明　細　書

発明の名称

デイジタル信号符号化方法及び装置、デイジタル信号記録媒体、デイジタル信号復号化方法及び装置

技術分野

本発明はデイジタル信号符号化方法及び装置、デイジタル信号記録媒体、デイジタル信号復号化方法及び装置に関し、デイジタル信号を誤り訂正符号を付加して符号化し復号化するものに適用して好適なものである。

背景技術

従来、コンパクトデイスク（ＣＤ）においては、オーデイオ信号がデイジタル化されてＣＤ規格に応じた符号化方法で符号化されて記録されている。ＣＤの信号フオーマットを図１４に示す。１フレームは１バイトのサブコードと24バイトの実データ、各４バイトのＣ１、Ｃ２誤り訂正符号（ＣＩＲＣ（Cross Interleave Reed-Solomon Code））の合計33バイトより構成されている。また１フレームの先頭にはフレーム同期信号が付加されている。これによりサブコードを除いた全データ量に占める誤り訂正符号の割合、すなわち冗長度は８バイト／32バイトであり25〔%〕になる。

またＣＤの信号フオーマットの場合、図１５に示すように、98フレームで１ブロツクが形成され、これが１セクタと呼ばれる。この１セクタの実データは2352バイトである。また１セクタの先頭の２フレームのサブコードには、Ｓ０、Ｓ１という固有のパターンが記録されており、これによりセクタの先頭が判別される。なお誤り訂正符号ＣＩＲＣは、２段のリードソロモン符号、すなわちＣ１、Ｃ２符号をインターリーブで結合したものである。

このＣＤの符号化／復号化装置の構成を図１６に示す。まず符号化装置におい

て、デイジタルオーデイオのデータは、Ｌ、Ｒ各チヤンネルの６サンプル分すなわち24バイトが１つの単位となつて、ＣＩＲＣ符号化回路１に入力される。このＣＩＲＣ符号化回路１は、図１７に示すような回路で構成されている。すなわち偶数サンプル遅延回路２１、スクランブル回路２２は、偶数番目のサンプルのデータをそれぞれ２フレーム分遅延させ、データの並び換えを行う。これは、訂正不能が生じた場合、隣接データより訂正不能で欠落した部分を補間し、聴感上目立たなくするためである。

またＣ２符号符号化部２３は、元の符号24バイトに対しＣ２パリテイの４バイトを算出して加える。インターリーバ２４は、最大遅延が 108フレームにおよぶインターリーブをかける。Ｃ１符号符号化部２５は、元の符号とＣ２パリテイを含めた28バイトに対し４バイトのＣ１パリテイを算出して加え、この結果全データ長が32バイトになる。

奇数シンボル遅延回路２６は、奇数番目のシンボルのみをさらに１フレーム分遅延させる。遅延させる理由は、ランダムエラーが２バイトにまたがつて発生した場合、その影響が１つのＣ１符号系列上において１シンボルにしかおよばないようにするためである。インバータ２７は、パリテイの極性を反転させ、これによりすべてのデータが誤りで０になつた場合に、誤りなしと判断されることを防ぐようになされている。

このようにして得られたＣＩＲＣの符号化出力は、サブコード付加回路２で32バイト毎に１バイトのサブコードが付加される。ここで上述のセクタ先頭を示すコードＳ０、Ｓ１もサブコードとして付加される。そして次のＥＦＭ（Eight Fourteen Modulation ）変調回路３でＥＦＭ変調され、フレーム同期信号付加回路４においてフレーム先頭にフレーム同期信号が付加されて、カツテイング装置５に送られる。カツテイング装置５によりマスタリングが行なわれ、このようにしてＣＤ規格に応じてデイジタルオーデイオ信号が記録されたデイスク６が製造される。

一方復号化装置においては、復号化として符号化の逆の処理を行なう。すなわ

ちデイスク６から読まれた信号は、ＲＦアンプ７を経て、フレーム同期信号検出分離回路８にて、フレーム同期信号が検出されて分離される。次にＥＦＭ復調回路９でＥＦＭ復調され、サブコード検出分離回路１０で１フレームの先頭のサブコードが検出されて分離され、ＣＩＲＣ復号化回路１１に入力される。このサブコード検出分離回路１０では、コードＳ０、Ｓ１を検出することにより、セクタの先頭を判別する。このＣＩＲＣ復号化回路１１は、図１８に示すような回路で構成され、１フレーム分32バイトが入される。

すなわち偶数シンボル遅延回路３１は、１フレーム分の32バイトのうち偶数番目のシンボルを１フレーム分遅延させる。次のパリテイ反転回路３２はパリテイを反転させる。Ｃ１符号復号化部３３はＣ１符号を用いて誤り訂正処理を行う。これよりＣ１パリテイを除いた28バイトが、次のデインターリーバ３４に送られデインターリーブされる。Ｃ２符号復号化部３５は、Ｃ２符号を用いて誤り訂正処理を行う。これによりＣ２パリテイを除いた24バイトが次のデスクランブル回路３６に送られ、スクランブルが解かれる。奇数サンプル遅延回路３７はスクランブルが解かれたデータの奇数番目のサンプルを２フレーム分遅延させ、このようにして１フレーム分24バイトのデータが出力される。

ここで、Ｃ１符号系列、Ｃ２符号系列、及び実際にデイスクに記録されるデータの関係を図１８及び図１９を用いて説明する。図１９において横方向は、Ｃ１符号系列であり、この順にＣ１符号による誤り訂正がなされる。実際のデイスク上には、Ｄ０、Ｄ１、Ｄ２の順にデータが記録されているものとすると、先ず、偶数シンボル遅延回路３１には、並列にＤ０、Ｄ１、Ｄ２……が入力される。偶数シンボル遅延回路３１では、偶数番目のシンボル即ち、Ｄ１、Ｄ３、Ｄ５……が１フレーム遅延されるため、ある時点でのＣ１符号復号化部３３の入口には、図１９において横方向に示すＣ１符号系列の１フレーム分のシンボル、例えばＤ３２、Ｄ１、Ｄ３４、Ｄ３……Ｄ２９、Ｄ６２、Ｄ３１が、並列に入力される。したがって、デイスクから読み出されたデータと、Ｃ１符号系列の関係は、図１９に示すようにジグザグになる。この関係を式で表すと以下のようになる。ｉを

Ｃ１符号系列番号、ｊをＣ１符号内のシンボル番号とする。ｋをデイスク上に記録されたシンボルの順番として、シンボルをＤｋで表すとする。（ｉ、ｊ）は次式

$$i = (k / 32) + (k \bmod 2)$$
$$j = k \bmod 32 \quad \cdots\cdots (1)$$

のように表される。ただし、ここでの除算は、小数点以下の端数は切捨てるものとする。またｍｏｄは除算の剰余を表す。これらの定義は以下の式でも同様である。

一方、デインターリーバ３４において、Ｃ１符号復号化部３３からの出力に対して最大１０８フレームに及ぶ遅延がかけられるため、Ｃ２符号復号化部３５の入口おいては、図１９の点線の矢印で示したように、Ｃ１符号系列の４系列おきに１シンボルずつ取り出されたシンボル列が、Ｃ２符号系列として入力されることになる。したがって、Ｃ２符号を用いて誤り訂正を行うためには、デイスクからＣ１符号系列の１０８フレーム分のシンボルを読み出さなければならない。尚本願では、Ｃ２符号系列の誤り訂正に必要なＣ１符号系列のフレームをインターリーブ拘束長と呼び、ＣＤの場合はインターリーブ拘束長は１０８フレームとなる。

ところで上述したようにＣＤで使用されているＣＩＲＣは、ランダムエラー、バーストエラー両方に有効な誤り訂正符号であるが、その訂正能力には限界があり、デイジタル信号を高密度で記録しようとすると、訂正不能を起こし易い。また、デイスクにより多くのデータを記録しようとしても、全データ量に占める誤り訂正符号の割合、すなわち冗長度がすでに決まつているので、記録できるデータ量には限界がある。

またＣＤの規格では、フレームの順番を区別する情報を持つていない。従つて、バーストエラーで何フレームかが連続して読出し不能となつた場合、失われたフ

レーム数がいくつであるか知る方法はなく、その結果Ｃ２符号訂正ができず、結局訂正不能になつてしまう問題があつた。

発明の開示

本発明は以上の点を考慮してなされたもので、デイジタル信号に誤り訂正符号を付して符号化し復号化する際に、簡易な構成で誤り訂正能力を向上し得ると共に冗長度を削減し得るデイジタル信号符号化方法及び装置、デイジタル信号記録媒体、デイジタル信号復号化方法及び装置を提案しようとするものである。

かかる課題を解決するため本発明においては、デイジタル信号を誤り訂正符号を付して符号化するデイジタル信号符号化方法において、少なくとも入力デイジタル信号の第１の符号系列を用いて求められた第１のパリテイを、入力デイジタル信号に付加し、隣接する複数の第１の符号系列からそれぞれ１シンボルずつずらして取り出された複数のシンボルに相当する第２の符号系列を用いて求められた第２のパリテイを、入力デイジタル信号に付加し、第１及び第２のパリテイが付加された入力デイジタル信号を第２の符号系列のシンボルの並びが記録媒体上のシンボルの並びと一致しないように配列するようにした。

また、本発明においては、デイジタル信号を誤り訂正符号を付して符号化するデイジタル信号符号化装置において、少なくとも入力デイジタル信号の第１の符号系列を用いて求められた第１のパリテイを、入力デイジタル信号に付加する手段と、隣接する複数の上記第１の符号系列からそれぞれ１シンボルずつずらして取り出された複数のシンボルに相当する第２の符号系列を用いて求められた第２のパリテイを、入力デイジタル信号に付加する手段と、第１及び第２のパリテイが付加された入力デイジタル信号を第２の符号系列のシンボルの並びが記録媒体上のシンボルの並びと一致しないように配列する手段とを設けるようにした。

また、本発明においては、誤り訂正符号を付して符号化された符号化デイジタル信号が記録されたデイジタル信号記録媒体において、符号化デイジタル信号は、少なくとも入力デイジタル信号の第１の符号系列を用いて求められた第１のパリ

テイを、入力デイジタル信号に付加し、隣接する複数の第１の符号系列からそれぞれ１シンボルずつずらして取り出された複数のシンボルに相当する第２の符号系列を用いて求められた第２のパリテイを、入力デイジタル信号に付加し、第１及び第２のパリテイが付加された入力デイジタル信号を第２の符号系列のシンボルの並びがデイジタル信号記録媒体上のシンボルの並びと一致しないように配列することにより生成されるようにした。

また、本発明においては、少なくとも入力デイジタル信号の第１の符号系列を用いて求められた第１のパリテイを、入力デイジタル信号に付加し、隣接する複数の第１の符号系列からそれぞれ１シンボルずつずらして取り出された複数のシンボルに相当する第２の符号系列を用いて求められた第２のパリテイを、入力デイジタル信号に付加し、第１及び第２のパリテイが付加された入力デイジタル信号を第２の符号系列のシンボルの並びが記録媒体上のシンボルの並びと一致しないように配列することにより生成された符号化デイジタル信号を復号化するデイジタル信号復号化方法において、伝送路から供給された符号化デイジタル信号を並び換え、当該並び換えられた符号化デイジタル信号を、第１のパリテイを用いて第１の符号系列の方向に第１の誤り訂正を行い、並び換えられた符号化デイジタル信号を、第２のパリテイを用いて第２の符号系列の方向に第２の誤り訂正を行うようにした。

また、本発明においては、少なくとも入力デイジタル信号の第１の符号系列を用いて求められた第１のパリテイを、入力デイジタル信号に付加し、隣接する複数の第１の符号系列からそれぞれ１シンボルずつずらして取り出された複数のシンボルに相当する第２の符号系列を用いて求められた第２のパリテイを、入力デイジタル信号に付加し、第１及び第２のパリテイが付加された入力デイジタル信号を第２の符号系列のシンボルの並びが記録媒体上のシンボルの並びと一致しないように配列することにより生成された符号化デイジタル信号を復号化するデイジタル信号復号化装置において、伝送路から供給された符号化デイジタル信号を並び換える手段と、当該並び換えられた符号化デイジタル信号を、第１のパリテ

イを用いて第１の符号系列の方向に第１の誤り訂正を行う手段と、並び換えられた符号化デイジタル信号を、第２のパリテイを用いて第２の符号系列の方向に第２の誤り訂正を行う手段とを設けるようにした。

デイジタル信号を誤り訂正符号を付して符号化する際に、符号長、訂正パリテイ数、インターリーブ拘束長をコンパクトデイスク規格より増して符号化するようにしたことにより、コンパクトデイスク規格に比して冗長度を低減して、記録可能なデータ量を増加し得、かくして、デイジタル信号に誤り訂正符号を付して符号化し復号化する際に、簡易な構成で誤り訂正能力を向上し得ると共に冗長度を削減し得る。

図面の簡単な説明

図１は本発明によるデイジタル信号の符号化及び復号化方法によるＣ１符号の１符号長の構成を示す略線図である。

図２はＬフォーマットのインターリーブの説明に供する略線図である。

図３はＳフォーマットのインターリーブの説明に供する略線図である。

図４は本発明によるデイジタル信号の符号化及び復号化方法によるセクタ構造の説明に供する略線図である。

図５（Ａ）及び５（Ｂ）はデイスク上の記録順番とＣ１符号の順番を示す略線図である。

図６はデイスク上の記録順番とＣ１符号の順番を示す略線図である。

図７は本発明によるデイジタル信号符号化装置の一実施例を示すブロック図である。

図８は図７のデイジタル信号符号化装置におけるＬフォーマットの誤り訂正符号符号化処理部の構成を示すブロック図である。

図９は図７のデイジタル信号符号化装置におけるＳフォーマットの誤り訂正符号符号化処理部の構成を示すブロック図である。

図１０は本発明によるデイジタル信号復号化装置の一実施例を示すブロック図

である。

図１１はバーストエラーの訂正処理の説明に供する略線図である。

図１２は図１０のデイジタル信号復号化装置におけるＬフォーマットの誤り訂正符号復号化処理部の構成を示すブロック図である。

図１３は図１０のデイジタル信号復号化装置におけるＳフォーマットの誤り訂正符号復号化処理部の構成を示すブロック図である。

図１４は従来のコンパクトデイスクにおけるＣ１符号の１符号長の構成を示す略線図である。

図１５は従来のコンパクトデイスクにおけるセクタ構造を示す略線図である。

図１６は従来のコンパクトデイスクの符号化及び復号化装置を示すブロック図である。

図１７は従来のコンパクトデイスクの符号化装置の誤り訂正符号符号化処理部の構成を示すブロック図である。

図１８は従来のコンパクトデイスクの復号化装置の誤り訂正符号復号化処理部の構成を示すブロック図である。

図１９は従来のコンパクトデイスクにおけるデイスク上の記録順番とＣ１符号の順番を示す略線図である。

発明を実施するための最良の形態

まず、実施例を詳述する前に、インターリーブの目的について示しておく。インターリーブは、デイスク上での数シンボル連続するバーストエラーをＣ２方向でランダムエラーに見えるように分散させるものである。ところで、本実施例においては、後述するように、Ｃ１符号系列の長さを、ＣＤの３２シンボルに比較してかなり長い１３６シンボルとしている。ＣＤは、Ｃ１符号系列が３２シンボルと短いので、上記の目的を達成するために、上述したように、Ｃ１符号系列の４フレームおきにシンボルをとりだしＣ２符号系列としている。このように、Ｃ１符号系列を横方向に並べた場合に、Ｃ１符号系列とＣ２符号系列とのなす角が

大きい場合を深いインターリーブと呼ぶ。本実施例においては、Ｃ１符号系列が長いため、深いインターリーブを行わなくても、上記の目的を達成することができる。

まずＣＤに使用されているＣＩＲＣのインターリーブを単純に浅くし、Ｃ２符号系列を、図１９に示すＣ２'符号化系列となるようにすることを考える。この場合、Ｃ２'符号系列は、図１９に示す通りＤ０を先頭に隣合うシンボル間が、３３シンボルとなるようなインターリーブであり、連続する各Ｃ１符号系列から１シンボルずつ取り出したことになる。以下に示す実施例では、Ｃ１符号系列が長いため、実際には、Ｃ２'符号系列の各シンボルの間隔はこれより長いものとなり、ＣＤの深いインターリーブと同様に上記の目的を達成することができる。

ただし、このようなインターリーブを行うと、Ｄ０とＤ１、Ｄ６６とＤ６７等はＣ２'符号上で隣合い、かつデイスク上でも隣合うシンボルとなる。Ｃ１符号系列が長くても、同様のことが言える。インターリーブは、数シンボル連続する誤りを、Ｃ２符号上で分散させるのが本来の目的であるから、このようにデイスク上のシンボル順と、Ｃ２'符号上のシンボル順が一致するのは好ましくなく、Ｃ２'符号の訂正能力が悪化する。以降の実施例では、デイスク上のシンボル順と、Ｃ２'符号上のシンボル順が一致しないようになされている。

以下図面について、本発明の一実施例を詳述する。

（１）デイジタル信号の符号化方法

この実施例によるデイジタル信号の符号化方法においては、インターリーブ拘束長を長くしてバーストエラー訂正能力を向上させたフォーマットをＬフォーマットと呼び、拘束長を短くしてバーストエラー訂正能力を必要最小限にし、処理速度を上げたフォーマットをＳフォーマットと呼ぶ。

このデイジタル信号の符号化方法で図１は全体としてＣ１符号を示し、符号長は 136シンボル、データは 116シンボル、末尾の８シンボルがＣ１パリテイ中央の12シンボルがＣ２パリテイである。符号の先頭部には、同期検出用のシンクが配され、シンクに続いて例えば１ビットのフォーマットＩＤが配される。このフ

オーマットＩＤによつて、Ｌフォーマットかフォーマットかどちらかが表される。以下、Ｃ１符号の１符号長分を１フレームと呼ぶ。フォーマットＩＤに続くデータの先頭１シンボルに、フレームＩＤが配されている。ここでフレームＩＤはＣ１符号に含まれており、Ｃ１符号訂正によつて誤り訂正ができる。

Ｌフォーマットによるインターリーブを図２に示す。このＬフォーマットにおいて、Ｃ２符号は符号長が 128シンボルで、 128個のＣ１符号にわたりインターリーブされている。Ｃ２符号で全パリテイシンボルを使用して訂正すると、Ｃ２符号中の12シンボルの誤りが訂正できる。これは、Ｃ１符号12個に相当し、1632シンボルのバーストエラーまで訂正できる。

これに対してＳフォーマットによるインターリーブを図３に示す。Ｃ１符号はＬフォーマットと全く同じである。Ｃ２符号は、符号長がＬフォーマットと同じく 128シンボルであるが、43番目のＣ１符号で折り返されるようなインターリーブになつており、拘束長はＬフォーマットの約１／３である。Ｌフォーマットと同じくＣ２符号中の12シンボルの誤りが訂正できるとすると、Ｃ１符号４個分、すなわち 544シンボルのバーストエラーまで訂正できる。

冗長度はＣＤの25〔％〕に比べて、このフォーマットは14.7〔％〕である。またＣＤでは、パリテイ数がＣ１、Ｃ２とも４シンボルだが、このフォーマットでは各々８、12シンボルで、いわゆるＬＤＣ（Long Distance Code）なので訂正能力はＣＤに比べ格段的に向上できる。

このフォーマットにおけるセクタ構造を図４に示す。Ｃ１符号が18個で１セクタを構成する。パリテイを除いたデータ部分は2088シンボルあり、そのうち、フレームＩＤが18シンボル、セクタヘツダが18シンボル、誤り検出用符号（ＥＤＣ（Error Detection Code））が４シンボル、残り2048シンボルが実データとなる。つまり１シンボルを１バイトとすると、１セクタは２ｋバイトである。フレームＩＤには、セクタの先頭フレームより、０、１、２、……、17と番号が記録されている。これはセクタ毎に繰り返される。

次に、この実施例のデイジタル信号のＣ２符号系列のシンボルの並びとデイス

ク上のシンボルの並びが一致しないようにするために、符号化時に奇数番目のシンボルを遅延させた場合について述べる。図５（Ａ）は本実施例におけるＣ１符号系列、Ｃ２符号系列、及び実際にディスクに記録されるデータの関係を示す。横方向にデータが読み出されＣ１符号訂正が行なわれる。上述した図１９と同様に、Ｃ１符号順をｉ、Ｃ１符号内のシンボルの順番をｊ、ディスク上のシンボルをＤｋで表す。ｉ、ｊは次式

$$i = (k / 136) + (k \bmod 2)$$
$$j = 68 \cdot (k \bmod 2) + ((k \bmod 136) / 2) \quad \cdots\cdots (2)$$

のように表される。

すなわち、ｋが偶数である奇数番目のシンボルをＣ１符号の前半に並べ、ｋが奇数である偶数番目を次のＣ１符号の後半に並べる。このように遅延を行なうことで、ディスク上のデータ順とＣ２符号のそれが一致しなくなり、バーストエラーの影響を小さくすることができる。このような遅延は、後述する図８において遅延部３０６を設けることにより実現できる。この例では、Ｃ１符号を２分割してシンボルを並べたが、２分割に限るものではなく、例えば図６に示すように４分割でもよい。この場合、ｉ、ｊは次式

$$i = (k / 136) + (k \bmod 2)$$
$$j = 34 \cdot (k \bmod 4) + ((k \bmod 136) / 4) \quad \cdots\cdots (3)$$

のようになる。このようにすれば図５（Ａ）の場合と同様に、ディスク上のデータ順とＣ２符号順とを一致しないようにできる。

また、図５（Ａ）においては、奇数番目のシンボルを遅延させているが、偶数番目のシンボルを遅延させてもよい。この場合のＣ１符号系列、Ｃ２符号系列、及び実際にディスクに記録されるデータの関係は、図５（Ｂ）に示すようになる。

奇数番目のシンボルを遅延させた場合、図５（Ａ）に示すように、Ｃ２符号系列内の隣接するシンボルが、デイスク上のシンボルの並びと一致してしまう部分が残つてしまう（例えばＤ２７０、Ｄ２７１）が、偶数シンボルを遅延させた図５（Ｂ）の場合、そのようなことは起こらないため、図５（Ｂ）の方がよりエラー訂正能力が向上できる。尚、図５（Ｂ）の場合の（ｉ，ｊ）は、次式によって示すことができる。

$$i = (k / 136) - (k \bmod 2) + 1$$
$$j = 68 \cdot (k \bmod 2) + ((k \bmod 136) / 2) \quad \cdots\cdots (4)$$

（２）デイジタル信号の符号化装置及び復号化装置

ここで上述したデイジタル信号の符号化方法を実現するデイジタル信号符号化装置と、これに対応するデイジタル信号復号化装置の実施例を説明する。まず図７に、この実施例のデイジタル信号符号化装置の構成を示す。このデイジタル信号符号化装置では、フオーマツト切り替え信号で、ＬフオーマツトかＳフオーマツトかの選択を行なう。入力にはフレーム先頭にフレームＩＤが付加されたデータが入力される。

入力信号はまずメモリ１０１に入力され、Ｃ１又はＣ２符号の順に誤り訂正回路１０２に送られて誤り訂正符号が付加され、再びメモリ１０１に書き込まれる。次にＥＦＭ変調回路１０４に送られる。これらメモリの書き込みアドレス及び読み出しアドレスの発生等は、メモリ制御部１０３が、フオーマツト切り替え信号により選択されたフオーマツトに応じて制御する。

図８は図５（Ａ）のＬフオーマツトの場合に、入力データがメモリ１０１及び誤り訂正回路１０２で処理される過程を示したものである。入力データはａ０～ａ115 までの 116シンボルが１まとまりとして処理される。まず遅延部３０１で偶数番目のシンボルが、１符号長分遅延される。次にインターリーバ３０２によりインターリーブが施され、図２で示したＣ２符号順に並び替えられ、Ｃ２符号

符号化部３０３でＣ２訂正パリテイが計算され付加される。

そしてデインターリーバ３０４で元の順序に戻され、Ｃ１符号符号化部３０５でＣ１訂正パリテイが計算され付加された後、遅延部３０６で奇数番目のシンボルが遅延される。その後インバータ３０７でＣ１及びＣ２の訂正パリテイシンボルのみが反転されてｂ０～ｂ135 までの 136シンボルが出力される。デイスク１０７にはｂ０、ｂ１、ｂ２、……の順に記録される。尚、１５（Ｂ）のＬフォーマットは、図８おいて遅延部３０６を、ｂ０、ｂ２、ｂ４……ｂ132 、ｂ134 側に設けるかわりに、ｂ１、ｂ３、ｂ５……ｂ133 、ｂ135 側に設けることにより実現できる。

図９は上述と同様にＳフォーマットの場合を示す。Ｌフォーマットと異なるのは、インターリーバ４０２とデインターリーバ４０４のみである。遅延部４０１は遅延部３０１と、Ｃ２符号符号化部４０３はＣ２符号符号化部３０３と、Ｃ１符号符号化部４０５はＣ１符号符号化部３０５と、遅延部４０６は遅延部３０６と、インバータ４０７はインバータ３０７と同じ構成である。インターリーバ４０２の遅延量ｇ（ｘ）、デインターリーバ４０３の遅延量ｆ（ｘ）は次式

$$f(x) = x \bmod 43$$
$$g(x) = 42 - f(127 - x) \qquad \cdots\cdots (5)$$

のようになる。これにより、図３で示したようなＣ２符号順が得られる。

メモリ１０１よりＥＦＭ変調回路１０４に送られたデータは、ＥＦＭ変調され、次のシンク／フォーマットＩＤ付加回路１０５で、シンクと選択されたフォーマットのフォーマットＩＤが付加される。次にカッテイング装置１０６に送られてデイスク１０７が製造される。

この実施例のデイジタル信号の符号化方法は、コンピユータデータの他、画像の圧縮データ等の記録再生に使用されることを前提としているため、誤り訂正不能が生じたときに、その不能部分が広範囲に拡大しないよう配慮されている。す

なわち元のデータ順、つまりａ０～ａ115 の順番にデイスク１０７にデータが記録されるように、インターリーバを通してからＣ２符号を付加し、その後デインターリーバで元の順序に戻すという処理が行なわれる。さらに偶数シンボルと奇数シンボルの遅延量が同じとなるように遅延部３０１が設けられている。

図８を例にあげて説明すると、ａ０は、インターリーバ３０２によって、127フレーム遅延され、更に、遅延部３０６によって１フレーム遅延される。しがって、ａ０がｂ０として出力される時には、合計 128（＝ 127+1）フレーム遅延されることになる。また、ａ２は、インターリーバ３０２によって、126 フレーム遅延され、デインターリーバ３０４によって１フレーム遅延され、更に遅延部３０６によって１フレーム遅延される。しがって、ａ２がｂ２として出力される時には、合計 128（＝ 126+1+1）フレーム遅延されることになる。ａ４、ａ６……ａ１１２、ａ１１４についても同様であり、図中偶数で示される奇数番目のシンボルの遅延量は、それぞれ 128フレームとなる。

一方図中奇数で示される偶数番目のシンボルは、もし、遅延部３０１が無いとすると、ａ１は、インターリーバ３０２によって、57フレーム遅延され、更に、デインターリーバ３０４によって70フレーム遅延される。しがって、ａ１がｂ５として出力される時には、合計 127（＝ 57+70）フレーム遅延されることになる。また、ａ３は、インターリーバ３０２によって56フレーム遅延され、デインターリーバ３０４によって71フレーム遅延される。したがって、ａ３がｂ７として出力される時には、合計 127（＝ 56+71）フレーム遅延されることになる。ａ５、ａ７……ａ１１３、ａ１１５についても同様であり、偶数番目のシンボルの遅延量は、それぞれ 127フレームとなる。

結局奇数番目のシンボルと偶数番目のシンボルとの遅延量の差は１フレームであり、この遅延量を吸収するために遅延部３０１が設けてある。このように構成すると、元のデータ順とデイスク上に記録されるデータ順とが一致するため、ＣＤのように元のデータ順をシヤフリングする場合に比べて、訂正不能部分の拡大を防ぐことができる。

ただし、遅延部３０１は無くても良い。この場合、ディスク上に記録されるデータ順は、Ｃ１符号系列のデータ順と一致することになり、元のデータ順とは完全には一致しないが、ＣＤのように元のデータ順をシャフリングする場合に比べると、ある程度元のデータ順が維持されるため、訂正不能部分の拡大を防ぐことができる。尚エンコーダ側に遅延部３０１を設けない場合、デコーダ側に遅延部５０７を設けないことはもちろんである。

一方ディジタル信号復号化装置は図１０に示すように構成され、ディスク１０７より読み出された信号は、ＲＦアンプ２０１を経て、シンク／フォーマットＩＤ検出分離回路２０２でシンクとフォーマットＩＤが検出分離される。そしてフォーマットＩＤによりＬフォーマットかＳフォーマットかを区別し、フォーマット判別信号を後段のメモリ制御部２０６に送る。シンク／フォーマットＩＤ検出分離回路２０２で、シンクとフォーマットＩＤが除かれたデータは、ＥＦＭ復調回路２０３で復調されメモリ２０４に取り込まれる。

メモリ制御部２０６は、シンク／フォーマットＩＤ検出分離回路２０２より出力されたフォーマット判別信号により、ＬフォーマットかＳフォーマットかを知り、それに応じてメモリの書き込み読み出しアドレス等を制御する。メモリ２０４に取り込まれたデータは、Ｃ１符号の順に並び変えられて、誤り訂正回路２０５に送られ、訂正された符号が再びメモリ２０４に書き込まれる。Ｃ１符号訂正が終わつた符号は、Ｃ２符号の順に読み出されて、同じく誤り訂正回路２０５で訂正されて、再びメモリ２０４に書き込まれる。誤り訂正が終わつたデータはメモリ２０４より出力される。これらの制御はメモリ制御部２０６が行う。

次にバーストエラーで連続数フレームが失われた場合の対策を説明する。Ｃ１符号訂正後の符号をメモリ２０４に書き込む際、符号先頭のフレームＩＤがメモリ制御部２０６に出力される。メモリ制御部２０６はフレームＩＤの連続性を関しする。図１１はメモリ２０４にＣ１符号訂正の済んだ符号が書き込まれていくようすを示す。以下フレームＩＤが１のフレームをフレーム１とする。フレーム４、５、６、７が順に書き込まれ、次の４フレームがバーストエラーで失われＣ

１符号訂正不能になり、フレーム１２より再び訂正が可能になつたとする。

ここで、もしメモリ２０４上でフレーム４の次にフレーム１２を続けて書き込むと、Ｃ２符号は４シンボル寸詰まりとなり訂正不能になる。これを防ぐため、次のような対策を施す。すなわち、バーストエラー直前のフレーム７と、バーストエラー直後のフレーム１２の差分を計算すると、失われたフレーム数が４フレームであることが分かる。図中括弧で囲つたフレームＩＤはバーストエラーで欠損したフレームを表す。

そしてこの４フレーム分のメモリ領域を空けて、５フレーム目よりフレーム１２を書き込んでいく。こうすることでＣ２符号上は、４シンボルの誤りとなり訂正ができる。このようにメモリ制御部２０は、バーストエラーで数フレームが失われてもＣ２符号訂正が破綻しないように、常にフレームＩＤを監視し、Ｃ１符号を書き込むアドレスを適宜切り替えていく。

図１２は図５（Ａ）のＬフォーマットの場合のデータが、メモリ２０４及び誤り訂正回路２０５で処理される過程を示したものである。入力データはｂ０～ｂ135 までの 136シンボルが１まとまりとして処理される。まずインバータ５０１でＣ１及びＣ２パリテイが反転され、遅延部５０２で偶数番目のシンボルが１符号長分遅延される。その後Ｃ１符号復号部５０３でＣ１符号訂正され、インターリーバ５０４でインターリーブされ、Ｃ２符号復号部５０５でＣ２符号訂正される。

この後デインターリーバ５０６でデインターリーブされ、遅延部５０７で奇数番目のシンボルが１符号長分遅延されて出力ａ０～ａ115 を得る。ここでインターリーバ５０４はインターリーバ３０２と、またデインターリーバ５０６はデインターリーバ３０４と同じものである。尚、図５（Ｂ）のＬフォーマットは、図１２において遅延部５０２をｂ１、ｂ３、ｂ５……ｂ133 、ｂ135 側に設けるかわりに、ｂ０、ｂ２、ｂ４……ｂ132 、ｂ134 側に設けることにより実現できる。

図１３は上述と同様にＳフォーマットの場合を示す。Ｌフォーマットと異なるのは、インターリーバ６０４とデインターリーバ６０６のみである。インバータ

６０１はインバータ５０１と、遅延部６０２は遅延部５０２と、Ｃ１符号復号部６０３はＣ１符号復号部５０３と、Ｃ２符号復号部６０５はＣ２符号復号部５０５と、遅延部６０７は遅延部５０７と同じである。またインターリーバ６０４の遅延量ｇ（ｘ）はインターリーバ４０２と、デインターリーバ６０６の遅延量ｆ（ｘ）はデインターリーバ４０４とそれぞれ同じである。

尚、図８、図９の各遅延部及びインターリーバにおける処理は、実際には、メモリ制御部１０３が、メモリ１０１の書き込みアドレス、読出しアドレス、書き込みタイミング、読出しタイミングを制御することによって実現することができる。同様に図１２、図１３の各遅延部及びデインターリーバにおける処理は実際には、メモリ制御部２０６が、メモリ２０４の書き込みアドレス、読出しアドレス、書き込みタイミング、読出しタイミングを制御することによって実現することができる。例えば、デイスク１０７から再生されたＤ０、Ｄ２、Ｄ３……のデータをそれぞれ、図５（Ａ）に示す（ｉ，ｊ）をメモリの書き込みアドレスとして対応する位置に格納し、これを横方向に順次読み出してやれば、例えば、ｉ＝１に対応するＤ１３６、Ｄ１３８……Ｄ２７０、Ｄ１、Ｄ３……Ｄ１３３、Ｄ１３５を読み出してやれば、図１２の遅延部５０２における偶数番目のシンボルの遅延処理を行ったことになる。また、Ｌフォーマットとフォーマットの切り換えも、メモリ制御部１０３及びメモリ制御部２０６の制御方法を切り換えることにより実現することができる。

以上の構成によれば、ＣＤ規格に比べて符号長、誤り訂正パリテイ数を増やし、インターリーブ拘束長を長くしたことにより、ランダムエラー及びバーストエラーに対して誤り訂正能力を格段的に向上し得、またＣＤ規格に比べて冗長度が減ることにより、実際に記録できるデータ量を増加し得、かくしてデイジタル信号に誤り訂正符号を付して符号化し復号化する際に、簡易な構成で誤り訂正能力を向上し得ると共に冗長度を削減し得る。

さらに上述の構成によれば、符号長、誤り訂正パリテイ数は同じで、インターリーブ拘束長のみ異なるフォーマットを用意し、フォーマットＩＤによりそれら

を識別するようにしたことにより、符号化装置、復号化装置を複雑にすることなく、複数のフォーマットに対応できる。またフォーマットＩＤによる識別により、複数のフォーマットを１枚のデイスクに混在させて記録再生が可能となる。

さらに上述の構成によれば、奇数番目又は偶数番目のシンボルの遅延量を工夫してＣ２符号順とデイスク上のデータ順が一致しないようにしたので、バーストエラー訂正能力の悪化を防ぐことができる。さらにフレームＩＤを付加したことで、バーストエラーで数フレーム連続で失つた場合も、そのフレーム数が正確にわかるので、Ｃ２符号訂正が支障なく行え、誤り訂正ができる。

（３）他の実施例

上述の実施例においては、Ｃ１符号１符号長すなわち１フレーム長を 136シンボルとし、Ｃ１パリテイ及びＣ２パリテイをそれぞれ８シンボル及び12シンボルとし、インターリーブ拘束長を 128シンボルとしたが、１フレーム長や、パリテイ長、インターリーブ拘束長は、これに限らず、必要に応じて種々選定することができ、例えばＳフォーマットの拘束長をＬフォーマットの拘束長の半分にしても上述の実施例と同様の効果を実現できる。さらにＣ１パリテイを符号末尾に配し、Ｃ２パリテイを符号中央に配したが、パリテイの配置はこれに限らず、符号のどこに配されても良い。

例えば、Ｌフォーマットにおいて、Ｃ１符号符号長すなわち１フレーム長を170シンボルとし、Ｃ１パリテイ及びＣ２パリテイをそれぞれ８シンボル及び14シンボルとし、インターリーブ拘束長を 138フレームとし、Ｃ１パリテイ及びＣ２パリテイを符号末尾に配置するようにしてもよい。

また、上述の実施例においては、ＬフォーマットとＳフォーマットを選択可能とし、選択した方のフォーマットを識別するためのフォーマットＩＤを設けているが、ＬフォーマットとＳフォーマットはそれぞれ独立に存在し得るものであり、はじめから、どちらか一方のみを採用するフォーマットも、本発明の範囲に含まれるものである。尚、この場合はフォーマットＩＤは不要である。

上述の実施例においては、シンクの後に続く１ビットにフォーマットＩＤを付加した場合について述べたが、フォーマットＩＤの配置はこれに限らず、例えばセクタヘッダ内部にフォーマットＩＤを設けても良い。またフレームＩＤは、１セクタ単位で周期的に繰り返すようにしたが、これに代え、数セクタ単位の周期で繰り返すようにしても良く、あるいは、セクタとは無関係に例えば０から 255 までを周期的に繰り返すようにしても良い。

上述の実施例においては、デイジタル信号の記録媒体としてコンパクトデイスクのような読み出し専用の光デイスクを前提にした場合について述べたが、本発明はこれに限らず、光磁気デイスクや磁気デイスクや磁気テープのような書き込み可能なメデイアを用いるデイジタル信号符号化方法及び装置、デイジタル信号記録媒体、デイジタル信号復号化方法及び装置にも広く適用して好適なものである。

上述のように本発明によれば、コンパクトデイスク規格に比較して、符号長、誤り訂正パリテイ数を増やし、インターリーブ拘束長を長くしたことにより、ランダムエラー及びバーストエラーに対して誤り訂正能力を向上し得ると共に、コンパクトデイスク規格に比べ、冗長度を減すことができ、その分実際に記録できるデータ量を増加し得るデイジタル信号符号化方法及び装置、デイジタル信号記録媒体、デイジタル信号復号化方法及び装置を実現できる。

さらに本発明によれば、符号長や訂正パリテイ数は同じでインターリーブ拘束長のみ異なるフォーマットを用意し、フォーマットＩＤによつて識別するようにしたことにより、符号化装置や復号化装置を複雑にすることなく、複数のフォーマットに対応し得、またフォーマットＩＤで識別することにより、複数のフォーマットを１つのメデイアに混在させて記録し再生できるデイジタル信号符号化方法及び装置、デイジタル信号記録媒体、デイジタル信号復号化方法及び装置を実現できる。

さらに本発明によれば、奇数シンボルの遅延量を工夫してＣ２符号順とデイスク上のデータ順が一致しないようにしたことにより、バーストエラー訂正能力の

悪化を防ぐことができ、またフレームＩＤを付加するようにしたことにより、バーストエラーで数フレーム連続で失つても、そのフレーム数を検出して支障なくＣ２符号訂正を行い誤り訂正し得るデイジタル信号符号化方法及び装置、デイジタル信号記録媒体、デイジタル信号復号化方法及び装置を実現できる。

産業上の利用可能性

本発明のデイジタル信号符号化方法及び装置は、ＤＶＤ（デイジタルビデオデイスク）の記録装置に利用できる。また本発明のデイジタル信号復号化方法及び装置は、ＤＶＤの再生装置に利用できる。また本発明のデイジタル記録媒体は、ＤＶＤとして利用できる。

請 求 の 範 囲

* C L M S *

1．デイジタル信号を誤り訂正符号を付して符号化するデイジタル信号符号化方法において、

少なくとも入力デイジタル信号の第1の符号系列を用いて求められた第1のパリテイを、入力デイジタル信号に付加し、

隣接する複数の上記第1の符号系列からそれぞれ1シンボルずつずらして取り出された複数のシンボルに相当する第2の符号系列を用いて求められた第2のパリテイを、上記入力デイジタル信号に付加し、

上記第1及び第2のパリテイが付加された上記入力デイジタル信号を上記第2の符号系列のシンボルの並びが記録媒体上のシンボルの並びと一致しないように配列する

ことを特徴とするデイジタル信号符号化方法。

2．上記第1及び第2の符号系列の符号長、上記第1のパリテイ、上記第2のパリテイ、及びインターリーブ拘束長が、それぞれコンパクトデイスク規格より長い

ことを特徴とする請求の範囲第1項に記載のデイジタル信号符号化方法。

3．上記第2の符号系列は、所定の数の上記第1の符号系列に対して、折り返しを含まない

ことを特徴とする請求の範囲第1項に記載のデイジタル信号符号化方法。

4．上記第2の符号系列は、所定の数の上記第1の符号系列に対して、折り返しを含まない

ことを特徴とする請求の範囲第1項に記載のデイジタル信号符号化方法。

5．符号長及びパリテイ数が同一で、インターリーブ拘束長が異なる複数のフオーマツトの中から、1つを選択し、

上記選択されたフオーマツトを識別するための識別情報を符号化する

ことを特徴とする請求の範囲第1項に記載のデイジタル信号符号化方法。

6．上記第１の符号系列のそれぞれに識別番号を付加する

ことを特徴とする請求の範囲第１項に記載のデイジタル信号符号化方法。

7．デイジタル信号を誤り訂正符号を付して符号化するデイジタル信号符号化装置において、

少なくとも入力デイジタル信号の第１の符号系列を用いて求められた第１のパリテイを、入力デイジタル信号に付加する手段と、

隣接する複数の上記第１の符号系列からそれぞれ１シンボルずつずらして取り出された複数のシンボルに相当する第２の符号系列を用いて求められた第２のパリテイを、上記入力デイジタル信号に付加する手段と、

上記第１及び第２のパリテイが付加された上記入力デイジタル信号を上記第２の符号系列のシンボルの並びが記録媒体上のシンボルの並びと一致しないように配列する手段と

を有することを特徴とするデイジタル信号符号化装置。

8．上記第１及び第２の符号系列の符号長、上記第１のパリテイ、上記第２のパリテイ、及びインターリーブ拘束長が、それぞれコンパクトデイスク規格より長い

ことを特徴とする請求の範囲第７項に記載のデイジタル信号符号化装置。

9．上記第２の符号系列は、所定の数の上記第１の符号系列に対して、折り返しを含まない

ことを特徴とする請求の範囲第７項に記載のデイジタル信号符号化装置。

10．上記第２の符号系列は、所定の数の上記第１の符号系列に対して、折り返しを含まない

ことを特徴とする請求の範囲第７項に記載のデイジタル信号符号化装置。

11．符号長及び訂正パリテイが同一で、インターリーブ拘束長が異なる複数のフオーマットの中から選択されたフオーマットを識別するための識別情報を符号化する手段を有する

ことを特徴とする請求の範囲第７項に記載のデイジタル信号符号化装置。

12. 上記第１の符号系列のそれぞれに識別番号を付加する手段を有する
ことを特徴とする請求の範囲第７項に記載のデイジタル信号符号化装置。

13. 誤り訂正符号を付して符号化された符号化デイジタル信号が記録されたデイジタル信号記録媒体において、上記符号化デイジタル信号は、
少なくとも入力デイジタル信号の第１の符号系列を用いて求められた第１のパリテイを、入力デイジタル信号に付加し、
隣接する複数の上記第１の符号系列からそれぞれ１シンボルずつずらして取り出された複数のシンボルに相当する第２の符号系列を用いて求められた第２のパリテイを、上記入力デイジタル信号に付加し、
上記第１及び第２のパリテイが付加された上記入力デイジタル信号を上記第２の符号系列のシンボルの並びが上記デイジタル信号記録媒体上のシンボルの並びと一致しないように配列する
ことにより生成される
ことを特徴とするデイジタル信号記録媒体。

14. 上記第１の符号系列の符号長、上記第１のパリテイ、上記第２のパリテイ、及びインターリーブ拘束長が、それぞれコンパクトデイスク規格より長い
ことを特徴とする請求の範囲第１３項に記載のデイジタル信号記録媒体。

15. 上記第２の符号系列は、所定の数の上記第１の符号系列に対して、折り返しを含まない
ことを特徴とする請求の範囲第１３項に記載のデイジタル信号記録媒体。

16. 上記第２の符号系列は、所定の数の上記第１の符号系列に対して、折り返しを含まない
ことを特徴とする請求の範囲第１３項に記載のデイジタル信号記録媒体。

17. 符号長及び訂正パリテイが同一で、インターリーブ拘束長が異なる複数のフオーマツトの中から選択されたフオーマツトを識別するための識別情報が記録された
ことを特徴とする請求の範囲第１３項に記載のデイジタル信号記録媒体。

18. 上記第１の符号系列のそれぞれに識別番号が付加された

ことを特徴とする請求の範囲第１３項に記載のデイジタル信号記録媒体。

19. 少なくとも入力デイジタル信号の第１の符号系列を用いて求められた第１のパリテイを、入力デイジタル信号に付加し、隣接する複数の上記第１の符号系列からそれぞれ１シンボルずつずらして取り出された複数のシンボルに相当する第２の符号系列を用いて求められた第２のパリテイを、上記入力デイジタル信号に付加し、上記第１及び第２のパリテイが付加された上記入力デイジタル信号を上記第２の符号系列のシンボルの並びが記録媒体上のシンボルの並びと一致しないように配列することにより生成された符号化デイジタル信号を復号化するデイジタル信号復号化方法において、

上記伝送路から供給された符号化デイジタル信号を並び換え、

上記並び換えられた符号化デイジタル信号を、上記第１のパリテイを用いて上記第１の符号系列の方向に第１の誤り訂正を行い、

上記並び換えられた符号化デイジタル信号を、上記第２のパリテイを用いて上記第２の符号系列の方向に第２の誤り訂正を行う

ことを特徴とするデイジタル信号復号化方法。

20. 上記第１及び第２の符号系列の符号長、上記第１のパリテイ、上記第２のパリテイ、及びインターリーブ拘束長が、それぞれコンパクトデイスク規格より長い

ことを特徴とする請求の範囲第１９項に記載のデイジタル信号復号化方法。

21. 上記第２の符号系列は、所定の数の上記第１の符号系列に対して、折り返しを含まない

ことを特徴とする請求の範囲第１９項に記載のデイジタル信号復号化方法。

22. 上記第２の符号系列は、所定の数の上記第１の符号系列に対して、折り返しを含まない

ことを特徴とする請求の範囲第１９項に記載のデイジタル信号復号化方法。

23. 符号長及びパリテイ数が同一で、インターリーブ拘束長が異なる複数のフオ

ーマットの中から選択されたフォーマットを識別するための識別情報を検出し、

上記識別情報に基づいて誤り訂正処理を制御する

ことを特徴とする請求の範囲第１９項に記載のデイジタル信号復号化方法。

24. 上記第１の符号系列のそれぞれに付加された識別番号を検出し、

上記識別番号に基づいて誤り訂正処理を制御する

ことを特徴とする請求の範囲第１９項に記載のデイジタル信号復号化方法。

25. 少なくとも入力デイジタル信号の第１の符号系列を用いて求められた第１のパリテイを、入力デイジタル信号に付加し、隣接する複数の上記第１の符号系列からそれぞれ１シンボルずつずらして取り出された複数のシンボルに相当する第２の符号系列を用いて求められた第２のパリテイを、上記入力デイジタル信号に付加し、上記第１及び第２のパリテイが付加された上記入力デイジタル信号を上記第２の符号系列のシンボルの並びが記録媒体上のシンボルの並びと一致しないように配列することにより生成された符号化デイジタル信号を復号化するデイジタル信号復号化装置において、

上記伝送路から供給された符号化デイジタル信号を並び換える手段と、

上記並び換えられた符号化デイジタル信号を、上記第１のパリテイを用いて上記第１の符号系列の方向に第１の誤り訂正を行う手段と、

上記並び換えられた符号化デイジタル信号を、上記第２のパリテイを用いて上記第２の符号系列の方向に第２の誤り訂正を行う手段と

を有することを特徴とするデイジタル信号復号化装置。

26. 上記第１及び第２の符号系列の符号長、上記第１のパリテイ、上記第２のパリテイ、及びインターリーブ拘束長が、それぞれコンパクトデイスク規格より長い

ことを特徴とする請求の範囲第２５項に記載のデイジタル信号復号化装置。

27. 上記第２の符号系列は、所定の数の上記第１の符号系列に対して、折り返しを含まない

ことを特徴とする請求の範囲第２５項に記載のデイジタル信号復号化装置。

28. 上記第２の符号系列は、所定の数の上記第１の符号系列に対して、折り返しを含まない

ことを特徴とする請求の範囲第２５項に記載のデイジタル信号復号化装置。

29. 符号長及びパリテイ数が同一で、インターリーブ拘束長が異なる複数のフォーマットの中から選択されたフォーマットを識別するための識別情報を検出する手段と、

上記識別情報に基づいて誤り訂正処理を制御する手段と

を有することを特徴とする請求の範囲第２５項に記載のデイジタル信号復号化装置。

30. 上記第１の符号系列のそれぞれに付加された識別番号を検出する手段と、

上記識別番号に基づいて誤り訂正処理を制御する手段と

を有することを特徴とする請求の範囲第２５項に記載のデイジタル信号復号化装置。