

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公表特許公報 (A)

(11) 特許出願公表番号

特表2008-507860

(P2008-507860A)

(43) 公表日 平成20年3月13日 (2008.3.13)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
H04L 27/38 (2006.01)	H04L 27/00 G	5K004
H04L 27/01 (2006.01)	H04L 27/00 K	5K046
H04L 27/06 (2006.01)	H04L 27/06 C	
H04B 7/005 (2006.01)	H04B 7/005	

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 19 頁)

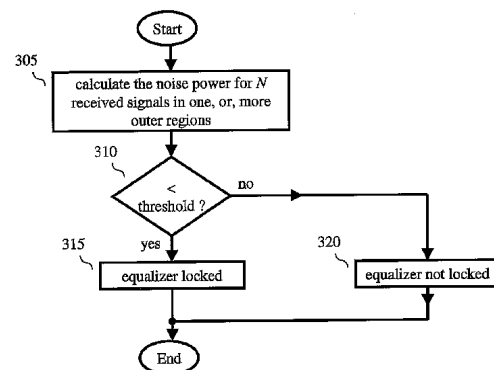
(21) 出願番号	特願2007-513159 (P2007-513159)	(71) 出願人	501263810 トムソン ライセンシング Thomson Licensing フランス国, エフ-92100 ブロー ニュ ビヤンクール, ケ アルフォンス ル ガロ, 46番地 46 Quai A. Le Gallo , F-92100 Boulogne- Billancourt, France
(86) (22) 出願日	平成17年4月18日 (2005.4.18)	(74) 代理人	100070150 弁理士 伊東 忠彦
(85) 翻訳文提出日	平成18年11月9日 (2006.11.9)	(74) 代理人	100091214 弁理士 大貫 進介
(86) 国際出願番号	PCT/US2005/013145	(74) 代理人	100107766 弁理士 伊東 忠重
(87) 国際公開番号	W02005/114932		
(87) 国際公開日	平成17年12月1日 (2005.12.1)		
(31) 優先権主張番号	60/570,292		
(32) 優先日	平成16年5月12日 (2004.5.12)		
(33) 優先権主張国	米国 (US)		
(31) 優先権主張番号	69/570,290		
(32) 優先日	平成16年5月12日 (2004.5.12)		
(33) 優先権主張国	米国 (US)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ノイズ強度推定に基づく等化器ロック検出器

(57) 【要約】

ATSC (Advanced Television Systems Committee Digital Television) 受信機は等化器 (220) およびロック検出器 (230) を含む。等化器 (220) は配位図空間からの受信信号点 (221) のシーケンスを提供する。配位図空間は内側領域と一つまたは複数の外側領域をもつ。ロック検出器 (230) は等化器ロックを、一つまたは複数の外側領域にはいる受信信号点の数から展開されたノイズ強度推定値の関数として判定する。



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

配位図空間における受信信号点のシーケンスを受け取るための入力を提供し、
前記受信信号点の分布の関数としてノイズ強度推定値を決定し、ここで、配位図空間の異なる領域には異なる重みが与えられており、
前記ノイズ強度推定値の関数として等化器ロックを判定する、
ことを含むことを特徴とする方法。

【請求項 2】

前記配位図空間の外側領域が内側領域よりも大きな重みを与えられることを特徴とする、請求項 1 記載の方法。

10

【請求項 3】

請求項 1 記載の方法であって、ノイズ強度推定値を決定する前記ステップが：
前記配位図空間の一つまたは複数の内側領域にはいる受信信号点には 0 の重みを与える、
ステップを含むことを特徴とする方法。

【請求項 4】

請求項 3 記載の方法であって、等化器ロックを判定する前記ステップが：
決定されたノイズ強度推定値がある閾値より小さければ、等化器ロックが生じていると判定する、
ステップを含むことを特徴とする方法。

20

【請求項 5】

前記外側領域の少なくとも一つが前記配位図空間の角領域であることを特徴とする、請求項 3 記載の方法。

【請求項 6】

請求項 1 記載の方法であって、等化器ロックを判定する前記ステップが：
前記ノイズ強度推定値から信号対雑音比 (SNR) 推定値を決定し、該 SNR 推定値がある閾値より大きければ、等化器ロックが生じていると判定する、
ステップを含むことを特徴とする方法。

【請求項 7】

前記配位図空間が M-VSB (残留側波帯) シンボル配位図であることを特徴とする、請求項 1 記載の方法。

30

【請求項 8】

前記配位図空間が M-QAM (直角位相振幅変調) シンボル配位図であることを特徴とする、請求項 1 記載の方法。

【請求項 9】

前記領域の少なくとも一つが前記配位図空間の角領域であることを特徴とする、請求項 1 記載の方法。

【請求項 10】

受信信号点のシーケンスを与える等化器と、
ロック検出器とを有する受信機であって、
前記ロック検出器が等化器ロックを、受信信号点の配位図空間における分布の関数として決定されるノイズ強度推定値の関数として判定し、前記配位図空間の異なる領域に異なる重みが与えられていることを特徴とする受信機。

40

【請求項 11】

前記配位図空間の外側領域が内側領域よりも大きな重みを与えられることを特徴とする、請求項 10 記載の受信機。

【請求項 12】

請求項 10 記載の受信機であって、前記ロック検出器が、前記配位図空間の一つまたは複数の内側領域にはいる受信信号点には重みを与えないことを特徴とする受信機。

【請求項 13】

50

前記ロック検出器が前記ノイズ強度推定値についての値を決定し、決定された値がある閾値より小さければ、等化器ロックが生じていると判定することを特徴とする、請求項 1 2 記載の受信機。

【請求項 1 4】

前記領域の少なくとも一つが前記配位図空間の角領域であることを特徴とする、請求項 1 2 記載の受信機。

【請求項 1 5】

請求項 1 0 記載の受信機であって、前記ロック検出器が前記ノイズ強度推定値から信号対雑音比 (SNR) 推定値を決定し、該 SNR 推定値がある閾値より大きければ、前記等化器がロックされていると判定することを特徴とする受信機。

10

【請求項 1 6】

前記配位図空間が M-VSB (残留側波帯) シンボル配位図であることを特徴とする、請求項 1 0 記載の受信機。

【請求項 1 7】

前記配位図空間が M-QAM (直角位相振幅変調) シンボル配位図であることを特徴とする、請求項 1 0 記載の受信機。

【請求項 1 8】

前記領域の少なくとも一つが前記配位図空間の角領域であることを特徴とする、請求項 1 0 記載の受信機。

【請求項 1 9】

20

受信信号を処理し、該受信信号から導出される信号点の関数として等化器ロックを判定するデコーダと、

前記デコーダが前記受信信号点の配位図空間における分布の関数として決定されるノイズ強度推定値の関数として等化器ロックを判定するよう前記デコーダを制御するプロセッサとを有する受信機であって、前記配位図空間の異なる領域には異なる重みを与えられていることを特徴とする、受信機。

【請求項 2 0】

前記配位図空間の外側領域が内側領域よりも大きな重みを与えられることを特徴とする、請求項 1 9 記載の受信機。

【請求項 2 1】

30

請求項 1 9 記載の受信機であって、前記デコーダが、前記配位図空間の一つまたは複数の内側領域にはいる受信信号点には重みを与えないことを特徴とする受信機。

【請求項 2 2】

請求項 2 1 記載の受信機であって、前記デコーダが、ノイズ強度推定値についての値を決定し、その決定された値がある閾値より小さければ等化器ロックが生じていると判定することを特徴とする受信機。

【請求項 2 3】

前記領域の少なくとも一つが前記配位図空間の角領域であることを特徴とする、請求項 3 記載の方法。

【請求項 2 4】

40

請求項 1 9 記載の受信機であって、前記デコーダが前記ノイズ強度推定値から信号対雑音比 (SNR) 推定値を決定し、該 SNR 推定値がある閾値より大きければ、等化器はロックされていると判定することを特徴とする受信機。

【請求項 2 5】

前記配位図空間が M-VSB (残留側波帯) シンボル配位図であることを特徴とする、請求項 1 9 記載の受信機。

【請求項 2 6】

前記配位図空間が M-QAM (直角位相振幅変調) シンボル配位図であることを特徴とする、請求項 1 9 記載の受信機。

【請求項 2 7】

50

前記領域の少なくとも一つが前記配位図空間の角領域であることを特徴とする、請求項19記載の受信機。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は一般には通信システムに、より詳細には受信機に関するものである。

【背景技術】

【0002】

ATSC-DTV (Advanced Television Systems Committee Digital Television) システム (たとえば米国先進テレビジョンシステム委員会の『ATSCデジタルテレビジョン規格』、文書A/53、1995年9月16日および『ATSCデジタルテレビジョン規格の利用案内』、文書A/54、1995年10月4日を参照) のような現代の通信システムにおいては、高度な変調、チャンネル符号化および等化が通例適用される。受信機では、等化器は受信信号を処理して歪みを補正し、一般にはDFE (Decision Feedback Equalizer [判定帰還型等化器]) 型またはその何らかの変形である。

10

【0003】

等化器が適正に受信信号を等化しているかどうか、すなわち等化器が受信信号に収束、すなわちロックしたかどうかを判別するため、受信機は典型的には「ロック検出器」を含んでいる。ロック検出器が等化器が収束していない、すなわち未ロックであると指示すれば、受信機はたとえば等化器をリセットして信号取得を再び開始する。

20

【0004】

残念ながら、従来式の等化器ロック検出法はノイズに敏感で、そのため誤ったロック検出を生成することがあった。それはさらに全体的な受信機の性能にも影響しうる。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

我々は、等化器ロック検出の精度を、特に信号対雑音比 (SNR) が低い環境で、チャンネル上に存在するノイズの種類、たとえば加法性白色ガウス雑音 (Additive White Gaussian Noise) の統計的属性を考慮に入れることによってさらに改善することが可能であることを認めるに至った。具体的には、本発明の原理によれば、配位図空間 (constellation space) の異なる領域には異なる重みが与えられ、受信機は等化器ロックをノイズ強度推定の関数として決定する。ここで、ノイズ強度推定は配位図空間における受信信号点の分布の関数として決定される。

30

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明のある実施形態では、ATSC受信機は等化器およびロック検出器を有している。等化器は配位図空間からの受信信号点のシーケンスを提供する。配位図空間は内部領域と一つまたは複数の外部領域を有する。ロック検出器は、一つまたは複数の外側領域にはいる受信信号点の数から展開されるノイズ強度推定の関数として等化器ロックを判別する。

40

【0007】

本発明のもう一つの実施形態では、ATSC受信機は等化器およびロック検出器を有している。等化器は配位図空間からの受信信号点のシーケンスを提供する。配位図空間は内部領域と一つまたは複数の外部領域を有する。ロック検出器は、一つまたは複数の外側領域にはいる受信信号点の数から展開される信号対ノイズ強度比の関数として等化器ロックを判別する。

【発明を実施するための最良の形態】

【0008】

本発明の概念のほかは、図面に示した要素はよく知られており、詳細に述べることはしない。また、テレビ放送および受信機に通じていることを前提とし、やはりここで詳細に述べることはしない。たとえば、本発明の概念のほかは、NTSC (National Television

50

Systems Committee)、PAL (Phase Alternation Lines)、SECAM (SEquential Coule
ur Avec Memoire) およびATSC (Advanced Television Systems Committee) とい
ったテレビ標準のための現行および提案されている勧告に通じていることを前提とする。同
様に、本発明の概念のほかは、8 レベル残留側波帯 (8-VSB: eight-level vestigial
sideband)、直角位相振幅変調 (QAM: Quadrature Amplitude Modulation) といった
伝送の概念ならびに無線周波 (RF: radio-frequency) フロントエンドまたは低ノイズブ
ロック、チューナー、復調器、相関器、リーク積分器 (leak integrator) および二乗器
(squarer) といった受信機セクションのような受信機構成要素も前提とする。同様に、
トランスポート・ビットストリームを生成するための整形および符号化方法 (MPEG (Movi
ng Picture Expert Group) -2システム規格 (ISO/IEC13818-1) のような) はよく知ら
れており、ここでは説明しない。また、本発明の概念は従来式のプログラミング技法を使
って実装でき、そうした技法についてここで説明はしないことも注意しておくべきである
。最後に、図面の同様の番号は同様の要素を表す。

【0009】

AWGN (Additive White Gaussian noise) 伝送チャネルを想定すると、デジタル通信
において、復調された受信信号は次のように表せる。

【0010】

$$r(nT) = s(nT) + w(nT) \quad n = 0, 1, 2, 3, \dots \quad (1)$$

ここで、Tはサンプル時間、s(nT)は伝送されたシンボル、w(nT)はチャネルの加法性白色
ガウス雑音である。当技術分野において知られているように、ガウス分布は次のように定
義される。

【0011】

【数1】

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}, \quad (2)$$

ここで、 σ^2 は分散、 μ は平均である。上の表式はIおよびQが統計的に独立であればI (in
-phase [同相]) およびQ (quadrature [直交]) データの両方に適用される。

【0012】

ここで簡単のため、4つのシンボルA、B、C、Dからなる配位図空間から取ったシン
ボルを送信する送信機を考え、前記シンボルにはそれぞれ -3, -1, 1, 3の値が割り
当てられているとする。この送信信号に対する異なる種類のAWGNチャネルの効果が図1お
よび図2に示されている。具体的にはこれらの図は、異なるノイズ強度 (分散) の値につ
いて結果として得られる、復調した受信信号r(nT)の確率分布関数 (pdf: probability
distribution function) を示す。

【0013】

まず図1を見ると、この図は復調された受信信号のpdfをノイズ強度 $\sigma^2 = 0.5$ について
示している。図1の、線51で表される短めの垂直の実線は、受信機が復調された受信信
号点を「スライス」し、それにより受信シンボルを決定する例示的なスライス境界である
。当技術分野において知られているように、受信機は、どのシンボルが実際に送信された
のかを選択するためにスライシング (「硬復号 (hard decoding)」とも称する) を実行
する。一般に、スライシングは、受信した信号点の値に幾何学的に最も近いシンボルを選
択する。図1の背景では、スライシングは以下の規則に従って実行される。

【0014】

$$\begin{array}{lll} S_{\text{sliced}} = -3 & r < -2 \text{ の場合} & \text{シンボルAが受信される} \\ -1 & -2 \leq r < 0 \text{ の場合} & \text{シンボルBが受信される} \\ 1 & 0 \leq r < 2 \text{ の場合} & \text{シンボルCが受信される} \end{array} \quad (3)$$

3 $r > 3$ の場合 シンボルDが受信される

ここで、 r は受信信号点の値（ノイズに起因する劣化があればそれも含む）、 S_{sliced} は対応する選択されるシンボルである。たとえば、受信信号点が（-2.5）の値をもてば、受信機はシンボルAを受信シンボルとして選択することになる。図1から、ノイズ強度は取るに足らず、したがってスライシングされたデータはほとんど常に正しい、すなわちほとんど常に実際に送信されたシンボルに対応していることが観察できる。

【0015】

しかし、図2は送信された信号に対するより大きなノイズ強度の影響を示している。具体的には、図2はノイズ強度²=3.0についての復調された受信信号のpdfを示している。図2もやはり、線51によって表されるスライシング境界を示している。今度は、ノイズ強度は、ある復調された受信信号点を別のシンボルの判定領域に移行させるに十分な大きさであることが観察できるであろう。これは受信機がスライシング誤りを犯すことにつながる。たとえば、再び受信信号点が（-2.5）の値を有するとする。この場合も前と同様、受信機はシンボルAを受信シンボルとして選択することになる。しかし、今やこのスライシングされた判定が誤りである確率がより高くなっている。図2の矢印52によって示されるように、斜線を付けた領域は受信機がスライシング誤りを犯しているかもしれないことを示している。シンボルAではなくシンボルBが送信されたかもしれない確率が有意にあるからである。これらのスライシング誤りすなわち判定誤りは信頼性の劣る通信リンクを招来し、場合によっては通信リンクに障害を起こすことがある。

【0016】

我々は、等化器ロック検出の精度を、特に信号対雑音比（SNR）が低い環境で、チャネル上に存在するノイズの種類、たとえば加法的白色ガウス雑音（Additive White Gaussian Noise）の上記の統計的属性を考慮に入れることによってさらに改善することが可能であることを認めるに至った。具体的には、我々は、復調された受信信号点が二つ以上のスライシング境界を越えることはありそうもないということを観察した。たとえば、たとえノイズにより劣化していても、送信されたシンボルAは受信機によってシンボルCまたはシンボルDとして誤解釈されることはありそうもない。さらに、我々は、受信機は、配位図空間の内側の領域に対し、配位図空間の外側では誤る可能性が低いことを観察した。たとえば、図2のシンボルAについての判定領域では受信機はシンボルAが受信されたと判定するが、実際に送信されたのはシンボルBであった確率がある。これに対し、内側のシンボルCについての判定領域を考えると、受信機はシンボルCが受信されたと判定する。だが実際に送信されたのは二つの別のシンボルBまたはDでありうるのである。よって、図2の背景では、受信機は外側のシンボル領域、すなわち $r < -3$ および $r > 3$ においては誤りである可能性がより低いのである。

【0017】

上記に鑑みれば、受信機が誤っている可能性がより低い領域が等化器ロック検出器が動作すべき領域である。したがって、本発明の原理によれば、異なる重みが配位図空間の異なる領域に与えられ、受信機は等化器ロックを配位図空間における受信信号点の分布の関数として決定されるノイズ強度推定の関数として決定する。

【0018】

本発明の原理に基づく例示的なテレビ10の高レベルのブロック図が図3に示されている。テレビ（TV）10は受信機15およびディスプレイ20を含む。例示的に、受信機15はATSC対応受信機である。受信機15はNTSC（National Television Systems Committee）対応でもよいことを注意しておくべきである。これはすなわち、テレビ10がNTSC放送またはATSC放送からのビデオコンテンツを表示できるようNTSC動作モードおよびATSC動作モードを有しているということである。簡単のため、本発明の概念の記述において、ここではATSC動作モードのみについて述べる。受信機15は放送信号11を（たとえばアンテナ（図示せず）を介して）受信する。それを処理してそこからたとえばHDTV（high definition TV [高精細度テレビ]）ビデオ信号を復元し、そこに載っているビデオコンテンツを視聴するためにディスプレイ20に加えるのである。

【 0 0 1 9 】

ここで図 4 を参照すると、本発明の原理に基づく受信機 1 5 の部分 2 0 0 の例示的な実施形態が示されている。部分 2 0 0 はアンテナ 2 0 1、無線周波 (RF) フロントエンド 2 0 5、アナログ デジタル (A/D) コンバーター 2 1 0、復調器 2 1 5、等化器 2 2 0、スライサー 2 2 5、等化器モード要素 2 3 0 および誤差生成器 2 3 5 を有している。本発明の概念のほかは、図 4 に示したさまざまな要素の機能はよく知られており、ここでは非常に手短かに述べるのみとする。さらに、等化器 2 2 0 の等化器係数 (図示せず) を適応させるための個別的なアルゴリズムは当技術分野において既知であり、ここでは説明しない。それには最小平均平方 (LMS: least-mean square) アルゴリズム、定包絡線アルゴリズム (CMA: Constant Modulus Algorithm)、縮小配位図アルゴリズム (RCA: Reduced Constellation Algorithm) といったものがある。 10

【 0 0 2 0 】

RF フロントエンド 2 0 5 はアンテナ 2 0 1 を介して受信された信号をダウンコンバートおよびフィルタ処理し、ベースバンドに近い信号を A/D コンバーター 2 1 0 に提供する。A/D コンバーター 2 1 0 はダウンコンバートされた信号をサンプリングして該信号をデジタル領域に変換し、標本値のシーケンス 2 1 1 を復調器 2 1 5 に提供する。復調器 2 1 5 は自動利得制御 (AGC: automatic gain control)、シンボルタイミング復元 (STR: symbol timing recovery)、搬送波追跡ループ (CTL: carrier tracking loop) および当技術分野で既知のその他の機能ブロックを有しており、信号 2 1 1 を復調して復調信号 2 1 6 を等化器 2 2 0 に与える。該復調信号 2 1 6 は配位図空間における信号点のシーケンスを表す。等化器 2 2 0 は復調信号 2 1 1 を処理して、たとえばシンボル間干渉 (ISI: inter-symbol interference) などの歪みを補正し、等化された信号 2 2 1 をスライサー 2 2 5、等化器モード要素 2 3 0 および誤差生成器 2 3 5 に提供する。スライサー 2 2 5 は等化された信号 2 2 1 (これもまた配位図空間における信号点のシーケンスを表している) を受け取り、受信されたシンボルに関する硬判定 (上述のとおり) を行い、スライシングされたシンボルのシンボルレート $1/T$ のシーケンスを信号 2 2 6 を通じて提供する。信号 2 2 6 は、図 4 の等化器モード要素 2 3 0 および誤差生成器 2 3 5 のほか、受信機 1 5 の他の部分 (図示せず)、たとえば前方誤り訂正 (FEC: forward error correction) 要素によって処理される。当技術分野において知られているように、誤差生成器 2 3 5 は一つまたは複数の誤差信号 2 3 6 を生成する。これはたとえば、復調器 2 1 5 におけるタイミングの曖昧さを補正するのに使うため、および等化器 2 2 0 のフィルタ (タップ) 係数値を適応させる、すなわち調整するためである。たとえば、誤差生成器 2 3 5 は、いくつかの事例では、等化器 2 2 0 のフィルタ係数を適応させるのに使うために、等化された信号点と個別のスライシングされたシンボルとの差すなわち誤差を測定する。誤差生成器 2 3 5 と同様、等化器モード要素 2 3 0 も等化された信号点および個別のスライシングされたシンボルをそれぞれ信号 2 2 1 および 2 2 6 を通じて受け取る。等化器モード要素 2 3 0 はこれらの信号を使って等化器モードを決定する。等化器モードはモード信号 2 3 1 を通じて制御される。当技術分野において知られているように、等化器 2 2 0 はブラインドモードで動作させることもできるし (CMA または RCA アルゴリズムを使用)、判定指向モード (LMS アルゴリズム) で動作させることもできる。 20 30 40

【 0 0 2 1 】

さらに、本発明の原理によれば、等化器モード要素 2 3 0 (ここではロック検出器とも称する) はロック信号 2 3 3 を提供する。ロック信号 2 3 3 は等化器 2 2 0 が収束したかどうかを表す。簡単のため、以下の記述は一次元および二次元のシンボル配位図に限るが、本発明の概念はそれに限定されるものではなく、多次元配位図に容易に拡張できる。

【 0 0 2 2 】

ここで図 5 を見ると、本発明の原理に基づく例示的なフローチャートが示されている。図 5 のフローチャートはたとえば例示的に等化器モード要素 2 3 0 によって実行される。ここで図 7 も参照しておくべきであろう。図 7 は当技術分野において既知の一次元の M-VSB シンボル配位図で $M=8$ の場合に関する本発明の概念の動作を図解している。具体的には 50

、図7はSNRが低い環境における等化器出力信号221のプロットを示している。図7から観察できるように、配位図の2つの外側領域は点線矢印356および357によって示されるように定義されている。具体的には、配位図空間の一つまたは複数の外側部分の境界がout_thresholdの値によって示されている。8-VSBシンボル配位図については、点線矢印356によって表される正のout_threshold、たとえば7.0の値および点線矢印357によって表される負号を付けたout_threshold、たとえば(-7.0)の値がある。ここで、out_thresholdの大きさは7.0である。本発明の概念は対称的な値を背景として例解されているが、本発明の概念がそれに限定されるのではないことは注意しておくべきである。上述したように、out_thershholdの値は配位図空間の一つまたは複数の外側部分の始まりを表す。図7に示した8-VSB配位図空間の外側部分は点線矢印372および373の方向によって示されている。よって、out_threshold以上の大きさをもつ受信信号点は外側受信信号点と考えられる。すなわち、

$$|Eq_out_n| \geq out_thresh \quad (4)$$

ここで、Eq_out_nは時刻nに等化器出力信号221によって与えられる受信信号点を表す。

【0023】

図5に戻ると、ステップ305で、等化器モード要素230は、N個の外側受信信号点についてノイズ強度推定値P_wを計算する。上記のように、図7の背景では、8-VSB配位図空間の外側領域は点線矢印372および373の方向によって示される。一次元の8-VSB配位図については、ノイズ強度推定値は次の式で記述される。

【0024】

【数2】

$$e_n = Eq_out_n - S_out_n \quad (5)$$

$$P_w = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N |e_n|^2 \quad (6)$$

ここで、式(5)および(6)では外側受信信号点のみが使用されている。式(5)が表しているのは、等化器220によって与えられる受信信号点(信号221)とスライサー225によって与えられる個別のスライシングされたシンボル(信号226)との間の誤差信号e_nであることに気づかれるであろう。

【0025】

ステップ310では、等化器モード要素230はP_wの値がある閾値より小さいかどうかを判別する。閾値はプログラム可能でもよいことを注意しておくべきであろう。P_wの値が閾値より小さくない場合、ステップ320で等化器モード要素230は、等化器はロックされていないと判定し、例示的に論理的な0を表す値をもつロック信号233を提供する。しかし、P_wの値が閾値より小さいとすると、ステップ315で等化器モード要素230は等化器はロックされていると判定し、例示的に論理的な1を表す値をもつロック信号233を提供する。たとえば、ロック状態が宣言されれば、等化器220はブラインド動作モード(blind mode of operation)から判定指向動作モード(decision-directed mode of operation)に移るよう指示されることができる。

【0026】

ここで図6を見ると、図5のステップ305において使用するためのより詳細なフローチャートが示されている。例示的に、out_cntおよびyというパラメータが定義される。変数out_cntは配位図空間の外側領域(outer region)にはいる受信信号点の数を追跡する。yの値は図4の等化器出力信号221を表す(上記ではEq_out_nとも表されている)。図6のステップ350で、カウンタout_cntは値0にリセットされる。ステップ355では、yの絶対値abs(y)がout_thresholdの大きさと比較され、受信信号点が配位図空間の外側部分にあるかどうか判別される。受信信号点が配位図空間の外側部分になれば、実行は

、次の受信信号点に関してのステップ 3 5 5 に続く。しかし、受信信号点が配位図空間の外側領域にある場合には、out_cntの値がステップ 3 6 0 でインクリメントされ、ステップ 3 6 5 で当該受信信号点について増分によるノイズ強度計算、たとえば式(4)が実行される。ステップ 3 7 0 で、out_cntの値が限界値limitに比較される(たとえばlimit=2048)。out_cntの値がlimitの値を超えなければ、実行はステップ 3 5 5 に戻って次の受信信号点を評価する。しかし、out_cntの値がlimitの値を超えれば、すなわちN個(たとえばN=2048)の外側受信信号点が処理済みになれば、ノイズ強度計算はステップ 3 7 5 で終了される。たとえば、式(5)はN個の外側受信信号点に関して実行される。そして実行は等化器 2 2 0 がロックされているかロックされていないかを判定するために図 5 のステップ 3 1 0 に進む。

10

【実施例 1】

【0 0 2 7】

本発明の概念のさらなる例示が図 8 および図 9 に示されている。これらの図は低SNR環境における等化器出力信号 2 2 1 のプロットを、当技術分野において既知の二次元M-QAM (quadrature amplitude modulation) のシンボル配位図についてM=16とした場合を示している。すなわち、

$$Eq_out_n = I_n + j \times Q_n \quad (7)$$

ここで、Eq_out_nは先に述べたr(nT)に対応し、時刻nにおける等化器 2 2 0 の出力信号 2 2 1 であり、Iは同相成分、Qは直交成分である。簡明のため、同相(I)および直交(Q)軸は示されていない。図 8 および図 9 の背景では、いくつかのアプローチが可能である。たとえば、上述した図 5 および図 6 のフローチャートに関して、受信信号点の(I)および(Q)成分は個々に計数されることができる。図 8 および図 9 から、配位図空間のout_thresholdが各次元方向について定義される(たとえば3 7 2 -I、3 7 3 -I、3 7 2 -Q、3 7 3 -Q等)こと、およびたとえば受信信号点が外側受信信号点であるのが：

20

$$|I_n| > I_out_thresh \quad \text{または} \quad |Q_n| > Q_out_thresh \quad (8)$$

の場合であることが観察できる。

【0 0 2 8】

図 7 の場合と同様、図 8 および図 9 のどちらでも、配位図空間の外側領域は矢印 3 7 2 および 3 7 3 の方向である。図 8 では配位図空間の外側領域は長方形 3 7 9 の外側の領域であるが、図 9 では配位図空間の外側領域は 4 つの角領域として定義されることを気づかれるであろう。受信信号点は：

30

$$|I_n| > I_out_thresh \quad \text{かつ} \quad |Q_n| > Q_out_thresh \quad (9)$$

であれば角領域にある。しかし、本発明の概念はそのように限定されるものではなく、外側領域についての他の形状も可能である。

【0 0 2 9】

また、図 7 に関し、VSBベースのシステムではスライサー出力シンボルS_outは定数なので(外側シンボルしか使われないため)Pwを置き換える代替的な式を次のように表すことができる。

【0 0 3 0】

【数 3】

40

$$S_w = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N |Eq_out_n|^2 \quad (10)$$

式(10)はQAMシステムにもあてはまる。外側シンボルの平均信号強度も一定値だからである。式(10)はノイズを含む外側受信信号点の全強度を計算する。ノイズが一定値を維持すると想定すると、上記の計算は等化器が収束するにつれてより小さくなるであろう。本発明の原理によれば、等化器の状態 ロック済み、収束しつつある、発散しつつあるまたは未ロック を判定するのに使われるのはS_wまたはP_wの傾向である。

50

【実施例 2】

【0031】

本発明のもう一つの実施形態によれば、等化器ロック検出は、受信信号について信号対雑音比（SNR）推定値を使うことによって上述したノイズ強度推定値の関数として決定される。特に、N個の外側受信信号点を集めたのち、ノイズ強度推定値 P_w は信号強度 S_w で割られる。すなわち、

【数 4】

$$SNR = 10 \times \log_{10} \frac{P_w}{S_w} \text{ (in dB)}. \quad (11)$$

10

ここで、信号強度 S_w は次式で定義される。

【0032】

【数 5】

$$S_w = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M |s_i|^2, \quad (12)$$

20

ここで s_i は i 番目のシンボルで、 M は配位図空間におけるシンボル数である。たとえば16-QAMシステムについては $M = 16$ で、64-QAMシステムについては $M = 64$ 、8-VSBシステムについては $M = 8$ である。上記の角領域を使う背景では、 N が十分大きければ（たとえば $N = 8192$ 個の外側受信信号点）、式(11)から計算されるSNRは等化器ロックの判定で使用するために統計的によい推定値となる。この変形は図10および図11のフローチャートにおいて示されている。これらは図5および図6と似通っているが、ステップ305、310（図10）およびステップ375（図11）が含まれている点が異なっている。具体的には、図5のステップ305と同様、図10のステップ305は図11により詳細に示されている。図11は図6と似通っているが、上記の式(11)および(12)に基づいてSNRを決定するステップ375を含めている点が異なっている。図10に戻ると、ステップ310は図5のステップ310と似通っているが、SNRが閾値のSNR値より大きい場合に等化器がロックされていると判定されるという点が異なっている。

30

【実施例 3】

【0033】

本発明の概念のもう一つの例示的な実施形態が図12に示されている。この例示的な実施形態では、受信機（図示せず）で使用するための集積回路（IC）605はロック検出器620および少なくとも一つのレジスタ610を含んでいる。該少なくとも一つのレジスタ610はバス651に結合されている。例示的に、IC605は集積されたアナログ/デジタル・テレビデコーダである。しかし、IC605のうち本発明の概念に関連する部分のみが示されている。たとえば、アナログ デジタルコンバータ、フィルタ、デコーダなどは簡単のため示していない。バス651が、プロセッサ650によって表されるような受信機の他の構成要素との間の通信を提供する。レジスタ610はIC605の一つまたは複数のレジスタを表す。ここで、各レジスタは、ビット609によって代表される一つまたは複数のビットを含んでいる。IC605のレジスタまたはその部分は、読み取り専用でもよいし、書き込み専用でもよいし、あるいは読み取り/書き込み用でもよい。本発明の原理に基づき、ロック検出器620は上記の等化器ロック検出器の機能または動作モードを含む。レジスタ610の少なくとも1ビット、たとえばビット609は、この動作モードを有効または無効にするためにたとえばプロセッサ650によってセットされることのできるプログラム可能ビットである。図12の背景では、IC605は、IC605の入力ピンまたはリードを介して処理のためにIF信号601を受け取る。上述した等化器ロック検

40

50

出のため、この信号の派生 6 0 2 がロック検出器 6 2 0 に加えられる。ロック検出器 6 2 0 は、等化器（図 1 2 には示していない）がロックされているかどうかを示す信号 6 2 1 を与える。図 1 2 には示していないものの、信号 6 2 1 は IC 6 0 5 の外部の回路に提供されてもよいし、および / またはレジスタ 6 1 0 を介してアクセス可能であってもよい。ロック検出器 6 2 0 は内部バス 6 1 1 を介してレジスタ 6 1 0 に結合されている。内部バス 6 1 1 は、ロック検出器 6 2 0 とレジスタ 6 1 0 とのインターフェースをとるための（たとえば先に述べた積分器およびカウンタ値を読むための）当技術分野において既知の IC 6 0 5 のその他の信号経路および / または構成要素を代表するものである。IC 6 0 5 は一つまたは複数の復元された信号、たとえばコンポジットビデオ信号を提供する。それが信号 6 0 6 で表されている。IC 6 0 5 には本発明の原理に基づいてその他の変形も可能であることを注意しておくべきであろう。たとえばビット 6 1 0 などを経たこの動作モードの外部制御は必須ではなく、IC 6 0 5 は単に等化器ロックを検出するための上記の処理を常に実行するのでもよい。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 4 】

上述したように、本発明の原理によれば、配位図空間の異なる領域には異なる重みが与えられ、受信機は等化器ロックを、配位図空間における受信信号点の分布の関数として決定されるノイズ強度推定値の関数として判定する。本発明の概念は内側領域にはいる受信信号点には 0 の重み値（つまり重みなし）が与えられ、外側領域にはいる受信信号点には 1 の重み値が与えられるものとして記述したが、本発明の概念はそれに限定されないことを注意しておくべきであろう。同様に、本発明の概念は外側領域および内側領域の背景で記述されたが、本発明の概念はそれに限定されない。

【 0 0 3 5 】

上記に鑑み、以上の記述は本発明の原理を単に解説するものであり、当業者なら、ここに明示的に記載されてはいないものの本発明の原理を具現するものである数多くの代替的な構成を考案できるであろうことは理解されるであろう。それらも本発明の精神および範囲のうちである。たとえば、別個の機能要素の背景で例示されたものの、前記の機能要素は一つまたは複数の集積回路（IC）上に具現されてもよい。同様に、別個の要素として示されたものの、該要素のどれでも、あるいは全部でも、たとえば図 5 および / または図 6 などに示されたステップの一つまたは複数に対応する関連するソフトウェアを実行する保存プログラム制御によるプロセッサ、たとえばデジタル信号プロセッサにおいて実装されてもよい。さらに、テレビ 1 0 内にバンドルされている要素として示されたものの、そこにおける要素は種々のユニットに任意の組み合わせにおいて分散されてもよい。たとえば、図 3 の受信機 1 5 は、ディスプレイ 2 0 を組み込んでいる装置またはボックスとは物理的に別個のセットトップボックスのような装置またはボックスの一部であってもよいなどである。また、地上波放送の背景で述べたものの、本発明の原理は他の種類の通信システム、たとえば衛星、ケーブルなどにも適用可能であることを注意しておくべきだろう。したがって、例示的な実施形態には数多くの修正がなし得るものであり、付属の請求項によって定義される本発明の精神および範囲から外れることなく他の構成が考案されうることは理解しておくべきである。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 3 6 】

【 図 1 】あるノイズ強度レベルについての受信信号の確率分布関数を示す図である。

【 図 2 】図 1 とは異なるノイズ強度レベルについての受信信号の確率分布関数を示す図である。

【 図 3 】本発明の原理を具現する受信機の例示的な高レベルブロック図を示す図である。

【 図 4 】本発明の原理を具現する受信機の例示的な部分を示す図である。

【 図 5 】本発明の原理に基づく例示的なフローチャートである。

【 図 6 】本発明の原理に基づく例示的なフローチャートである。

【 図 7 】一次元のシンボル配位図について本発明の概念をさらに例解する図である。

【 図 8 】二次元のシンボル配位図について本発明の概念をさらに例解する図である。

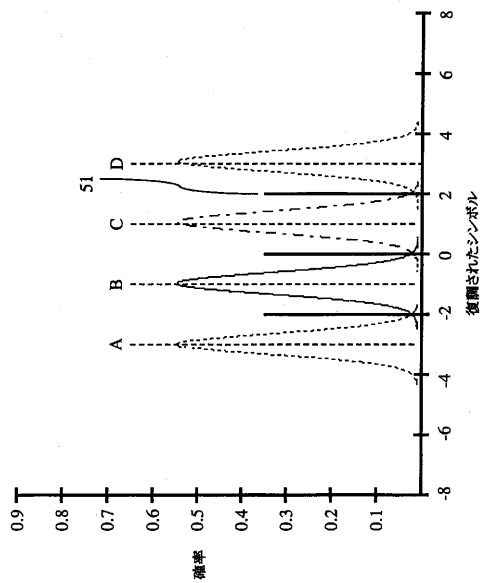
【図 9】二次元のシンボル配位図について本発明の概念をさらに例解する図である。

【図 10】本発明の原理に基づく他の例示的なフローチャートである。

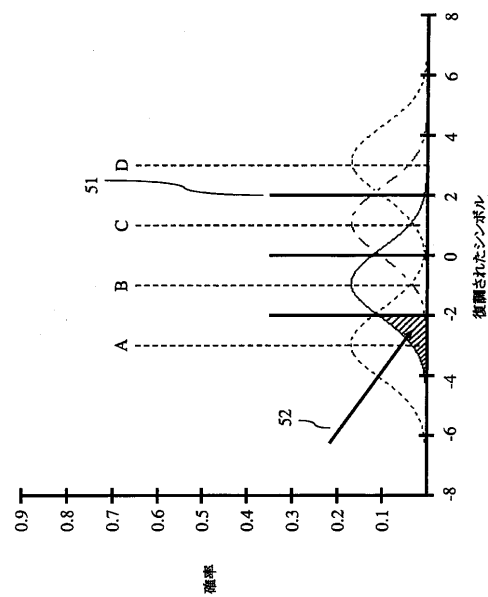
【図 11】本発明の原理に基づく他の例示的なフローチャートである。

【図 12】本発明の原理に基づくもう一つの例示的な実施形態を示す図である。

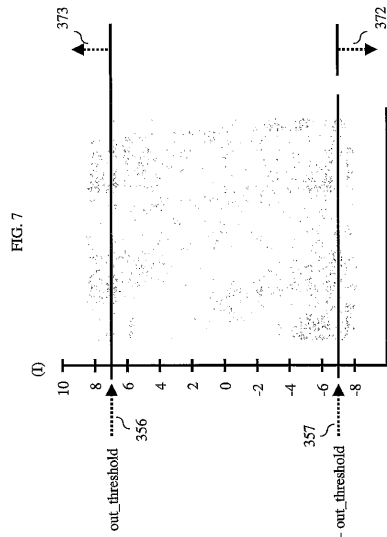
【図 1】



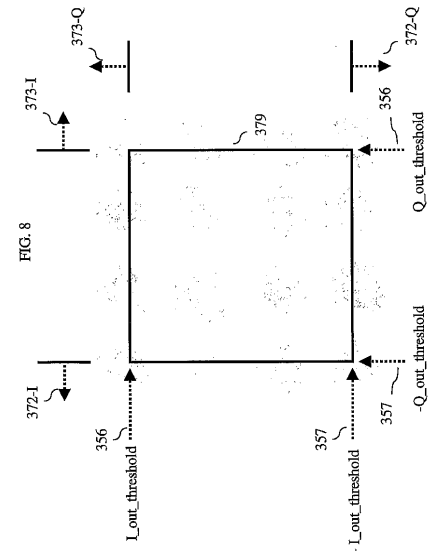
【図 2】



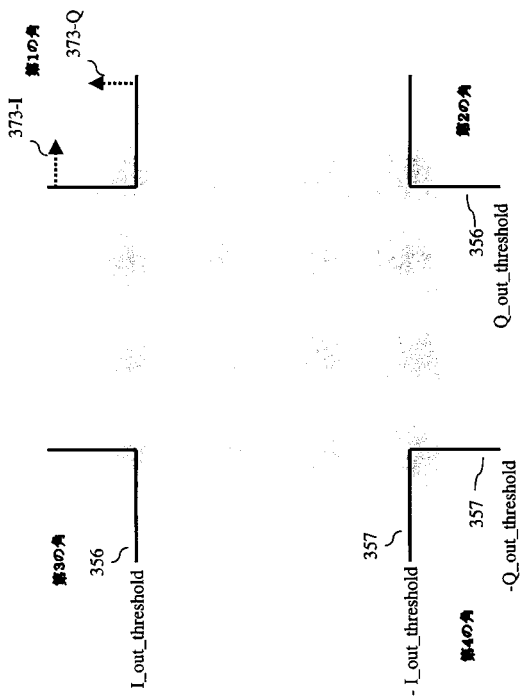
【図 7】



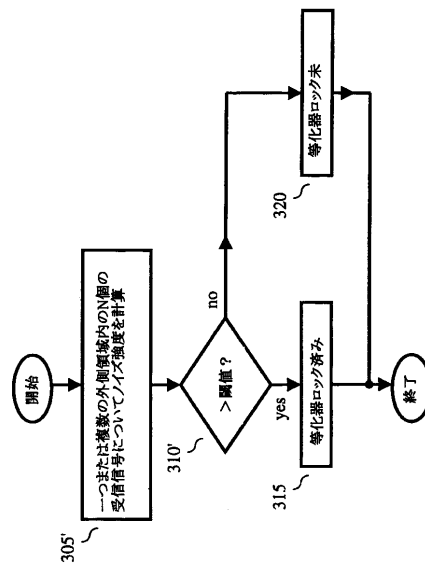
【図 8】



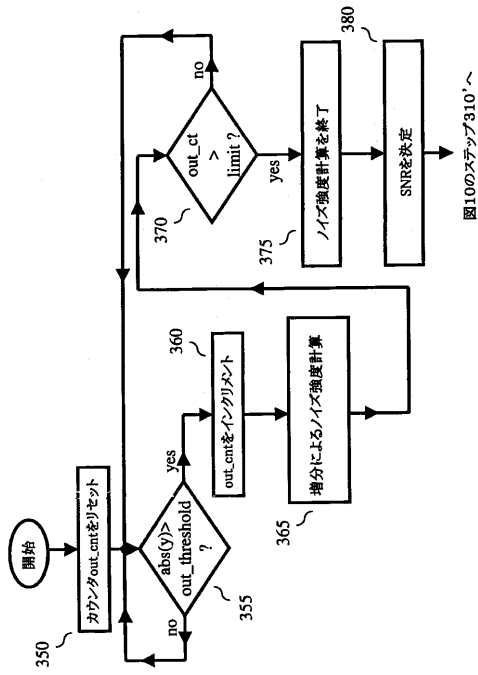
【図 9】



【図 10】

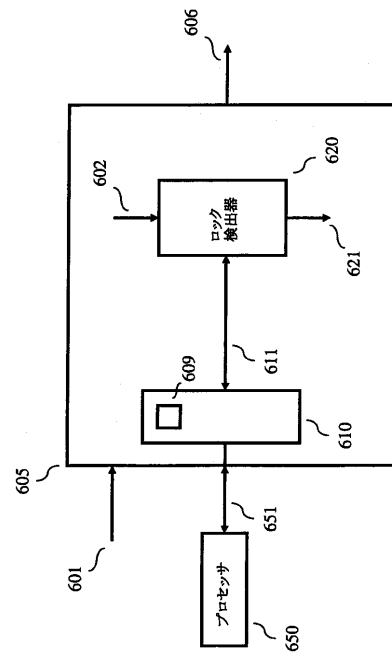


【図 1 1】



305

【図 1 2】



【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.
PCT/US2005/013145

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 H04L25/03

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)
IPC 7 H04L

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

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

EPO-Internal, WPI Data, PAJ, INSPEC, COMPENDEX

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
	-/-	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in 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 document 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
- *G* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

19 July 2005

Date of mailing of the international search report

04/08/2005

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Marselli, M

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/US2005/013145

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	<p>YOUNG-JO LEE ET AL: "A decision-directed blind equalization with the error variance estimation"</p> <p>1997 IEEE 6TH. INTERNATIONAL CONFERENCE ON UNIVERSAL PERSONAL COMMUNICATIONS RECORD. SAN DIEGO, 12 - 16. OCT. 1997, IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON UNIVERSAL PERSONAL COMMUNICATIONS, NEW YORK, IEEE, US, vol. VOL. 2 CONF. 6, 12 October 1997 (1997-10-12), pages 99-103, XP010248678 ISBN: 0-7803-3777-8 abstract</p> <p>page 100, right-hand column, line 17 - page 101, left-hand column, line 39 page 102, left-hand column, line 17 - line 27</p> <p>figure 2</p>	1-45
A	<p>US 6 215 818 B1 (VELEZ EDGAR ET AL) 10 April 2001 (2001-04-10) abstract column 4, line 47 - column 5, line 24 column 6, line 9 - line 35 figures 2,4</p>	1-45
A	<p>US 2004/001538 A1 (GARRETT DAVID) 1 January 2004 (2004-01-01) paragraph '00231 - paragraph '00301 figures 4,5</p>	1-45

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/US2005/013145

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 6215818	B1	10-04-2001	NONE	
US 2004001538	A1	01-01-2004	NONE	

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), EP(AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW

(72)発明者 シウエ, ドン - チャン

アメリカ合衆国, インディアナ州 4 6 0 3 3, カーメル, ブリッジャー・ドライブ・ノース 3
7 7 2

(72)発明者 ブレット, アーロン, リール

アメリカ合衆国, インディアナ州 4 6 0 6 0, ノーブルズヴィル, パーシモン・ブレイス 1 5
2 0

(72)発明者 ベロツツェルコフスキー, マキシム, ビー

アメリカ合衆国, インディアナ州 4 6 0 3 2, カーメル, パーキンス・ストリート 1 1 5 5 5

Fターム(参考) 5K004 BA02 DA15 DG01 DG02 FH03 JH02

5K046 EE06 EE47 EE61 EF29