

(43) 国際公開日
2008 年 10 月 2 日 (02.10.2008)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2008/117441 A1

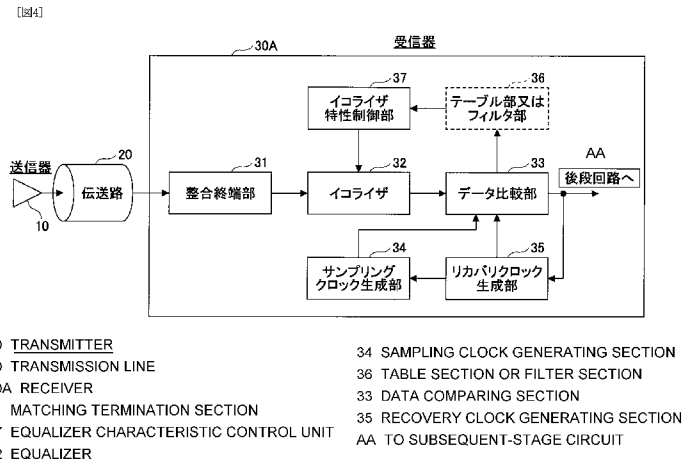
- (51) 国際特許分類:
H04B 3/06 (2006.01) H04L 25/03 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2007/056398
- (22) 国際出願日: 2007 年 3 月 27 日 (27.03.2007)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 富士通株式会社 (FUJITSU LIMITED) [JP/JP]; 〒2118588 神奈川県川崎市中原区上小田中 4 丁目 1 番 1 号 Kanagawa (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 山▲崎▼学

- (YAMAZAKI, Manabu) [JP/JP]; 〒2118588 神奈川県川崎市中原区上小田中 4 丁目 1 番 1 号 富士通株式会社内 Kanagawa (JP). 登坂 正喜 (TOSAKA, Masaki) [JP/JP]; 〒2118588 神奈川県川崎市中原区上小田中 4 丁目 1 番 1 号 富士通株式会社内 Kanagawa (JP).
- (74) 代理人: 伊東 忠彦 (ITO, Tadahiko); 〒1506032 東京都渋谷区恵比寿 4 丁目 2 0 番 3 号 恵比寿ガーデンプレイスタワー 3 2 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, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, 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, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL,

[続葉有]

(54) Title: EQUALIZER CHARACTERISTIC OPTIMIZATION METHOD, TRANSMISSION SYSTEM, COMMUNICATION DEVICE, AND PROGRAM

(54) 発明の名称: イコライザ特性最適化方法、伝送システム、通信装置及びプログラム



(57) Abstract: An equalizer characteristic optimization method comprises a recovery clock acquiring step of acquiring recovery clock timing from the waveform of a received signal, a sampling clock acquiring step of acquiring predetermined sampling clock timing centered on the recovery clock timing, a first latch step of latching the received signal at the recovery clock timing, a second latch step of latching the received signal at the sampling clock timing, a logical value comparing step of comparing the logical value acquired in the first latch step with the logical value acquired in the second latch step, a data collecting step of changing the setting of the characteristic of an equalizer and repeating the operation to perform the recovery clock acquiring step, the sampling clock acquiring step, the first latch step, the second latch step, and the logical value comparing step in the state after the change, and an optimum setting extracting step of determining the setting of the optimum characteristic of the equalizer from the data of the result of the logical value comparison collected in the data collecting step.

(57) 要約: 受信信号の波形からリカバリクロックタイミングを得るリカバリクロック取得段階と、リカバリクロックタイミングを中心とした所定のサンプリングクロックタイミングを得るサンプリングクロック取得段階と、リカバリクロックタイミングで受信信号をラッチする第1のラッチ段階と、サンプリングクロックタイミングで受信信号をラッチする第2のラッチ段階と、第1のラッチ段階で得られた論理値と前記第2のラッチ段階で得られた論理値とを比較する論理値比較段階と、

[続葉有]



SM, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ,
VC, VN, ZA, ZM, ZW.

CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE,
IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK,
TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW,
ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(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, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG,

添付公開書類:
— 国際調査報告書

イコライザの特性の設定を変更し、変化後の状態で前記リカバリクロック取得段階、サンプリングクロック取得段階、第1のラッチ段階、第2のラッチ段階および論理値比較段階を行う動作を繰り返すデータ収集段階と、データ収集段階で収集された論理値比較結果のデータに基づいて前記イコライザの最適な特性の設定を求める最適設定抽出段階とよりなる構成である。

明 細 書

イコライザ特性最適化方法、伝送システム、通信装置及びプログラム 技術分野

[0001] 本発明はイコライザ特性最適化方法、伝送システム、通信装置及びプログラムに関する。

背景技術

[0002] 本発明は、特にロスやジッタが問題となる高周波数帯域を使用するシリアルインタフェースに適用可能な受信器のイコライザ特性最適化手法に関する。

[0003] 近年パーソナルコンピュータやサーバで使用されてきたPCIやPCI-XはPCI Expressに、HDDやCD-ROMなどのストレージデバイスへの接続に使用されてきたATAはSerial ATAに、同様にSCSIはSerial Attached SCSIというように、インタフェースはパラレルインタフェースからシリアルインタフェースに急速に移行しつつある。

[0004] このシリアルインタフェースでは高周波数帯域を使用することから伝送路の周波数特性によって歪んだ波形を受信器が正常に受信できるよう、受信器のイコライザ特性を最適化するためのイコライザ特性最適化方法が求められている。

[0005] 図1Aはこのシリアルインタフェースの一般的な構成を示すブロック図である。

[0006] 図1Aに示す如くシリアルインタフェースは信号を送出する送信器10と、プリント基板やコネクタやケーブルで構成される伝送路20と、信号を受信する受信器30とからなる。

[0007] 又受信器30は特性インピーダンスの整合を行うための整合終端部31と、受信信号の周波数特性を補償しその波形を整形するイコライザ32と、イコライザ32で整形した受信信号からリカバリクロック信号を抽出するリカバリクロック生成部25と、リカバリクロック信号で受信信号をラッチするラッチ部39とよりなる。

[0008] このインタフェースの設計者は、所定の周波数帯域の利得を制御する、送信器10が具備する波形整形機能や、伝送路20の周波数特性を制御することにより、受信器30の受信信号の波形、すなわち受信端波形を最適化していた。

- [0009] しかしながらインタフェースの伝送レートが高速化するに伴い、送信器10や伝送路20の特性を制御することによる受信端波形の最適化によっては伝送品質を維持することが困難になってきている。
- [0010] このため受信器30内にイコライザ32を設け、受信信号の周波数帯域の利得制御を行なうことによって伝送品質を確保する必要性が生じている。
- [0011] ここで送信器10の出力波形W1である送信端波形は例えば図1B、1Cに示される如くの形状を有し、送信器10は伝送路20で損失する高周波成分を予め強調した信号波形を出力するようにしている。
- [0012] 伝送路20を介して受信器30で受信される受信信号の波形W2である受信端波形は例えば図1D、1Eに示される如くの形状を有する。すなわち高周波成分ほど損失し、歪みを生ずる。
- [0013] 受信器30内では伝送路20で生じた損失や歪みに応じてイコライザ32の特性を制御することで、伝送路20で劣化した波形を整形するようにしている。すなわち図1F、1Gに示される如くの波形を有する信号を得るようにイコライザ32の特性を制御する。
- [0014] リカバリクロック生成部35は、このようにして得られた図1Fおよび図1Gの上段に示される如くの受信信号から図1Gの下段に示される如くのリカバリクロック信号を抽出する。
- [0015] この図1Gの下段に示されるリカバリクロック信号はその立ち上がりのタイミングがイコライザの出力信号の波形から得られたアイパターン(図1G、上段)の中心に一致するように抽出される。
- [0016] このようにして得られたリカバリクロック信号の立ち上がりのタイミングを使用してラッチ部39にて受信信号をラッチするようにすることにより、受信信号を確実にラッチし、もって受信信号によって伝送されたデータを確実に再生可能となる。
- [0017] しかしながら伝送信号の持つ周波数帯域は非常に高いため受信器30のイコライザ出力を正確にモニターすることは一般に困難である。このためインタフェースの設計者は受信器30がエラーを検出した際にカウントアップするエラーカウンタの数値や受信器30がエラーを生じた際に発行する再送要求を観察したり、伝送路20上にプロトコルアナライザを接続しエラー発生頻度をモニターする等の手段により受信器30の

イコライザ特性の設定値とエラー発生頻度との関係の統計を取り、その統計結果を参照することによってエラーを生じない設定範囲を導き出してイコライザ特性の最適設定値を得る必要があった。

[0018] しかしながらこのようにエラー発生率を測定することによって受信器30のイコライザ32の設定値の最適化を行うためにはイコライザ32の設定値を変えながらエラー率の測定を繰り返す必要があり、工数を要する。

[0019] さらに伝送路20の条件が異なるチャンネルが複数あったり、送信器10や受信器30の特性のばらつき等により、受信器30のイコライザ32の設定値の最適値が一意に決められないことがあり、複数の条件に最適な複数のイコライザの設定値を求めるには多大な工数が必要となる。

特許文献1:特開2007-53648号公報

特許文献2:特開昭62-130037号公報

特許文献3:特開昭62-159545号公報

特許文献4:特開平9-73724号公報

発明の開示

発明が解決しようとする課題

[0020] 本発明はこのような状況に鑑みてなされたものであり、インタフェースを構成する受信器等において受信信号の周波数特性を補償する機能を有するイコライザの設定値を効果的に調整して最適化する構成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

[0021] 本発明は上記目的の達成のため、受信信号の波形からリカバリクロックタイミングを得るリカバリクロック取得段階と、前記リカバリクロックタイミングを中心とした所定のサンプリングクロックタイミングを得るサンプリングクロック取得段階と、前記リカバリクロックタイミングで受信信号をラッチする第1のラッチ段階と、前記サンプリングクロックタイミングで受信信号をラッチする第2のラッチ段階と、前記第1のラッチ段階で得られた論理値と前記第2のラッチ段階で得られた論理値とを比較する論理値比較段階と、前記イコライザの特性の設定を変化させ、変化後の状態で前記リカバリクロック取得段階、サンプリングクロック取得段階、第1のラッチ段階、第2のラッチ段階および論

理値比較段階を繰り返すデータ収集段階と、前記データ収集段階で収集された論理値比較結果に基づいて前記イコライザの特性の最適化する最適化段階とを設けた。

- [0022] 本発明によればこのようにイコライザの特性の設定を変化させ、変化後の状態で前記リカバリクロック取得段階、サンプリングクロック取得段階、第1のラッチ段階、第2のラッチ段階および論理値比較段階を繰り返すことによって取得された論理値比較結果に基づいて前記イコライザの特性の最適化を行うため、イコライザの特性の良否が論理値比較結果という客観的な形態で得られ、イコライザの特性の最適化が容易になし得るとともに、このイコライザ特性最適化動作をコンピュータを利用して自動化することが可能となる。

発明の効果

- [0023] このように本発明によれば従来多くの工数を要していたイコライザ特性最適化作業に要される工数を効果的に削減可能となる。

図面の簡単な説明

- [0024] [図1A]従来のインタフェースの構成例を示すブロック図である。
- [図1B]図1Aに示されるインタフェースにおける送信端波形を示す図である。
- [図1C]図1Bに示される送信端波形のアイパターンを示す図である。
- [図1D]図1Aに示されるインタフェースにおける受信端波形を示す図である。
- [図1E]図1Dに示される受信端波形のアイパターンを示す図である。
- [図1F]図1Aに示されるインタフェースにおけるイコライザ出力波形を示す図である。
- [図1G]図1Fに示されるイコライザ出力波形のアイパターン(上段)およびこのような波形を有するイコライザ出力信号から得られたリカバリクロック信号の波形(下段)を示す図である。
- [図2]本発明の実施例によるイコライザ特性最適化方法の動作の流れを説明するための動作フローチャートである。
- [図3]図2の動作の説明をするための波形図である。
- [図4]図2の動作を実現するための受信器の構成を説明するためのブロック図である。

[図5]図2の動作を説明するための、イコライザの特性の設定についての論理値比較結果を示すテーブルデータの例である。

[図6]図2の動作を更に詳細に説明するための動作フローチャート(サンプリングクロック信号の位相スイープを行わない場合)である。

[図7]図6の動作中、テーブルデータを求める過程におけるデータの重心の変化とサーチ終了判定との関係を説明するための図である。

[図8]図6の動作によって得られたイコライザの設定についての論理値比較結果とそこから得られたデータの重心との関係を説明するため図である。

[図9]図2の動作を更に詳細に説明するための動作フローチャート(サンプリングクロック信号の位相スイープを行う場合)である。

[図10]図9の動作によって得られたイコライザの設定についての論理値比較結果と、そこから得られたデータの重心との関係を説明するため図である。

[図11]本発明の実施例に適用可能なイコライザの特性について説明するための図(その1)である。

[図12]本発明の実施例に適用可能なイコライザの特性について説明するための図(その2)である。

[図13]本発明の実施例において使用するリカバリクロック信号およびサンプリングクロック信号について説明するための図である。

[図14]本発明の実施例による受信器の動作をコンピュータでシミュレーションする場合について説明するための当該コンピュータのハードウェア構成例を示すブロック図である。

符号の説明

- [0025] 10 送信器
 20 伝送路
 30A 受信器
 32 イコライザ
 33 データ比較部
 34 サンプリングクロック生成部

35 リカバリクロック生成部

36 テーブル部又はフィルタ部

37 イコライザ特性制御部

発明を実施するための最良の形態

[0026] 以下本発明の実施例の構成につき図とともに詳細に説明する。

[0027] 図2は本発明の実施例であるイコライザ特性最適化方法の動作原理を説明するための動作フローチャートであり、図3はこの動作を説明するための信号波形図であり、図4は同イコライザ特性最適化方法を実施する機能を有する受信器30Aであって本発明の実施例としての受信器30Aの構成を示すブロック図である。

[0028] 図4に示す如く、同受信器30Aは、上述の従来の受信器30におけるものと同様の構成を有する整合終端部31、イコライザ32およびリカバリクロック生成部35に加え、新たにサンプリングクロック生成部34、テーブル部又はフィルタ部36およびイコライザ特性制御部37を含む。

[0029] 図1Aとともに上述の従来の受信器30の場合同様、受信器30Aは図1Aとともに上述のものと同様の構成を有する送信器10および伝送路20とともにインタフェースを構成する。

[0030] この構成において受信器30Aのイコライザ32は伝送路20の周波数特性によって歪みを受けて受信器30Aに入力された受信信号の波形に対し、所定の周波数帯域の利得を制御することでこれを整形する機能を提供し、その際どの周波数帯域をどの程度の利得で整形するかについて制御可能な構成を有する。

[0031] 図3とともにこのイコライザ32の特性について説明する

図3(a)は送信器10から発信され伝送路20を介して受信器30Aに到達した受信信号の波形、すなわち受信端波形のアイパターンを示す。

[0032] これは図1Eに示されるものと同様、図1Cに示す如くの、送信器10から発信された信号の波形、すなわち送信端波形と比べると、上記伝送路20の周波数特性による歪みによってジッタが生じアイパターンのアイの部分の振幅が減少している。

[0033] 他方イコライザ32により波形整形した結果の受信信号の例を図3, (b), (c), (d)にそれぞれ示す。

- [0034] 図3(b)はイコライザ32の制御量が強すぎる場合の例を示し、同図、(c)はイコライザ32の制御量が適切である場合の例を示し、同図、(d)はイコライザ32の制御量が弱すぎる場合の例を示している。
- [0035] 同図(c)に示すように、イコライザ32の制御量が適切な場合、ジッタが低減され、アイの部分の振幅の現象も是正されている。その結果アイの部分の中央の空間、すなわちアイの部分の振幅すなわち縦軸方向の大きさが大きい領域が横軸すなわち時間方向に広い状態が得られる。
- [0036] このような状態が得られることにより、図3(e)に示す如くのリカバリクロック信号の立ち上がりタイミングでこの受信信号をラッチする際、同タイミングが多少時間軸方向にずれた場合であっても正しく受信信号のデータを再生することが可能となり、エラーの可能性を効果的に低減可能となる。
- [0037] 他方図3(b)に示す如くイコライザ32の制御量が強すぎる場合或いは同図(d)に示す如くイコライザ32の制御量が弱すぎる場合、上記図3(c)に示すイコライザ32の制御量が適切な場合に比し、ジッタの低減および／又は振幅の現象の是正が不十分となる。
- [0038] このような状態、すなわちアイの部分の振幅が大きい領域が時間方向に狭かったりアイの部分の振幅が小さかったりすると、リカバリクロック信号の立ち上がりタイミングで受信信号をラッチする際、同タイミングが時間軸方向にずれた場合に受信信号を正しく再生することが困難となり、エラーの可能性が増大する。
- [0039] そこでイコライザ32の特性を最適化、すなわちイコライザ32の制御量を適切なものすることにより受信信号の正しい再生を行いエラーを最小限にする必要がある。
- [0040] ここで図3(e)に示される如くのカロックリカバリ生成部35によって生成されるリカバリクロック信号は、受信信号が正しい論理でラッチされるよう、すなわち受信信号が正しく再生されるように制御される。
- [0041] 具体的にはカロックリカバリ生成部35では、図3(c)に示す如くのアイパターンの左右のクロスポイントCP1、CP2の中間のタイミングがリカバリクロック信号の立ち上がりタイミング(すなわちリカバリクロックタイミング、以下同様)と一致するようにリカバリクロック信号を生成する。このように受信信号からそのカロックタイミングを抽出してリカバリ

クロック信号を生成する動作をクロックリカバリと称する。

- [0042] 上記クロスポイントCP1, CP2の中間の部分はアイパターンのアイの部分うちの最も振幅が大きい部分とほぼ一致するため、このタイミングで受信信号をラッチすることで、より精度の高い受信信号の再生が可能となる。
- [0043] このクロスポイントCP1, CP2を得るための手法の一例を以下に述べる。
- [0044] すなわち、例えばリカバリクロック信号を当初任意の位相で生成し、これに対し所定の位相分ずらせた後述のサンプリングクロック信号を生成し、両者の立ち上がりタイミング(すなわちリカバリクロックタイミングおよび後述するサンプリングクロックタイミング)で受信信号をラッチする。そしてこのようにして得られた受信信号の論理値を互いに比較する。
- [0045] 比較の結果両者が一致する間はリカバリクロックタイミングおよびサンプリングクロックタイミングの両者ともアイの部分の内部に包含され、これが不一致となった場合には一方がアイの部分から逸脱したことを意味する。
- [0046] この現象を利用し、リカバリクロックタイミングに対しサンプリングクロックタイミングの位相を徐々にずらし、上記論理値の比較結果が一致と不一致との間で変化する時点のサンプリングクロックタイミングをアイパターンのクロスポイントCP1又はCP2として得る。
- [0047] 図4の説明に戻り、上記リカバリクロック信号を中心として ± 0.5 UI(ユニットインターバル)以内の範囲で時間軸に沿って対称に位相をずらした2個のクロック信号(すなわちサンプリングクロック信号)をサンプリングクロック生成部34で生成する。ここでUI(ユニットインターバル)とは、単位時間を意味し、図4に示すインタフェースで伝送する信号が保持するデータの1ビットに該当する時間間隔である。具体的には例えば図13に示す如く、リカバリクロックタイミングを中心に ± 0.3 UIのタイミングが2つのサンプリングクロックタイミングとなるよう、二種のサンプリングクロック信号を生成する。
- [0048] 又データ比較部33では、イコライザ32で整形された受信信号の波形を上記リカバリクロック信号と2種のサンプリングクロック信号のそれぞれのクロックタイミング、すなわちリカバリクロックタイミングおよび2つのサンプリングクロックタイミングでそれぞれラッチする。そして各クロックタイミングでのラッチで得た受信信号の論理値を相互に比

較する。そして比較結果により、例えば後述する図5に示す如くのテーブルデータを生成する。そしてこのようにして互いに位相が異なるリカバリクロックタイミングおよびサンプリングクロックタイミングでラッチした場合のエラー、すなわち上記論理値の比較の結果における不一致の有無を判別することにより、イコライザ32の特性の優劣を判定する。

[0049] ここで上記図5中、丸(○)印はエラーの無い場合、すなわちリカバリクロックタイミングおよびサンプリングクロックタイミングの両者によるラッチの結果の論理値が一致する場合を示し、バツ(×)印は逆にエラーの状態、すなわちリカバリクロックタイミングおよびサンプリングクロックタイミングの両者によるラッチの結果の論理値が不一致の場合を示す。

[0050] 上述の図3(c)に示す如くにイコライザ32の特性が適切な場合に得られる信号のアイパターンはその振幅が大きい部分が時間軸方向に広いため、リカバリクロックタイミングおよびサンプリングクロックタイミングの両者ともアイの内部に含まれる可能性が高く、その場合両者によって得られる論理値は一致する(すなわち図5のテーブルデータ中の丸印)。

[0051] 他方図3(b)や(d)に示す如くイコライザ32の特性が不適切な場合に得られる信号のアイパターンはその振幅の大きい部分が時間軸方向に狭かったり、その振幅が小さかったりするため、リカバリクロックタイミングはアイの内部に含まれるがサンプリングクロックタイミングがアイの外側に位置するような場合が生じやすくなり、そのような場合には両者によって得られる論理値は不一致となる(図5のテーブルデータ中のバツ印)。

[0052] 又図5中「EQ1特性設定値:n」とは、図11とともに後述するように受信信号のうち比較的low周波数帯域の振幅を制御するイコライザ32の特性を設定するための設定値を指し、図5中「EQ2特性設定値:m」とは、受信信号のうち比較的高周波数帯域の振幅を制御するイコライザ32の特性を設定するための設定値を指す。

[0053] イコライザ32の特性のうちEQ1特性設定値n(0~31)およびEQ2特性設定値m(0~31)を変化させながらリカバリクロックタイミングおよびサンプリングクロックタイミングで受信信号をラッチして上記エラーの有無すなわち論理値の一致/不一致を得る

ことによって図5に示す如くのテーブルデータを得る。

[0054] 図4の説明に戻り、イコライザ特性制御部37は、このようにしてデータ比較部33で得られたエラーの有無のデータを基にしてイコライザ32の特性を最適化する設定値を得、これをイコライザ32に設定する。

[0055] このような構成の本発明の実施例によるイコライザ特性最適化方法によれば、従来はインタフェースの設計者が多くの工数を掛けて再生データのエラー率から推測することによって決定していたイコライザ32の特性を最適化する設定値を、インタフェースの設計者や使用者に意識させることなく自動的に得るように構成することが可能になる。

[0056] 以下、上述の本発明の実施例によるイコライザ特性最適化方法の更に具体的な内容について説明する。

[0057] 本発明の実施例によるイコライザ特性最適化方法は、送信器10に伝送路20を介して接続される受信器30Aにおいて、伝送路20で劣化した受信信号に対し、所定の周波数帯域の振幅を制御するイコライザ32の特性を最適化するための方法であり、特性インピーダンスの整合により受信信号の反射を抑制する機能を有する整合終端部31と、所定の周波数帯域の利得を任意に制御可能なイコライザ32と、イコライザ32で整形した受信信号からクロックリカバリによりリカバリクロック信号を抽出するリカバリクロック生成部35と、リカバリクロック信号を中心に ± 0.5 UI以内で対称に位相をずらした $2n$ (n は1以上の整数であり、上記EQ1特性設定値の n とは無関係の値)個のサンプリングクロック信号を生成するサンプリングクロック生成部34と、これら各クロックタイミングで受信信号をラッチして得られた論理値同士を比較するデータ比較部33と、データ比較部33における論理値比較結果を基にイコライザ32の特性を最適化する設定値を得、これをイコライザ32に設定するイコライザ特性制御部37とを有する。

[0058] ここでサンプリングクロック信号を $2n$ 個とすることにより、データ比較部33によって得られる論理値比較結果が、イコライザ32の特性の設定ごとに $2n$ 個得られる。この場合、そのようにしてイコライザ32の特性の設定ごとに得られる $2n$ 個の全ての論理値比較結果が「一致」の場合に当該イコライザの特性の設定についてエラーがない(すな

わち図5のテーブルデータ中、丸印)と判定するようにしても良いし、あるいは論理値比較結果の「一致率」が所定の値以上の場合にエラーがないと判定するようにしても良い。

- [0059] このようにリカバリクロック信号のリカバリクロックタイミングで受信信号をラッチして得られた論理値とサンプリングクロック信号の立ち上がりタイミング、すなわちサンプリングクロックタイミング(以下同様)で受信信号をラッチして得られた論理値とを比較し、その比較結果のデータに基づいてイコライザの特性を最適化する設定値を得、これをイコライザ32に設定することにより、当該イコライザ32によって伝送路20で劣化した受信信号の利得を周波数帯域ごとに制御し受信信号の周波数特性を補償する。
- [0060] 図2とともにこの本発明の実施例によるイコライザ特性最適化方法の動作の流れを説明する。
- [0061] ステップS2で受信器30Aが伝送路20から信号を受信し、受信信号の波形がイコライザ32で整形される(ステップS2)。
- [0062] そしてこのようにして得られた信号から、リカバリクロック生成部にてリカバリクロック信号を生成し(ステップS3)、サンプリングクロック生成部34にてサンプリングクロック信号を得る(ステップS4)。
- [0063] データ比較部33ではこのようにして得られたリカバリクロック信号およびサンプリングクロック信号のそれぞれのクロックタイミングでイコライザ32の出力信号をラッチし(ステップS5)、それぞれの場合にラッチにより得られた論理値を互いに比較する(ステップS6)。
- [0064] このようにしてデータ比較部33で得られた論理値比較結果からテーブル部36がテーブルデータを生成する。そしてイコライザ特性制御部37が論理値比較結果が「一致」となる領域(すなわち図5のテーブルデータの場合、領域R)の重心を求める(ステップS7)。
- [0065] 但し未だ論理値比較結果の[一致]が得られていないか、或いは一個のみ得られている場合、後述するステップS8における重心のブレ量の判断ができない。このためこの場合には無条件でステップS9に移行し、イコライザ32の特性の設定値を変更する(ステップS9)。

- [0066] ステップS9におけるイコライザ32の特性の設定値の変更について以下に説明する。
- [0067] 例えば図5のようなテーブルデータを得る場合には、イコライザ32の特性の設定値 n , m 各32通り合計 $32 \times 32 = 1024$ 通りの設定値の各々を順次設定してゆく。或いはこれら1024通りの全ての設定値を設定する代わりに、一定の刻みでスキップして選択した所定数(例えば図8に示す如く、 n , m の各々について4個置き)の設定値の各々を順次設定する。
- [0068] このようにイコライザ32の特性の設定値が変更された状態でステップS1～S7の動作を再度行い、ステップS7ではそれまでに得られた論理値比較結果からテーブルデータを生成し、論理値比較結果が「一致」となる領域の重心を求める。
- [0069] そしてステップS8では前回のループにおいてステップS7で得られた重心の位置と、今回のループにおいてステップS7で得られた重心の位置とを比較する。その比較結果の差(すなわちブレ量)が一定の値以内であった場合(ステップS8のYes)、イコライザ32の特性の最適化動作を終了する(ステップS10)。この場合、ステップS7で得られた重心の位置に対応するイコライザ32の特性の設定値がイコライザ32の特性を最適化する設定値として判断され、その設定値が最適値としてイコライザ32に設定される。
- [0070] 他方ステップS8の判定の結果がNoの場合、すなわち重心の比較結果が一定の値以上であった場合、ステップS9にてイコライザ32の設定値を変更し、ステップS2～S8の動作を繰り返す。
- [0071] 上記の如くテーブル部36の機能により、ステップS7においてイコライザ32の特性の設定についてデータ比較部33による論理値比較結果をテーブルデータとして得、論理値比較結果が「一致」となるイコライザ32の特性の範囲(図5中、領域R)の重心を求める。
- [0072] すなわち図5に示される如くのテーブルデータが得られた場合を想定すると、丸印の領域Rの重心位置に対応するEQ1特性設定値 n およびEQ2特性設定値 m のそれぞれの値 n , m が、イコライザ32の特性の最適な設定値として得られる。
- [0073] 又上記テーブル部36の代わりに、データ比較部33による論理値比較結果の所定

の複数ビット分を順次平均化するフィルタ部36を設け、フィルタ部36によって順次得られる論理値比較結果の平均値を互いに比較し、その平均値が高くなるようにイコライザ特性の設定値を増減させることでイコライザ特性の設定の最適化を行なうように構成することも可能である。

- [0074] このような構成により、伝送路20によって生ずる特異なジッタ等に対しても安定してこれを補償し得るイコライザ特性を確保することが可能となる。
- [0075] ここで上記フィルタ部36を適用してデータ比較部33による論理値比較結果の所定の複数ビット分を順次平均化する場合の動作について以下に説明する。
- [0076] すなわち例えば図5の例の場合、イコライザ特性制御部37の機能によりEQ1特性設定値nおよびEQ2特性設定値mを順次変更し、その都度データ比較部33によって論理値比較結果を得る。そしてこのようにして順次論理値比較結果を得るたびにこれらを所定の回数(すなわちフィルタの適用領域)分平均する。
- [0077] 例えば図5中、フィルタF1の適用領域に含まれる論理値比較結果うちの「一致」の個数の割合、すなわち丸印の数の割合を得、その割合(以下「一致率」と称する)が増加する方向にフィルタRの適用領域を変更する(例えばF2)。このような動作を繰り返すことにより上記一致率が最大となるフィルタの適用領域を得る。そのようにして得られた領域の重心の位置(この場合、当該フィルタF1, F2を構成する矩形の中心)に対応するEQ1特性設定値nおよびEQ2特性設定値mのそれぞれの値n, mが、イコライザ32の特性の最適な設定値として得られる。
- [0078] 或いは上記のいずれか構成において、サンプリングクロック生成部34を以下の構成とすることも可能である。
- [0079] すなわち上記の如くリカバリクロック信号を中心に ± 0.5 UI以内で対称に位相をずらした2n個のサンプリングクロックを生成する代わりに、リカバリクロック信号を中心に進みか遅れのいずれか片方に 0.5 UI以内で位相をずらしたn個のサンプリングクロックを生成するように構成する。
- [0080] 或いはサンプリングクロック信号を、ある位相変動範囲内でスイープさせる構成とすることにより、より詳細なイコライザの特性最適化を行うようにすることも可能である。この場合の詳細の動作の流れについては図8とともに後述する。

- [0081] 例えば図3(c)に示す如くアイの部分の振幅が大きい領域の時間軸方向に広い場合、すなわちイコライザ32の特性の設定値が適切な場合には、サンプリングクロックタイミングがアイの部分の中心から離れて上記クロスポイント付近に位置しても当該サンプリングクロックタイミングでのラッチの結果が比較的安定といえる。これに対し図3(b)或いは(d)に示す如くアイの部分の振幅が大きい領域の時間軸方向に狭かったりアイの部分の振幅が小さいような場合、すなわちイコライザ32の特性の設定値が不適切な場合には、サンプリングクロックタイミングがアイから離れて上記クロスポイント付近に位置するとサンプリングクロックタイミングによるラッチの結果が不安定となりがちとなりリカバリクロックタイミングによるラッチの結果と一致しない可能性が高まる。
- [0082] したがってサンプリングクロック信号の位相をリカバリクロックタイミングに対し徐々に変化させスweepさせる際に得られる論理値比較結果の一致率が高いほどイコライザ32の特性の設定値が最適な状態に近いといえる。したがって当該論理値比較結果の一致率を示す数値を重みとしてイコライザ32の特性の設定値についての重心を求めることによって、より高精度にイコライザ32の特性の設定値を最適化することができる。
- [0083] 以下本発明の実施例の動作の流れを詳細に説明する。
- [0084] まず図6とともに、サンプリングクロック信号の位相スweepを行わない場合の動作の流れを説明する。
- [0085] ステップS21にて重心値(n' , m')および(n'' , m'')をそれぞれ(0, 0)にクリアする。
- [0086] ステップS22でサーチ条件として $X=2$, $Y=30$, $Z=40$ を設定する。
- [0087] ステップS23でイコライザ32の特性の設定としてのEQ1特性設定値 n を X から Y 迄、 Z 刻みで変化させるように徐々に n の値を変更する。
- [0088] ステップS24でイコライザ32の特性の設定としてのEQ2特性設定値 m を X から Y 迄、 Z 刻みで変化させるように徐々に m の値を変更する。
- [0089] ステップS25で、リカバリクロックタイミングによってイコライザ32の出力信号をラッチし、ステップS26で、サンプリングクロックタイミングによってイコライザ32の出力信号をラッチする。
- [0090] ステップS27で、これらステップS25, S26にてラッチで得られたイコライザ32の出

力信号の論理値を相互に比較する。

- [0091] ステップS28ではこのようにして得られた論理値の比較結果をテーブルデータとして得る。
- [0092] ステップS29ではmの値が28以上か否かを判定し、mの値が28未満であればステップS24に戻ってmの値を変更し、ステップS25～S29のループを繰り返す。
- [0093] ステップS29の結果mの値が28以上となると、ステップS30にて、ステップS28で得られたテーブルデータの重心値(n' , m')を求める。
- [0094] ここでは上記の如く、論理値比較結果が「一致」となるイコライザ32の特性の設定値の重心を求める。
- [0095] 例えば図8の例の場合、論理値比較結果が「一致」となるイコライザ32の特性の設定値は丸印の位置に対応する。そこでこれら丸印の位置を上記n, mをそれぞれ座標値とした座標と見なし、それらの座標位置の重心を求める。図8の例の場合図示の如く丸印の座標位置の重心は星印の位置となり、重心値(n' , m') = (7. 6, 16. 0)として得られる。
- [0096] 図6の説明に戻り、ステップS31で、このようにして得られた重心値(n' , m') = (0, 0)か否かを判定する。ステップS27において未だ論理値比較結果の「一致」が得られていない場合、ステップS30にて重心値を計算できず、もって重心値(n' , m') = (0, 0)のままである(ステップS31のYes)。この場合には直接ステップS34に移行してnの値が28以上か否かを判定し、28未満であればステップS23に戻ってnの値を変更し、ステップS24～S33のループを繰り返す。
- [0097] ステップS34の結果、nの値が28以上となると、ステップS35にて、サーチ条件を変更(例えばX=4, Y=28, Z=4等)した上でステップS23に戻り、ステップS23～S34のループを繰り返す。
- [0098] 他方ステップS31の判定結果が(n' , m') = (0, 0)でない場合、すなわちステップS27の論理値比較結果の「一致」が得られた場合、ステップS32にて今回のステップS30で得られた重心値(n' , m')と前回のステップS30で得られた重心値(n'' , m'')とを比較し、その差が所定の判定値以内か否かを判定する。そしてステップS33にて、今回得られた重心値(n' , m')で「前回の重心値」(n'' , m'')を置き換えることにより「前

回の重心値」(n'' , m'')を更新する。

- [0099] ここで上記ステップS23およびS24により、図8の上段から徐々に下段に向かってイコライザ32の特性の設定値のサーチを行う過程を実行する。すなわち各 n の値について m の値を徐々に増加させ(ステップS24)、 m が28を超えた段階(ステップS29のYes)で n を更新(ステップS23)し、その状態で上記同様に m の値を徐々に増加させるという動作を繰り返す。
- [0100] このような過程で n の値を更新するたびに重心位置(n' , m')を前回のもの(n'' , m'')と比較する(ステップS32)。例えば図8中、 $n=18$ 以降には丸印が存在しない。これは $n=18$ 以降ではイコライザ32の特性が不適切であるためステップS27の論理値比較結果の「一致」が得られないことを意味する。したがってそれ以降サーチを続けても重心値は変化することはない。
- [0101] そこでこのような状態を検出してサーチを終了することにより、図8の下段、すなわち $n=22$ 以降についてはサーチを省略可能することによりイコライザ32の特性の最適化に要する時間を削減可能となる。
- [0102] 本実施例ではステップS32にて必ずしも前回と今回の重心値が全く変化しない場合以外でもその差が所定の判定値以内であればサーチを終了するようにしている。
- [0103] すなわち図8の例では $n=14$ 迄サーチすることによって上記の如く重心値(7. 6, 16. 0)が得られるはずであるが、それ以前、すなわち $n=6$ 迄のサーチが終了した段階(図7の中段)でそのループ(n , m) = (6, 30)の場合の重心値(n' , m') = (4. 2, 15. 1)を、前のループ(n , m) = (2, 30)の場合の重心値(n'' , m'') = (2. 0, 14. 0)と比較する。そしてその比較結果の差が所定の判定値以下であればサーチを終了する(ステップS32のYes)。
- [0104] 同様に $n=10$ 迄のサーチが終了した段階(図7の下段)でそのループ(n , m) = (10, 30)の重心値(n' , m') = (6. 2, 16. 0)を、前のループ(n , m) = (6, 30)の重心値(n'' , m'') = (4. 2, 15. 1)と比較する。そしてその比較結果の差が所定の判定値以下であればサーチを終了する(ステップS32のYes)。
- [0105] このようにステップS32にて重心値の比較の結果、前のループのものと一致しなくとも、所定の判定値以下であればサーチを終了することにより、その後も引き続きサー

チを続行する場合に比して最適化の精度が多少劣る場合であってもそれが許容範囲であればその時点でサーチを終了することにより、イコライザ32の特性の最適化に要する時間を効果的に削減し得る。

- [0106] 次に上記の如くサンプリングクロック信号の位相スイープを実施する場合の本発明の実施例によるイコライザ特性設定値最適化方法の動作の流れの詳細について、図9とともに説明する。
- [0107] ステップS21にて重心値(n' , m')および(n'' , m'')をそれぞれ(0, 0)にクリアする。
- [0108] ステップS22でサーチ条件として $X=2$, $Y=30$, $Z=40$ を設定する。
- [0109] ステップS23でイコライザ32の特性の設定としてのEQ1特性設定値 n を X から Y 迄、 Z 刻みで変化させるように徐々に n の値を変更する。
- [0110] ステップS24でイコライザ32の特性の設定としてのEQ2特性設定値 m を X から Y 迄、 Z 刻みで変化させるように徐々に m の値を変更する。
- [0111] そしてこの場合、更にステップS41にてサンプリングクロック信号のリカバリクロック信号に対する位相を0.1~0.4[UI]の範囲でスイープさせるべく、所定の幅、例えば0.1[UI]つつ、同位相を変更する。
- [0112] ステップS25で、リカバリクロックタイミングによってイコライザ32の出力信号をラッチし、ステップS26で、サンプリングクロックタイミングによってイコライザ32の出力信号をラッチする。
- [0113] ステップS27で、これらステップS25, S26にてラッチで得られたイコライザ32の出力信号の論理値を相互に比較する。
- [0114] ステップS28ではこのようにして得られた論理値比較結果をテーブルデータとして得る。
- [0115] ステップS42ではサンプリングクロック信号のリカバリクロック信号に対する位相が0.4[UI]以上か否かを判定し、同位相が0.4[UI]未満であればステップS41に戻って更に同位相の値を変更した状態でステップS25~S28およびS42の動作を繰り返す。
- [0116] ステップS29では m の値が28以上か否かを判定し、 m の値が28未満であればステップS24に戻って m の値を変更し、ステップS41, S25~S29の動作を繰り返す。

- [0117] ステップS29の結果、 m の値が28以上となると、ステップS30にて、ステップS28で得られたテーブルデータの重心値(n' , m')を求める。
- [0118] ステップS31で、このようにして得られた重心値(n' , m') = (0, 0)か否かを判定する。ステップS27において未だ論理値比較結果の「一致」が得られていない場合、ステップS30にて重心値を計算できず、もって重心値(n' , m') = (0, 0)のままである(ステップS31のYes)。この場合には直接ステップS34に移行して n の値が28以上か否かを判定し、28未満であればステップS23に戻って n の値を変更し、ステップS24～S33のループを繰り返す。
- [0119] ステップS34の結果、 n の値が28以上となると、ステップS35にて、サーチ条件を変更(例えば $X=4$, $Y=28$, $Z=4$ 等)した上でステップS23に戻り、ステップS23～S34のループを繰り返す。
- [0120] 他方ステップS31の判定結果が(n' , m') = (0, 0)でない場合、すなわちステップS27の論理値比較結果の「一致」が得られた場合、ステップS32にて今回のステップS30で得られた重心値(n' , m')と前回のステップS30で得られた重心値(n'' , m'')とを比較し、その差が所定の判定値以内か否かを判定する。そしてステップS33にて、今回得られた重心値(n' , m')で「前回の重心値」(n'' , m'')を置き換えることにより「前回の重心値」(n'' , m'')を更新する。
- [0121] この例の場合、ステップS27における論理値比較の結果をステップS28にてテーブルデータとして得る動作において、各イコライザ32の特性の設定値 n , m について、ステップS41によりサンプリングクロック信号をスweepしながら複数回(上記の如く刻み=0.1[UI]とした場合、4回)行う。そして図10に示す如く、論理値比較結果が「一致」の回数をテーブルデータとして得る(ステップS28)。そしてこの回数をそのイコライザ32の特性の設定値についての重みとし、ステップS30の重心値の計算を行う。その結果図6のサンプリングクロック信号をスweepしない場合に比して、より高精度にイコライザ32の特性の設定値を最適化できる。
- [0122] 図10にはサンプリングクロック信号の位相スweepの有無によって重心位置が変わる点が示されている。すなわちサンプリングクロック信号の位相スweepを行わない図6の場合には白星印(n , m) = (7.6, 16.0)と得られるのに対し、サンプリングク

ロック信号の位相スイープを行う図9の場合、黒星印 $(n, m) = (7, 3, 16, 0)$ と得られる。上記の如く、後者の方がより精度が高く最適化がなされた結果である。

[0123] このサンプリングクロック信号の位相スイープを行う場合、イコライザ32の特性の設定値ごとの論理値比較回数が当該位相スイープの回数分となり、位相スイープ無しの場合と比較して最適化に要される時間が増加する。しかしながらこのように位相スイープを行って得た論理値比較結果の「一致」回数或いは「一致」率を重みとしてテーブルデータを得ることにより、位相スイープ無しの場合よりも高精度にイコライザ32の特性の最適化を行うことが可能となる。

[0124] この方法を使用することにより、例えばイコライザ32の特性の設定値 (n, m) の組み合わせの数が $8 \times 8 = 16$ 通りの如くの少ない組み合わせしか持たないような受信器のイコライザ32であっても、そのイコライザ32の特性の最適化を高精度化に行うことが可能となる。

[0125] 又図6或いは図10とともに上述のイコライザ32の特性の最適化の動作を複数回（例えば3回）繰り返すことによってイコライザ32の特性の最適化の確度を上げることが可能である。この方法はイコライザ32の特性に敏感な伝送系に対し特に有効と考えられる。尚複数回の最適化の動作の結果異なる設定値が得られた場合、例えばそれらの平均値を最終的な設定値として得るようにすればよい。

[0126] 又サンプリングクロック信号によってイコライザ32の出力信号をラッチする回路を、イコライザ32の特性の設定ごとの位相スイープの回数（上記例の場合「4」）と同数並列に設け、それぞれの回路で並列に相互に異なる位相のサンプリングクロック信号でイコライザ32の出力信号をラッチする構成とすることも可能である。この構成により、イコライザ32の特性の最適化に要する時間を効果的に短縮することが可能となる。

[0127] このように本発明の実施例によれば、インタフェースの設計者に意識させること無く受信器のイコライザ32の特性の最適化が可能となり、伝送路条件が変わった場合や温度やプロセス等の各種ばらつきが発生した場合にも、随時イコライザ32の設定値を最適化することができる。これにより、インタフェースの伝送品質を高い状態で保つことが可能となる。

[0128] 以下図11～12とともにイコライザ32の特性について詳細に説明する。

- [0129] 図11(a)、(b)は当該インタフェースの伝送系の周波数特性を示すグラフであり、図11(a)がイコライザ32による補償作用がない場合の特性を示し、図11(b)は、図11(c)に示す如くの特性を有するイコライザ32による補償作用が加わった結果の特性を示す。
- [0130] 図11(a)の特性の場合、高周波数帯域、すなわち1GHz～10GHzにおいて伝送損失が増加している。これに対して図11(c)に示す如く、イコライザ32によってこの帯域のゲインを上げることにより、図11(b)に示す如く、伝送系の周波数特性が補償され高周波数帯域においてある程度損失が低減されている。
- [0131] 又図12(a)はイコライザによる補償作用がない場合の受信端波形を示し、図12(b)はイコライザによる補償作用が加わった場合の受信端波形を示す。同図に示される如く、イコライザ32による周波数特性の補償機能により、EQ1特性設定値、すなわちmの調整により低周波数帯域の振幅を低下させ、EQ2特性設定値、すなわちnの調整により高周波数帯域の振幅を増加させることが可能である。
- [0132] 図12(c)は、図12(a)の波形を1[UI]で折り返して重ねて得たアイパターンを示す。同様に図12(d)は、図12(b)の波形を1[UI]で折り返して重ねて得たアイパターンを示す。
- [0133] これら図12(c)、(d)に示される如く、上記EQ1特性設定値n、EQ2特性設定値mの調整により、アイパターンのアイの部分の振幅が大きい範囲の時間軸方向の幅が広げられ、受信端波形の周波数特定が補償されている。
- [0134] 図13は上記リカバリクロック信号およびサンプリングクロック信号を説明するための図である。
- [0135] ここでは説明を簡単にするため2[UI]分の波形を使用し、サンプリングクロック信号はリカバリクロック信号に対し ± 0.3 [UI]の位相差をもつ位置に設定されるものとする。
- [0136] 通常、アイの部分の両端のクロスポイントの中央にリカバリクロックタイミングが位置するようにリカバリクロック生成部35が設計される。
- [0137] 尚リカバリクロック信号に対し、サンプリングクロック信号は ± 0.5 [UI]の位相範囲で任意に設定或いはスweepが可能である。

[0138] 図14は上述の本発明の実施例における受信器30Aの動作をコンピュータでシミュレーションする際の、当該コンピュータの構成例を示すブロック図である。

[0139] 図14に示すごとく、同コンピュータ500は、与えられたプログラムを構成する命令を実行することによって様々な動作を実行するためのCPU501と、キーボード、マウス等よりなりユーザが操作内容又はデータを入力するための操作部502と、ユーザにCPU501による処理経過、処理結果等を表示するCRT、液晶表示器等よりなる表示部503と、ROM、RAM等よりなりCPU501が実行するプログラム、データ等を記憶したり作業領域として使用されるメモリ504と、プログラム、データ等を格納するハードディスク装置505と、CD-ROM507を媒介として外部からプログラムをロードしたりデータをロードするためのCD-ROMドライブ506と、インターネット、LAN等の通信網509を介して外部サーバからプログラムをダウンロード等するためのモデム508とを有する。

[0140] 同コンピュータ500はCD-ROM507を媒介として、あるいは通信ネットワーク509を媒介として、上述の受信器30Aが実行する処理を、CPU501を使用してシミュレーションするための命令よりなるプログラムをロードあるいはダウンロードする。そしてこれをハードディスク装置505にインストールし、適宜メモリ504にロードしてCPU501が実行する。その結果、同コンピュータ500により受信器30Aの動作のシミュレーションが実現される。

請求の範囲

- [1] イコライザによりその周波数特性が補償された受信信号からリカバリクロックタイミングを得るリカバリクロック取得段階と、
前記リカバリクロックタイミングを中心とした所定のサンプリングクロックタイミングを得るサンプリングクロック取得段階と、
前記リカバリクロックタイミングで前記イコライザによりその周波数特性が補償された受信信号をラッチする第1のラッチ段階と、
前記サンプリングクロックタイミングで前記イコライザによりその周波数特性が補償された受信信号をラッチする第2のラッチ段階と、
前記第1のラッチ段階で得られた論理値と前記第2のラッチ段階で得られた論理値とを比較する論理値比較段階と、
イコライザの特性の設定を変更し、変更後のイコライザによりその周波数特性が補償された受信信号に対し前記リカバリクロック取得段階、サンプリングクロック取得段階、第1のラッチ段階、第2のラッチ段階および論理値比較段階を行う動作を繰り返して論理値比較結果のデータを収集するデータ収集段階と、
前記データ収集段階で収集された論理値比較結果のデータに基づいて前記イコライザの最適な特性の設定を求める最適設定抽出段階とよりなるイコライザ特性最適化方法。
- [2] 前記データ収集段階は前記イコライザの特性のうち、低周波数帯域の周波数特性を制御する所定の第1の係数および高周波数帯域の周波数特性を制御する所定の第2の係数を独立して変化させることにより前記イコライザの特性の設定を変更する構成とされ、
前記最適設定抽出段階は、前記データ収集段階で収集された、前記論理値比較段階で得られた比較結果を、前記所定の第1の係数および前記所定の第2の係数について2次元テーブル化し、比較結果が一致となるイコライザの特性の設定の重心を求めることにより前記イコライザの最適な特性の設定を求める構成とされてなる請求項1に記載のイコライザ特性最適化方法。
- [3] 前記最適設定抽出段階は、前記データ収集段階で収集された、前記論理値比較

段階で得られた比較結果を平均化するフィルタによって比較結果の平均値を得、前記イコライザの特性の変更に応じて得られるそれぞれの平均値に基づいて前記イコライザの最適な特性の設定を求める構成とされてなる請求項1に記載のイコライザ特性最適化方法。

- [4] 前記サンプリングクロック取得段階では、前記リカバリクロックタイミングを中心としたサンプリングクロックタイミングの代わりに、前記リカバリクロックタイミングに対する進み又は遅れの一方向のみの所定のサンプリングクロックタイミングを得る構成とされてなる請求項1に記載のイコライザ特性最適化方法。

- [5] 前記サンプリングクロック取得段階では、前記リカバリクロックタイミングを中心としたサンプリングクロックタイミングを所定の位相範囲内でスイープする構成を有し、

前記論理値比較段階では、前記変化させるイコライザの特性の設定ごとに、前記サンプリングクロックタイミングのスイープに伴って得られるそれぞれの論理値比較結果に基づいて論理値比較結果が一致する率を示す重みを求め、

前記最適設定抽出段階では、当該重みのデータに基づいて前記イコライザの最適な特性の設定を求める構成とされてなる請求項1に記載のイコライザ特性最適化方法。

- [6] リカバリクロックタイミングとサンプリングクロックタイミングとによってイコライザによりその周波数特性が補償された受信信号をラッチし、得られた論理値を比較する論理値比較段階と、

前記論理値比較段階による比較結果に基づいて前記リカバリクロックタイミングを生成するリカバリクロック生成段階と、

前記リカバリクロックタイミングを中心とした前記サンプリングクロックタイミングを生成するサンプリングクロック生成段階と、

前記イコライザの特性の設定を変更し、変更後のイコライザによりその周波数特性が補償された受信信号に対し前記リカバリクロック取得段階、サンプリングクロック取得段階、第1のラッチ段階、第2のラッチ段階および論理値比較段階を行う動作を繰り返すことによって論理値比較結果のデータを収集するイコライザ特性制御段階と、

前記データ収集段階で収集された論理値比較結果のデータに基づいて前記イコラ

イザの最適な特性の設定を求める最適設定抽出段階とよりなるイコライザ特性最適化方法。

- [7] イコライザの特性を最適化する機能を有する伝送インタフェースを有する伝送システムであって、

リカバリクロックタイミングとサンプリングクロックタイミングとによってイコライザによりその周波数特性が補償された受信信号をラッチし、得られた論理値を比較する論理値比較部と、

前記論理値比較段階による比較結果に基づいて前記リカバリクロックタイミングを生成するリカバリクロック生成部と、

前記リカバリクロックタイミングを中心とした前記サンプリングクロックタイミングを生成するサンプリングクロック生成部と、

イコライザの特性の設定を変更し、変更後のイコライザによりその周波数特性が補償された受信信号に対し前記リカバリクロック取得段階、サンプリングクロック取得段階、第1のラッチ段階、第2のラッチ段階および論理値比較段階を行う動作を繰り返すことによって論理値比較結果のデータを収集する周波数特性制御部と、

前記周波数特性制御部で収集された論理値比較結果のデータに基づいて前記イコライザの最適な特性の設定を求める最適設定抽出部とよりなる伝送システム。

- [8] 前記周波数特性制御部は前記イコライザの特性のうち、低周波数帯域の周波数特性を制御する所定の第1の係数および高周波数帯域の周波数特性を制御する所定の第2の係数を独立して変更することにより前記イコライザの特性の設定を変更する構成とされ、

前記最適設定抽出部は、前記周波数特性制御部で収集された、前記論理値比較部で得られた比較結果を、前記所定の第1の係数および前記所定の第2の係数について2次元テーブル化し、前記比較結果が一致となるイコライザの特性の設定の重心を求めることによりイコライザの特性の最適な設定を求める構成とされてなる請求項7に記載の伝送システム。

- [9] 前記最適設定抽出部は、前記周波数特性制御部で収集された、前記論理値比較段階で得られた比較結果を平均化するフィルタによって比較結果の平均値を得、イ

コライザの特性の変更に応じて得られるそれぞれの平均値に基づいてイコライザの最適な特性の設定を求める構成とされてなる請求項7に記載の伝送システム。

[10] 前記サンプリングクロック生成部は、前記リカバリクロックタイミングを中心としたサンプリングクロックタイミングの代わりに、前記リカバリクロックタイミングに対する進み又は遅れの一方向のみの所定のサンプリングクロックタイミングを得る構成とされてなる請求項7に記載の伝送システム。

[11] 前記サンプリングクロック生成部は、前記リカバリクロックタイミングを中心としたサンプリングクロックタイミングを所定の位相範囲内でスイープする構成を有し、

前記論理値比較部は、前記変化させるイコライザの特性の設定ごとに、前記サンプリングクロックタイミングのスイープに伴って得られるそれぞれの前記論理値比較結果に基づき当該論理値比較結果が一致する率を示す重みを求め、

前記最適設定抽出段階は、当該重みのデータに基づいて前記イコライザの最適な特性の設定を求める構成とされてなる請求項7に記載の伝送システム。

[12] イコライザの特性を最適化する機能を有する伝送インタフェースを有する通信装置であって、

リカバリクロックタイミングとサンプリングクロックタイミングとによって前記イコライザによりその周波数特性が補償された受信信号をラッチし、得られた論理値を比較する論理値比較部と、

前記論理値比較段階による比較結果に基づいて前記リカバリクロックタイミングを生成するリカバリクロック生成部と、

前記リカバリクロックタイミングを中心とした前記サンプリングクロックタイミングを生成するサンプリングクロック生成部と、

イコライザの特性の設定を変更し、変更後のイコライザによりその周波数特性が補償された受信信に対し前記リカバリクロック取得段階、サンプリングクロック取得段階、第1のラッチ段階、第2のラッチ段階および論理値比較段階を行う動作を繰り返して論理値比較結果のデータを収集する周波数特性制御部と、

前記周波数特性制御部で収集された論理値比較結果のデータに基づいて前記イコライザの最適な特性の設定を求める最適設定抽出部とよりなる通信装置。

- [13] 前記周波数特性制御部はイコライザの特性のうち、低周波数帯域の周波数特性を制御する所定の第1の係数および高周波数帯域の周波数特性を制御する所定の第2の係数を独立して変化させることにより前記イコライザの特性の設定を変更する構成とされ、

前記最適設定抽出部は、前記周波数特性制御部で収集された、前記論理値比較部で得られた比較結果を、前記所定の第1の係数および前記所定の第2の係数について2次元テーブル化し、前記比較結果が一致となるイコライザの特性の設定の重心を求めることによりイコライザの特性の最適な設定を求める構成とされてなる請求項12に記載の通信装置。

- [14] 前記最適設定抽出部は、前記周波数特性制御部で収集された、前記論理値比較段階で得られた比較結果を平均化するフィルタによって比較結果の平均値を得、イコライザの特性の変更に応じて得られるそれぞれの平均値に基づいて前記周波数補償部の最適な特性の設定を求める構成とされてなる請求項12に記載の通信装置。

- [15] 前記サンプリングクロック生成部は、前記リカバリクロックタイミングを中心としたサンプリングクロックタイミングの代わりに、前記リカバリクロックタイミングに対する進み又は遅れの一方向のみの所定のサンプリングクロックタイミングを得る構成とされてなる請求項12に記載の通信装置。

- [16] 前記サンプリングクロック生成部は、前記リカバリクロックタイミングを中心としたサンプリングクロックタイミングを所定の位相範囲内でスイープする構成を有し、

前記論理値比較部は、前記変化させるイコライザの特性の設定ごとに、前記サンプリングクロックタイミングのスイープに伴って得られるそれぞれの論理値比較結果に基づき当該論理値比較結果が一致する率を示す重みを求め、

前記最適設定抽出段階は、当該重みのデータに基づいて前記イコライザの最適な特性の設定を求める構成とされてなる請求項12に記載の通信装置。

- [17] イコライザ特性最適化方法をコンピュータに実行させるためのプログラムであって、コンピュータに、

イコライザのより周波数特性が補償された受信信号の波形からリカバリクロックタイミ

ングを得るリカバリクロック取得段階と、

前記リカバリクロックタイミングを中心とした所定のサンプリングクロックタイミングを得るサンプリングクロック取得段階と、

前記リカバリクロックタイミングでイコライザのより周波数特性が補償された受信信号をラッチする第1のラッチ段階と、

前記サンプリングクロックタイミングでイコライザのより周波数特性が補償された受信信号をラッチする第2のラッチ段階と、

前記第1のラッチ段階で得られた論理値と前記第2のラッチ段階で得られた論理値とを比較する論理値比較段階と、

前記イコライザの特性の設定を変更し、変更後のイコライザのより周波数特性が補償された受信信号に対し前記リカバリクロック取得段階、サンプリングクロック取得段階、第1のラッチ段階、第2のラッチ段階および論理値比較段階を行う動作を繰り返すことにより論理値比較結果のデータを収集するデータ収集段階と、

前記データ収集段階で収集された論理値比較結果のデータに基づいて前記イコライザの最適な特性の設定を求める最適設定抽出段階とを実行させるための命令よるなるプログラム。

- [18] 前記データ収集段階は前記イコライザの特性のうち、低周波数帯域の周波数特性を制御する所定の第1の係数および高周波数帯域の周波数特性を制御する所定の第2の係数を独立して変化させることにより前記イコライザの特性の設定を変更する構成とされ、

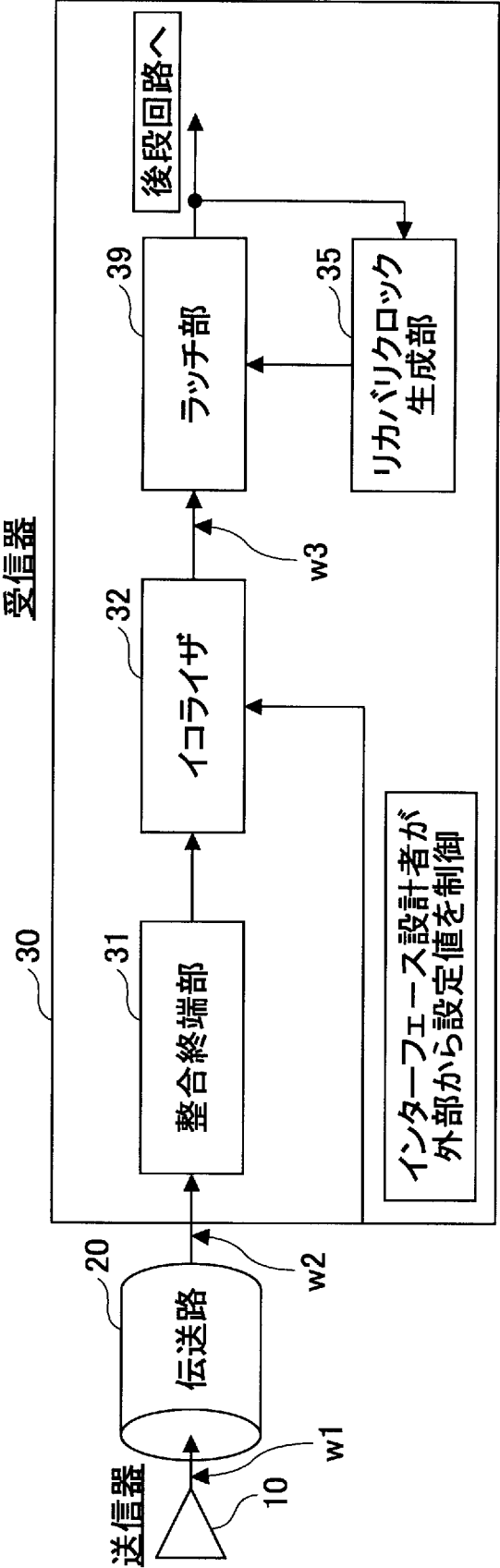
前記最適設定抽出段階は、前記データ収集段階で収集された、前記論理値比較段階で得られた比較結果を、前記所定の第1の係数および前記所定の第2の係数について2次元テーブル化し、前記比較結果が一致となるイコライザの特性の設定の重心を求めることにより前記イコライザの最適な特性の設定を求める構成とされてなる請求項17に記載のプログラム。

- [19] 前記最適設定抽出段階は、前記データ収集段階で収集された、前記論理値比較段階で得られた比較結果を平均化するフィルタによって比較結果の平均値を得、前記イコライザの特性の変更に応じて得られるそれぞれの平均値に基づいて前記イコ

ライザの最適な特性の設定を求める構成とされてなる請求項17に記載のプログラム。
。

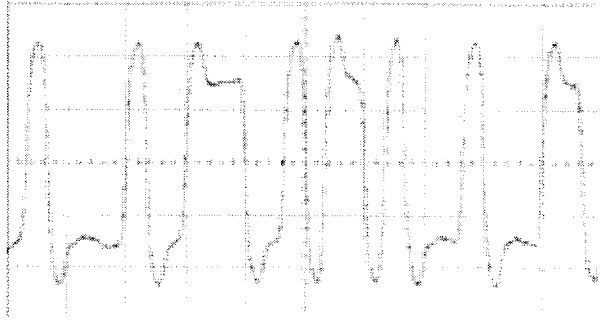
- [20] 前記サンプリングクロック取得段階では、前記リカバリクロックタイミングを中心としたサンプリングクロックタイミングを所定の位相範囲内でスイープする構成を有し、
前記論理値比較段階では、前記変更するイコライザの特性の設定ごとに、前記サンプリングクロックタイミングのスイープに伴って得られるそれぞれの論理値比較結果に基づき当該論理値比較結果が一致する率を示す重みを求め、
前記最適設定抽出段階では、当該重みのデータに基づいて前記イコライザの最適な特性の設定を求める構成とされてなる請求項17に記載のプログラム。

[図1A]



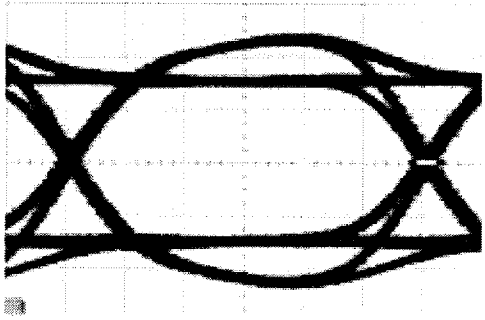
[図1B]

送信端波形



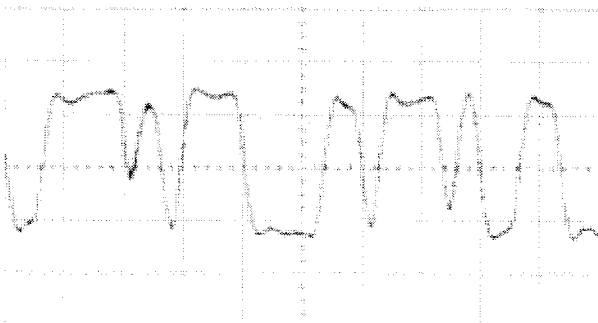
[図1C]

送信端波形(アイパターン)



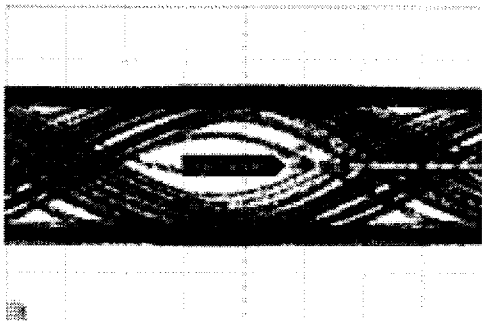
[図1D]

受信端波形



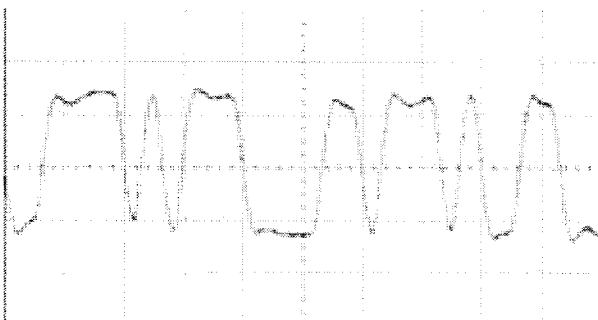
[図1E]

受信端波形(アイパターン)



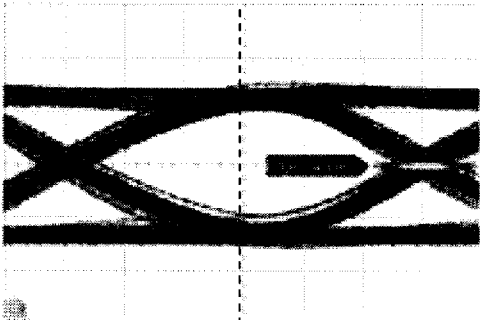
[図1F]

イコライザ出力波形



[図1G]

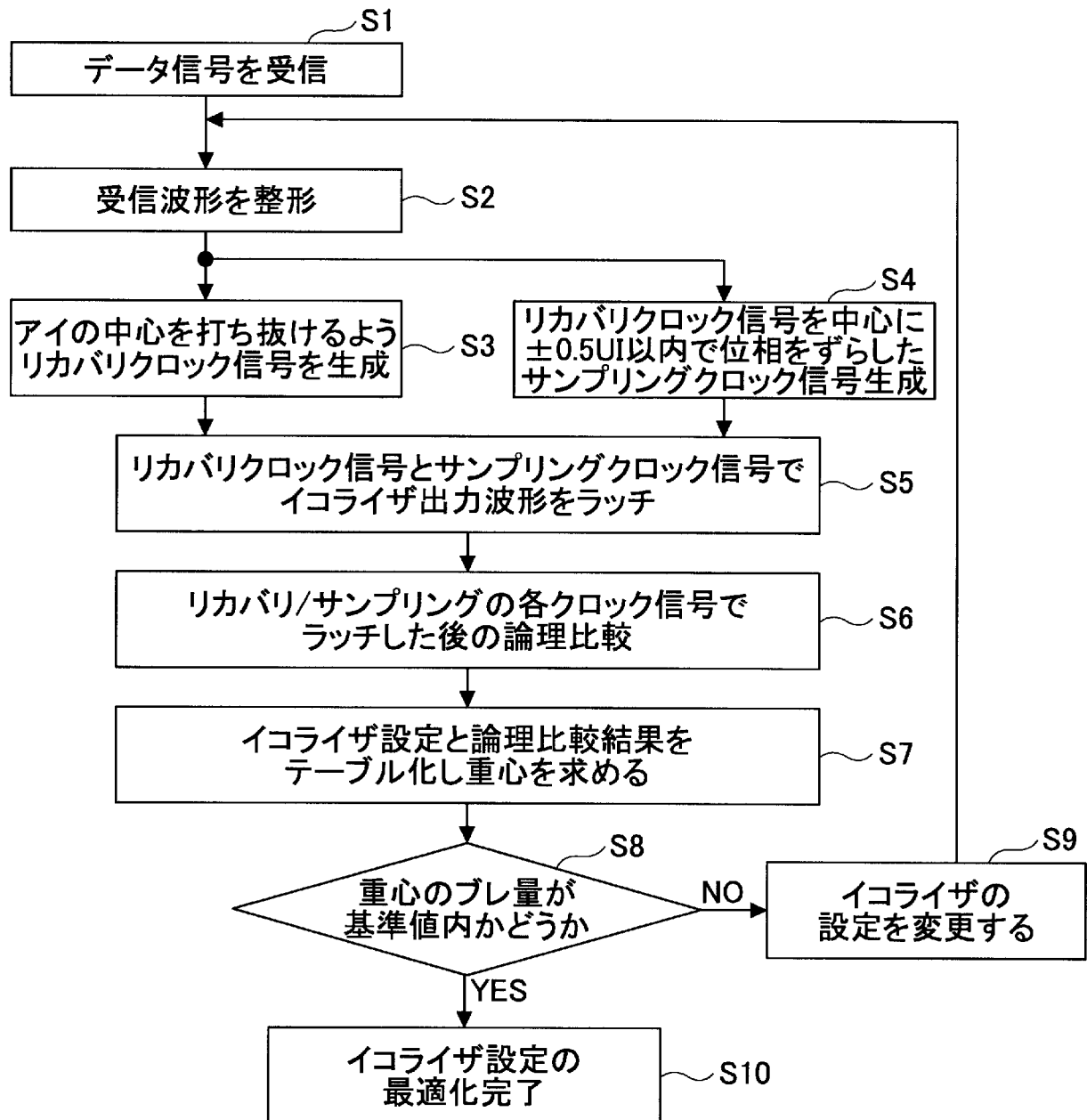
イコライザ出力波形(アイパターン)



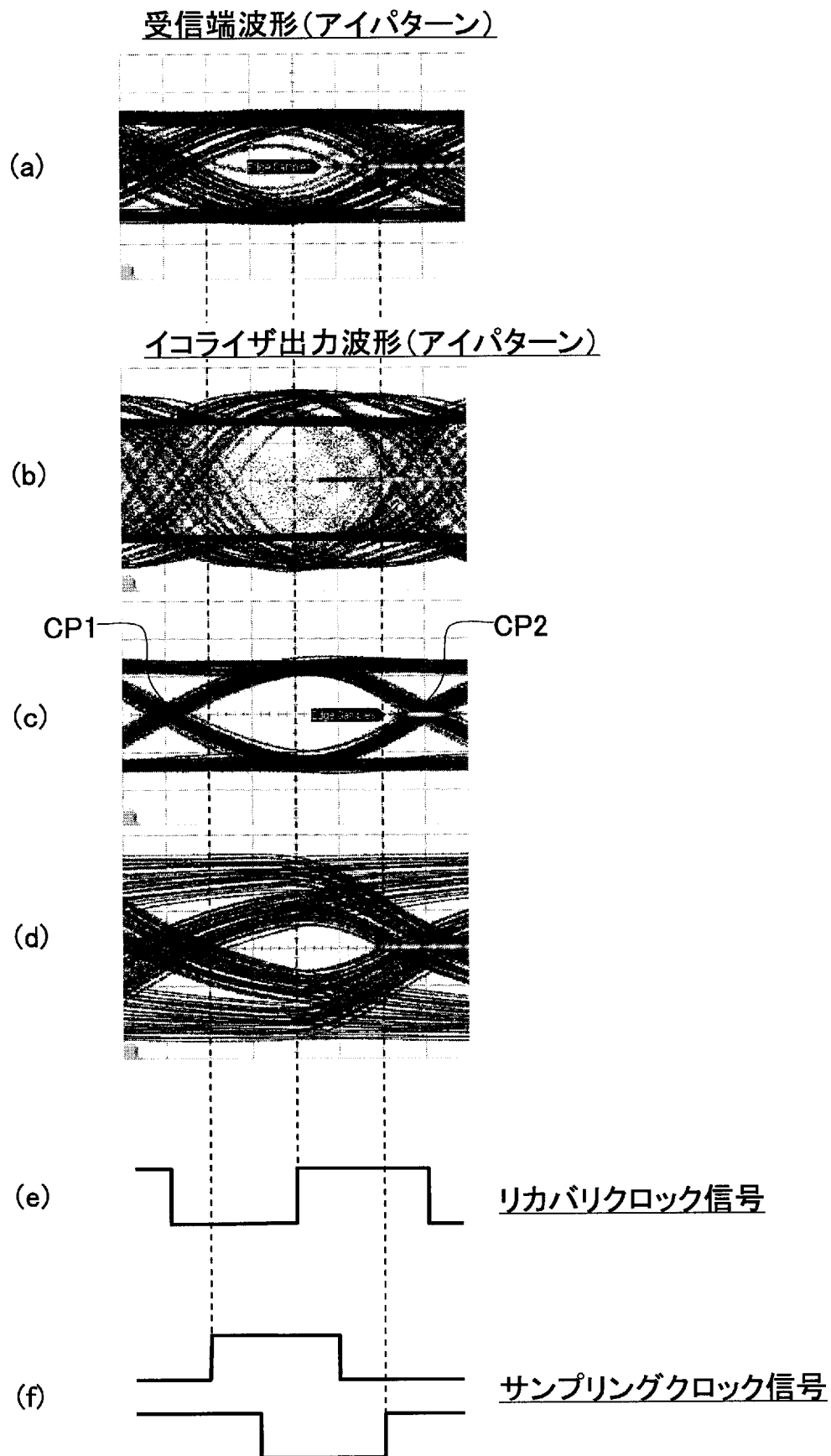
リカバリクロック



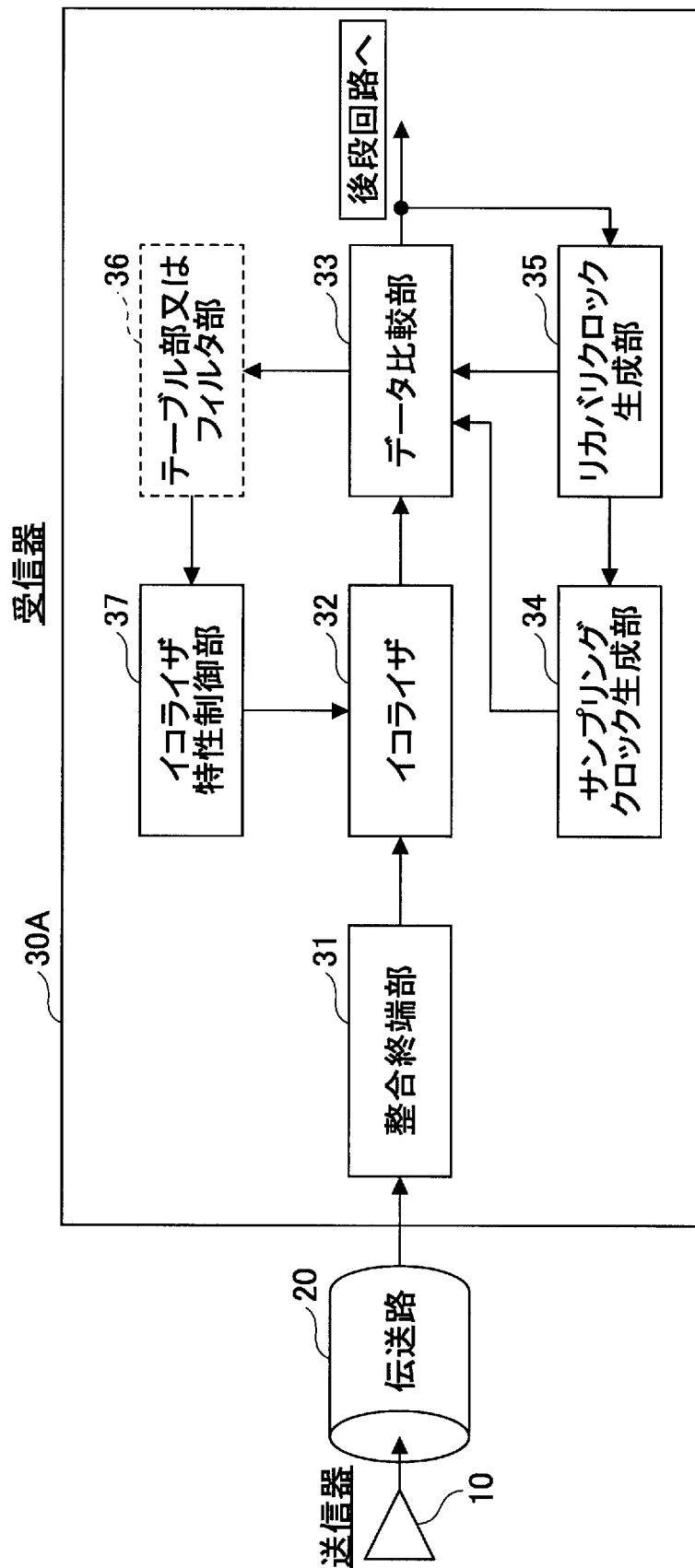
[図2]



[図3]



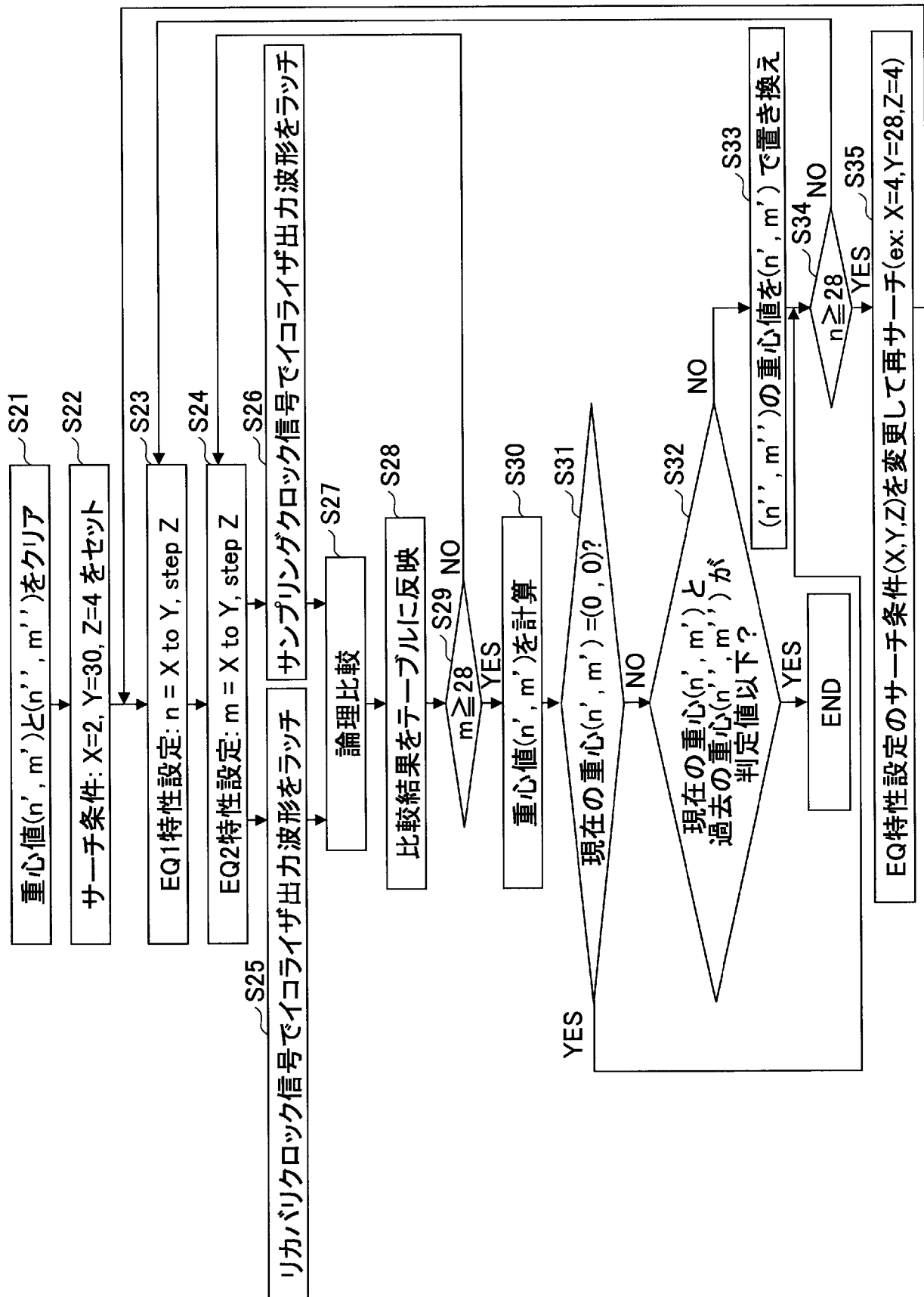
[図4]



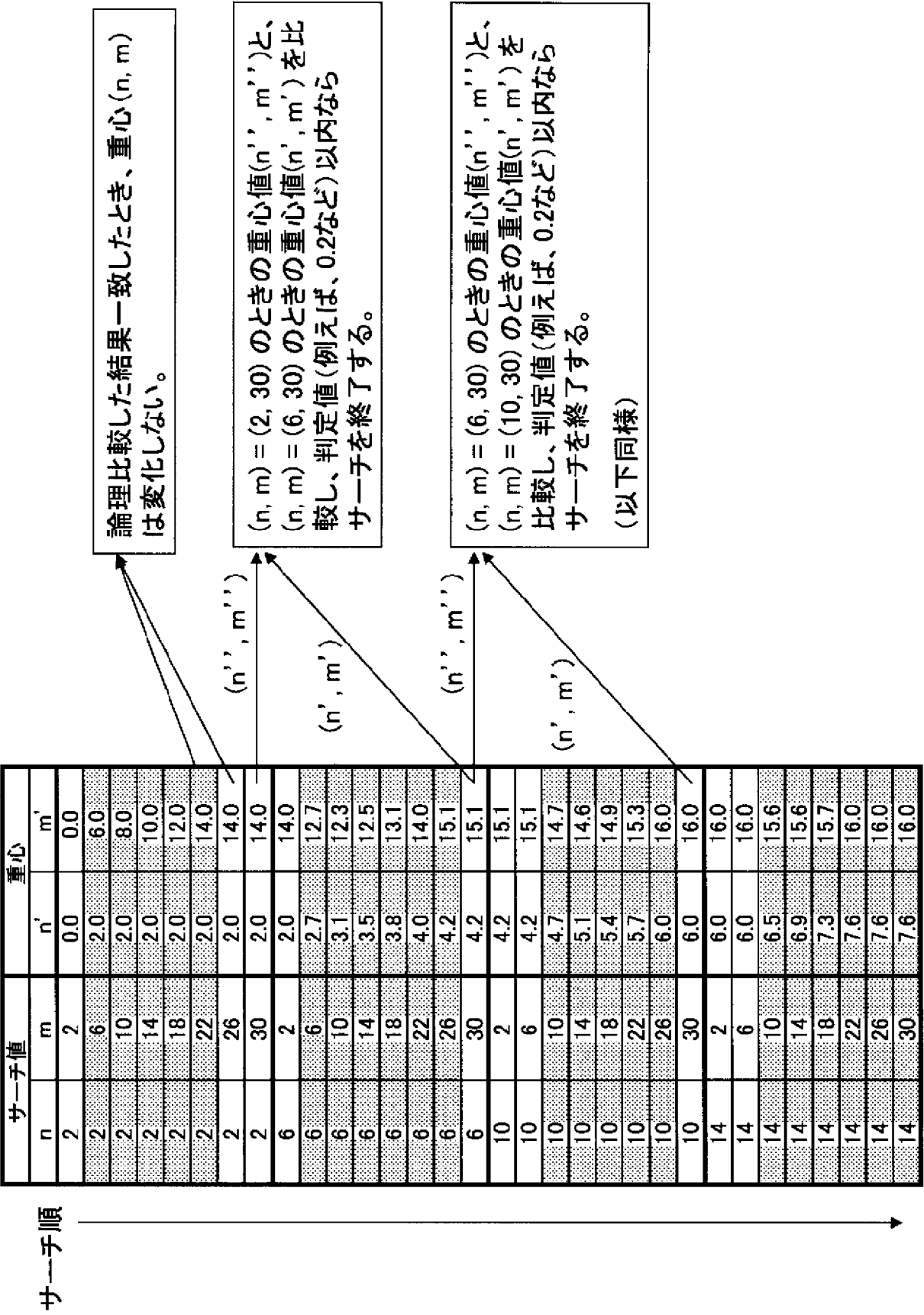
[図5]

[illegible]

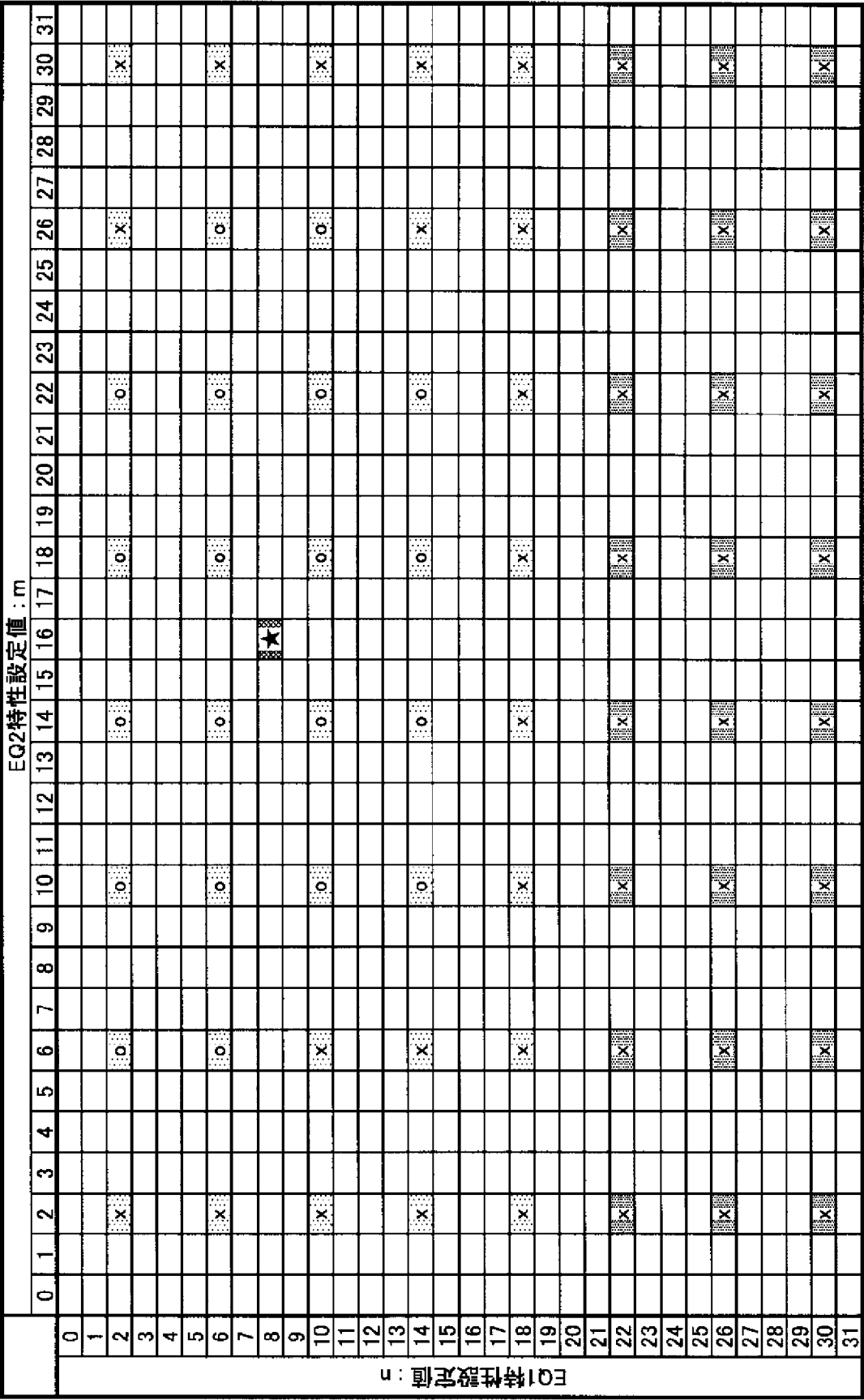
[図6]



[図7]



[図8]



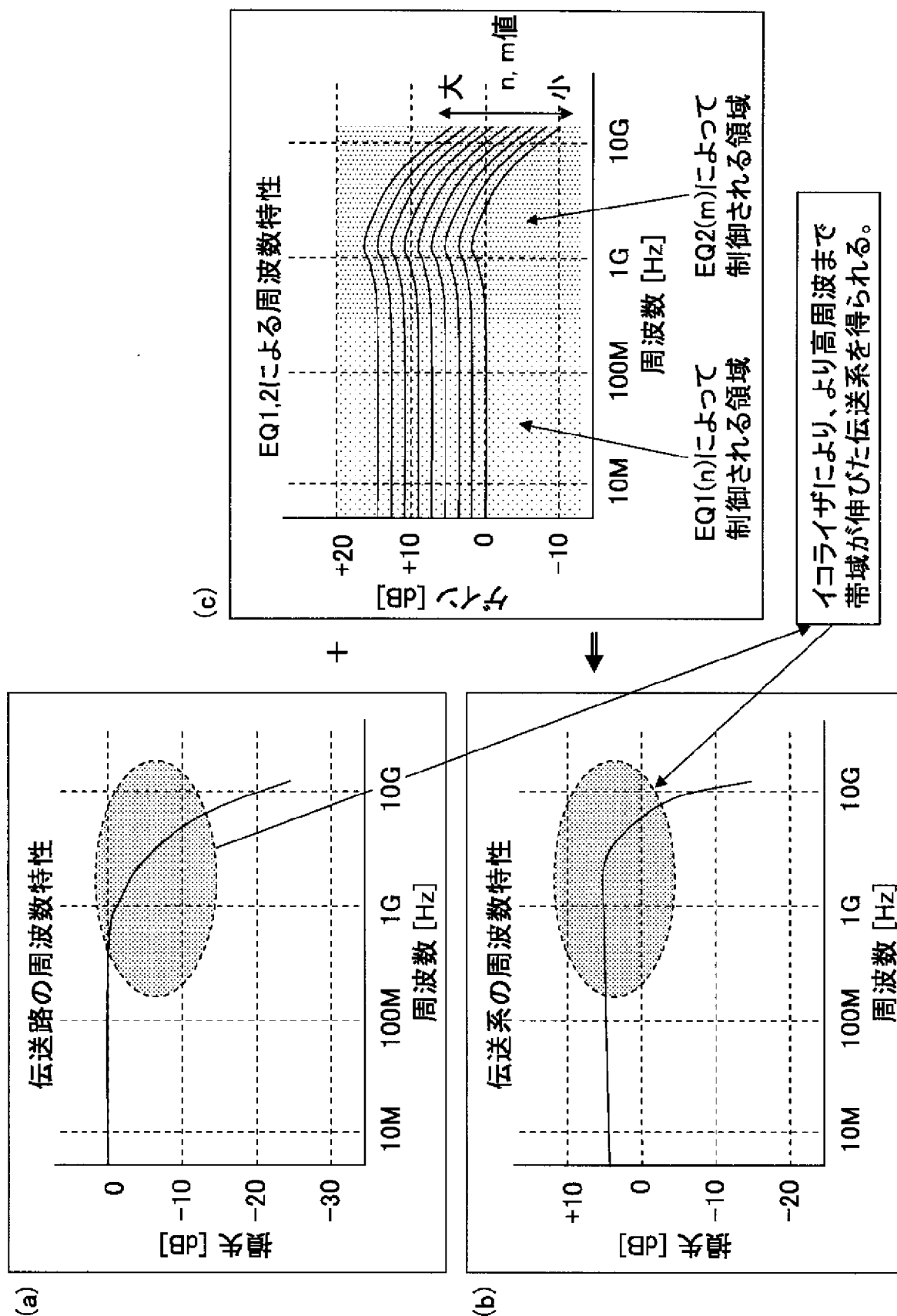
★位置が重心

[図10]

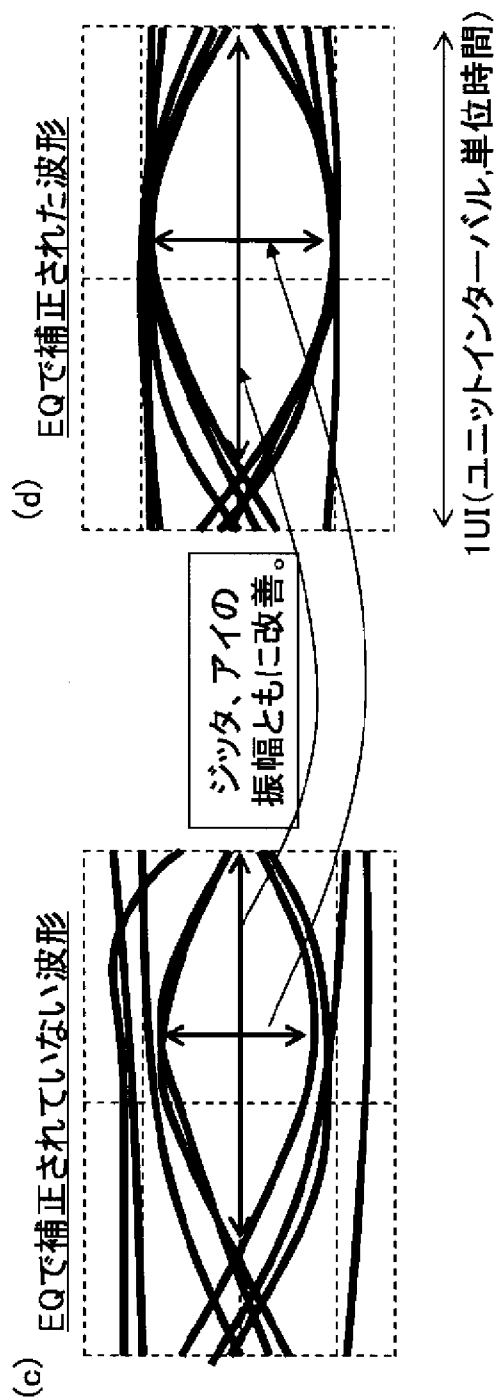
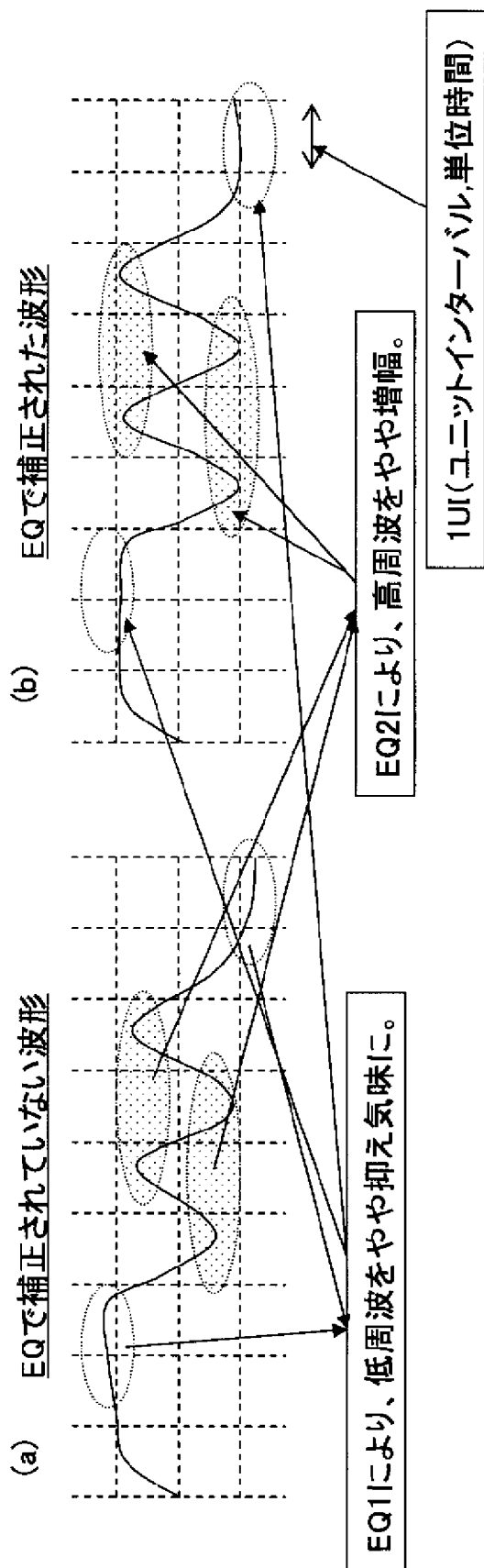
		EQ2特性設定値 : m																																	
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31		
EQ1特性設定値 : n	0																																		
	1											2				3				3				2											
	2		0					1																					0				0		
	3																																		
	4																																		
	5																																		
	6		0					1				2				4			4				2					1				0			
	7																	★	☆																
	8																	☆																	
	9																																		
	10		0					0				2				4			4				2					1				0			
	11																																		
	12																																		
	13																																		
	14		0					0				1				2			2				1					0				0			
	15																																		
	16																																		
	17																																		
	18		0					0				0				0			0				0					0				0			
	19																																		
	20																																		
	21																																		
	22		0					0				0				0			0				0					0				0			
	23																																		
	24																																		
	25																																		
	26		0					0				0				0			0				0					0				0			
	27																																		
	28																																		
	29																																		
	30		0					0				0				0			0				0									0			
	31																																		

☆位置が位相スイープ無しの場合の重心 (n=7.6, m=16.0)。
★位置が位相スイープ有りの場合の重心 (n=7.3, m=16.0)。
表中の数値はリカバリ／サンプリングの両クロック信号でラッチした
論理が一致した数。位相スイープ分が重みになっている。

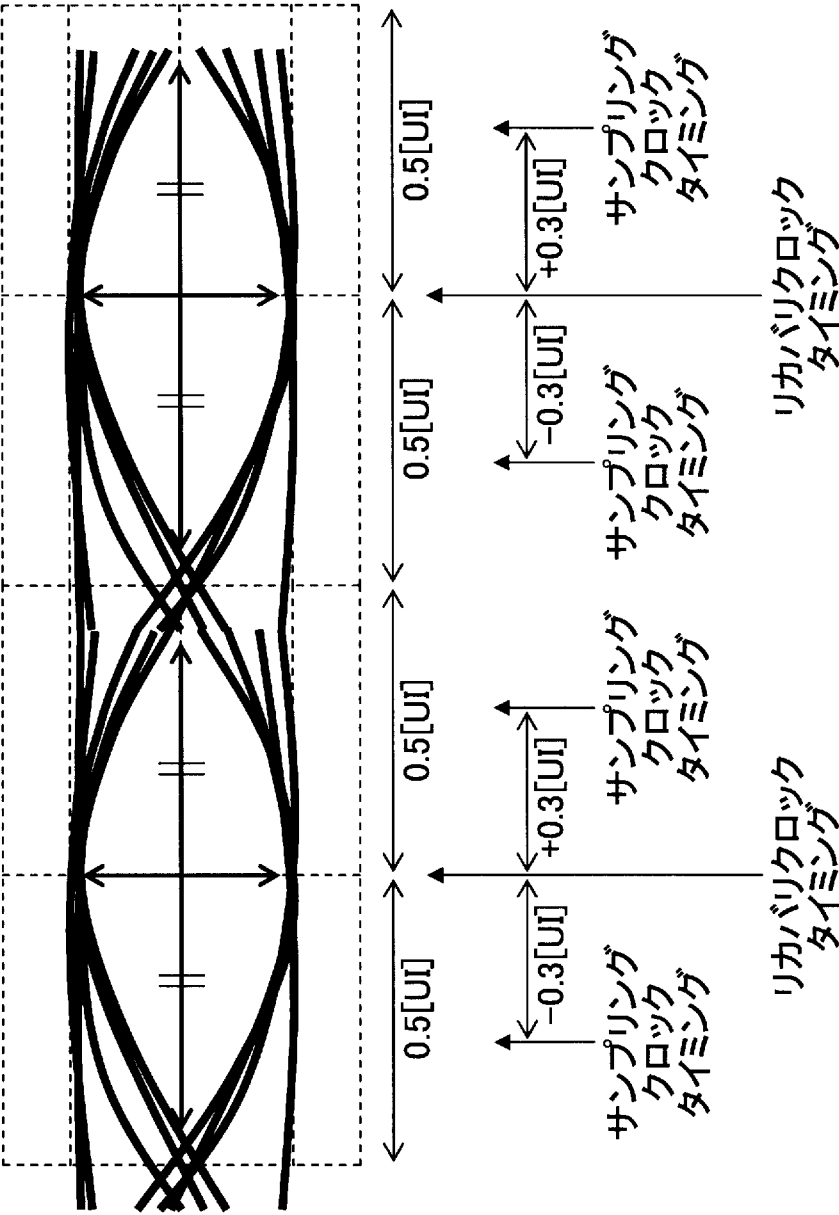
[図11]



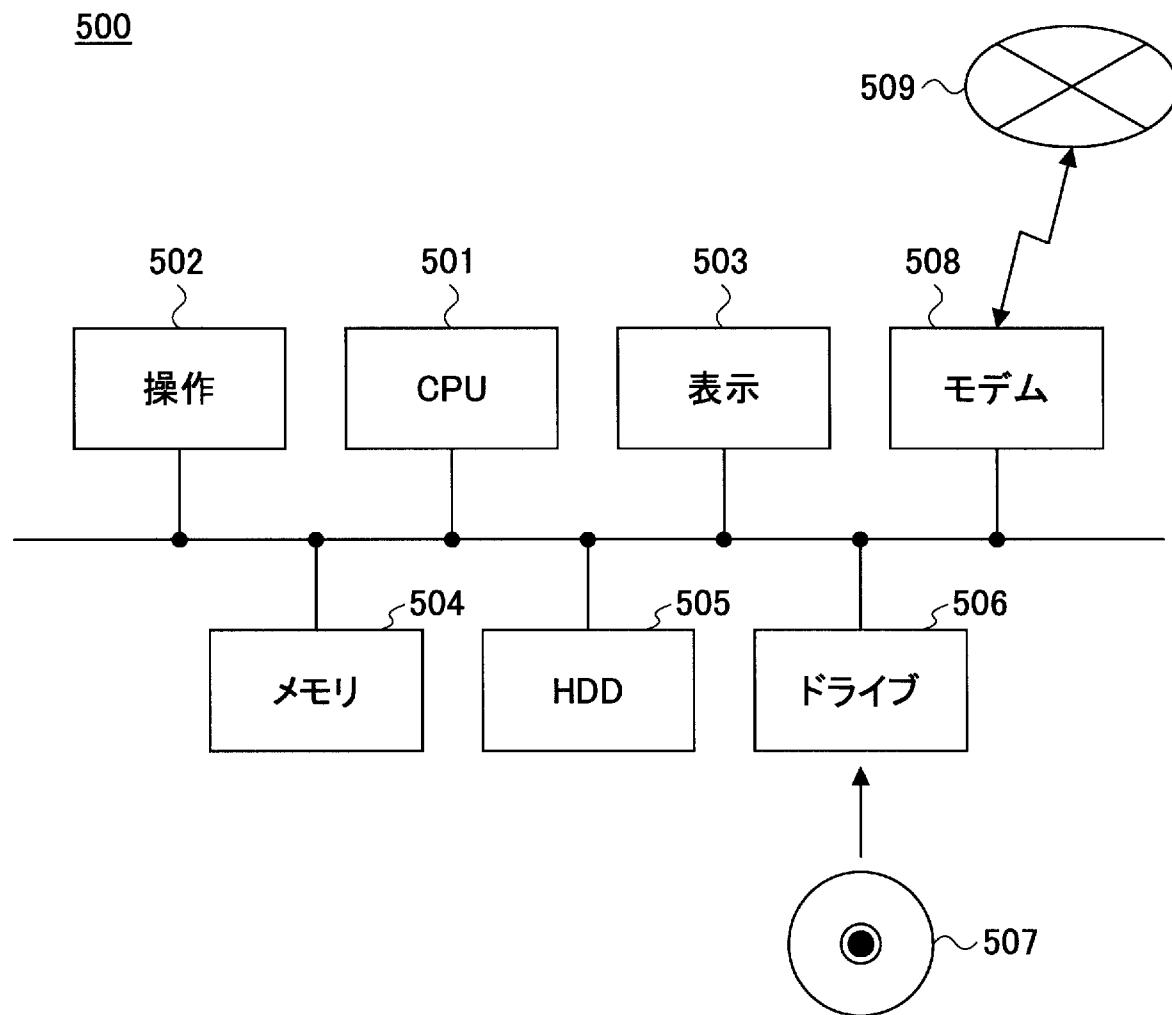
[図12]



[図13]



[図14]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2007/056398

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H04B3/06(2006.01) i, H04L25/03(2006.01) i

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)

H04B3/00-3/60, H04L25/00-25/66, H04L7/00-7/10

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

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2007
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2007	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2007

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.
A	JP 2005-303607 A (Fujitsu Ltd.), 27 October, 2005 (27.10.05), Par. Nos. [0022] to [0047]; Figs. 5 to 16 & US 2005/0226355 A1 & EP 1585279 A2	1-20
A	JP 2007-53648 A (Fujitsu Ltd.), 01 March, 2007 (01.03.07), Par. Nos. [0040] to [0080]; Figs. 1 to 8 & US 2007/0041454 A1	1-20

☐ 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
26 June, 2007 (26.06.07)

Date of mailing of the international search report
10 July, 2007 (10.07.07)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. H04B3/06(2006.01)i, H04L25/03(2006.01)i

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））

Int.Cl. H04B3/00-3/60, H04L25/00-25/66, H04L7/00-7/10

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	1971-2007年
日本国実用新案登録公報	1996-2007年
日本国登録実用新案公報	1994-2007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 請求の範囲の番号
A	JP 2005-303607 A（富士通株式会社）2005.10.27, 段落【0022】～【0047】、【図5】～【図16】 & US 2005/0226355 A1 & EP 1585279 A2	1-20
A	JP 2007-53648 A（富士通株式会社）2007.03.01, 段落【0040】～【0080】、【図1】～【図8】 & US 2007/0041454 A1	1-20

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矛盾するものではなく、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

26.06.2007

国際調査報告の発送日

10.07.2007

国際調査機関の名称及びあて先

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

特許庁審査官（権限のある職員）

東 昌秋

5 J

3139

電話番号 03-3581-1101 内線 3534