

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5037397号
(P5037397)

(45) 発行日 平成24年9月26日 (2012. 9. 26)

(24) 登録日 平成24年7月13日 (2012. 7. 13)

(51) Int. Cl.	F I
G 0 4 G 5/00 (2006. 01)	G O 4 G 5/00 J
G 0 4 C 9/02 (2006. 01)	G O 4 C 9/02 D

請求項の数 5 (全 18 頁)

(21) 出願番号	特願2008-75637 (P2008-75637)	(73) 特許権者	000001960
(22) 出願日	平成20年3月24日 (2008. 3. 24)		シチズンホールディングス株式会社
(65) 公開番号	特開2009-229271 (P2009-229271A)		東京都西東京市田無町六丁目1番12号
(43) 公開日	平成21年10月8日 (2009. 10. 8)	(74) 代理人	100126583
審査請求日	平成22年11月12日 (2010. 11. 12)		弁理士 宮島 明
		(74) 代理人	100100871
			弁理士 土屋 繁
		(72) 発明者	木村 力
			埼玉県所沢市大字下富840番地2 シチ
			ズンテクノロジーセンター株式会社内
		審査官	藤田 憲二

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 標準電波受信装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

所定の周期に含まれる複数の矩形のパルス幅によって複数のコードを表し、所定のビットに割り当てられた時間情報が前記複数のコードによって定義されたタイムコードを含む標準電波を受信して復調を行い復調信号を出力する受信手段と、

前記受信手段より出力された復調信号をデジタル信号に変換するための閾値を持ち、デジタル信号を出力する比較手段と、

前記デジタル信号から前記タイムコードを復号するデコード手段と、

前記デコード手段出力から時刻情報を抽出し、時刻修正を行う制御手段と、

前記比較手段の閾値を切り替える、もしくは調整する選択手段と、

を有する標準電波受信装置において、

前記デコード手段は、第1の記憶手段を有し、

前記制御手段は、第2の記憶手段を有し、

前記デコード手段は、前記比較手段の出力を前記第1の記憶手段に記憶して、その記憶されたデータに基づいて前記比較手段の閾値の切替信号を前記選択手段に出力し、

前記制御手段は、前記デコード手段の出力を前記第2の記憶手段に記憶して、その記憶されたデータに基づいて前記比較手段の閾値の切替信号を前記選択手段に出力し、

前記選択手段は、

前記デコード手段からの切替信号と前記制御手段からの切替信号のいずれか、または両方を用いて前記比較手段の閾値を切り替えることを特徴とする標準電波受信装置であって

10

20

前記第 1 の記憶手段に記憶された比較手段の出力データは、サンプリングにより H I G H となるカウント数を計数し、理論値の所定期間における平均値もしくは想定範囲を基準として判定するものであり、

前記第 2 の記憶手段に記憶されたデコード手段の出力データは、タイムコードの同一コード連続出現ビット数、もしくは同一コードの出現間隔に基づいて判定するもの、であることを特徴とする標準電波受信装置。

【請求項 2】

前記比較手段は、比較器を複数有し、それぞれの比較器が独立した複数の閾値を持ち、前記受信手段より出力された前記複数の閾値とをそれぞれ比較して独立したデジタル信号を前記デコード手段に対して出力することを特徴とする請求項 1 に記載の標準電波受信装置。

10

【請求項 3】

前記複数の閾値を持つ前記比較手段は、一定周期で前記閾値を切り替えることを特徴とする請求項 2 に記載の標準電波受信装置。

【請求項 4】

前記受信手段より出力された復調信号を入力し、受信している標準電波の状態を判断する受信状態判断手段を有し、

前記選択手段は、

前記受信状態判断手段の出力と、前記デコード手段の前記第 1 の記憶手段に記憶された前記比較手段の出力のデータと、前記制御手段の前記第 2 の記憶手段に記憶された前記デコード手段の出力のデータと、に基づいて閾値の切り替えを行うことを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれか 1 つに記載の標準電波受信装置。

20

【請求項 5】

前記受信手段より出力された復調信号を入力し、受信している標準電波の局を検知する送信局検知手段を有し、

前記選択手段は、

送信局検知手段の出力と、前記デコード手段の前記第 1 の記憶手段に記憶された前記比較手段の出力のデータと、前記制御手段の前記第 2 の記憶手段に記憶された前記デコード手段の出力のデータと、に基づいて閾値の切り替えを行うことを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれか 1 つに記載の標準電波受信装置。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、時刻情報を含む標準電波を受信する標準電波受信装置に関し、特に電波時計に関する。

【背景技術】

【0002】

[標準電波とタイムコードの説明]

40

標準電波は、世界各国で周波数標準と時刻情報の標準とを提供するために数 10 kHz の長波帯、もしくは 1 ~ 15 MHz の短波帯で送信されている。この時刻情報には、一般に時間、日付、年、曜日、うるう秒、サマータイムなどの情報が含まれる。日本では独立行政法人情報通信機構により、2 つの送信局から 40 kHz と 60 kHz とで送信されている。

【0003】

標準電波は、一般に AM 変調による搬送波で送信され、無変調時の振幅を 100 % とした場合、変調時の振幅を 25 % から 10 % 程度に変化させることにより HIGH と LOW の 2 値を表している。復調された信号は、これら 2 値によるパルス信号となる。標準電波は、ある一定時間ごとに 1 ビットを送信し、1 ビットには 1 つのコードが割り当てられる

50

。

ただし、ここで言う“ビット”とはあくまで標準電波がおくる情報の最小単位のことであって、例えば、「デジタル的な数値の“0101”は4ビット」と言うときのビットとは異なる。

【0004】

標準電波におけるコードは、パルス信号のパルス幅によって定義され、複数のコードが存在する。日本の標準電波の場合、図12、図13に示したように“0”、“1”、“P”の3つのコードがそれぞれ、800ms、500ms、200msのパルス幅を持っている。ただし、パルス幅と各コードの定義は送信局によって大きく異なる。

【0005】

10

時刻情報は、日本の標準電波を一例とすると、図14に示したように、その1周期のなかで時間、日付などの情報がそれぞれのブロックに割り当てられ、各ブロックは数ビットのビット幅を持つ。各ブロックの各ビットには、“0”、“1”、“P”のコードのいずれかが割り当てられる。これらコードの組合せにより時、分、日付などの情報が表現され、そのため、標準電波の時間情報は、タイムコードとも呼ばれる。コードの中で“P”はポジションマーカーと呼ばれ、これは時間などの情報を示す物ではなく、タイムコードの1周期の先頭や各ブロック先頭などタイムコードの周期の中の特定の場所を示すものである。

【0006】

タイムコードの定義は送信局によって異なるが、世界の多くの送信局のタイムコードはマーカー以外の時刻情報の各ビットに割り当てられるコードは“0”、“1”で、これら2つのコードを用いた2進法によって各ブロックの情報を表す。

20

【0007】

例えば、日本の標準電波の場合、2進化10進数(BCD)と類似した方法により時刻情報が表される。1秒に1ビットが割り当てられ、0から59ビットでタイムコードの1周期、つまり1分でタイムコードの1周期となる。ビット1からビット8までが分ブロックであり、“1”となったビットの持つ時刻情報数値を足し合わせることで現在の分が表される。例えばビット1からビット8までのコードが

{“0”, “1”, “0”, “0”, “0”, “1”, “0”, “1”}

となる場合、 $20 + 4 + 1 = 25$ [分]となる。

30

【0008】

[コード判定の説明]

タイムコードが上述のように定義されていることから、受信手段で復調された信号のパルス幅を計測することにより“0”、“1”、“P”などのコードを判定することができる。

例えば、一定周期で2値化信号のサンプリングを行い、1秒間におけるHIGHの回数をサンプリング回数で割ればパルス幅を推定することができる。

【0009】

また、異なるコードは全て毎秒の最初で立ち上がり、それぞれ定義された時間だけHIGHを維持した後に立ち下がるので、一秒間におけるある区間については、特定のコードのみがHIGHになる区間がある。例えば日本の標準電波のタイムコードの場合、“0”、“1”、“P”の全ては毎秒0msで立ち上がり、“P”は200msで、“1”は500msで、“0”は800msで立ち下がるから、

40

0msから200msまでは“P”と“1”と“0”、

200msから500msまでは“1”と“0”、

500msから800msまでは“0”、

がHIGHになるはずである。これらの区間別にHIGH、LOWを判定し、その区間別の判定を組み合わせて毎秒の、“0”、“1”、“P”の判定を行うことができる。また、ありえない組み合わせについては、エラーコードとして判定することなどもできる。

【0010】

50

〔感度の評価〕

コード判定結果を用いて標準電波受信装置の感度を評価する代表的な基準として、ビットエラー率（BER）がある。これはある一定時間中にエラーとなったビット数を全体のビット数で割ったものである。100ビット中に1ビットがエラーとなれば、

$$1/100 = 0.01$$

でBERは0.01もしくは1%と表現される。タイムコードは重畳性がほとんど無いため、BERが数%になれば受信不可能となる。

【0011】

以上説明したように、標準電波受信装置の受信感度はパルス幅の正確性に大きく依存している。つまりは、復調信号の2値化の精度をあげることが標準電波受信装置の受信感度の向上の重要な要素の一つとなっている。

10

【0012】

〔従来技術の概要〕

また、復調信号に含まれるノイズなどの影響を排除する技術も知られている。例えば、復調信号を2値化する際の閾値のレベルを下側、もしくは上側に調整することによって復調信号の上側、もしくは下側に発生するノイズを避ける技術が知られている（特許文献1参照。）。

【0013】

特許文献1に示した従来技術は、送信局によってこの復調信号を2値化するための閾値レベルを標準レベルから高めもしくは低めの閾値レベルに切り替えている。標準閾値は復調信号のピークとボトムとの中間レベルである。

20

【0014】

【特許文献1】特開2007-139705号公報（第15頁、第20～22図）

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0015】

〔タイムコードの特性と問題点〕

標準電波で送られてくる時刻情報には、一部の送信局の限られた情報についてのパリティチェックを除き、冗長性がなく、コードの誤判定を検出する方法、またそれを修正する手段がないという根本的な問題があるから、あるビットについてコード判定を行う際に、そのとき受信した信号以外の情報源はなく、コード判定の精度は、復調信号もしくはパルス信号の特性のみに依存している。また、取得した情報の信頼性を上げるためには、タイムコードを複数周期受信し、タイムコードの同じビットのデータについて比較、修正しなければならない。受信環境が悪化すればするほど、より多くデータを取らなければならず、受信時間が長くなるという問題点もある。

30

【0016】

復調信号の特性は、主に電界強度と、信号成分とノイズ成分との比（SNR）と、に依存している。電界強度の低下、ノイズ成分の増加などにより、時間軸上のパルスの立ち上がり位置、またはパルス幅などが送信された元のコードから大きく異なってくる場合、コード判定、および時間情報取得は正確に行われず、その時点で受信の限界となる。

40

【0017】

〔従来技術の具体的な問題1：閾値の切替についての問題点〕

図8は、特許文献1に示した従来技術の復調信号の波形における閾値レベルとノイズを避ける説明にかかわる部分を、その主旨を逸脱しない範囲で書き直した図面である。図8の復調信号の波形に対して、801、802は復調信号のそれぞれ上側、下側のピークを滑らかにつないだ線であり、これらの中間レベルである803が復調信号を2値化するための閾値である。804、805はそれぞれ上側、下側に出現するノイズである。

【0018】

図8のように、復調信号の波形全体が安定していて、ノイズレベルが低い場合は、ノイズ804、805のようなノイズは復調信号の波形の中間レベルを閾値とすることで容易

50

に避けることができる。

【0019】

ノイズ804、805のいずれかが中間レベル803に掛かるようなノイズに成長した場合について、特許文献1に示した従来技術1では、閾値レベルを上側、または下側に調整することでそのノイズを避けている。

【0020】

この技術の基本となっているのは、特定の送信局について、上側、もしくは下側どちらか一方のノイズが深刻であることを想定し、送信局によって閾値レベルを上側、もしくは下側の一定方向へ移動させることでノイズを避けるということである。

【0021】

しかし、特定の送信局について、例えば、下側に出現するノイズを避けるために、あらかじめ閾値レベルを中間レベルより上げた場合、実際の受信環境において上側のノイズが多くなれば、閾値レベルを調整したことにより、むしろBERが悪化し、受信感度は低下する。逆に、ある送信局におけるノイズを上側に出現すると想定した場合も実際の環境で下側のノイズが多くなれば同様にこの閾値レベルの調整により感度が悪化する可能性がある。

【0022】

[従来技術の具体的な問題2：閾値レベルの問題点]

以下、従来技術と実際の受信環境から推測される閾値レベルの問題点について説明する。実際の受信環境において、特に電界強度が非常に低い場合は受信環境に影響されやすく、復調信号の波形の振幅が連続的に変化したり、波形全体が上下に揺らいだりする。こういった状況においては、閾値レベルがこれらに影響されて適正なレベルから外れ、2値化後のデジタル信号のパルス幅が不正確になり、コード判定においてエラービットを発生させやすくなる。

【0023】

図9に復調信号の波形の振幅が揺らいだ場合の復調信号の波形を示す。この図において、もし上側ピークのレベル801が振幅の揺らぎに追従するようなときには、806の信号を捉えることができるが、805のノイズを避けることはできない。一方、振幅の揺らぎを無視し、大きな信号だけに追従するような場合には、805のノイズを避けることはできるが、806の信号部分を閾値で捉えることができなくなる。

【0024】

また、図10に周期的な低周波のスパイク状のノイズが混入した場合の復調信号の波形を示す。この場合、802の下側ピークレベルはスパイク状ノイズに引っ張られ、さらに閾値レベルがこれにつられて、適正なレベルより低くなる。図10のように、復調信号はタイムコードを十分反映しているにもかかわらず、ノイズの影響によりタイムコードのパルス幅を正確に再現できなくなる可能性がある。

【0025】

上側ピークのレベルが図10のような狭い幅のノイズを避けるような調整を行った場合は、日本の標準電波の”P”のような細いパルスのピークに対して鈍感になり、正確にパルス幅を再現できなくなる。日本の標準電波の”P”コードを誤って避ける可能性があり、最悪の場合、分同期がとれなくなる可能性がある。これはタイムコードのパルス幅が狭いコードになればなるほど顕著になり、”0”、“1”のコードがそれぞれ100ms、200msのパルス幅を持つドイツのDCFのタイムコードの場合はこの問題はより深刻となる。

【0026】

また、図11のように復調信号の波形が揺らいだときには、ピークレベルの追従性を調整するのが難しく、適切な閾値レベルを設定することは困難である。

【0027】

こういったノイズや復調信号の波形の望ましくない特徴は、送信局のタイムコードや送信周波数によって特定されるものではなく、受信環境、受信手段の特性などの組み合わせ

10

20

30

40

50

により多種多様に発生する。電界強度が下がったり、送信周波数と非常に近い周波数をもった近接ノイズなどが存在すれば、その影響はより顕著であり、あらかじめある特定のノイズだけを想定することはエラービットを発生させやすく誤受信の要因ともなる。

【0028】

以上説明したとおり、従来技術では、復調信号が安定しているという仮定で復調信号の振幅や上側ピークレベル、下側ピークレベルを決定し、閾値を決定している。

【0029】

本発明は上記課題を解決するもので受信環境の変化やノイズの混入の影響により、復調波形が不安定になった場合でも、適切な閾値レベルを見つけだし、正確にコード判定を行い、正確な時刻情報変換、時刻修正を行うことができる標準電波受信装置を提供するものである。

10

【課題を解決するための手段】

【0030】

上記目的を達成するために本発明の標準電波受信装置は、以下に示す構成を採用するものである。

【0031】

所定の周期に含まれる複数の矩形のパルス幅によって複数のコードを表し、所定のビットに割り当てられた時間情報が複数のコードによって定義されたタイムコードを含む標準電波を受信して復調を行い復調信号を出力する受信手段と、受信手段より出力された復調信号をデジタル信号に変換するための閾値を持ち、デジタル信号を出力する比較手段と、

20

デジタル信号からタイムコードを復号するデコード手段と、デコード手段出力から時刻情報を抽出し、時刻修正を行う制御手段と、比較手段の閾値を切り替える、もしくは調整する選択手段と、を有する標準電波受信装置において、

デコード手段は、第1の記憶手段を有し、制御手段は、第2の記憶手段を有し、デコード手段は、比較手段の出力を第1の記憶手段に記憶して、その記憶されたデータに基づいて比較手段の閾値の切替信号を選択手段に出力し、制御手段は、デコード手段の出力を第2の記憶手段に記憶して、その記憶されたデータに基づいて比較手段の閾値の切替信号を選択手段に出力し、選択手段は、デコード手段からの切替信号と制御手段からの切替信号のいずれか、または両方を用いて比較手段の閾値を切り替えるものであって、

第1の記憶手段に記憶された比較手段の出力データは、サンプリングによりHIGHとなるカウント数を計数し、理論値の所定期間における平均値もしくは想定範囲を基準として判定するものであり、第2の記憶手段に記憶されたデコード手段の出力データは、タイムコードの同一コード連続出現ビット数、もしくは同一コードの出現間隔に基づいて判定するものであることを特徴とする。

30

【0032】

比較手段は、比較器を複数有し、それぞれの比較器が独立した複数の閾値を持ち、受信手段より出力された複数の閾値とをそれぞれ比較して独立したデジタル信号をデコード手段に対して出力することを特徴とする。

【0033】

複数の閾値を持つ比較手段は、一定周期で閾値を切り替えることを特徴とする。

40

【0034】

受信手段より出力された復調信号を入力し、受信している標準電波の状態を判断する受信状態判断手段を有し、選択手段は、受信状態判断手段の出力と、デコード手段の第1の記憶手段に記憶された比較手段の出力のデータと、制御手段の第2の記憶手段に記憶されたデコード手段の出力のデータと、に基づいて閾値の切り替えを行うことを特徴とする。

【0035】

受信手段より出力された復調信号を入力し、受信している標準電波の局を検知する送信局検知手段を有し、選択手段は、送信局検知手段の出力と、デコード手段の第1の記憶手段に記憶された比較手段の出力のデータと、制御手段の第2の記憶手段に記憶されたデコード手段の出力のデータと、に基づいて閾値の切り替えを行うことを特徴とする。

50

【発明の効果】

【0036】

この本発明によれば、電界強度が低く、S N Rが低い環境において受信信号の信頼性が低下する場合でも、正確にタイムコードを判定し、正確な時刻修正をすることを可能とする標準電波受信装置が得られるという効果を奏する。

【発明を実施するための最良の形態】

【0037】

以下に添付図面を参照して、本発明の標準電波受信装置の実施形態について詳細に説明する。

【0038】

[標準電波受信装置の構成：図1、図2、図3、図4]

まず、本発明の実施形態にかかる標準電波受信装置の構成について説明する。図1は、本発明の標準電波受信装置を説明するブロック図、図2～図4は、その変形例を示すブロック図である。まず、図1を用いて基本的な構成を説明する。

図1において、100は受信手段、200は比較手段、300はデコード手段、301は第1記憶手段、400は制御手段、401は第2記憶手段、500は選択手段である。

【0039】

受信手段100は、送信局からAM変調波として送信された標準電波を受信し、AM変調波の包絡線をとらえて復調し、それを出力する。

比較手段200は、受信手段100より出力された復調信号と複数の閾値レベルとを比較して、各閾値に対してHIGH、LOWの判定を行う。その比較結果をデジタル信号として出力する。デコード手段300は、比較手段200からのデジタル信号を用いてコード判定を行う。

制御手段400は、デコード手段300から出力されたコード判定の結果を基にして時刻情報を抽出する。デコード手段300と制御手段400とは、それぞれ独立した第1記憶手段301、第2記憶手段401を有する。

【0040】

[標準電波受信装置の変形例1：図2]

次に、比較手段200が複数の比較器を持つ構成を図2を用いて説明する。なお、同一の構成においては同一の番号を付与している。図2において、201は、複数の比較器を有する比較手段である。

比較手段201における各比較器は、それぞれ独立した閾値をもっており、それによる判定をそれぞれ独立にデコード手段300に対して出力する。

図1の構成と同様に、デコード手段300、制御手段400は、複数の比較器の結果から調整信号を選択手段500に送り、選択手段500は各比較器の閾値調整を行う。

【0041】

[標準電波受信装置の変形例2：図3]

次に、受信状態判断手段を追加する構成を図3を用いて説明する。なお、同一の構成においては同一の番号を付与している。図3において、501は受信判断手段である。

図3の構成では、受信状態判断手段501は、受信手段100における受信電波の強さやノイズの量を判断し、その結果を制御手段400に出力する。制御手段400は、この受信状態判断手段501の出力とデコード手段300の出力とを組み合わせ、閾値の切替信号を選択手段500に送る。

【0042】

[標準電波受信装置の変形例3：図4]

次に、送信局検知手段を追加した構成を図4を用いて説明する。なお、同一の構成においては同一の番号を付与している。図4において、502は送信局検知手段である。

図4に示す構成は、図3の構成と同様に、送信局検知手段502が受信手段100が受けた信号から送信局を判断し、その結果を制御手段400に送る。制御手段400は、この送信局検知手段502の出力とデコード手段300の出力とを組み合わせ、閾値の切

10

20

30

40

50

り替えを選択手段500に送る。

【0043】

[受信手段の説明：図5]

次に、受信手段100の回路構成を図5を用いて説明する。図5において、101はアンテナ、102は同調回路、103は増幅回路、104はフィルタ回路、105は復調回路、106はAGC制御回路である。アンテナ101で受けた標準電波は、同調回路102により周波数を選択し、選択された信号は、増幅回路103で増幅され、さらに、フィルタ回路104でノイズが取り除かれる。復調回路105ではAM変調波が復調され、タイムコードのパルスを反映した復調波形となって出力される。106はAGC制御回路で復調信号の振幅によって増幅回路103の増幅率を調整する。

10

【0044】

[具体的な閾値を調整する回路構成：図6、図7]

次に、図6、図7を用いて閾値を切り替えるための回路を説明する。これらの回路は、図1に示す比較手段200に搭載されている。

なお、図6は説明のため、もっとも簡易的な例として2つの閾値の切り替える回路について示している。

図6において、601は比較器で、602～604が抵抗R0～R2である。605、606がスイッチである。607がグランド電位線、608が電源線である。609が入力信号線、610が比較器出力である。

【0045】

20

グランド電位線607と電源線608との間に抵抗R0と抵抗R1とスイッチ605とを直列に接続する。抵抗R0と抵抗R1との接続点を比較器601の正入力端子に接続している。この正入力端子と電源線608との間に抵抗R2とスイッチ606とを直列に接続している。入力信号線609は比較器601の負入力端子に接続しており、この比較器601の出力端子は、比較器出力610である。

【0046】

図1～図4に示す選択手段500からの信号により、スイッチ605、606を操作し、抵抗R1と抵抗R2とを切り替えることにより抵抗分圧比を変え、比較器601に入力する比較レベルを切り替えている。

【0047】

30

図7に示す例は、図6に示す例の変形例であって、可変抵抗により閾値レベルを無段階に調整する構成である。図7において、VRは可変抵抗である。なお、同一の構成においては同一の番号を付与している。

可変抵抗VRは、抵抗R0との抵抗分圧比を変え、比較器601に入力する比較レベルを切り替えている。

【0048】

[デコード手段による閾値の切り替えの説明：図1～図5]

次に、本発明の標準電波受信装置におけるデコード手段300による閾値の切り替えについて説明する。なお、説明は適宜図1～図5を参照しつつ行うこととする。また、具体的な設定値を除き、切り替えの手法はすべての送信局について共通であるので、ここでは日本の標準電波の例をあげて説明をする。

40

【0049】

最初に、デコード手段300の第1の記憶手段301に記憶される比較手段200の出力を用いてに閾値を調整する際に基準となる数値について説明する。

2値化されたデジタル信号をサンプリングしたときの、ある一定時間においてHIGHがカウントされた回数のサンプリング回数の総数に対する比率をRHとすると、

$$RH = NH / N$$

となる。ここでNHは単位時間あたりのHIGHのカウント数、Nは単位時間あたりの総サンプリング数である。

【0050】

50

最も簡単な例として、1秒間におけるRHは各コードのパルス幅から容易に求められる。例えば、“P”はパルス幅が200msであるから、例えばサンプリング周波数が100Hzの場合、受信環境が非常によい環境では0msから20回、HIGHをカウントする。1秒の総サンプリング数は100回であるから、“P”コードが出現したときの1秒間のRHは $20/100=0.2$ となる。同様に、“1”なら0.5、“0”なら0.8となる。

【0051】

一例として、2007年6月6日（水）2時22分の1分間におけるタイムコードの、シミュレーションにより算出したRHの理論値の変化を図15に示す。単位時間が1秒間のときのRHは毎秒のコードによって直接的に変化するので、図15のように0.2から0.8の間で大きく変化する。

10

【0052】

RHは単位時間を長くすることで、その変動が緩やかになる。例えば、2秒間の間に“P”と“0”とが出現する場合、理想的な環境では、 $20+80=100$ 回 HIGHがカウントされるから、 $RH=100/200=0.5$ となる。これを踏まえて、2秒以上のある一定秒数におけるRHを求める式を一般化すると

$$RH = (N0 \times 0.8 + N1 \times 0.5 + NP \times 0.2) / N$$
となる。ここで、N0、N1、NPはそれぞれ“0”、“1”、“P”の単位時間中の出現回数である。

20

【0053】

図16は、同じくシミュレーションにより算出した2007年6月6日（水）2時00分から1時間のタイムコードのRHの理論値の変化である。ここで単位時間は1分になっており、RHの変動の幅はおよそ0.03である。このように単位時間を長くすればするほど、出現コードの偏りが無くなり、RHの変動はより緩やかになる。

【0054】

次に、標準電波が想定している、2000年から2099年までの間でRHがどのように変化するかを説明する。時間軸が長いため、便宜上、単位時間を1分間とする。西暦2000年の1年間のRHの変化を示したのが図17である。

RHはおよそ、0.64から0.71の範囲で変動している。一方、図18に、西暦2077年の一年間における、RHの変化を示した。RHはおよそ0.61から0.68の範囲で変動している。

30

【0055】

うるう秒が存在する場合などの特別な条件を除き、タイムコードの年ブロック以外のタイムコードの変化は1年を通じて、西暦2000年と西暦2077年では共通である。

タイムコードの年ブロックに関しては西暦2000年はすべて“0”で、西暦2077年は“1”が6ビットで出現し、年ブロックの“1”のビット数が最大になる年である。

“1”は“0”よりパルス幅が狭いため、“1”が最も多い年はRHが最も低くなる年である。

つまり、西暦2000年から西暦2099年の間では、RHの理論値は図17の西暦2000年のグラフの上限と図18の西暦2077年のグラフの下限との間に必ず存在することになる。その範囲は上記のようにおよそ0.61から0.71で、その幅はおよそ0.1である。

40

【0056】

図12に示すように、復調信号は完全な矩形波ではないので、波形の上にいけばいくほど、山の頂点に近くなり、出力されるデジタル信号のパルス幅は狭くなる。

しかし、受信可能な環境において、閾値が理想的なレベルに設定されていれば、上記のRHが理論的に取りうる範囲に入ってくることになる。

もし、実測されたRHがこの範囲から外れていれば、それを補正するように閾値を調整することによって、RHを適正な値にし、コード判定の精度を上げることができる。

【0057】

50

このことを基にして、閾値レベルを制御する方法の一例を以下に説明する。RHの理論値の範囲の中で平均的なレベルとして基準になる値を $RH = 0.65$ を設定する。比較手段出力のデータから求められた実測値が 0.65 を下回った場合、閾値を下げ、よりHIGHが出力されやすくする。また、逆に 0.65 を上回った場合は閾値を上げ、よりLOWが出力されやすくする。

【0058】

実測データを用いて20秒ごとにRHを算出、このRHの判定と閾値の調整を行ったときのRHとBERとの変化を示した図がそれぞれ図19、図20である。初期の閾値レベルが適正值より高い状態からスタートしている。そのため、RHは低く、BERが高い状態となっている。しかし、その後、閾値レベルが徐々に適正なレベルに調整され、BERが低下している。

10

【0059】

理想条件におけるRHの取りうる範囲は各送信局、もしくは各タイムコードについて既知であるから、実測されたRHがここから大きく外れる場合は、受信できる環境でないことが判断され、受信エラーなどの信号を制御手段におくり、ただちに受信動作を終了し、無駄に長時間受信状態を保つことを防ぎ、消費電力などを抑えることができる。

【0060】

また、以上説明したような閾値の調整以外にデコード手段300の第1の記憶手段301で記憶されたデータを処理することの優位点として、簡単なフィルタの機能を持たせることなどが可能である。HIGHが連続してカウントされているときに、非常に短い時間のLOWが発生する場合は、これがノイズである可能性が大きいと判断できるため、このLOWをHIGHに補正するようなことも可能である。

20

【0061】

[制御手段による閾値の切り替えの説明]

次に、デコード手段300で行われたコード判定の結果を制御手段400の第2の記憶手段401で記憶し、この記憶されたデータに基づいて、閾値を切り替える手法について説明する。ここでも、具体的な設定値を除き、切り替えの手法はすべての送信局について共通であるので、日本の標準電波の例をあげて説明をする。

【0062】

毎秒、連続的に出力されるコード判定の結果について、タイムコードの定義から、いくつかの条件を設定することができる。簡便な条件のとして、同一のコードが連続して出現するビット数である。各コードが連続して出現できるビット数は

30

(条件1) : "P" は最高で2ビット、

(条件2) : "1" は最高で3ビット、

(条件3) : "0" は最高で9ビット、

である。また、"P" については以下の条件も追加される。

(条件4a) : "P" と "P" との間隔は、9ビットもしくは10ビットより小さい

(条件4b) : "P" と "P" との間隔は、9ビットもしくは10ビットより大きい

(ただし、タイムコードの最後と先頭の"P"コード連続出現を除く)

なお、タイムコードの規定のパターンからより複雑な条件を設定することも可能である。

40

【0063】

図12に示すように、復調信号は完全な矩形波ではないので、波形の上にいけばいくほど、山の頂点に近くなり、出力されるデジタル信号のパルス幅は狭くなる。

であるから、閾値レベルが高すぎれば"P"、"1"が出現しやすくなり、上記の連続ビット数の制限を越えることがある。この場合には、閾値レベルを下げる。逆に、"0"が連続して出現した場合には、適正な閾値レベルより下であることが推定されるため、閾値レベルを上げる。

【0064】

[比較手段が複数の比較器を持つ場合]

比較手段200が複数の比較器を持つ場合も上記の場合と同様に、各比較器が閾値を複

50

数持っている、もしくは調整可能な閾値を持っている。各比較器の閾値は独立してその判定結果をデコード手段300に出力し、デコード手段300は、これらのデータをもとにコード判定を行う。デコード手段300は、各比較器別に閾値を切り替える信号を選択手段に送り、選択手段500は、これらと制御手段400から送られてくる切替信号を合わせて、閾値の切り替えを行う。

【0065】

[受信状態判断手段]

図3の構成の様に、受信状態判断手段501によって受信手段100から受信している標準電波の強さ、ノイズの多さなどを読み取ることができる場合は、この情報を制御手段400に送り、制御手段400は、これを合わせて閾値切り替えを判断し切替信号を選択手段500に送る。

10

【0066】

[送信局検知手段]

図4の構成の様に、送信局検知手段502によって受信手段100が受信している標準電波の送信局を判断できる場合は、この情報を制御手段400に送り、制御手段400は、送信局に合わせて切替信号を選択手段に送る。

【0067】

[フローチャート]

実際には、デコード手段におけるHIGH、LOWのデータから求められたRHと、制御手段400の第2の記憶手段401で記憶されるコード判定の結果との両方を用いて閾値を切り替えることができる。以下に、選択手段500での閾値切り替え処理を図22のフローチャートを用いて説明する。

20

【0068】

受信開始後、送信局を設定する。送信局が既知の場合はその送信局を、そうでない場合は初期設定の局を設定する(S1)。

次に、送信局に合わせたRH基準値、閾値レベルの設定を行う(S2)。受信状態の情報が得られる場合は、これらに補正值を追加する(S3)。

その後、閾値を中間レベルに設定し(S4)、デコード手段300、制御手段400で単位時間、データを取得、記憶する。

得られたデータから、RH、デコード結果、設定送信局などの整合性を確認する(S5)。ここでは、閾値レベルが適正かは不明なので、整合性のチェックには、ある程度の幅を持たせる。送信局設定が妥当だと判断されれば、取得したデータを基準値と比較する(S6~S10)。

30

【0069】

(条件1)、(条件2)、(条件4a)を満たさない場合(S11)は、閾値が高すぎる可能性高いので、このときは、さらにRHの値を基準値と比較し、RHが基準値より低ければ閾値を下げる(S12)。

【0070】

(条件3)、(条件4b)を満たさない場合(S13)は、閾値が低すぎる可能性高いので、このときは、さらにRHの値を基準値と比較し、RHが基準値より高ければ閾値を上げる(S12)。

40

【0071】

(条件1)~(条件4b)満たしている場合(S14)でも、RHが基準の範囲から外れていれば閾値を上げて、もしくは下げて、よりコード判定の精度を上げる(S15、S16)。

【0072】

以降、閾値を固定する場合(S17)は、切り替え処理を終了し、動的に調整する場合は、単位時間データ取得に戻り、上記の処理を繰り返す。

【0073】

[一定周波数で切り替える場合、デコード手段]

50

複数ある閾値を同時に使い、より高度な閾値調整をすることも可能である。デコード手段300におけるコード判定において100Hzでデジタル信号をサンプリングしたデータが必要な場合、このサンプリング周波数よりも早い周波数で閾値を切り替える。その切り替え周波数はサンプリング周波数と切り替える閾値の数とを用いて以下のようにも定められる。

$$(\text{閾値切り替え周波数}) = (\text{必要なサンプリング周波数}) \times (\text{閾値の数})$$

【0074】

閾値の切り替えを式的に示した図を図21に示す。図21の矢印の起点はその時点で使う閾値レベルを示しており、矢印の方向でHIGH、LOWの判定結果を示している。

まず、0msにおいて閾値0と復調波形を比較し、HIGH、LOWを判定する。次に2.5msにおいて閾値1、5.0msでは閾値2、7.5msでは閾値3、によって判定を行う。そして、10msでまた閾値0を使って判定を行う。このように、各閾値は10msごとつまり100Hzで判定を行うことになる。

【0075】

比較手段200は、各閾値の判定を直接、連続的に出力し、デコード手段300は、切り替え周波数と同じ周波数でサンプリングを行い、閾値別にデータを記憶する。図21の例では比較手段は

H L L L H H H L H H

と連続的に出力する。デコード手段300は、切り替え周波数に同期するように400Hzでサンプリングを行い

データ郡0：H H H . . .

データ郡1：L H H . . .

データ郡2：L H . . .

データ郡3：L L . . .

といったように、閾値別にデータを記憶する。

【0076】

実測結果の一例を用いて、判定結果を閾値別にならび変えた表を図23に示す。図23にあっては、閾値切り替え周波数は400Hzで、表下のRHは20秒分の結果であるが、表は中略してある。閾値レベルが低いほどHIGHの判定を出しやすいため、RHは高くなる傾向にある。通常は閾値レベルが上がるにつれ、連続的にRHが減少していき、この傾向が図23に示す表でも見られる。

図23に示す表では、閾値1がRH=0.65という値を持っており、上記の図17、図18についての結果から、閾値1が最も適正な閾値レベルであることが推測される。この閾値1のデータを使ってコード判定を行うことにより、より正確なコード判定が行うことができる。

【0077】

データを閾値別に記憶することにより、上記の例のように20秒といった一定時間ごとに最も適正な閾値を探し、その閾値のデータを随時使うことが可能である。これは実質的に、随時、閾値を切り替えることになり、復調信号が揺らいだりする場合に有効である。

【0078】

また、受信開始からある一定時間を安定時間として、この間は一定周波数で閾値を切り替え、この安定時間の結果を用いて最も適当な閾値レベルを判定し、その後の受信動作中はこの閾値レベルに固定して使うことも可能である。この場合でも、安定時間中のデータを捨てること無く使えるので、受信時間を短縮することが可能である。

一定周期で閾値を切り替えない通常の方法では、RHの値を求めた後に、閾値を切り替えていくため、適正な閾値による出力結果はその切り替え以降から有効である。つまり閾値を調整している間のデータの信頼性は低くなる。

【0079】

[一定周波数で切り替える場合]

上記のように、閾値別に記憶されたHIGH、LOWデータをそれぞれのデータ郡につ

10

20

30

40

50

いて、コード判定を行うこともできる。図24に示す表は、各閾値から得られたデータ群別にデコード手段300においてコード判定をした実測結果の一例である。

【0080】

図24に示す表において、閾値0のデータ群は"0"が10ビット以上連続しており、また"P"と"P"との間隔が12ビット以上離れていることから、閾値が低すぎるものが推測される。また、閾値3のデータ群は"P"の出現が多すぎるので閾値が高すぎるものが容易に推測される。閾値2のデータ群は"P"と"P"との間隔が3ビット、または7ビットの箇所があり、これも閾値が高すぎると推定できる。閾値1のデータ群のみが上記の(条件1)～(条件4b)を全て満たしており、閾値1がもっとも適正な閾値レベルであることが推定できる。

10

【0081】

デコード手段300による閾値の切り替えと同様に、一定時間ごとに適正な閾値を見つけ、随時そのデータを使ったり、適切な閾値レベルを見つけた後に、その閾値のデータ群のみ使っていくことも可能である。

【0082】

以上説明したように、本発明の実施形態によれば、受信環境が悪くなり標準電波の受信手段100の出力の復調信号が不安定になった場合、閾値を適切に切り替えることにより正確なコード判定を行い、正確な時刻情報を提供することができる。

また、取得情報の信頼性を上げるためにタイムコードを複数周期受信する際も、正確なコード判定結果によって、少ないデータでの比較、修正が可能となり、受信時間の短縮や低消費電力化とすることができる。

20

【0083】

なお、以上説明した実施形態においては、本発明の標準電波受信装置は、電波修正時計を例にしている。もちろん、本発明の標準電波受信装置は、それに限定するものではなく、標準電波を受信する装置を内蔵した携帯電話機やPDA(Personal Digital Assistant)、パーソナルコンピュータ、携帯型音楽プレーヤなどの携帯可能な情報端末装置であってもよい。

【産業上の利用可能性】

【0084】

本発明の標準電波受信装置は、受信状態が悪化しても正確に時間情報を提供できることから、アンテナや受信回路の物理的制約が多い腕時計などの小型の電波修正時計、また室内の窓から離れた場所にある電波修正時計に好適である。

30

【図面の簡単な説明】

【0085】

【図1】本発明の標準電波受信装置の構成を説明するブロック図である。

【図2】本発明の標準電波受信装置の構成において、比較手段が複数の比較器を有する例を説明するブロック図である。

【図3】本発明の標準電波受信装置の構成において、受信状態判断手段を有する例を説明するブロック図である。

【図4】本発明の標準電波受信装置の構成において、送信局検知手段を有する例を説明するブロック図である。

40

【図5】本発明の標準電波受信装置の受信手段の回路構成を説明するブロック図である。

【図6】閾値を切り替える回路の回路図である。

【図7】閾値を無段階に切り替える回路の回路図である。

【図8】復調信号と閾値を説明する図である。

【図9】復調信号と閾値を説明する図である。

【図10】復調信号と閾値を説明する図である。

【図11】復調信号と閾値を説明する図である。

【図12】復調信号と2値化デジタル信号を説明する図である。

【図13】日本の標準電波の"0"、"1"、"P"コードを説明する図である。

50

【図 1 4】日本の標準電波のタイムコードを説明する図である。

【図 1 5】単位時間 1 秒の R H の変化を示す図である。

【図 1 6】単位時間 1 分の R H の変化を示す図である。

【図 1 7】西暦 2 0 0 0 年の R H の変化を示す図である。

【図 1 8】西暦 2 0 7 7 年の R H の変化を示す図である。

【図 1 9】閾値を調整したときの R H の変化を示す図である。

【図 2 0】閾値を調整したときの B E R の変化を示す図である。

【図 2 1】閾値を一定周期で切り替えるとき時の閾値と判定結果を説明する図である。

【図 2 2】閾値切り替え処理を説明するフローチャートである。

【図 2 3】判定結果を閾値別にならび変えた様子を説明する図表である。

【図 2 4】各閾値から得られたデータ郡別にコード判定をした実測結果を説明する図表である。

10

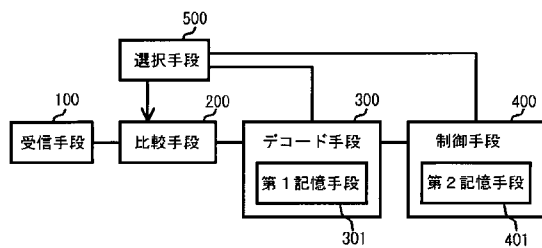
【符号の説明】

【0 0 8 6】

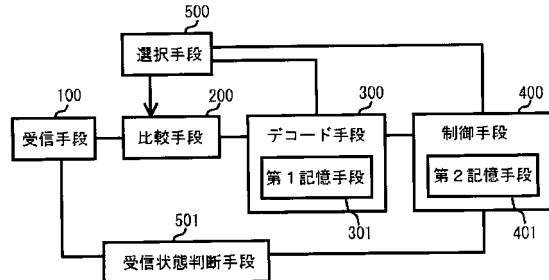
- 1 0 0 受信手段
- 2 0 0, 2 0 1 比較手段
- 3 0 0 デコード手段
- 3 0 1 第 1 記憶手段
- 4 0 0 制御手段
- 4 0 1 第 2 記憶手段
- 5 0 0 選択手段
- 5 0 1 受信状態判断手段
- 5 0 2 送信局検知手段

20

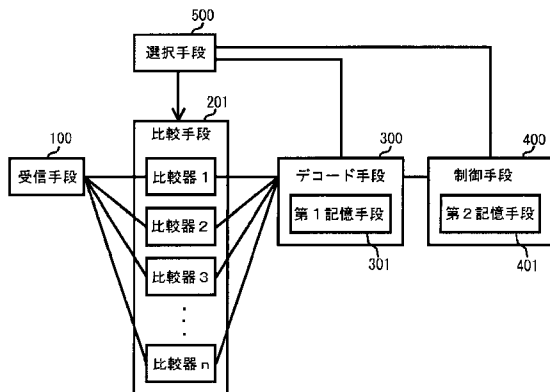
【図 1】



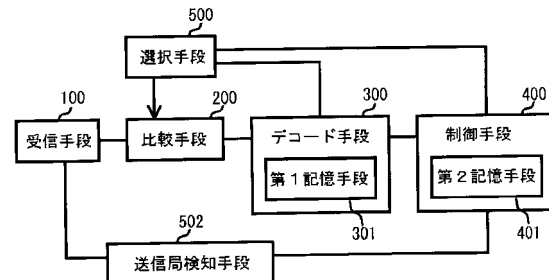
【図 3】



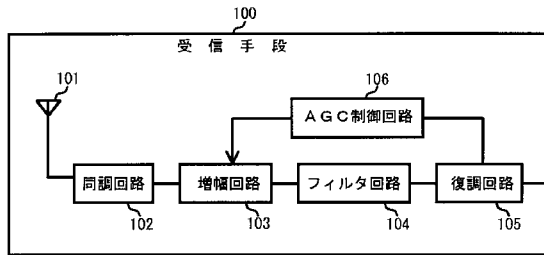
【図 2】



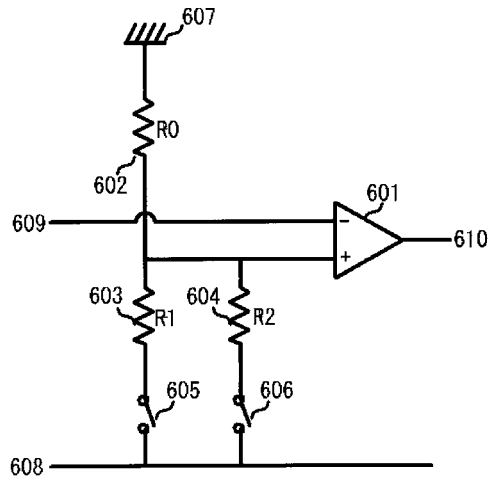
【図 4】



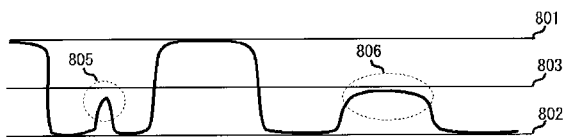
【図 5】



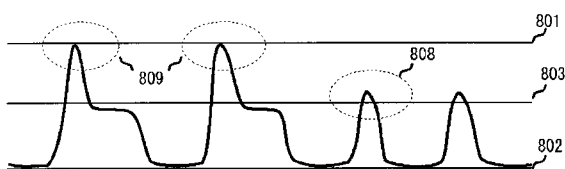
【図 6】



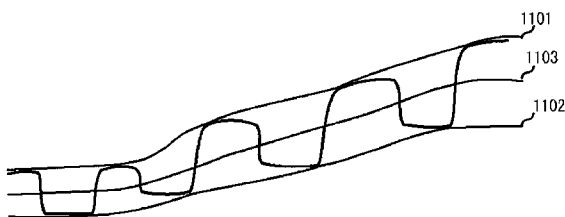
【図 9】



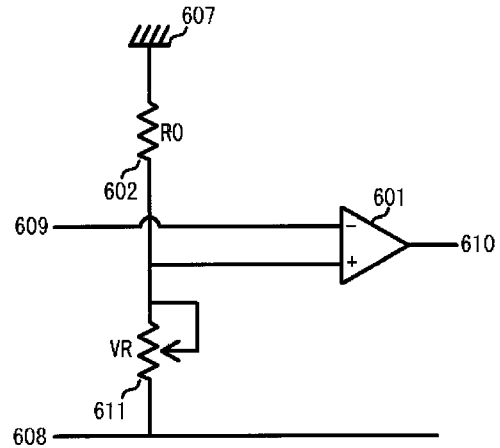
【図 10】



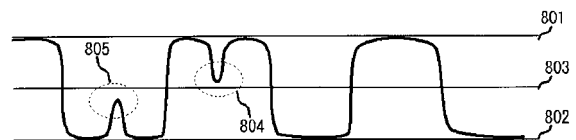
【図 11】



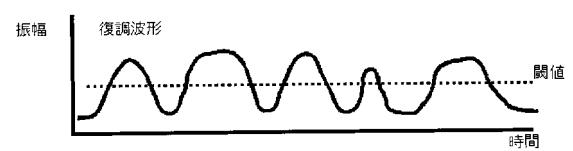
【図 7】



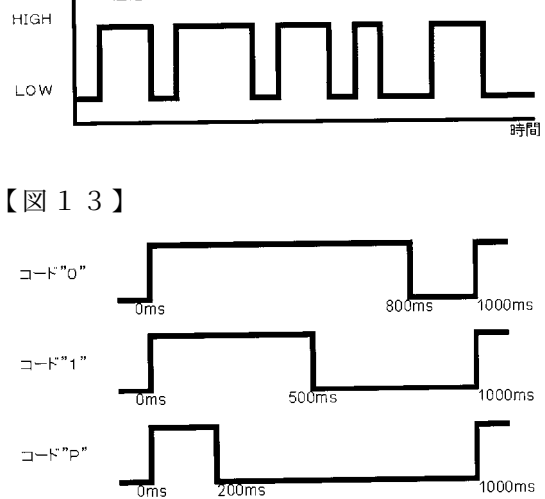
【図 8】



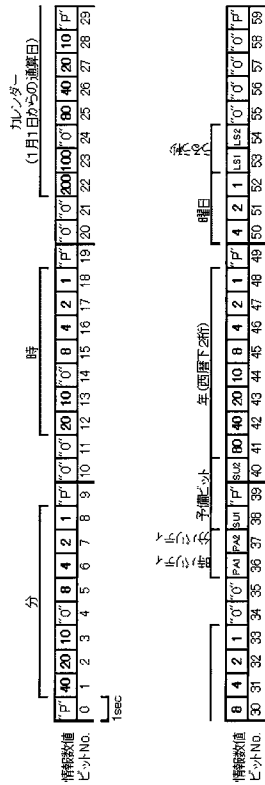
【図 12】



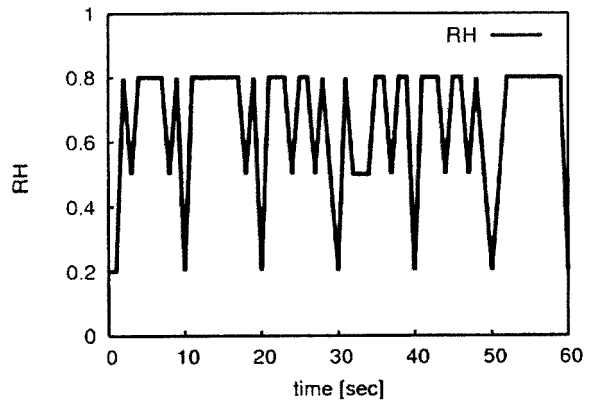
【図 13】



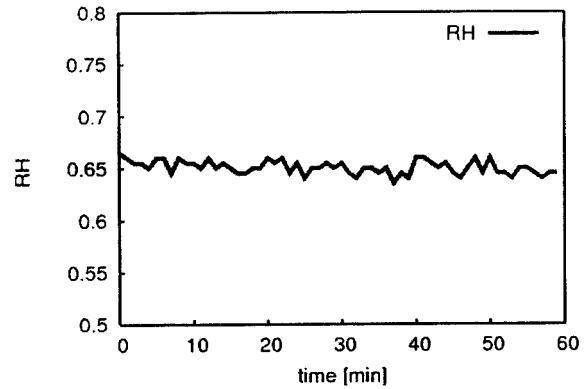
【図 14】



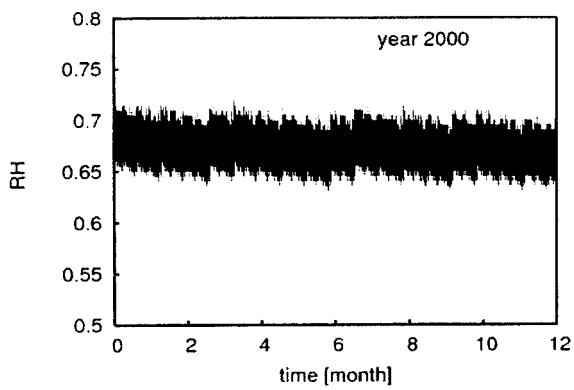
【図 15】



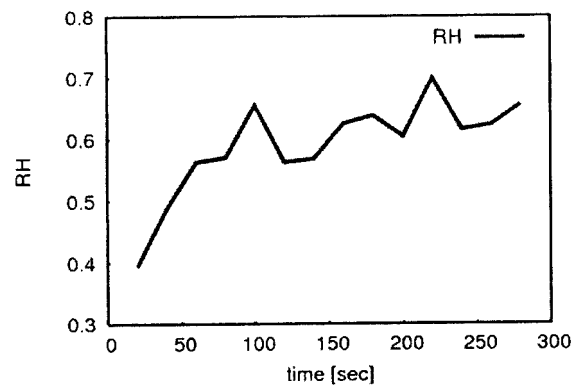
【図 16】



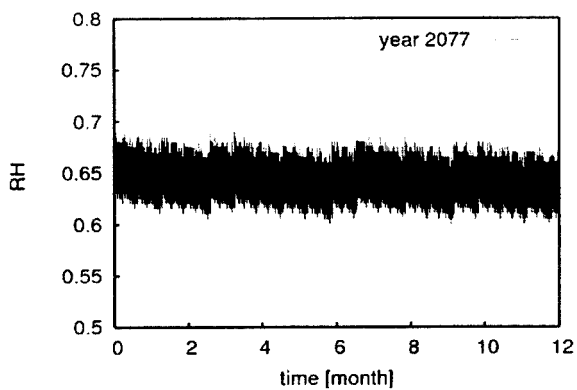
【図 17】



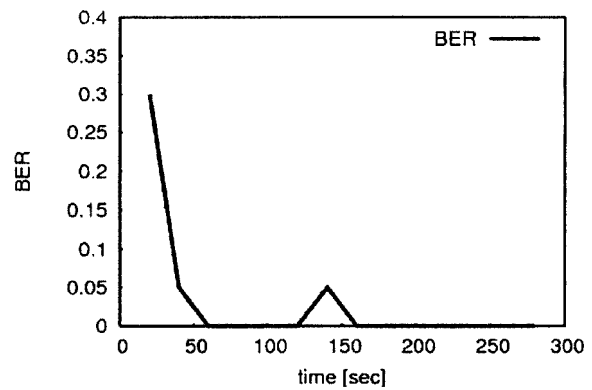
【図 19】



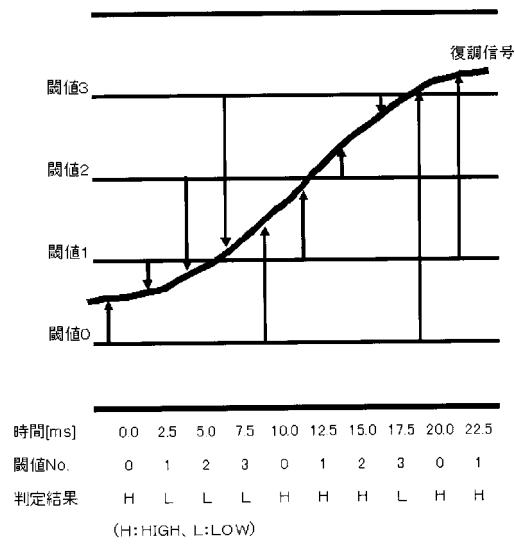
【図 18】



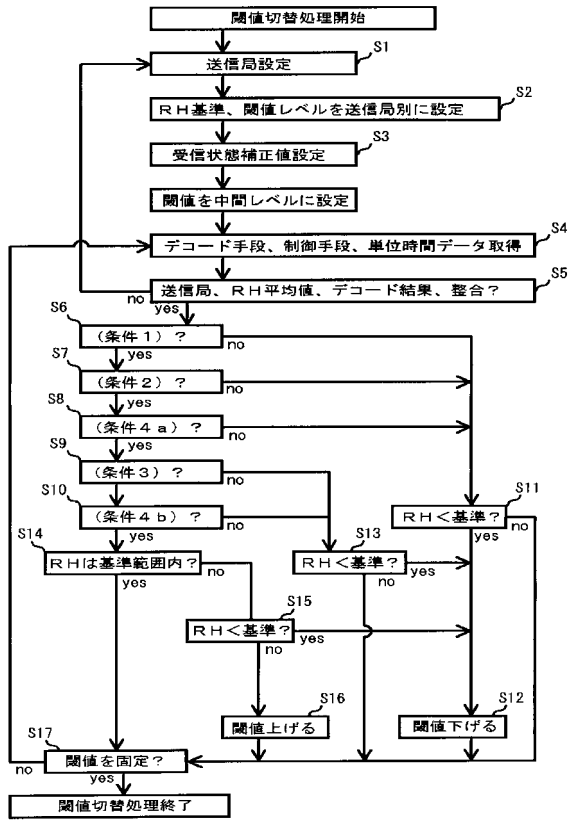
【図 20】



【図 2 1】



【図 2 2】



【図 2 3】

閾値低い ←		→ 閾値高い		
閾値0	閾値1	閾値2	閾値3	
H	H		L	
H	L	L	L	
H	L	L	L	
H	L	L	L	
H	L	L	L	
H	L	L	L	
H	L	L	L	
H	L	L	L	
L	L	L	L	
L	L	L	L	
~~~~~				
H	H	H	H	
H	H	H	H	
H	H	H	H	
H	H	H	L	
H	H	H	L	
H	H	H	L	
H	H	H	L	
H	H	L	L	
H	H	L	L	
~~~~~				
RH=	0.88	0.65	0.49	0.27

【図 2 4】

	閾値低い		閾値高い	
ビット	閾値0	閾値1	閾値2	閾値3
1	0	1	1	1
2	0	P	P	P
3	0	0	0	P
4	0	0	0	0
5	0	1	P	P
6	0	0	0	0
7	0	0	0	0
8	0	0	0	P
9	0	0	0	P
10	0	1	1	1
11	0	0	0	0
12	P	P	P	P
13	0	0	0	P
14	0	0	0	P
15	0	0	0	0
16	0	1	1	P
17	0	0	0	0
18	0	0	0	0
19	0	1	1	P
20	0	0	0	0

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2008-020291 (JP, A)
特開2007-139705 (JP, A)
特開2008-060663 (JP, A)
特開2005-268902 (JP, A)
特開2007-147623 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G04G 5/00
G04C 9/02