交信号に基づき受信点（ S ）と少なくとも 1 つの対応する設定点（ se ）との間の最小距離を決定するための前置決定装置（17）と、距離解析に基づき記号を決定するための決定装置（15）と、回路配置および方法進行を制御するための、特に請求項 1 ~ 8 のうちいずれか 1 項に記載の方法進行を制御するための制御装置とを有する回路配置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

30

【0001】

本発明は、特許請求項 1 の上位値概念特徴に従う直交信号と結合した信号を受信する際に記号を決定するための方法、もしくはそのような方法を実行するための回路配置に関する。

【背景技術】

【0002】

ケーブルまたは無線に支えられた通信系の助けにより伝達された、記号としても特徴付けられるデジタル信号が、コード化された形で一位または多位のデジタル値を表す。コード化はフェーズに対応する直交信号対を通じて伝達することについて行われ、フェーズとは決まった時刻に離散型の位置を直交信号対の直交振幅・位相空間に取り入れるものである。通常のこの種の伝達法は QAM（カドラチュア・アンプリチュード・モジュレーション）および PSK（フェーズ・シフト・キーイング）である。

40

【0003】

デジタル信号を受信するための通常の受信機では、複素乗算器、すなわち局部発振器により制御される混合器は、搬送波上へ変調された QAM 信号を周波数・位相に即して回路配置のベースバンドへ混合する。デジタル処理の際、これは A/D 変換（A/D：アナログ/デジタル）の前または後で行うことができる。信号は記号タイミングパルスまたはその何倍かで読み取られ、デジタル化され、またはデジタル化タイミングパルスは必要な記号タイミングパルスに対して自由である。この場合、記号は最終的にデジタルの読み取り率変動を通じて記号タイミングパルスまたはその数倍へ変換される。増幅調整が、各

50

変調領域が満足され、受信された記号が正しく記号決定段階へ作られるようにする。適応する補正器（イコライザ）が、送信機、伝達区間または受信機の線形ひずみ内でそれらの起源を持つ記号間干渉を軽減する。

【 0 0 0 4 】

QAMまたはPSK信号についての上位値復調の際、調整回路が局部発振器の周波数・位相調整について、増幅調整について、記号タイミングパルスの再生獲得についておよび適応の補正器について、受信された記号ばかりでなく、決定段階で最も真実に見えるあらかじめ与えられた記号アルファベットの同じ要素を必要とする。決定される記号を通じたこの調整様式は、「決定帰還接続」調整と標識付けられ、適正の調整電圧について正しい記号決定を仮定する。

10

【 0 0 0 5 】

技術デジタル復調の際に決定帰還接続された調整は互いに関連しているため、従来技術では、受信信号がベースバンド内で混合する局部発振器についての調整が周波数・位相に関してまだ安定していない限り、噛み合いは難しい。それぞれの周波数と位相がそれらの設定値に比較的密にあるときのみ、噛み合いがうまく行くことが多い。

【 0 0 0 6 】

QAMまたはPSK信号についての復調器は通常、複素I/Q記号平面内で受信された記号を設定記号に最短距離となるよう割り当てる決定法を利用する。設定記号が一様なスタ上に配置されているならば、決定法についての格子型ができる。

【 0 0 0 7 】

このような方法様式が加算のガウス雑音を有する信号を見たとき最適であるが、しかしあらかじめ正確な知識が搬送波周波数および搬送波位相に関して、並びに読み取り時刻に関して要求される。搬送波位相が、特に上位値変調法の場合、わずかな度数のみ設定位相から外れているならば、記号は中央および外周領域で誤って決定される。256-QAMの場合すでに、誤った決定法を行うのに3度の逸脱で十分である。蓄積する位相誤差を有する周波数オフセットの場合この作用はさらに大きく、それは象限のモジュロ処理の際に 0° 、 90° 、 180° 、 270° の逸脱だけのわずかな角度ごとにより、正しい調整電圧が作り出されるからである。

20

【 0 0 0 8 】

図12に逸脱角 -45° 、 \dots 、 $+45^\circ$ にわたる受信記号と決定記号との間の位相逸脱が表されている。各位相逸脱は調整電圧としての局部発振器の位相調整に役立つ。分布は、負の象限からゼロ点を通じて正の象限へと導く中央対角線を有する。示された256-QAMの一象限内の角度逸脱を通じた全個別決定法の例では、個別の調整電圧の分布は、少なくとも符号を見て適正な平均調整電圧が得られるようなものである。しかし、現在の調整電圧はしばしば正しくない。

30

【 0 0 0 9 】

図13は対応する調整電圧の頻度分布を256-QAMの角度逸脱を通じて複素平面にわたり角度逸脱 -45° 、 \dots 、 $+45^\circ$ について示す。平均の調整電圧、すなわち256-QAMにおける角度逸脱に関して各角度の総和は図14にある。図13からも図14からもたやすく認められるのは、中央領域においてのみ調整電圧についての常に適正な個別決定法が得られることである。周辺領域においては誤りを含む個別決定法が現れることとなる。

40

【 0 0 1 0 】

欧州特許0571788 A2により、内部の4つのI/Q平面記号のみが減退した星座配列の枠内で追加のヒステリシスと共に使用される搬送波・位相調整が知られる。一様な分布を持つ上位値変調法の場合はしかし、これらの記号の頻度は非常にわずかな成分のみで、同じ分布の256-QAMでたとえば約1.6%のみである。

【 0 0 1 1 】

米国特許5,471,508により、調整がまずI/Q空間内の減退した変調アルファベットによって行われ、大半径のみが観察されるための手段となるトラッキング運用様式

50

すなわち追実行運用様式が知られている。

【0012】

独国特許199 28 206 A1により、複素I/Q平面がより小さい象限に分割され、それによってより明確な平均調整電圧が得られる方法が知られている。しかし、この方法は大きい表を使用することが必要となる。

【0013】

独国特許41 00 099 C1による方法の場合、I/Q変調アルファベットの隅のみが観察され、それによってここでも多くの記号が失われて行く。ほかにも効果的な使用のためには不正確すぎる調整法が提案されている。

【0014】

欧州特許0249045 B1 (米国特許4,811,363, 独国特許3619744 A1)は、二段階の決定を実行する根本的処置様式つき方法を提案している。第1ステップで設定半径について決定し、のち第2ステップでこの決定された設定値で実際の設定位相点を受け取る。それゆえ、位相調整の限界が半径方向に環状セクタによって決定されるよう設定記号が配置されている円半径へ方向づけることによって、複素平面を区分することが知られている。これらの決定法は、受信された記号が通常正確には設定点上にないから、誤った調整電圧へ導く。

【0015】

16-QAMの位相星座配列についてはこのような方法がまだ受容できる程度に機能する。64-QAM平面を観察する場合はしかし、図15に見られるように、部分的に非常に近接している9半径を考慮しなければならない。複素I/Q平面内に示されているのは64-QAMの設定記号位置並びに割り当てられた9半径である。正象限ではほかに通常の格子決定系の柵目が図示されている。さらに示されているのは、大部分が柵目の内部にあるが隣接柵目内にも入り込む第2半径を取り囲む円形セグメント形捕獲領域である。

【0016】

256-QAMの場合半径境界はすでに互いに密であるから、特に加算の雑音があっても適正な半径決定は最外部のみ条件つきで十分な程度に得ることができる。明確にするため、図16は256-QAM受信信号の半径分布を示す。送られた半径はガウス雑音により褶曲され、半径Rにわたり持ち込まれる。設定半径についての決定限界は、点によって示した2つの設定半径の間の中点にある。誤った設定半径に割り当てられた分布の成分は負の符号により示されている。個別信号についてであれば、信号は下方決定限界の下方および上方決定限界の上方で誤った半径に割り当てられる。図16に示した設定半径決定は、256-QAMの象限の全星座配列点にわたり積分されている。半径はこの場合4設定記号までを持つ。

【0017】

256-QAMのこの種の設定半径決定の場合について、個別の半径が複素I/Q平面内で互いに非常に密にある中間領域内で、経験によれば悪い半径決定が支配的である。

【0018】

決定の際に誤った設定半径が決定されると、必然的にその後のこの半径で記号について決定したのもまた誤りとなり得る。それゆえ、上位値変調法について前もって実行された方法様式も使用可能とならないか、またはやむをえない場合のみ条件つきで使用可能となる。

【0019】

欧州特許0281652に、第1の決定が設定半径の代わりに、許容範囲内で受信信号の半径のまわりにある設定半径のグループを選び出し、のち第2のステップで位相についての決定が、選び出された設定半径にある設定位相値の全量により行われることによって、早い誤った設定半径についての決定を防止する方法が記述されている。このほかの受信された記号と選び出された記号との間の距離の評価は行われぬ。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

10

20

30

40

50

【0020】

本発明の課題は、直交信号対と結合した信号を受信した際に記号を決定する方法を改良し、もしくはそのような方法を実施するための相応の回路配置を用意することにある。

【課題を解決するための手段】

【0021】

この課題は、直交信号対と結合した信号を受信した際に記号を決定するための方法によって、特許請求項1の特徴により解決される。そのような方法を実施するための回路配置が特許請求項11の対象である。

【0022】

直交信号対と結合した信号を受信した際に記号を決定するための方法から出発して、それと共に少なくとも一つの受信点から少なくとも一つの記号の設定点への複素空間内の距離の解析によって決定がなされる。

10

【0023】

好ましい解決は、直交でない、または必ずしも直交でない複素位相空間内で距離が解析され、それに依存して決定がなされることにある。

【0024】

ある設定記号についての純粋な柵目決定の代わりに、またはある設定半径についての純粋な半径決定の代わりに、以下の設定位相決定により、それゆえ、同時に半径および位相に依存する面を考慮する決定についての組み合わせられた方法様式が存在する。

【0025】

この方法様式で決定されるのはそれゆえ、後のステップでこの半径上で好適な角を探すための、第1ステップで受信された記号についての特に好適な半径ではなく、その代わり、受信点と設定点との間の距離を観察しながら、今や半径および角を同時にただ一回の決定で観察する。

20

【0026】

長所を持つ構成が従属請求項の対象である。

【0027】

長所を持って極座標空間内の解析が実行され、そのために直交位相空間は極座標空間へ変換される。この中で決定または前決定が行われる。長所を持って、半径成分および/または位相成分に依存する量を組み合わせる際に、決定限界が柔軟にそれぞれの要求に適合して設定できる。そのため、要求に応じて動的に依存して保留される変数が固定される。

30

【発明の効果】

【0028】

それによって生じる位相誤差に対するより大きい許容は、特に受信周波数および受信位相がまだ読み込まれていないハンチング・モードのデジジョン・フィードバック調整の際に重要である。

【0029】

極座標および直交座標での決定の組み合わせが、特に加算の雑音を有する信号の場合に良い業績能力を示す。

40

【0030】

原理的には、最適の決定を得るために、どんな座標系がそれぞれの目標設定について好適であると示されるかに応じて、他の変換法も利用できる。

【0031】

決定についての半径および位相に依存する判定基準として、特に受信点から可能性のある設定点までのユークリッド距離を観測し解析することが役立つ。このとき、信号状態に応じて最適な加重を得るため、半径誤差および位相/角誤差の加重を互いに固定する因子を導入するのが有利である。有利な方法としてさまざまな因子を動的に各受信条件へ適合させることができるから、オートメーションを現在の受信条件に応じて配することができる。

50

【 0 0 3 2 】

追加してまたは代替として、受信点と設定点との間の距離の半径射影および角射影の総和も解析することができる。この場合にも動的に適合可能な因子の助けにより加重を行うのが有利である。

【 0 0 3 3 】

特に好ましいのはさまざまな座標系によるこの種の解析および決定の組み合わせであり、たとえば一方では極座標系、他方では直交座標系での解析と共に共通の評価を行う。この場合にも、受信条件に動的に適合させるのを可能とするため、ここでも加重因子を投入可能とするのが有利である。

【 0 0 3 4 】

重要な検査すべき設定位相点を同定するため、補助決定器（スライサ）が使用できる。

【 0 0 3 5 】

このような方法を実施するための回路配置が、本質的に通常の受信機もしくはデコーダの構成素子から成る。信号を I / Q 座標系から極座標へ変換した後、以下のように記号決定が捉えられる。そのため、さまざまな解析可能なパラメタである位相、半径、I および / または Q 座標を最小化観察することに由来するデータが付加される。

【 発明を実施するための最良の形態 】

【 0 0 3 6 】

図 1 1 により見られるように復調器 1 が、たとえば Q A M 標準に従う変調法の直交信号対に結合しているデジタル信号 s_d から記号 S を決定するための規範的な回路配置として、多数の個別部品から成る。これらはすべてが、または個別に集積回路の構成部品ともなり得る。特に、以下に記述する部品は利用目的に応じて取り外し可能で、または別の部品で補完可能である。また信号の追処理も実数信号、複素信号または個別複素信号成分として利用目的と特別な回路配置に応じて相応に適合可能である。

【 0 0 3 7 】

示された実施形の場合、復調器 1 は入口において信号源 2、たとえばチューナによりアナログ信号 s_a を受信する。このアナログ信号 s_a は通常帯域制限された中間周波数状態にあり、デジタル s_d 信号へ変換するための A D 変換器 3（A D：アナログ / デジタル）へ導かれる。別の回路部品が記号読み取り装備を有しない場合について、A D 変換器 3 はタイミングパルス信号もしくは読み取り信号 t_i 用の入口を有する。デジタル信号 s_d は A D 変換器 3 により帯域通過フィルタ 5 へ導かれ、ここでデジタル信号を定常成分と乱れた高調波とに解放される。

【 0 0 3 8 】

帯域通過フィルタ 5 により出力された信号は直角位相変換器 6 へ導かれ、ここでデジタル信号もしくはデジタル化された信号 s_d をベースバンドへ変換する。ベースバンドは復調器 1 および使用されている変調法の要求に対応している。対応して直角位相変換器は両方の直交座標系の直交信号成分 I, Q へ分割されたデジタル化信号 s_d を出力する。周波数変換するためには直角位相変換器 6 は通常 2 つの 90° 移行した搬送波を局部発振器 7 から供給され、その周波数および位相は搬送波調整装備 8 によって制御される。

【 0 0 3 9 】

直角位相変換器 6 により出力された直交信号成分 I, Q は、乱れの高調波を除去するのに役立つ低域通過フィルタ 9 へ導かれる。低域通過フィルタ 9 およびこれに後置された記号読み取り装備 1 0 が、読み取り率変換のための回路を形成する。目的に従い記号読み取り装備 1 0 は、組み込まれたまたは前接続された読み取り調整装備を有する。記号読み取り装備 1 0 の制御は、読み取り信号 t_i がタイミングパルス制御装備 2 1 から導かれる入口を通じて行われる。記号読み取り時点 t_i はふつうの運用状態では、使用される変調法の記号率 $1 / T$ またはその整数倍に、および受信された記号の正確な位相位置に方向づけられる。

【 0 0 4 0 】

読み取り装備 1 0 の出力信号は低域通過フィルタ 1 1 を介してナイキスト特性曲線によ

10

20

30

40

50

りフィルタされ、増幅調整装備 12 へ導かれる。増幅調整装備 12 は、前決定器 17 および記号決定器 15 の変調領域を較正するのに役立つ。

【0041】

増幅調整装備 12 の出力信号は補正器（イコライザ）14 へ導かれる。

【0042】

代替的に、自分自身を調整する増幅調整装備を投入でき、このとき特に自立的な振幅調整装備 13 はなしで済ませることができる。

【0043】

補正器 14 は直交信号対 I , Q の両成分を外乱ひずみから解放し、仮の複素記号 S をその出口で用意する。複素記号 S はつづいて直角位相変換器 20 の前にある座標変換器により、直交座標系から極座標系へ変換され、すなわち弓取られた直交信号対 I , Q から極数値対 R , θ へ作られる。

10

【0044】

極座標によりそれゆえ半径成分 R および角成分 θ が $I = R \cdot \cos(\theta)$ 、および $Q = R \cdot \sin(\theta)$ に従い、関係 $R = \sqrt{I^2 + Q^2}$ および $\theta = \arctan(Q/I)$ に従い作られる。これにより仮の記号 S は直交座標系でも極座標系でも用意された。代替的に他の様式の座標変換器も使用できる。

【0045】

デジタル信号処理の際、座標変換についてしばしばいわゆるコーディック法が使用され、この場合変換について、二進数で単純な場所移動によって実現できる加算および 2 の乗算のみが使用される。代替的に他の近似法または表の使用も可能である。逆変換すなわち極信号成分 R および θ からそれらの直角成分 I もしくは Q への変換は、同様にコーディック変換器、表または近似法により行うことができる。

20

【0046】

回路配置がデジタル信号を複素直交空間 I , Q へ変換するための変換装備 6 および極座標へ変換するための変換器 20 により記述されている一方、第 1 の変換器がすでにデジタル信号 s_d を極座標 R , θ を有する複素信号へ変換する回路配置も可能である。

【0047】

この種の用意された仮の記号から記号決定器 15 を介して、特に直交座標でも極座標でも存在できるいわゆる決定された記号 S_e が作られる。値を保存するため、目的にかなって回路装備の一つかいくつかと接続された記憶装置 M が役立つ。

30

【0048】

これらの記号 S , S_e および θ / またはそれらの半径成分 R_e または θ_e は、さらにデジタル信号処理装備 16 および特に決定帰還接続された復調器 1 の調整回路もしくは部品へ直接または間接に導かれる。搬送波調整装備 8 が受信された設定位相 θ_c と決定された設定位相 θ_e との差から制御回路 22 へ導かれた制御信号を、増幅調整装備 12 が受信された半径 R と決定された半径 R_e との差から振幅制御装備 13 へ導かれた制御信号を、読み取り装備 10 が受信された記号列と決定された記号列との比較からタイミングパルス制御装備 21 へ導かれた読み取り信号 t_i を得るように、特に補正器 14 は符号 S_e を得る。

40

【0049】

タイミングパルス制御装備 21、搬送波制御もしくは振幅制御のための制御回路 13 , 22 および復調器 1 のこのほかの部品を制御するため、これらは制御装備と接続されている。制御装備は規定どおりの進行をし、個別の部品および進行をハードおよびソフトウェアに支えられた指示に従って制御する。特に制御装備は個々の前記部品の機能も完全にまたは部分的に組み入れられた形で指示することができる。

【0050】

通常の記事決定に反し、記号決定器 15 の助けにより直交複素座標空間 I , Q において、記号決定は記号決定器 15 を介して直交でない、または完全に直交でない複素座標空間内において実施される。

【0051】

50

決定装備 15 によって捉えられる決定は、以下に多数のダイヤグラムに基づき視覚的に説明される。ここでの目標は半径 R 、角 θ および ϕ または直交座標 I および Q に依存する量を同時に観察することである。決定装備 15 はとりわけ比較データが預けられている記憶装置 M に接続されているのが有利である。

【 0 0 5 2 】

このことが図 1 から見られるように、記号が直交 I / Q 座標系から変数 R および θ を有する極座標系へ変換され直角に表示されたとき、決定柵目もしくは決定半径のひずみが生じる。図示されているのは 6 4 - Q A M の第 1 象限の位相星座配列である。ここで表示されているのは半径に対する位相の関係であり、ここで垂直な線が設定半径を、記入された双曲線が直交 I / Q 系の決定格子を表示する。このひずんだ表示形で、決定すなわち受信された信号 $S (R , \theta)$ を設定点 $S_e (R , \theta)$ へ割り当てることの実施できる。

10

【 0 0 5 3 】

根本的に異なる 2 変数、半径 R および位相 θ の特性ゆえ、ここで付加的な処理が目的に合致している。

【 0 0 5 4 】

第 1 に、両座標 R , θ がどのような関係にあるのかを観察すべきで、ここで図 1 では任意に持ち込まれた軸分割のみがスケッチされている。以下の計算において、半径は、全位相点を囲い込む箱の両辺の長さがそれぞれ 1 であるように較正され、それによって隅の点は $\pi / 2$ の値に決まり、象限の円周角は $\pi / 2$ である。

【 0 0 5 5 】

第 2 に観察すべきは、距離関数が極座標平面内でどのように R , θ を決定することができるかである。

20

【 0 0 5 6 】

図 1 からすでに知られるのは、いくつかの記号位置がそれぞれ他の決定系に比較して相対的に広い捕獲領域を設定位置のまわりに割り当てられることができることである。

【 0 0 5 7 】

別の観察系最適化を行うため、受信された記号 $S (R , \theta)$ と設定記号 $S_e (R , \theta)$ との間のユークリッド距離の最小化を実施することができる。このような 6 4 - Q A M 決定格子についての例として図 2 および 3 に第 1 象限について極平面 R , θ が図示されている。この場合図 2 は決定格子を有する極平面 R , θ を示し、ここで $\min ((R_s - R_{s_e})^2 + (\theta_s + \theta_{s_e})^2)$ (θ : 平方根) に従う最小化が実施される。小さい半径を有する領域については比較的大きいセルが生じる一方、より大きい半径についてのセルサイズは減少する。

30

【 0 0 5 8 】

補助因子 u , w を導入することによって、半径および角の場合が $\min ((R_s - R_{s_e})^2 + w (\theta_s - \theta_{s_e})^2)$ に従い異なる強さで加重されるのを許容する。最小の決定のみで絶対値には及ばないから、対応して選ばれる因子は u で十分である。以後の観察についてはしたがって $w = 1$ と選ぶ。

【 0 0 5 9 】

図 3 はユークリッド距離の最小化を観察する際の状況を、半径因子 u を $u = 4$ として使用して示し、角成分に対して半径成分を式 $\min (\text{SQRT} (u \cdot (R_s - R_{s_e})^2 + (\theta_s - \theta_{s_e})^2))$ に従いより強く加重する。これは決定領域を角の大きさ θ の方向にひずむように導く。

40

【 0 0 6 0 】

図 3 から因子 $u = 4$ を有する第 1 象限決定格子の直交平面 I / Q への逆変換が図 4 に表示されている。中央の半径領域において決定場はすでに比較的小さくなっているが、外領域の境界は最外部の半径を切り、これは望ましくない。ユークリッド距離を補助因子なし、すなわち図 2 に従い、 $u = 1$ として決定した場合、それゆえ図 5 に見られるように外領域をさらに扇状に広げる。

【 0 0 6 1 】

50

代替的にたとえば、ユークリッド距離の代わりにRおよびへへの射影の総和を使用する最小化決定も使用でき、すなわち $\min(u | R_s - R_{s_e} | + | s - s_e |)$ に従う方法様式である。

【0062】

これが図6に見られるように、半径成分についての半径因子 $u = 2$ の決定格子を有する極座標平面R, を示しており、セル分割すなわち捕獲領域の分割は、より高い半径加重 $u = 4$ の純粋なユークリッド距離自身を観察した際のものより有利である。

【0063】

図7は図6の決定格子の逆変換を対応するI/Q座標平面で示す。この最小化は外領域で半径限界が適正に捉えられているが、その一方中央領域では修正された格子決定方法様式が存在する。図8に従う256-QAMでの平均調整電圧の表示から見られるように、平均位相調整電圧の機能は本質的に従来技術に従う純粋な格子決定によるものより良好である。使用されたのは図6, 7に類似の射影の総和および半径補助因子 $u = 4$ による最小化機能である。

10

【0064】

半径成分RSおよび角成分Sは座標変換器20からの結果としてあり、設定記号についての半径成分RSeおよび角成分Seは記憶装置M中の表にあるから、このような最小化は単純な比較によって比較的容易に実施される。運用中に単純に補助因子を、特に半径補助因子uを変更することによって、決定を現在の事実、たとえば高い位相ジッタまたは強い雑音へ適合させることができる。

20

【0065】

図7から、捕獲領域についての決定境界の曲がり角が最内部の記号で著しい。この曲がり角は象限の隅へ決定を決める大きな角の逸脱から生じる。しかし距離を直交複素I/Q平面内で表現する項を最小決定に付け加えることによって、この効果が軽減できる。両方の最小化法を組み合わせることによって、図9に見られるように、全決定場すなわち捕獲場が設定記号Seの設定点のまわりに広がることができる。図9は直交I/Q平面を $\min(u | R_s - R_{s_e} | + | s - s_e | + v ((I_E - I_s)^2 + (Q_E - Q_s)^2))$ に従う決定格子により座標系選択補助因子 $u = 4$ および $v = 0.5$ で示す。この観察様式の場合任意かつ動的に変化可能な組み合わせが調節できる。

【0066】

30

最小算出の消費を軽減するため、検査すべき設定記号Seの数を適合して減らすことができる。たとえばまず決定器もしくは前置決定器(スライサ)17によって直交系で半数の記号を置き換えることにより4個の記号で境界付けられた受信点の入っている象限を決めることができる。続いてこれらの4個の設定点までの最小距離が算出される。受信点が設定場の外側にあれば、4個の縁設定点の最小決定を検査し、うち2点が直交空間内で受信点に最も近くあり、2点がより高い半径を持つようにする。256-QAMについてこのような状況が図10で取り出し可能で、この中で2個の受信点Sおよび各4個の対応して割り当てられた設定点Seが取り出し可能である。I/Q平面内の直角格子は2個の受信例について各4個の検査すべき設定点を固定し、のちおのおの最小化決定 $\min(u | R_s - R_{s_e} | + | s - s_e |)$ を $u = 4$ でこれらの4点について行う。

40

【産業上の利用可能性】

【0067】

本方法もしくは対応する回路配置の利用が、特に二進法のまたはQAMのような複素デジタルの変調法で促進される。この種の変調法は新しい無線、テレビおよびデータサービスによりケーブル、衛星および地上線を通じて利用される。

【図面の簡単な説明】

【0068】

【図1】本発明による位相が半径との関係において示された64-QAM第1象限の位相星座配列の図である。

【図2】本発明によるさまざまな選択された決定パラメタを有する極座標平面内の位相星

50

座配列の図である。

【図 3】本発明によるさまざまな選択された決定パラメタを有する極座標平面内の位相星座配列の図である。

【図 4】本発明による各さまざまな半径および位相に依存する最小化決定を有する決定格子を有する I / Q 平面の図である。

【図 5】本発明による各さまざまな半径および位相に依存する最小化決定を有する決定格子を有する I / Q 平面の図である。

【図 6】本発明による対応する加重された R - 座標系でユークリッド距離を最小化する代わりに総和を加重された半径射影および角射影に対応して最小化する極もしくはは直交平面内のダイアグラムの図である。

10

【図 7】本発明による対応する加重された R - 座標系でユークリッド距離を最小化する代わりに総和を加重された半径射影および角射影に対応して最小化する極もしくはは直交平面内のダイアグラムの図である。

【図 8】本発明による従来の決定様式に対して極座標空間内で決定する際の平均調整電圧の比較の図である。

【図 9】本発明による組み合わせられた極および直交決定判定基準を有する直交座標系内のダイアグラムの図である。

【図 10】本発明による決定の際に考慮すべき設定点の量が減退した図 6 および 7 のような決定判定基準を有するダイアグラムの図である。

【図 11】本発明による記号を決定するためのデコーダについての回路ダイアグラムの図である。

20

【図 12】従来の技術によるさまざまな表示様式での角逸脱との関係における調整電圧の図である。

【図 13】従来の技術によるさまざまな表示様式での角逸脱との関係における調整電圧の図である。

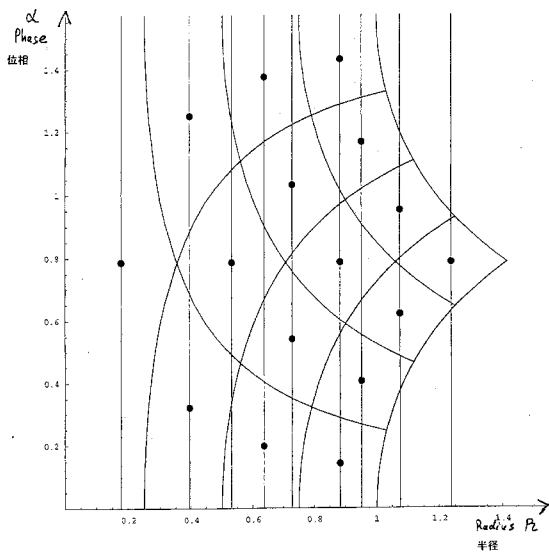
【図 14】従来の技術によるさまざまな表示様式での角逸脱との関係における調整電圧の図である。

【図 15】従来の技術による記号決定のための記号位置ならびに柵目および半径を有する複素 I / Q 平面の図である。

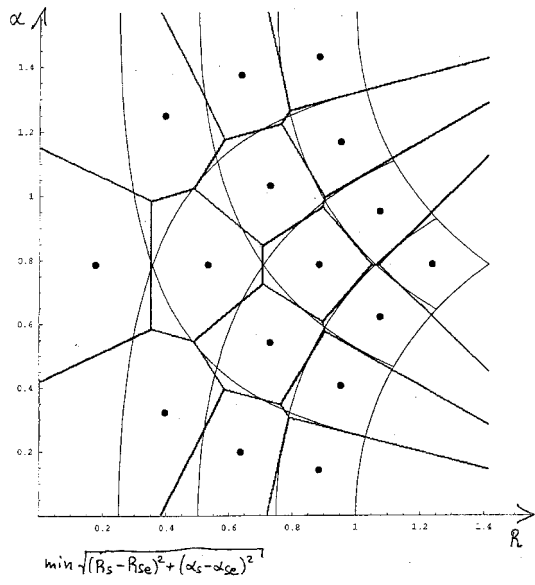
【図 16】従来の技術によるガウス雑音の重なった 256 - QAM の一象限の全星座配列点との関係において対応する設定半径決定の結果の図である。

30

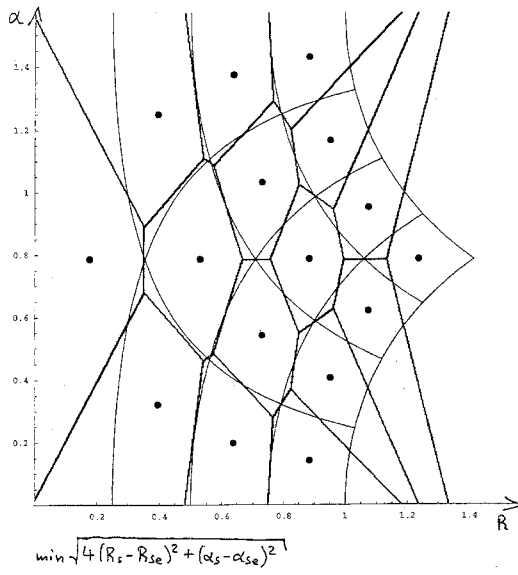
【 図 1 】



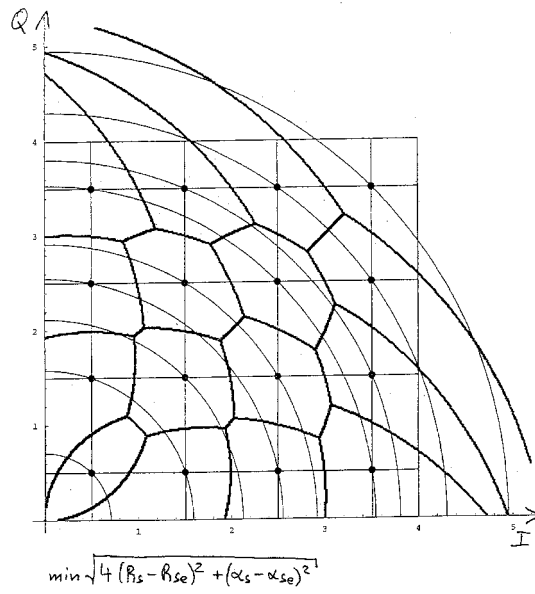
【 図 2 】



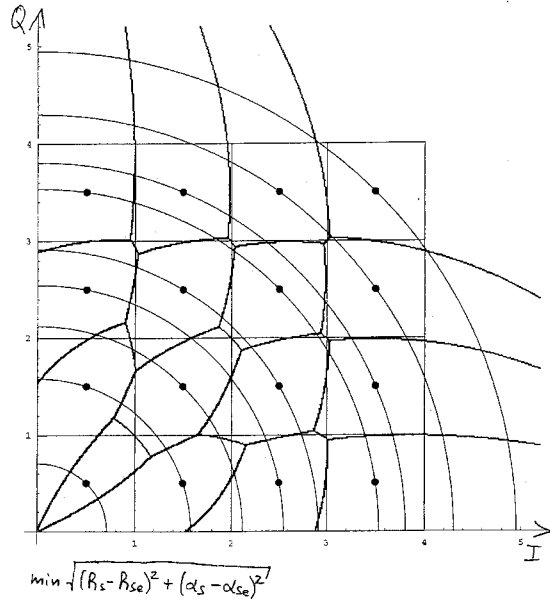
【 図 3 】



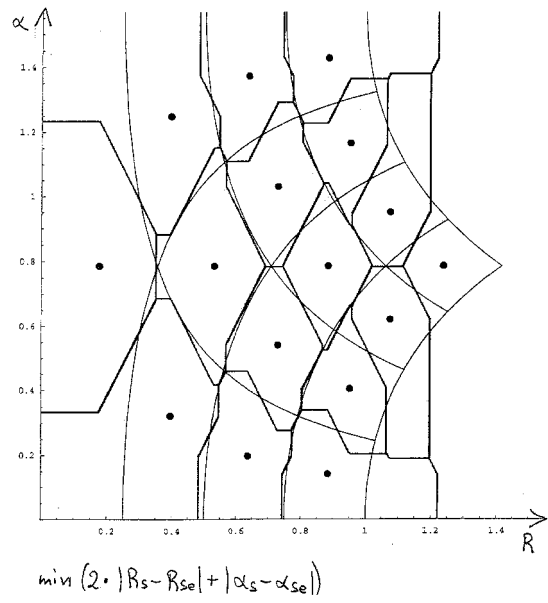
【 図 4 】



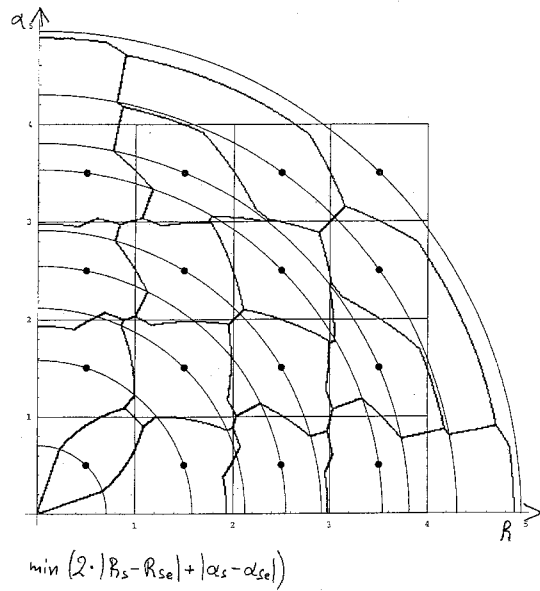
【 図 5 】



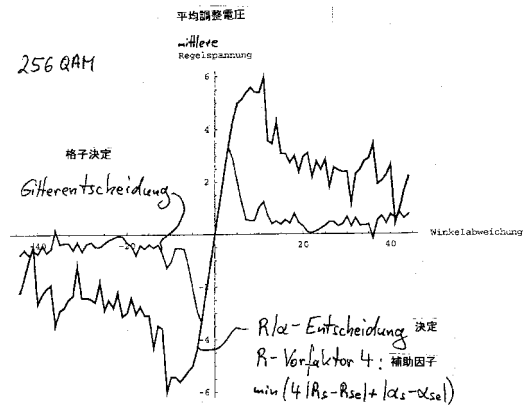
【 図 6 】



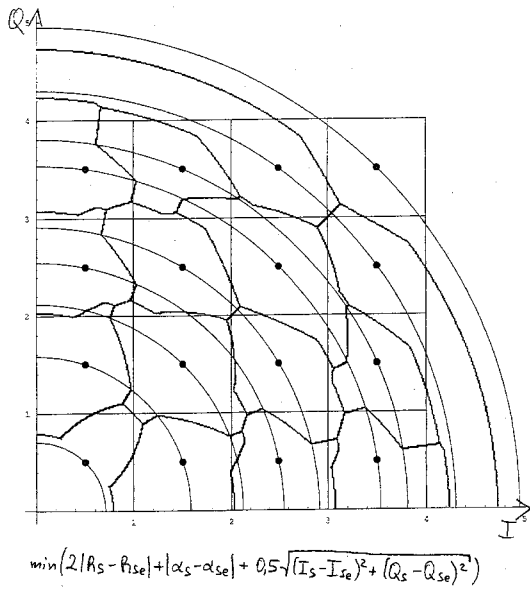
【 図 7 】



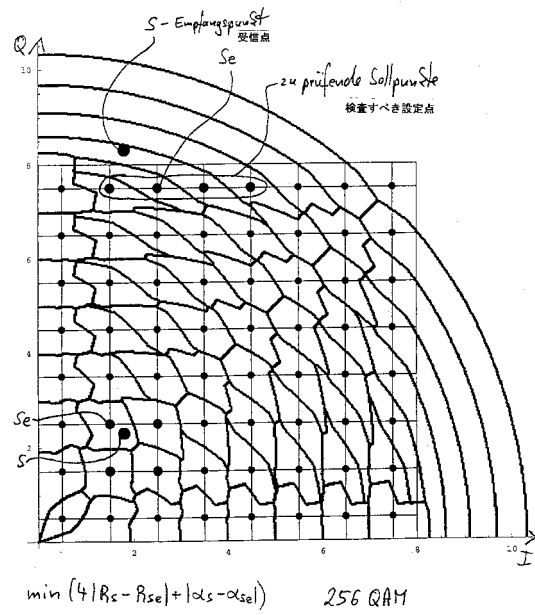
【 図 8 】



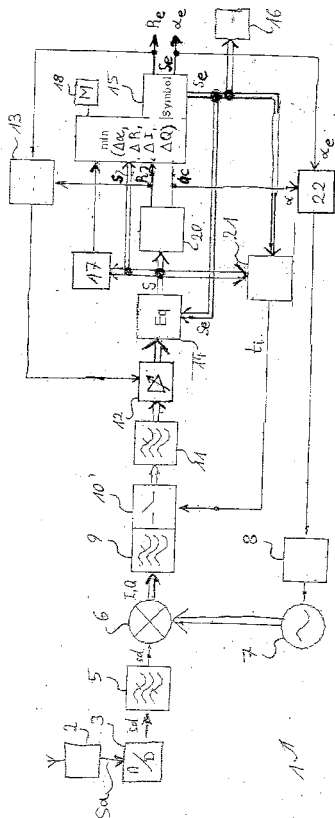
【図 9】



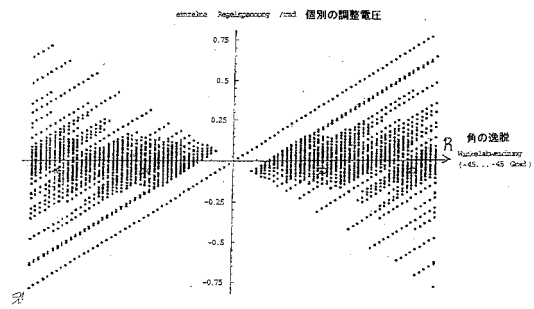
【図 10】



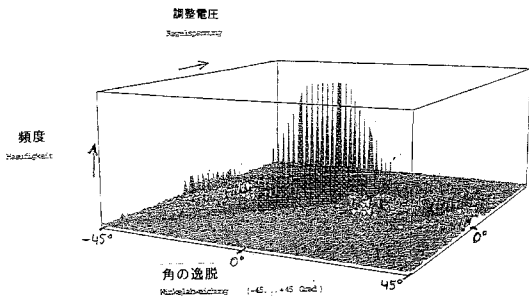
【図 11】



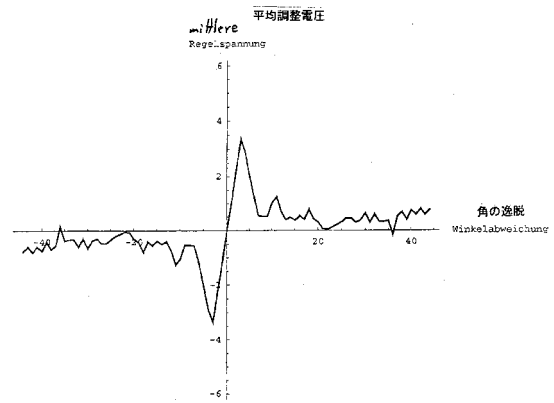
【図 12】



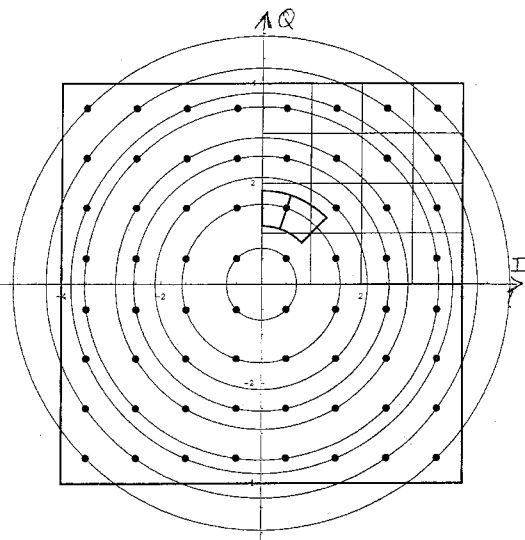
【図13】



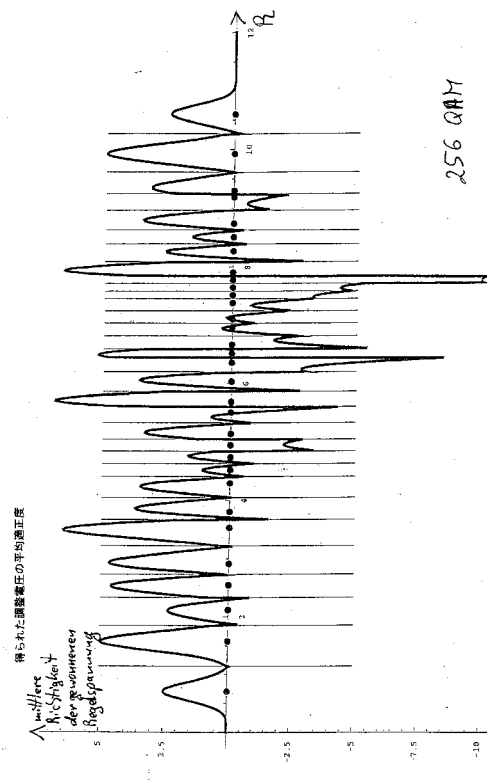
【図14】



【図15】



【図16】



フロントページの続き

審査官 彦田 克文

- (56)参考文献 特開平09 - 083594 (JP, A)
特開2001 - 127809 (JP, A)
米国特許第04811363 (US, A)
独国特許出願公開第03619744 (DE, A1)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H04L 27/38