

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3774591号
(P3774591)

(45) 発行日 平成18年5月17日(2006.5.17)

(24) 登録日 平成18年2月24日(2006.2.24)

(51) Int. Cl.

G 1 1 B 20/18 (2006.01)

F I

G 1 1 B 20/18 5 5 2 Z
G 1 1 B 20/18 5 5 0 F
G 1 1 B 20/18 5 5 0 C
G 1 1 B 20/18 5 7 2 B
G 1 1 B 20/18 5 7 2 F

請求項の数 3 (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願平11-187776
(22) 出願日 平成11年7月1日(1999.7.1)
(65) 公開番号 特開2001-14811(P2001-14811A)
(43) 公開日 平成13年1月19日(2001.1.19)
審査請求日 平成14年5月31日(2002.5.31)

(73) 特許権者 503136004
株式会社日立グローバルストレージテクノロジーズ
神奈川県小田原市国府津2880番地
(74) 代理人 100075096
弁理士 作田 康夫
(72) 発明者 桑村 信博
神奈川県小田原市国府津2880番地 株式会社 日立製作所 ストレージシステム事業部内
(72) 発明者 土屋 鈴二郎
神奈川県小田原市国府津2880番地 株式会社 日立製作所 ストレージシステム事業部内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 リトライシーケンス学習方法及び該学習方法を適用した磁気ディスク装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

磁気ディスクに書き込んだデータを再生し、リードエラーが発生した際に所定のステップを含むシーケンスに従ってリトライを行う磁気ディスク装置のリトライシーケンス学習方法であって、リトライシーケンスでのステップの回数を可変とし、過去に行われたリトライシーケンスにおいてデータに誤りなくリードできたステップの回数を他のステップより多数回実行することを特徴とするリトライシーケンス学習方法。

【請求項2】

磁気ディスクに書き込んだデータを再生し、リードエラーが発生した際に所定のステップを含むシーケンスに従ってリトライを行う磁気ディスク装置において、リトライシーケンスでのステップの回数を可変とし、過去に行われたリトライシーケンスにおいてデータに誤りなくリードできたステップの回数を他のステップより多数回実行することを特徴とする磁気ディスク装置。

【請求項3】

データを記録する磁気ディスクと、該磁気ディスクに対しデータの記録再生を行う磁気ヘッドと、該磁気ヘッドを用いてデータの記録再生を行う記録再生回路と、複数のステップを含むリトライシーケンスを記憶する不揮発性メモリと、書き換え可能なメモリとを含み、磁気ディスクに書き込んだデータを再生し、リードエラーが発生した際に前記リトライシーケンスに従ってリトライを行う磁気ディスク装置において、前記磁気ディスクからリードしたデータにエラーがあった場合、前記不揮発性メモリに記憶したリトライシー

ケンスに

よる所定順序の複数のステップによるリトライを実行し、該リトライにおいてデータに誤りなくリードできたステップの回数を書き換え可能なメモリに記憶し、次のリードエラーが発生した際に前記書き換え可能なメモリに記憶したステップの回数を他のステップより多数回実行してリトライすることを特徴とする磁気ディスク装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、リードエラーが発生した場合のリトライシーケンス学習方法及びこの学習方法を適用した磁気ディスク装置に関する。

10

【0002】

【従来の技術】

一般に磁気ディスク装置は、リードデータにエラーが発生した場合、このエラーを回復するためにエラー回復コードであるECCを使用したデータ訂正を行い、このECCによってもデータを訂正できなかった場合にはデータのリトライリードを行っている。

【0003】

このデータのエラーを引き起こす要因としては、ランダムなノイズによるS/N比の劣化の他に、(1)ディスク上の欠陥、(2)Thermal Asperity(熱障害; T A)、(3)オフトラックライト、(4)波形変動、(5)動作環境の変動によるリード信号波形の特性変化などが挙げられる。

20

【0004】

前記(1)ディスク上の欠陥は、大きさや範囲によっては欠陥部分でのデータエラーだけでなく、振幅変化による再生回路の自動振幅調整機能(AGC)や位相同期ループ(PLL)が誤動作してリード波形とデータ復号クロックにずれが生じ、バースト的なエラーを招くこともある。特に近年では高記録密度化(高BPI化)が進み、従来では問題にならなかったサイズの小さな欠陥が問題となってきた。

【0005】

前記(2)T Aは、リードヘッドに磁気抵抗効果素子(MR素子)を使用している場合に見られる現象である。このMR素子は、外部磁界によって素子の持つ磁化の向きが変化すると素子の抵抗が変化する磁気抵抗効果を利用し、MR素子に一定のバイアス電流を流し、前記抵抗の変化による素子の電圧変化を出力信号として得るものであり、前記T Aは、磁気ディスク上に突起などに前記MR素子が接触して摩擦により素子の温度が上昇し、金属材料であるMR素子の抵抗が変化して本来の信号成分にその熱による抵抗変化分が重畳し波形を本来あるべき形から変形させる現象である。

30

【0006】

前記(3)波形変動は、ライトヘッドによるライト磁界(書き込み時の磁界)がリードヘッドに影響を及ぼすことによって発生し易く、前記データ書き込み時にライト磁界がリードヘッド中の磁区構造を一時的に異なる構造へと遷移させ、出力振幅の変化や波形の上下非対称を引き起こす現象である。

【0007】

40

前記(4)オフトラックライトは、本来ライトされるべき位置からオフセットした位置にデータトラックが書き込まれる現象であり、オフセットしたトラックのみでなく隣接トラックにも影響を与える現象である。このトラック位置を本来の位置からオフセットして書き込んだ場合、当然正しい位置でデータを読んでも期待したリード信号波形は得られないためエラーレートの劣化を招く。このオフセットライトは、今後さらにトラック密度が増大すればますます問題となる現象である。

【0008】

(5)前記動作環境が引き起こす現象は、例えば高温や低気圧状態でヘッドの浮上量に変化し、これによりリード波形の分解能が変化することが挙げられる。現在主流となっているパーシャルレスポンスと呼ばれる信号処理方式では、分解能の変化による等化誤差は工

50

ラーレートに大きな劣化を生じる。

【0009】

この様にリードエラーにはさまざまな要因があり、エラー発生時に再読込を行うリトライリードにより、その要因を想定してさまざまなエラー回避方法が実行される。このエラー回避方法をエラー要因対応に次に説明する。

【0010】

(1) ディスク上欠陥に対するエラー回避方法：

このエラー回避方法は、欠陥が通常データ範囲に存在するか同期を取るためのP0 SYNC部に存在するかによって異なるが、前者の場合は再生回路のゲイン変更を行ったりデータ復号方式を切り替えたりする方法が採られ、後者の場合PLLの引き込みタイミングを変更するなどの処置が採られる。

10

【0011】

(2) TAに対するエラー回避方法：

このTAの影響を軽減するためのエラー回避方法は、TAの応答が信号成分の周波数に比べて遅いことを利用し、ハイパスフィルタ(HPF)のカットオフ周波数を上げることによってリード波形からTA成分を除去する方法が採られる。またAGC(自動利得制御回路)やPLL(Phase Locked Loop: データセパレータ回路)がTA波形に反応することによってエラーが後続の部分まで伝搬するのを防ぐために、AGCやPLLの動作をホールドする方法が併せて行われる。

【0012】

20

(3) 波形変動に対するエラー回避方法：

この波形変動の回避方法は、ライトヘッドによる磁界がリードヘッドに影響を及ぼすことに起因するため、再びライトヘッドから磁界を発生させてリードヘッドを安定な磁区構造に戻す方法が採られている。

この回避方法においては、リードデータを壊さないよう一度データの書かれていないトラックにシークしてライト電流を流しヘッドの磁区構造を安定状態に戻した後、再度目標のトラックにシークし直してリードを実行する必要がある。この復旧のためのライト動作は、データをライトするためではなく単にライト磁界を発生させるためだけのライトであるためダミーライトと呼ばれる。

【0013】

30

(4) オフトラックライトに対するエラー回避方法：

この回避方法は、オフトラックして書き込んでしまったデータトラックに対して前記オフセット分だけ本来のリード位置からずらした位置での読込を行えば良く、オフセット方向やその値が分からないために、いくつかのオフセット値でリトライリードを行なうことによって行われる。

【0014】

(5) その他のエラー回避方法：

この回避方法は、特定の要因に対するエラー回復方法ではないが、R/Wチャンネルによって発行される、エラーが発生したと推定される場所に関する情報を利用し、ソフトウェアでより効果的なエラー訂正を行なうイレージャ訂正などが挙げられる。

40

【0015】

このように従来技術による磁気ディスク装置には、エラー回復方法を含んださまざまなリトライステップがリトライシーケンスとして登録されており、リードエラーが発生した場合に実行される。このリトライステップの実行順序は、エラー要因の発生頻度やそのステップを実行するのに要する時間を考慮し、最初にオフセットリード、次にダミーライト、次にフィルタ設定の変更といったように実行の順序が装置構成時に決定されたまま固定している。

【0016】

従って従来技術による磁気ディスク装置は、エラー要因によってはエラー回復に有効なステップがリトライシーケンスの末尾の方に登録されており、無駄なリトライステップを多

50

数実行した後でなければエラー回復をすることができず、エラーの回復までに時間を費やすと言う不具合があった。

【0017】

従来技術においては、前記不具合を解決するために、例えば特開平10-134528号公報に記載されている如く、リトライシーケンスに登録されたリトライステップを複数のステップを含むグループに分割しておき、エラー発生時にはエラーの種類を判別し、判別されたエラーの種類に応じてグループ内から特定のリトライステップを選択的に実行することにより無駄なリトライステップを避ける方法が提案されている。

【0018】

この方法を図1を参照して説明する。図1は、前記公報中に示されたエラー回復プロシージャのステップ例である。図に示すステップは、大別して、どのようなタイプのエラーにおいても実行するステップ1~4のグループと、エラータイプにしたがって選択的に実行するために区分けされた複数のグループA以降とに分けられる。前記ステップ1~4のグループは、前回と同条件にて再読込を行うSYNC1~2と、トラック位置をずらして再読込を行うオフトラック1~2のステップとから構成される。

10

【0019】

前記グループAは、TA用にAGCをホールドするステップ5、サーボエラー用にデータ・スレシールド調整を行うステップ6、ミスリード用にサーボ・スレシールド調整を行うステップ7とから構成され、グループBは、TA用にバタフライ・シークを行うステップ8、サーボエラー用にオフトラックシークを行うステップ9、ミスリード用にMRバイアスの変更を行うステップ10とから構成されている。

20

【0020】

前記各グループにはTAエラー回復用、サーボ・エラー回復用、およびその他の読み取り不良(ミス・リード)エラー回復用の3つのステップが含まれ、本例においてTAエラーが発生した場合には、ステップ1、2、3、4、5、8、11が順次実行され、サーボ・エラーの場合には、1、2、3、4、6、9、12が順次実行され、ミス・リードの場合には、1、2、3、4、7、10、13が順次実行される。

【0021】

【発明が解決しようとする課題】

前述の公報中に示された無駄なリトライステップを避ける方法は、リトライシーケンスに入る前にエラーの要因を特定する必要があるが、前述したようにエラー要因は多種存在し、TAを除いた他のエラー要因をリトライシーケンスに入る前に特定することは困難であるため、ほとんどのリードエラーはミス・リード回復用のステップをグループ順に実行することとなり、実質的に無駄なステップを避けることは困難であると言う不具合があった。

30

【0022】

本発明の目的は、前記従来技術による不具合を除去することであり、無駄なリトライステップの実行を防止することができるリトライシーケンス学習方法及び該学習方法を適用した磁気ディスク装置を提供することである。

【0023】

【課題を解決するための手段】

前記目的を達成するため本発明は、磁気ディスクに書き込んだデータを再生し、リードエラーが発生した際に所定のステップを含むシーケンスに従ってリトライを行う磁気ディスク装置のリトライシーケンス学習方法であって、リトライシーケンスでのステップの順序を可変とし、該ステップの実行順序を、過去に行われたリトライシーケンスにおいてデータに誤りなくリードできたステップから優先的に実行することを第1の特徴とする。

40

【0024】

更に本発明は、磁気ディスクに書き込んだデータを再生し、リードエラーが発生した際に所定のステップを含むシーケンスに従ってリトライを行う磁気ディスク装置において、リトライシーケンスでのステップの順序を可変とし、該ステップの実行順序を、過去に行わ

50

れたリトライシーケンスにおいてデータに誤りなくリードできたステップから優先的に実行することを第2の特徴とする。

【0025】

また本発明は、データを記録する磁気ディスクと、該磁気ディスクに対しデータの記録再生を行う磁気ヘッドと、該磁気ヘッドを用いてデータの記録再生を行う記録再生回路と、複数のステップを含むリトライシーケンスを記憶する不揮発性メモリと、書き換え可能なメモリとを含み、磁気ディスクに書き込んだデータを再生し、リードエラーが発生した際に前記リトライシーケンスに従ってリトライを行う磁気ディスク装置において、前記磁気ディスクからリードしたデータにエラーがあった場合、前記不揮発性メモリに記憶したリトライシーケンスによる所定順序の複数のステップによるリトライを実行し、該リトライにおいてデータに誤りなくリードできたステップの順序を書き換え可能なメモリに記憶し、次のリードエラーが発生した際に前記書き換え可能なメモリに記憶した順序で複数のステップを実行してリトライすることを第3の特徴とする。

10

【0026】

【発明の実施の形態】

以下、本発明によるリトライシーケンス学習方法及び該学習方法を適用した磁気ディスク装置を図面を参照して詳細に説明する。図2は、本発明が適用される磁気ディスク装置の機構を説明するための図である。

図2に示す磁気ディスク装置は、スピンドル21に回転自在に保持された磁気ディスク22と、該磁気ディスク22上に位置してキャリッジに保持され且つボイスコイルモータ(VCM)23により回動される磁気ヘッド24と、該磁気ヘッド24によりデータの記録再生を行う記録再生回路の機能の一部を担うリード・ライト(R/W)IC25と、これら回路機構を収納する筐体20とを備える。

20

【0027】

この磁気ディスク装置は、スピンドル21の回転により磁気ディスク22を所定回転数回転した状態で、ボイスコイルモータ23が駆動することにより磁気ヘッド25を磁気ディスク24上の任意のトラックに位置決めし、リード・ライトIC25によりデータの記録再生を行う様に構成されている。

【0028】

前記磁気ヘッド24でリードしたアナログ信号は、リード・ライトIC25を通じてR/Wチャンネルに送られデジタルデータへ再生される。ライト・リードされるデータにはエラーをチェックするためのコードが付加されており、データを再生した際にそれがライトしたデータと正しいかどうか判定できる。リードしたデータに誤りがあると判定された場合、データ訂正やリトライリードが実行される。

30

【0029】

本実施形態では、エラーを回復するための複数のリトライシーケンス及びこの学習方法は磁気ディスク装置構成時にROMなどの不揮発性メモリ上に格納されている。

【0030】

このエラー回復を行うステップは、例えば図3に示す如く、各ステップにはretry[n](0~n)という名前が割り当てられ、例えばretry[0]は単純な再リード、retry[1]は-1タップヘッド位置をずらしたオフセットリード、retry[2]は+1タップヘッド位置をずらしたオフセットリード、retry[3]は-2タップヘッド位置をずらしたオフセットリード、retry[4]は+2タップヘッド位置をずらしたオフセットリード、retry[5]はEQ係数を変更した再リード、retry[6]はPLLをホールドした状態の再リード、retry[7]はAGCをホールドした状態の再リード、retry[8]はMR素子用のダミーライト、retry[9]はAGCのゲインを変更した状態の再リード、retry[10]はHPFの周波数(f)を変更した再リード、retry[11]はイレージャを訂正した再リードを行うことを表している。即ち図3は、使用される(n+1)個のステップ有るエラー回復の一例が、それぞれretry[]というステップ名で割り当てられていることを説明する図である。

40

50

【 0 0 3 1 】

本実施形態によるエラーを回復するための複数のリトライシーケンス及びこの学習方法を次に図 4 を参照して説明する。図 4 は、本実施形態による磁気ディスク 4 0 上にリトライの優先順位を記述した配列 `priority []` の要素が表 4 1 のように保存されている様子を示す。

【 0 0 3 2 】

この保存されている配列要素は、前回の磁気ディスク装置動作時の全ての条件によるリトライリードを行った結果に基づくリトライシーケンス学習結果であり、例えばヘッド番号 0 (`HD # 0`) のゾーン番号 0 (`Zone # 0`) の如く各磁気ヘッド及び磁気ディスク上のゾーン毎に配列要素を割り当てる。本例ではゾーン数 ($q+1$)、ヘッド本数 ($p+1$) として

10

【 0 0 3 3 】

本実施形態は、磁気ディスク装置起動時には前記配列要素を磁気ディスクから読み込み、例えば RAM などの書き換え可能なメモリ上に `priority []` 配列の要素として記憶する。例えばあるゾーン・ヘッドに関してディスク上に `priority []` が「1、3、4、0、5、10、9、...」と保存されていた場合、書き換え可能なメモリには図 5 のように `priority [0] = 1`、`priority [1] = 3`、`priority [2] = 4`、`priority [3] = 0`、`priority [4] = 5`、`priority [5] = 10`、`priority [6] = 9`、... と記憶する。

【 0 0 3 4 】

図 6 はエラーが発生した場合のリトライ手順と、その結果を元に次回のリトライステップ順序を変更する様子を示したフローチャートである。ここではエラー回復を行うステップを表した図 3 を元に説明を行なうためにリトライステップ数が ($n+1$) 個の場合として説明する。

20

【 0 0 3 5 】

本処理は、まずエラーが発生しリトライシーケンスに入ると、まず $k=0$ をセットし (ステップ 6 0)、次いで `priority [k]` すなわち `priority [0]` に該当するリトライステップを実行する (ステップ 6 1)。このリトライステップは、`priority [0]` が「1」であるため、まず `retry [1]` が実行される、即ち図 2 の「- 1 タップオフセットリード」のステップが行われる。

30

【 0 0 3 6 】

次に本処理は、前記ステップ 6 1 によりリトライが成功したか否かを判定し (ステップ 6 2)、ここでリトライリードに成功しなかった場合はステップ 6 3 にフローが進み、ここで既に決められた全ステップのリトライが実行されたかが判断される。決められた回数のリトライステップを実行してもエラーを回復できなかった場合にはステップ 6 4 に示したようにリトライ失敗となる。

【 0 0 3 7 】

まだ決められた全ステップのリトライを実行していなかった場合 (ステップ 6 3 の `Yes`)、 k の値に「1」を加算して再びステップ 6 1 に戻る。

このステップ 6 5 により k の値がインクリメントされ、今度のステップ 6 1 では `priority [1]` に示されたステップ、ここでの例では `retry [3]` が実行される、即ち図 3 に示した「- 2 タップオフセットリード」が実行される。

40

以降リトライリードに成功 (ステップ 6 2 の `YES`) するか、決められた回数のリトライが実行される (ステップ 6 3 の `No`) まで、同様の手順が繰り返される。

【 0 0 3 8 】

ここでは、 $k = 4$ までのリトライステップでリードに成功しなかったものとし、ステップ 6 5 までフローが進んだと仮定すると、本ステップ 6 5 で k がインクリメントされ $k = 5$ となり、ステップ 6 1 へ戻り、ステップ 6 2 において `retry [priority [5]] = retry [10]` すなわち「HPF の `fc` 変更」が実行され、再リードが行われる。

50

【0039】

このステップでリードに成功したとするとステップ66へと進み、最初のリトライステップでリードに成功していれば、リトライステップ順序の変更は行なわれずリトライ終了(ステップ67)となるが、 $k = 0$ でないため次のステップ68へと進み、次のリトライのためにステップ順序の変更が行われる。

【0040】

このステップ順序の変更は、今回リードに成功した「HPFのfc変更」が次のリトライ時に最初($k = 0$)に実行されるようにするため、図5のpriority[0]を10に変更する必要がある。これがステップ68中のpriority[0] = priority[k]である。また、このときに元のpriority[0]の情報が失われないように、一時的にtempという変数に避難させている。これがステップ68中の(temp = priority[0])である。

10

【0041】

以下の操作では今回の1 ~ k - 1番目のステップが、次の2 ~ k番目に実行されるようにpriority[]配列の内容を操作している。k + 1番目以降のリトライステップ順序には変更は加えられない。

本処理は、以上の手順を全て実行するとリトライの終了となる(ステップ69)。

【0042】

上記の操作の結果priority[]配列要素順序は、当初の図5のものから図7に示す如く変更され、次のリトライ時にはステップの実行順序は図8に示す如く、今回のリトライが「-1タップオフセットリード」から開始していたものを次回においては「HPFのfcの変更」から開始する様に変更する。

20

【0043】

従って本実施形態によれば、リトライに要する時間を各ステップで同じとすると、この例の場合、次のリトライでは成功までに要する時間を今回と比べて1/6に短縮することができる。即ち、本発明は、リトライシーケンスでのステップの順序を可変とし、その順序を、過去に行われたリトライシーケンスにおいてデータに誤りなくリードできたステップから優先的に実行する、換言すればリトライシーケンスで実行されるステップの順序を過去にどのステップが効果的に作用したかに応じて学習する機能を有することにより、無駄なリトライステップが実行されるのを避けることができる。

30

【0044】

次に本発明の他の実施形態であるリトライステップの回数を学習する手順について説明する。

図9は、前記図4に示したリトライステップの他の例を示し、磁気ディスク90上に各リトライステップの回数を記述した配列time[]の要素が表91のように保存されている様子を示す。

【0045】

ここに保存されている配列要素は、ゾーン数($q + 1$)、ヘッド本数($p + 1$)の例における、前回の磁気ディスク装置動作時のリトライシーケンス学習結果である。前記実施形態同様に磁気ディスク装置起動時にはこれが磁気ディスク上からリードされ、例えばRAMなどの書き換え可能なメモリ上のtime[]に例えば図10の如く記憶される。例えばあるゾーン・ヘッドに関してディスク上にtime[]が「2、1、1、3、2、1、1、...」と保存されていた場合、書き換え可能なメモリ上には図10のようにtime[0] = 2、time[1] = 1、time[2] = 1、time[3] = 3、time[4] = 2、time[5] = 1、time[6] = 1、...と記憶される。

40

【0046】

図11、はエラーが発生した場合のリトライ手順と、その結果を元に次のリトライステップ回数を変更する様子を示したフローチャートである。ここではリトライステップ数が($n + 1$)個の場合を仮定した。

【0047】

50

本処理は、エラーが発生しリトライシーケンスに入ると、まず $k=0$ をセットし(ステップ20)、次いで $retry[0]$, $retry[1]$, ..., $retry[n]$ がリトライに成功するまで順番に実行される。この時それぞれのリトライステップは、それぞれ図11中の符号110部分のループに示すように $time[0]$, $time[1]$, ..., $time[n]$ 回ずつ繰り返し実行される。

【0048】

前記符号110部分の処理は、 l に $time[0]$ をセットし(ステップ20)、次いで前記 l が0より大きいかが判定し(ステップ21)、 $retry[0]$ のステップ、ここでは $priority[0]$ が"1"であるため $retry[1]$ (図2の「-1タップオフセットリード」)のステップを実行し(ステップ23)、リードの成功有無を判定し(ステップ24)、成功しない場合は l から1を減算(ステップ25)してから前記ステップ22に戻り、リトライに成功するまで順番に再度ステップ23による $retry[1]$ ~ $retry[n]$ がリトライに成功するまで順番に実行される。

10

【0049】

以下前述の図3と図10を例に説明すると、「単純に再リード」が $time[0]$ として2回、「-1タップオフセットリード」が $time[1]$ 回として1回、「+1タップオフセットリード」が $time[2]$ 回として1回、「-2タップオフセットリード」が $time[3]$ 回として回、...のように実行される。

【0050】

ここで例えば「-2タップオフセットリード」でリトライに成功したとすると、図11のステップ111によりリトライステップの次のリトライシーケンスでの回数を変更される。本例のステップ111では今回の回数+1回となる場合を示したが、ここは他の値に設定しても良い。上記の手順の結果により図10に示したリトライ回数を記憶する配列の要素を図12のように変化させる。

20

【0051】

これにより本実施形態は、各ステップの回数を可変とし、過去に行われたリトライシーケンスの結果に応じてその回数を学習させる、即ち過去のリトライシーケンスでエラーなくリードできたステップの回数を他のステップより多数回実行することにより、リトライの成功率を向上させることができる。

【0052】

尚、図11に示した実施形態では省略したが、ステップあたりの最大リトライ回数に上限を与え、ある特定のステップだけにより時間の消費を防止することが考えられる。この場合、リトライシーケンスが繰り返し実行され、全てのリトライの回数が上限に張り付くと、各ステップ間の回数に優劣がなくなってしまうため、この対策として、例えば全ステップのリトライ回数の合計を管理し、合計回数がある値を超え場合、リトライに成功したステップの回数を増やす時に他のステップの回数を減らす様にすることが考えられる。この場合には、リトライ回数が0になり実行されないステップができるのを避けるため、リトライ回数の下限も例えば1と決めておく必要がある。

30

【0053】

本発明は、前述の2つの実施形態を組み合わせ、リトライステップの順序と回数を共に変更することもできる。

40

図13は、この前記2つの実施形態を組み合わせしたリトライ手順と、リトライ結果を元にリトライステップの順序と回数を変更する手順を表すフローチャートである。

【0054】

本処理は、エラーが発生しリトライシーケンスに入ると、まず $k=0$ をセットし(ステップ31)、次いで l に $time[priority[k]]$ に $k=0$ をセットし(ステップ32)、次いで前記 l が0より大きいかが判定し(ステップ33)、 $time[priority[0]]$ のステップを実行する(ステップ34)。ここでは $priority[0]$ が"1"であるため $retry[1]$ (図2の「-1タップオフセットリード」)のステップを実行し(ステップ34)、リードの成功有無を判定し(ステップ35)、成功しな

50

いは場合は1から1を減算(ステップ36)してから前記ステップ33に戻り、リトライに成功するまで順番に再度ステップ24によるretry[priority[1]]~retry[priority[n]]がリトライに成功するまで順番に実行される。ここで前記ステップ33において前記1が0より小さいと判定され(ステップ33のNO)、kがnより小さいとき(ステップ37におけるYES)、kに1を加算してステップ32に戻って処理を続行する。

【0055】

このように本発明は、無駄なリトライステップが実行されるのを避けるために、リトライシーケンスでのステップの順序を可変とし、その順序を、過去に行われたリトライシーケンスにおいてデータに誤りなくリードできたステップから優先的に実行することにより、リトライシーケンスで実行されるステップの順序を過去にどのステップが効果的に作用したかに応じて学習することができる。

10

【0056】

またステップ順序だけでなく、各ステップの回数を可変とし、過去に行われたリトライシーケンスの結果に応じてその回数を学習させ、過去のリトライシーケンスでエラーなくリードできたステップの回数を他のステップより多数回実行することによりリトライの成功率を向上することができる。

【0057】

尚、本発明は次に述べる実施形態としても表すことができる。

<実施形態1> データを記録するための磁気ディスクと、該磁気ディスクに対しデータの記録・再生を行う磁気ヘッドと、該磁気ヘッドに接続されたデータの記録再生回路と、該磁気ディスクと該磁気ヘッドおよび該記録再生回路の動作を制御する制御回路と、該制御回路の動作手順を記憶する不揮発性メモリと、書き換え可能なメモリからなる磁気ディスク装置で、該磁気ディスク装置は少なくとも2本のヘッドを有するか、あるいは少なくとも2つのゾーンに分割されており、該磁気ディスクから該磁気ヘッドを用いてリードしたデータに誤りがあった場合にはリトライシーケンスが実行され、該リトライシーケンスは少なくとも2種類のリトライステップを有し、該リトライステップは前記不揮発性メモリに保持されており、該リトライシーケンスで実行されるリトライステップの順序あるいは各リトライステップの回数あるいはリトライステップの順序および回数は起動時にはあらかじめ定められており、磁気ディスク装置の起動後にリトライシーケンスで実行されるリトライステップの順序あるいは各リトライステップの回数あるいはリトライステップの順序および回数が変化可能であり、該リトライステップの順序あるいは各リトライステップの回数あるいはリトライステップの順序および回数が前記書き換え可能なメモリに記憶されていることを特徴とする磁気ディスク装置。

20

30

【0058】

<実施形態2> リトライシーケンスで実行されるリトライステップの順序が、直前までに実行されたリトライシーケンスにおいて、どのリトライステップでデータに誤りなくリードできたかに応じて変化することを特徴とする実施形態1記載の磁気ディスク装置。

<実施形態3> 直前に実行されたリトライシーケンスにおいてデータに誤りなくリードできたリトライステップが、その直後のリトライシーケンス時に最初に実行されることを特徴とする実施形態1又は2記載の磁気ディスク装置。

40

<実施形態4> リトライシーケンスで実行されるリトライステップの順序が、ヘッドあるいはゾーンあるいはヘッドおよびゾーン毎に変化可能であることを特徴とする実施形態1記載の磁気ディスク装置。

<実施形態5> 磁気ディスク装置起動後に変化したリトライシーケンスで実行されるリトライステップの順序を、磁気ディスク上に保存することを特徴とする実施形態1記載の磁気ディスク装置。

<実施形態6> 磁気ディスク装置を起動後最初のリトライシーケンスでのリトライステップの実行順序は、実施形態5で磁気ディスク上に保存された順序に従うことを特徴とする実施形態1記載の磁気ディスク装置。

50

【 0 0 5 9 】

<実施形態7> リトライシーケンスで実行される各リトライステップの回数が、直前までに実行されたリトライシーケンスにおいてどのリトライステップでデータに誤りなくリードできたかに応じて変化することを特徴とする実施形態1記載の磁気ディスク装置。

【 0 0 6 0 】

<実施形態8> リトライシーケンスで実行される各リトライステップの回数が、ヘッドあるいはゾーンあるいはヘッドおよびゾーン毎に変化可能であることを特徴とする実施形態1又は2記載の磁気ディスク装置。

<実施形態9> 磁気ディスク装置起動後に変化したリトライシーケンスで実行される各リトライステップの回数を、磁気ディスク上に保存することを特徴とする実施形態1記載の磁気ディスク装置。

10

<実施形態10> 磁気ディスク装置を起動後最初のリトライシーケンスでの各リトライステップの回数は、実施形態9で磁気ディスク上に保存された順序に従うことを特徴とする実施形態1記載の磁気ディスク装置。

【 0 0 6 1 】

【発明の効果】

本発明を利用すれば、エラーに対して最も有効なエラー回復ステップが優先的にかつ多数回実行されるために、リトライの成功率向上とパフォーマンスの低下を最小限に抑えることが可能となる。またゾーンおよびヘッド毎にリトライステップ実行順序および回数が独立であるため、学習したためのパフォーマンス低下を抑えることが可能である。

20

【 0 0 6 2 】

さらに学習したリトライ順序および回数を保存しておくことによって、次回起動時には直後からリトライ学習効果を有効に利用できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】従来技術による磁気ディスク装置のリトライシーケンスを説明するための図。

【図2】本発明の一実施形態による磁気ディスク装置の機構を示す図。

【図3】本発明の一実施形態による不揮発性メモリ上に格納されるエラー回復を行うステップを説明するための図。

【図4】本発実施形態によりリトライステップの実行順序を示すpriority[]配列が、ディスク上にゾーンおよびヘッド毎に保存されていることを説明するための図。

30

【図5】本発実施形態によるRAM上に記憶されているあるゾーン・ヘッドのpriority[]の配列要素を説明するための図。

【図6】本発実施形態によるリードエラーが発生した場合に実行されるリトライステップ手順と、そのリトライ結果を元に次回のリトライステップ実行順序を変更する手順を説明するためのフローチャート図。

【図7】本発実施形態によりリトライが実行された後に、RAM上に記憶されたpriority[]が変化した一動作例を説明するための図。

【図8】本発実施形態によるリトライの前後でのリトライステップ実行順序変化の一動作例を説明するための図。

【図9】本発明の他の発実施形態によるリトライステップの回数を示すtime[]配列が、ディスク上にゾーンおよびヘッド毎に保存されていることを説明するための図。

40

【図10】他の実施形態によるRAM上に記憶されているあるゾーン・ヘッドのtime[]の配列要素を説明するための図。

【図11】他の実施形態によるリードエラーが発生した場合に実行されるリトライステップ手順と、そのリトライ結果を元に次回のリトライステップ回数を変更する手順を説明するためのフローチャート図。

【図12】他の実施形態によるリトライが実行された後に、RAM上に記憶されたtime[]が変化した一動作例を説明するための図。

【図13】他の実施形態によるリードエラーが発生した場合に実行されるリトライステップ手順と、そのリトライ結果を元に次回のリトライステップの順序および回数を変更する

50

手順を説明するためのフローチャート図。

【符号の説明】

20：磁気ディスク装置筐体、21：スピンドル、22：磁気ディスク、23：ボイスコイルモーター(VCM)、24：磁気ヘッド、25：リードライト(R/W) IC、40：磁気ディスク、41：磁気ディスク上にライトされたpriority[]の配列要素、90：磁気ディスク、91：磁気ディスク上にライトされたtime[]の配列要素。

【図1】

【図1】

ステップ No.	グループ	ステップ	アドレス	対応エラー
1		SYNC1	8E44	ALL
2		SYNC2	8E48	
3		オフトラック1	8E4C	
4		オフトラック2	8E50	
5	A	AGCホールド	8E54	TA
6		データ・スレシールド	8E58	サーボ・エラー
7		サーボ・スレシールド	8E5C	ミス・リード
8	B	バグフライ・シーク	8E60	TA
9		オフトラック・シーク	8E64	サーボ・エラー
10		MRバイアス変更	8E68	ミス・リード
11	C	フライハイト変更	8E6C	TA
12		ECCコレクション	8E70	サーボ・エラー
13		ダミー・ライト	8E74	ミス・リード
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

(特開平 10-134528)

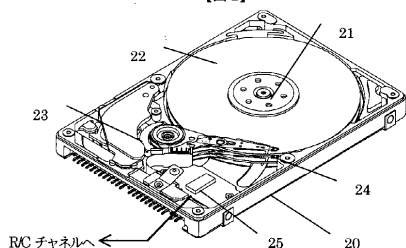
【図3】

【図3】

ステップ名	ステップ内容
retry[0]	単純に再リード
retry[1]	-1 タップオフセットリード
retry[2]	+1 タップオフセットリード
retry[3]	-2 タップオフセットリード
retry[4]	+2 タップオフセットリード
retry[5]	EQ 係数設定変更
retry[6]	PLL のホールド
retry[7]	AGC のホールド
retry[8]	ダミーライト
retry[9]	AGC ゲイン変更
retry[10]	HPF の fc 変更
retry[11]	イレージャ訂正
⋮	⋮
retry[n]	

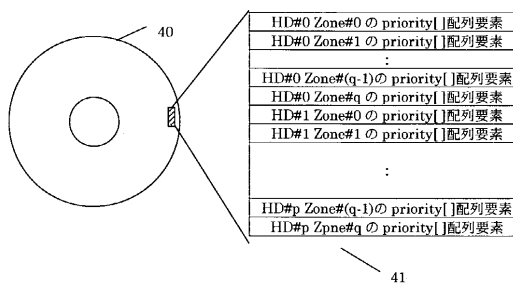
【図2】

【図2】



【図4】

【図4】

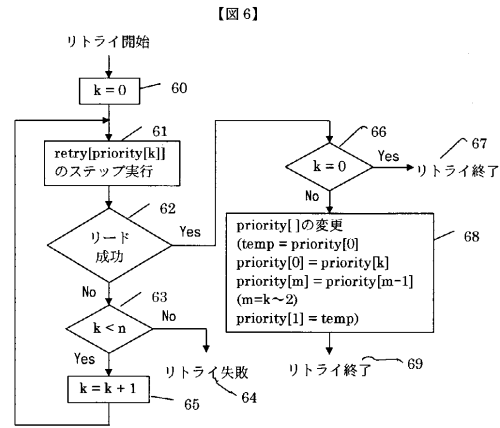


【図5】

【図5】

優先順位を記憶する配列	配列要素
priority[0]	1
priority[1]	3
priority[2]	4
priority[3]	0
priority[4]	5
priority[5]	10
priority[6]	9
:	:
priority[n-1]	
priority[n]	

【図6】



【図7】

【図7】

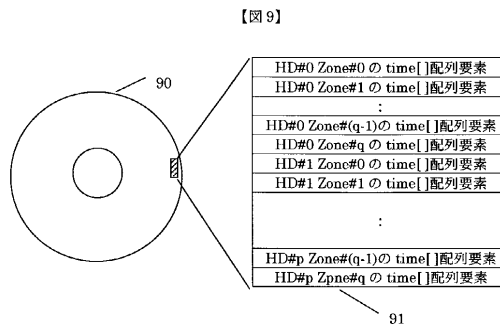
優先順位を記憶する配列	配列要素
priority[0]	10
priority[1]	1
priority[2]	3
priority[3]	4
priority[4]	0
priority[5]	5
priority[6]	9
:	:
priority[n-1]	
priority[n]	

【図8】

【図8】

ステップ順序	今回のリトライステップ	次回のリトライステップ
1	-1タップオフセットリード	HPFのfc変更
2	-2タップオフセットリード	-1タップオフセットリード
3	+2タップオフセットリード	-2タップオフセットリード
4	単純に再リード	+2タップオフセットリード
5	EQ係数設定変更	単純に再リード
6	HPFのfc変更	EQ係数設定変更
7	AGCゲイン変更	AGCゲイン変更
:	:	:
n+1		

【図9】

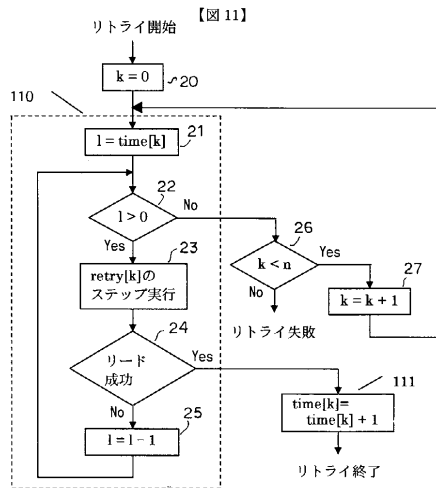


【図10】

【図10】

リトライ回数を記憶する配列	配列要素 (回数)
time[0]	2
time[1]	1
time[2]	1
time[3]	3
time[4]	2
time[5]	1
time[6]	1
:	:
time[n-1]	
time[n]	

【図11】



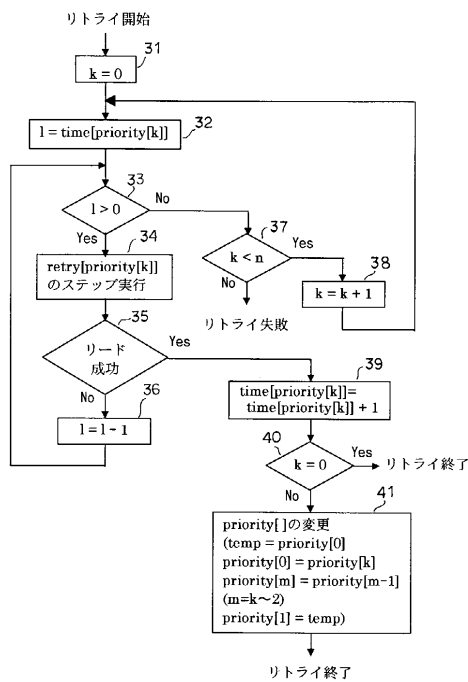
【図12】

【図12】

リトライ回数を記憶する配列	配列要素
time[0]	2
time[1]	1
time[2]	1
time[3]	4
time[4]	2
time[5]	1
time[6]	1
:	:
time[n-1]	
time[n]	

【図13】

【図13】



フロントページの続き

審査官 松平 英

(56)参考文献 特開平11-066763(JP,A)
特開平10-334621(JP,A)
特開平11-65778(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G11B 20/18

G11B 5/09

G11B 7/00