

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3817470号
(P3817470)

(45) 発行日 平成18年9月6日(2006.9.6)

(24) 登録日 平成18年6月16日(2006.6.16)

(51) Int. Cl.

F I

G 1 1 B 20/10 (2006.01)
G 1 1 B 20/14 (2006.01)
G 1 1 B 20/18 (2006.01)

G 1 1 B 20/10 3 2 1 A
G 1 1 B 20/14 3 4 1 B
G 1 1 B 20/18 5 0 1 F
G 1 1 B 20/18 5 3 4 A
G 1 1 B 20/18 5 5 0 C

請求項の数 5 (全 15 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2001-369955 (P2001-369955)
(22) 出願日 平成13年12月4日(2001.12.4)
(65) 公開番号 特開2003-173618 (P2003-173618A)
(43) 公開日 平成15年6月20日(2003.6.20)
審査請求日 平成16年6月11日(2004.6.11)

(73) 特許権者 000005049
シャープ株式会社
大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号
(74) 代理人 100062144
弁理士 青山 稜
(74) 代理人 100084146
弁理士 山崎 宏
(72) 発明者 秋山 淳
大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号
シャープ株式会社内
(72) 発明者 奥村 哲也
大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号
シャープ株式会社内

審査官 深沢 正志

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 信号評価装置および信号評価方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

最尤復号を用いてデータ系列を復号する信号評価装置であって、
上記データ系列のパスの尤度の差を求める減算手段と、
上記データ系列の中から2つのパス間の距離が最小値となるパスを選択する選択手段と、
上記選択手段により選択されたパスについて上記減算手段により得られた上記尤度の差を統計処理する演算手段と、
上記選択手段により選択されたパスの測定サンプル数と上記データ系列の全サンプル数に基づいて、上記演算手段により統計処理された結果を補正する補正手段とを備えることを特徴とする信号評価装置。

【請求項2】

請求項1に記載の信号評価装置において、
上記補正手段は、
上記選択手段により選択されたパスの測定サンプル数をカウントする第1の計数手段と、
上記データ系列の全サンプル数をカウントする第2の計数手段と、
上記第1の計数手段によりカウントされた上記測定サンプル数および上記第2の計数手段によりカウントされた上記データ系列の全サンプル数に基づいて、上記演算手段により統計処理された結果であるビットエラーレートを補正するビットエラーレート補正手段とを有することを特徴とする信号評価装置。

【請求項3】

10

20

請求項 2 に記載の信号評価装置において、

上記第 1 の計数手段によりカウントされた上記測定サンプル数を T_0 とし、上記第 2 の計数手段によりカウントされた上記データ系列の全サンプル数を T とすると、

上記ビットエラーレート補正手段は、

$$BER1 = BER0 \cdot T_0 / T$$

$BER1$: 補正後のビットエラーレート

$BER0$: 補正前のビットエラーレート

T_0 : 2 つのパス間の距離が最小となるパスのサンプル数

T : 全サンプル数

により上記ビットエラーレートを補正することを特徴とする信号評価装置。

10

【請求項 4】

最尤復号を用いてデータ系列を復号する信号評価方法であって、

上記データ系列の中から所定のパスを通るデータ系列のみを抽出するステップと、

上記抽出されたデータ系列に対してビットエラーレートを算出するステップと、

上記抽出されたデータ系列のサンプル数と上記データ系列の全サンプル数に基づいて、上記抽出されたデータ系列に対して算出された上記ビットエラーレートを補正して、上記データ系列の全データに対するビットエラーレートを算出するステップとを有することを特徴とする信号評価方法。

【請求項 5】

最尤復号を用いてデータ系列を復号する信号評価装置であって、

上記データ系列の中から所定のパスを通るデータ系列のみを抽出するデータ系列抽出手段と、

上記データ系列抽出手段により抽出されたデータ系列に対してビットエラーレートを算出するビットエラーレート算出手段と、

上記データ系列抽出手段により抽出されたデータ系列のサンプル数と上記データ系列の全サンプル数に基づいて、上記ビットエラーレート算出手段により算出された上記ビットエラーレートを補正して、上記データ系列の全データに対するビットエラーレートを算出するビットエラーレート補正手段とを備えたことを特徴とする信号評価装置。

20

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

この発明は、記録媒体の再生信号を評価する信号評価装置および信号評価方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

近年、画像情報や音声情報をはじめとする各種の情報がデジタル化されるにつれて、デジタル情報の量が飛躍的に増大してきた。これに伴い、大容量化、高密度化に適した光ディスクおよび光ディスク装置の開発が進められている。このような光ディスクの高密度化の進展に伴い、光ディスクから読み出される再生信号の品質が低下しており、再生信号の評価が重要になっている。このような再生信号の評価は、光ディスクの出荷段階での品質保証のために用いられ、再生信号品質が最良となるように光ディスク装置の各部を調整するために用いられ、している。

30

【0003】

従来より、光ディスクまたは光ディスク装置の評価には、ジッタやビットエラーレート (BER) などが用いられてきたが、光ディスク装置の再生信号処理として採用されてきている $PRML$ (Partial Response Maximum Likelihood) に適した信号評価装置が開平 10-21651 号公報に開示されている。

【0004】

以下に、上記信号評価装置について図面を参照しながら説明する。

【0005】

まず、上記信号評価装置において、再生信号の復号をビタビ復号方式で行うものとし、最

40

50

小ランレングスを 1 に制限した (1, 7) RLL 符号を採用し、PRML 方式として PR(1, 2, 1) を採用する場合について説明する。k サンプル時点における記録ビット系列 b_k と状態 S_k との関係は、表 1 に示すように S_0, S_1, S_2, S_3 の 4 状態となる。

【0006】

【表 1】

| 状態 | 記録ビット | |
|-------|-----------|-------|
| | b_{k-1} | b_k |
| S_0 | 0 | 0 |
| S_1 | 0 | 1 |
| S_2 | 1 | 1 |
| S_3 | 1 | 0 |

10

各状態は、次の記録ビットに応じて、次の状態へと遷移して行き、この状態遷移を「ランチ」と呼ぶ。

20

【0007】

また、表 2 は、記録ビットと状態遷移の関係を示しており、最小ランレングスを 1 に制限しているためにランチの数は 6 個となっている。

【0008】

【表 2】

| No. | 記録ビット | | | 状態 | | 期待値 |
|-----|-----------|-----------|-------|-----------|-------|------|
| | b_{k-2} | b_{k-1} | b_k | S_{k-1} | S_k | |
| a | 0 | 0 | 0 | S_0 | S_0 | -1.0 |
| b | 1 | 0 | 0 | S_3 | S_0 | -0.5 |
| c | 0 | 0 | 1 | S_0 | S_1 | -0.5 |
| d | 0 | 1 | 1 | S_1 | S_2 | 0.5 |
| e | 1 | 1 | 1 | S_2 | S_2 | 1.0 |
| f | 1 | 1 | 0 | S_2 | S_3 | 0.5 |

30

40

PR(1, 2, 1) では、3 ビットの記録ビット系列で再生信号レベルが決まるので、その期待値、すなわちノイズがない理想波形での再生信号レベルを表 2 に期待値 Y_k としている。表 2 では、理想波形での再生信号レベルの最小値を -1、最大値を 1 に規格化して示している。

【0009】

ここで、k サンプル時点における各ランチのランチメトリック $(Z_k - Y_k)^2$ を計算する。 Z_k は k サンプル時点での再生信号レベルである。この「ランチメトリック」は、再生信号レベルと期待値との差を 2 乗したものであるため、期待値に対する再生信号レベルの 2 乗誤差を意味している。上記ランチメトリックは、あるひとつの状態に 2 つのラン

50

チが合流する場合、どちらのランチを選択するか決定するために用いられる。そして、一続きのランチを「パス」と呼び、選択されたランチを一続きにつなげたものを「生き残りパス」と呼ぶ。

【0010】

k - 1 サンプル時点における各状態での生き残りパスに対するランチメトリックの累積値を m_{k-1} とすると、それに k サンプル時点でのランチメトリック $b m_k$ を加算したものが、k サンプル時点のランチメトリックの累計値となる。

【0011】

このように、ランチメトリックは 2 乗誤差を意味するので、そのランチメトリックの累計値は誤差の合計である。よって、 $m_{k-1} + b m_k$ がより小さくなるランチを選択する。

10

【0012】

例えば、k サンプル時点で状態が S0 となるランチは、表 2 より S0 から S0 に遷移するランチと S3 から S0 に遷移するランチの 2 つである。それぞれのランチメトリックの累積値を $m_{0,k-1}$ 、 $m_{3,k-1}$ とし、ランチメトリックを $b m a_k$ 、 $b m b_k$ とする。よって、k サンプル時点でのランチメトリックの累計値をそれぞれ $m_{0,k}(a)$ 、 $m_{0,k}(b)$ とすると、

$m_{0,k}(a) = m_{0,k-1} + b m a_k$ (式 1)

$m_{0,k}(b) = m_{3,k-1} + b m b_k$ (式 2)

となる。さらに、 $m_{0,k}(a)$ と $m_{0,k}(b)$ の大小比較を行い、小さいほうのランチを選択する。

20

【0013】

ここで、k サンプル時点での正しい状態が S0 であり、かつ、正しい遷移が a である場合、

$m_k = m_{0,k}(b) - m_{0,k}(a)$ (式 3)

という演算を行い、この m_k を「差メトリック」と呼ぶ。

【0014】

また、k サンプル時点での正しい状態が S0 であり、かつ、正しい遷移が b の場合は、差メトリック m_k は

$m_k = m_{0,k}(a) - m_{0,k}(b)$ (式 4)

30

となる。すなわち、間違った遷移に対するランチメトリックの累計値から正しい遷移のランチメトリックの累計値を減算する。正しい状態、正しい遷移を知るためには、記録したデータ系列を用いる方法と、再生したデータ系列のエラーレートが低い場合に、再生したデータ系列を遅延させる方法が特開平 10 - 21651 号公報に記載されている。

【0015】

ここで、復号結果として選択するランチが正しいランチであれば、差メトリック m_k は、正の値であるが、誤ったランチを選択すると負の値となる。

【0016】

図 3 は各サンプル時点において計算される差メトリックの分布を示している。分布形状が正規分布で近似できるものとして、正規分布の平均値を μ 、標準偏差を σ とすると、前述のように、差メトリックが負となるのは、エラーの場合なので、差メトリックが負となる確率はビットエラーレート (BER) に等しい。すなわち、

40

【数 1】

$$BER = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot \sigma} \int_{-\infty}^0 e^{-\frac{(t-\mu)^2}{2\sigma^2}} dt$$
 (式 5)

として計算することにより、ビットエラーレート BER を推定することができる。また、光ディスクまたは光ディスク装置のビットエラーレート BER の絶対値ではなく、相対的な良し悪しを知るだけで良い場合には、 σ / μ を指標として用いることもできる。

【0017】

50

ところで、図3においては、単一のピークを持つ分布を示しているが、最小ランレングスに制限がある場合、図4に示すように複数のピークを持つ分布となる。この場合でも、ピーク位置が最も0に近い分布にのみ着目し、図4中の平均値 μ と示した値より差メトリックが小さい領域において、差メトリックの分布が正規分布に従うとみなせば、単一のピークを持つ分布と同様にビットエラーレートBERを計算できる。しかしながら、単一のピークを持つ分布と違って、平均値 μ を算術平均から求めることはできない。また、平均値 μ が求められないと、標準偏差も計算できない。

【0018】

この問題を解決するため、上記信号評価装置では、差メトリックが負になる確率が最も高い、すなわち、ピークの位置が最も0に近い分布(以下、「最小分布」と呼ぶ)を形成するパスを通る系列のみを抽出するようにしている。このようなパスは、2つのパス間の距離が最小値を持つものであり、この説明では4つのパスがある。表3に最小分布を形成する4つの系列を示している。

【0019】

この処理を行うことにより、図3に示す単一のピークを持つ分布が得られ、平均値 μ 、標準偏差とも比較的容易に計算することができる。

【0020】

【表3】

| No. | 状態 | | | |
|-----|-----------|-----------|-----------|-------|
| | S_{k-3} | S_{k-2} | S_{k-1} | S_k |
| A | S0 | S0 | S1 | S2 |
| B | S0 | S1 | S2 | S2 |
| C | S2 | S2 | S3 | S0 |
| D | S2 | S3 | S0 | S0 |

【0021】

このようにして、上記信号評価装置では、データ系列の中から所定のパスを通る系列のみを抽出することにより、単一のピークを持つ分布を得ることができる。

【0022】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上記信号評価装置では、全データ系列のうちの一部のみを抽出しているため、得られた分布から計算できるのは、全データの一部に対するビットエラーレートではない。すなわち、正しいビットエラーレートは、全サンプル数に対するエラー数の割合であるのに、上記信号評価装置では、全データ系列に対する正確なビットエラーレートを

【0023】

最小分布はピークの位置が0に最も近いので、エラーは、ほぼ全てこの分布に含まれるデータ系列で発生すると考えられるが、エラーの発生個数が同じであっても、全サンプル数が異なるとビットエラーレートBERは異なる。

【0024】

例えば、エラー数が1個、最小分布に含まれるサンプル数が10000個とすると、最小分布に対するエラーの割合は 1×10^{-4} となる。ここで、測定した全サンプル数が最小分布のサンプル数と等しければ、ビットエラーレートBERも 1×10^{-4} となる。ところが、全サンプル数が100000個であれば、ビットエラーレートBERは 1×10^{-5}

である。このように、同じエラー発生個数であっても、最小分布に含まれるサンプル数と、全サンプル数の割合によってビットエラーレートBERは異なる。全サンプル数に対する最小分布に含まれるサンプル数の割合は、記録するデータパターンにより変化し、図4に示した差メトリックの分布形状も異なったものになる。

【0025】

そこで、この発明の目的は、データ系列の尤度の差(差メトリック)の分布形状にかかわらず、常に正確なビットエラーレートの測定が可能な信号評価装置および信号評価方法を提供することにある。

【0026】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するため、この発明の信号評価装置は、最尤復号を用いてデータ系列を復号する信号評価装置であって、上記データ系列のパスの尤度の差を求める減算手段と、上記データ系列の中から2つのパス間の距離が最小値となるパスを選択する選択手段と、上記選択手段により選択されたパスについて上記減算手段により得られた上記尤度の差を統計処理する演算手段と、上記選択手段により選択されたパスの測定サンプル数と上記データ系列の全サンプル数に基づいて、上記演算手段により統計処理された結果を補正する補正手段とを備えることを特徴としている。

【0027】

上記構成の信号評価装置によれば、上記選択手段により上記データ系列の中から2つのパス間の距離が最小値となるパスを選択する。この2つのパス間の距離が最小値となるパスとは、ある状態から分岐した1組のパスが次に最も早く最短距離で合流するパスのことである。上記選択手段により選択された上記データ系列の中から2つのパス間の距離が最小値となるパスについて、上記減算手段により得られた尤度の差を上記演算手段により統計処理する。上記選択されたパスの尤度の差は最小分布を形成し、その選択されたパスの尤度の差を統計処理することによって、最小分布の平均値および標準偏差やその平均値、標準偏差からビットエラーレートなどの統計処理結果を得ることが可能となる。そして、上記データ系列の全サンプル数と上記選択手段により選択されたパスの測定サンプル数に基づいて、上記演算手段により統計処理された結果を補正することによって、上記データ系列の全データに対する統計処理結果が得られる。したがって、データ系列の尤度の差(差メトリック)の分布形状によらず、常に正確なビットエラーレートを測定することができる。

【0028】

また、一実施形態の信号評価装置は、上記補正手段は、上記選択手段により選択されたパスの測定サンプル数をカウントする第1の計数手段と、上記データ系列の全サンプル数をカウントする第2の計数手段と、上記第1の計数手段によりカウントされた上記測定サンプル数および上記第2の計数手段によりカウントされた上記データ系列の全サンプル数に基づいて、上記演算手段により統計処理された結果であるビットエラーレートを補正するビットエラーレート補正手段とを有することを特徴としている。

【0029】

上記実施形態の信号評価装置によれば、上記第1の計数手段によりカウントされた上記選択手段により選択されたパスの測定サンプル数と上記第2の計数手段によりカウントされた上記データ系列の全サンプル数に基づいて、上記演算手段により統計処理された結果であるビットエラーレートを補正することによって、上記データ系列の全データに対するビットエラーレートが簡単に得られる。

【0030】

また、一実施形態の信号評価装置は、上記第1の計数手段によりカウントされた上記測定サンプル数を T_0 とし、上記第2の計数手段によりカウントされた上記データ系列の全サンプル数を T とすると、

上記ビットエラーレート補正手段は、

$$BER_1 = BER_0 \cdot T_0 / T$$

10

20

30

40

50

BER1 : 補正後のビットエラーレート

BER0 : 補正前のビットエラーレート

To : 2つのパス間の距離が最小となるパスのサンプル数

T : 全サンプル数

により上記ビットエラーレートを補正することを特徴としている。

【0031】

上記実施形態の信号評価装置によれば、上記ビットエラーレート補正手段は、上記式を用いることによって、上記ビットエラーレートの補正演算を簡単かつ短時間で行うことができる。

【0032】

また、この発明の信号評価方法は、最尤復号を用いてデータ系列を復号する信号評価方法であって、上記データ系列の中から所定のパスを通るデータ系列のみを抽出するステップと、上記抽出されたデータ系列に対してビットエラーレートを算出するステップと、上記抽出されたデータ系列のサンプル数と上記データ系列の全サンプル数に基づいて、上記抽出されたデータ系列に対して算出された上記ビットエラーレートを補正して、上記データ系列の全データに対するビットエラーレートを算出するステップとを有することを特徴としている。

【0033】

上記信号評価方法によれば、上記データ系列の中から所定のパスを通るデータ系列のみを抽出し、その抽出されたデータ系列に対してビットエラーレートを算出する。例えば、所定のパスとして最小分布を形成するデータ系列のパスを通るデータ系列のみを抽出し、抽出されたパスの尤度の差の統計処理結果(平均値および標準偏差)から最小分布のビットエラーレートを求める。その後、上記抽出されたデータ系列のサンプル数と上記データ系列の全サンプル数に基づいて、上記抽出されたデータ系列に対して算出された上記ビットエラーレートを補正して、上記データ系列の全データに対するビットエラーレートを算出する。したがって、データ系列の尤度の差(差メトリック)の分布形状によらず、常に正確なビットエラーレートを測定することができる。

【0034】

また、この発明の信号評価装置は、最尤復号を用いてデータ系列を復号する信号評価装置であって、上記データ系列の中から所定のパスを通るデータ系列のみを抽出するデータ系列抽出手段と、上記データ系列抽出手段により抽出されたデータ系列に対してビットエラーレートを算出するビットエラーレート算出手段と、上記データ系列抽出手段により抽出されたデータ系列のサンプル数と上記データ系列の全サンプル数に基づいて、上記ビットエラーレート算出手段により算出された上記ビットエラーレートを補正して、上記データ系列の全データに対するビットエラーレートを算出するビットエラーレート補正手段とを備えたことを特徴としている。

【0035】

上記信号評価装置によれば、上記データ系列抽出手段により上記データ系列の中から所定のパスを通るデータ系列のみを抽出し、その抽出されたデータ系列に対して上記ビットエラーレート算出手段によりビットエラーレートを算出する。例えば、所定のパスとして最小分布を形成するデータ系列のパスを通るデータ系列のみを抽出し、抽出されたパスの尤度の差の統計処理結果(平均値および標準偏差)から最小分布のビットエラーレートを求める。その後、上記抽出されたデータ系列のサンプル数と上記データ系列の全サンプル数に基づいて、上記ビットエラーレート補正手段により上記ビットエラーレートを補正して、上記データ系列の全データに対するビットエラーレートを算出する。したがって、データ系列の尤度の差(差メトリック)の分布形状によらず、常に正確なビットエラーレートを測定することができる。

【0036】

【発明の実施の形態】

以下、この発明の信号評価装置および信号評価方法を図示の実施の形態により詳細に説明

10

20

30

40

50

する。

【0037】

図1はこの発明の実施の一形態の信号評価装置を用いて光ディスク装置の再生信号処理部分の要部の構成図である。この実施の形態では、記録媒体として光ディスクを用いると共に、再生信号の復号をビタビ復号方式により行い、最小ランレングスを1に制限した(1, 7)RLL符号を採用し、PRML方式としてPR(1, 2, 1)を採用する。

【0038】

図1において、1は光ディスク、2は上記光ディスク1を回転駆動するスピンドルモータ、3は対物レンズ、4は光ピックアップ、5は上記光ピックアップ4からのMO信号の振幅等を調整するRF回路、6は上記RF回路5からのMO信号をA/D(アナログ/デジタル)変換するA/D変換器、7は上記A/D変換器6からのデジタルデータを最尤復号を用いて復号する復号回路、8は上記復号回路7により復号されたデータの誤り訂正を行う誤り訂正回路、9は上記復号回路7により復号される記録データ系列の差メトリックを求める減算手段としての差メトリック演算回路、10は上記差メトリック演算回路9により求められた差メトリックおよび復号回路7より状態遷移信号に基づいて、全データ系列からパスを選択する選択手段としてのパス選択回路、11は上記復号回路7により復号された全サンプル数を積算する第1の計数手段としての第1カウンタ、12は上記パス選択回路10により選択されたパスのサンプル数を積算する第2の計数手段としての第2カウンタ、13は上記パス選択回路10により選択されたパスについての差メトリックを統計処理する演算手段としての μ 、計算回路、14は補正演算手段としてのコントローラ、15は記録データ生成器である。上記第1カウンタ11、第2カウンタ12およびコントローラ14で補正手段を構成している。また、上記パス選択回路10がデータ系列抽出手段であり、コントローラ14がビットエラーレート算出手段およびビットエラーレート補正手段である。なお、光ディスクには種々のものがあるが、ここでは光ディスク1として光磁気ディスクを用いている。

【0039】

上記構成の光ディスク装置において、光ディスク1の記録面には、光ピックアップ4に設けられた対物レンズ3により収束された光ビームが下方から照射される。そして、光ディスク1の記録面で反射された光は、光ピックアップ4の内部に設置されたフォトディテクタにより検出され、反射光は、MO信号(光磁気信号)およびその他の信号に分離される。

【0040】

上記光ピックアップ4により検出されたMO信号は、RF回路5により振幅やオフセットが調整された後、A/D変換器6によりデジタルデータに変換される。上記A/D変換器6から出力されたデジタルデータは、復号回路7に供給され、復号回路7においてPRML方式による復号が行われる。

【0041】

次に、上記復号回路7により復号されたデータは誤り訂正回路8に送られ、誤り訂正回路8において、復号されたデータ中に予め付加されている誤り検出訂正符号を用いて誤りの検出および訂正が行われる。この誤り訂正回路8の出力はコントローラ14に供給される。

【0042】

また、上記復号回路7のPRML方式による復号過程で得られる記録データ系列情報が差メトリック演算回路9に供給される。また、上記復号回路7で復号化されたデータのサンプル数を第1カウンタ11でカウントするため、1サンプルの復号が行われるごとに1個のパルスが復号回路7から第1カウンタ11に供給される。こうして、第1カウンタ11では、復号された全サンプル数が積算される。

【0043】

上記差メトリック演算回路9では、従来の信号評価装置で説明したのと同様の演算が行われる。

【0044】

10

20

30

40

50

すなわち、復号回路 7 においては、光ディスク 1 の再生信号の復号をビタビ復号方式で行う。ここでは、用いる符号として、最小ランレングスを 1 に制限した $(1, 7) RLL$ 符号を採用し、PRML 方式として $PR(1, 2, 1)$ を採用する場合について説明する。k サンプル時点における記録ビット系列 b_k と状態 S_k との関係は、表 4 に示すように、0、S1、S2、S3 の 4 状態となる。

【0045】

【表 4】

| 状態 | 記録ビット | |
|----|-----------|-------|
| | b_{k-1} | b_k |
| S0 | 0 | 0 |
| S1 | 0 | 1 |
| S2 | 1 | 1 |
| S3 | 1 | 0 |

10

20

【0046】

各状態は、次の記録ビットに応じて、次の状態へと遷移して行く。この状態遷移をブランチと呼ぶ。記録ビットと状態遷移との関係を表 5 に示す。前記したように、ここでは、用いる符号として最小ランレングスを 1 に制限した $(1, 7) RLL$ 符号を採用している、すなわち最小ランレングスを 1 に制限しているため、ブランチの数は a, b, c, d, e, f の 6 個となっている。

【0047】

【表 5】

| No. | 記録ビット | | | 状態 | | 期待値 |
|-----|-----------|-----------|-------|-----------|-------|------|
| | b_{k-2} | b_{k-1} | b_k | S_{k-1} | S_k | |
| a | 0 | 0 | 0 | S0 | S0 | -1.0 |
| b | 1 | 0 | 0 | S3 | S0 | -0.5 |
| c | 0 | 0 | 1 | S0 | S1 | -0.5 |
| d | 0 | 1 | 1 | S1 | S2 | 0.5 |
| e | 1 | 1 | 1 | S2 | S2 | 1.0 |
| f | 1 | 1 | 0 | S2 | S3 | 0.5 |

30

40

【0048】

$PR(1, 2, 1)$ では、3 ビットの記録ビット系列で再生信号レベルが決まるので、その期待値、すなわちノイズがない理想波形での再生信号レベルを表 5 に期待値 Y_k として記載した。ここでは、理想波形での再生信号レベルの最小値を -1、最大値を 1 と規格化して示している。

【0049】

50

そして、PRML復号過程において、復号回路7によりkサンプル時点における各ブランチのブランチメトリック $(Z_k - Y_k)^2$ の計算がなされる。ここで、 Z_k はkサンプル時点での再生信号レベルであり、 Y_k は再生信号レベルの期待値である。このように、ブランチメトリックは、再生信号レベルと、その期待値との差を2乗したものであるため、期待値に対する再生信号レベルの2乗誤差を意味している。

【0050】

そして、ブランチメトリックは、あるひとつの状態に2つのブランチが合流する場合、どちらのブランチを選択するか決定するために用いられる。一続きのブランチをパスと呼び、選択されたブランチを一続きにつなげたものを生き残りパスと呼ぶ。

【0051】

ここで、k-1サンプル時点における、各状態での生き残りパスに対するブランチメトリックの累積値を m_{k-1} とすると、それにkサンプル時点でのブランチメトリック $b m_k$ を加算したものが、kサンプル時点のブランチメトリックの累計値となる。このブランチメトリックを得るまでの演算処理は、復号回路7により行われる。

【0052】

上述のように、ブランチメトリックは2乗誤差を意味するので、その累計値は誤差の合計である。よって、 $m_{k-1} + b m_k$ がより小さくなるブランチを選択する。

【0053】

例えば、kサンプル時点における状態がS0となるブランチは、表5よりS0からS0に遷移するブランチaと、S3からS0に遷移するブランチbの2つである。ブランチa、ブランチbのブランチメトリックの累積値を、それぞれ $m_{0,k-1}$ 、 $m_{3,k-1}$ とし、そのブランチメトリックを $b m_{a,k}$ 、 $b m_{b,k}$ とすると、kサンプル時点でのブランチメトリックa、ブランチメトリックbの累計値 $m_{0,k}(a)$ 、 $m_{0,k}(b)$ は、それぞれ(式1)、(式2)で表される。

$m_{0,k}(a) = m_{0,k-1} + b m_{a,k}$ (式1)

$m_{0,k}(b) = m_{3,k-1} + b m_{b,k}$ (式2)

さらに、 $m_{0,k}(a)$ と $m_{0,k}(b)$ との大小比較を行い、その値が小さいほうのブランチを選択する。

【0054】

ここで、kサンプル時点での正しい状態がS0であり、かつ、正しい遷移がaである場合、

$m_k = m_{0,k}(b) - m_{0,k}(a)$ (式3)

という演算を行い、この m_k を「差メトリック」と呼ぶ。

【0055】

また、kサンプル時点での正しい状態がS0であり、かつ、正しい遷移がbの場合は、差メトリック(m_k)は、

$m_k = m_{0,k}(a) - m_{0,k}(b)$ (式4)

となる。

【0056】

すなわち、間違った遷移に対するブランチメトリックの累計値から正しい遷移のブランチメトリックの累計値を減算することにより、尤度の差としての差メトリックを求める処理が、差メトリック演算回路9において行われる。

【0057】

本実施の形態では、差メトリック演算回路9における演算に必要な記録データ系列情報は、記録データ生成器15から差メトリック演算回路9に供給される。

【0058】

そうして、上記差メトリック演算回路9で得られた差メトリックは、パス選択回路10に供給される。

【0059】

また、上記パス選択回路10は、パス選択のための情報として、状態遷移信号が復号回路

10

20

30

40

50

7よりパス選択回路10に供給され、全データ系列から表3に示した4つのパス(2つのパス間の距離が最小値となるパス)を選択する。そして、上記パス選択回路10は、表3に示した4つのパスに一致するパスについて、その一致したパスに含まれるサンプルの差メトリックを μ 、計算回路13に供給する。また、同時に、表3に示した4つのパスと一致するパスのサンプル数と同数のパルス第2カウンタ12に供給する。こうして、パス選択回路10にて選択されたパスのサンプル数が第2カウンタ12により積算される。

【0060】

上記 μ 、計算回路13では、パス選択回路10にて選択されたパスについて、差メトリックの平均値 μ および標準偏差 σ が計算される。

【0061】

そして、上記第1カウンタ11,第2カウンタ12でカウントされた結果、および、 μ 、計算回路13での計算結果をコントローラ14のソフトウェアにより処理する。

【0062】

図2に測定開始から測定結果を得るまでの測定処理全体のフローチャートを示している。まず、測定に先立って、ステップ1で第1,第2カウンタ11,12のカウント値を0にクリアする。

次に、ステップ2に進み、ディスク1の所定の領域を読み出し、復号処理を開始する。続いて、ステップ3に進み、測定を終了したか否かを判定して、測定が終了するまでステップ3を繰り返し、所定の期間測定を行う。この測定期間において、差メトリック演算回路9とパス選択回路10と μ 、計算回路13および第1,第2カウンタ11,12による測定が行われる。そして、測定が終了したら、ステップ4に進み、復号処理を終了する。次に、ステップ5に進み、第1カウンタ11によりカウントされた全サンプル数T、および、第2カウンタ12によりカウントされた測定サンプル数 T_0 、 μ 、計算回路13で計算された平均値 μ および標準偏差 σ を読み出す。

次に、ステップ6に進み、ステップ5で得られた平均値 μ および標準偏差 σ から次の(式6)を用いて補正前のビットエラーレートBER0を求める。

【数2】

$$BER0 = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot \sigma} \int_{-\infty}^0 e^{-\frac{(t-\mu)^2}{2\sigma^2}} dt \dots\dots\dots (式6)$$

ここで得られたビットエラーレートBER0は、最小分布を形成するデータ系列のビットエラーレートである。

【0063】

次に、ステップ7に進み、ビットエラーレートの補正演算を行う。この補正演算は、ステップ6で得られたビットエラーレートBER0を全データ系列に対するビットエラーレートBER1に次の(式7)を用いて変換する。

$$BER1 = BER0 \cdot T_0 / T \dots\dots\dots (式7)$$

【0064】

このように、最小分布を形成するデータ系列の差メトリックの平均値 μ および標準偏差 σ から、最小分布のビットエラーレートを求め、そのビットエラーレートの補正演算を行うことにより、全データ系列に対するビットエラーレートを計算する。

【0065】

上記実施形態では、第1,第2カウンタ11,12により測定サンプル数 T_0 と全サンプル数Tをカウントしているが、記録媒体のフォーマットにより1セクタ当たりのサンプル数が決まっている場合は、測定期間をセクタ単位で行うことにより、全サンプル数Tをカウントしなくても、ビットエラーレートの補正演算が可能となる。

【0066】

例えば、1セクタが10000サンプルであり、2セクタ分のデータについて測定を行ったとすると、全サンプル数Tは20000サンプルとなる。このようにすれば、第1カウンタ11を省略することができ、装置の構成を簡素化できる。一方、全サンプル数Tをカ

10

20

30

40

50

ウンタによりカウントできるようにしておくと、1セクタより小さな領域の測定が可能となり、位置分解能の高い、詳細な評価が可能となるという利点がある。したがって、装置構成の簡略化と必要な測定分解能とを考慮して、適宜選択すればよい。

【0067】

さらに、光ディスクの記録面に評価を行うためのテスト領域を備え、そのテスト領域に予め決められたテストデータパターンを記録するようにしてもよい。このテストデータパターン中に含まれる最小分布と全データとの割合が既知であるため、全サンプル数 T および測定サンプル数 T_0 をカウントするカウンタが不要となる。この場合、専用のテスト領域が必要になるため、ユーザーが使用できる領域が減少するというデメリットがあると共に、任意の場所で評価を行うことができない。

10

【0068】

以上説明したように、最小分布を形成するデータ系列の差メトリックの平均値 μ および標準偏差から、最小分布のビットエラーレート BER を求め、それに補正演算を行うことにより、全データに対するビットエラーレート BER を計算するようにしたので、データ系列の差メトリックの分布形状によらず、常に正確なビットエラーレート BER を測定することができる。

【0069】

上記実施の形態では、信号評価装置および信号評価方法を用いた光磁気ディスク再生装置について説明したが、これに限られるものではなく、最尤復号を用いてデータ系列を復号する磁気記録装置や通信データ受信装置等にこの発明の信号評価装置および信号評価方法を適用してもよい。

20

【0070】

【発明の効果】

以上より明らかのように、この発明の信号評価装置および信号評価方法によれば、最小分布を形成するデータ系列の尤度の差(差メトリック)の統計処理結果(平均値 μ および標準偏差)から、最小分布のビットエラーレートを求め、それに補正演算を行うことにより、上記データ系列の全データに対するビットエラーレートが得られるので、データ系列の尤度の差(差メトリック)の分布形状によらず、常に正確なビットエラーレートを測定することができる。

【図面の簡単な説明】

30

【図1】 図1はこの発明の実施の一形態の信号評価装置を用いた光ディスク装置の再生信号処理部分の要部を示す構成図である。

【図2】 図2は上記信号評価装置のフローチャートである。

【図3】 図3は差メトリックの分布を示す説明図である。

【図4】 図4は最小ランレングスに制限があるときの差メトリックの分布を示す説明図である。

【符号の説明】

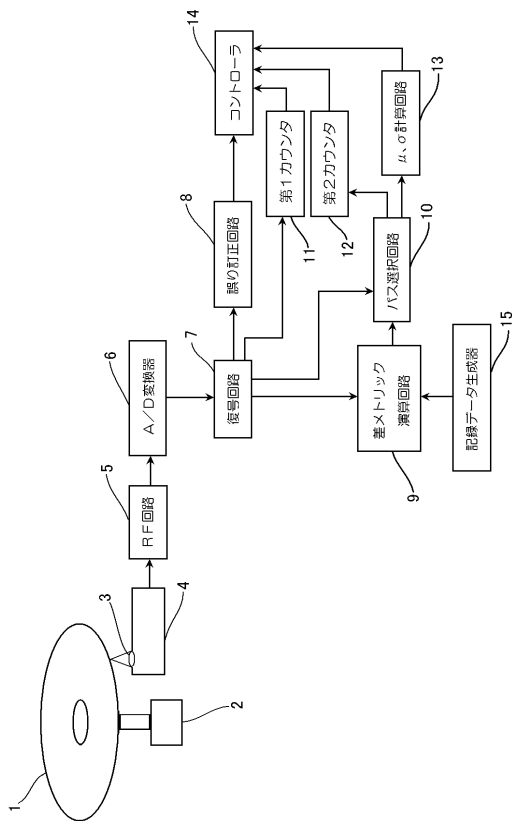
- 1 ... 光ディスク、
- 2 ... スピンドルモータ、
- 3 ... 対物レンズ、
- 4 ... 光ピックアップ、
- 5 ... RF回路、
- 6 ... A/D変換器、
- 7 ... 復号回路、
- 8 ... 誤り訂正回路、
- 9 ... 差メトリック演算回路、
- 10 ... パス選択回路、
- 11 ... 第1カウンタ、
- 12 ... 第2カウンタ、
- 13 ... μ 、 計算回路、

40

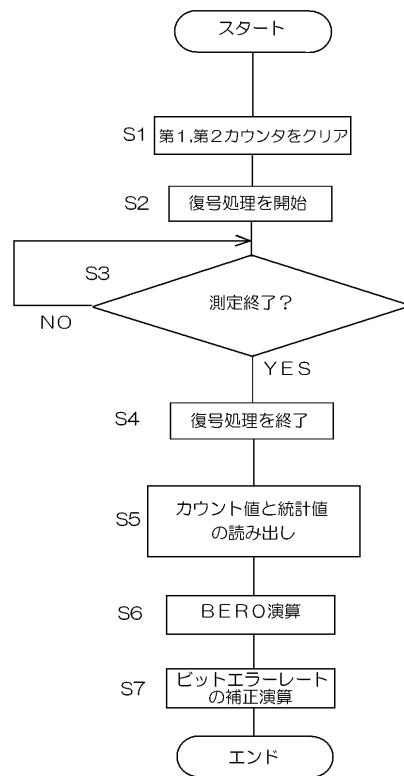
50

- 14 ... コントローラ、
- 15 ... 記録データ生成器。

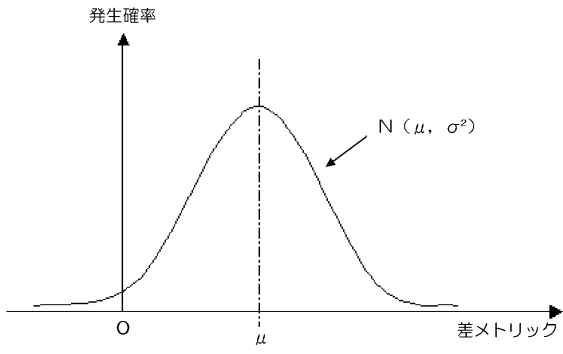
【図1】



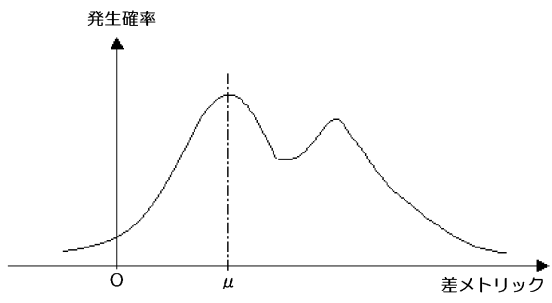
【図2】



【図3】



【図4】



フロントページの続き

(51) Int.Cl.

F I

G 1 1 B 20/18 5 7 0 F

G 1 1 B 20/18 5 7 2 C

G 1 1 B 20/18 5 7 2 F

(56) 参考文献 特開平 1 0 - 0 2 1 6 5 1 (J P , A)

特開平 1 0 - 1 7 2 2 3 8 (J P , A)

(58) 調査した分野(Int.Cl. , D B名)

G11B 20/10 - 20/18