(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第4765964号
(P4765964)
(45)発行日　平成23年9月7日(2011.9.7)　(24)登録日　平成23年6月24日(2011.6.24)

(51)Int.Cl.　　F I
H03M 7/14 (2006.01)　　H03M 7/14 B
G11B 20/14 (2006.01)　　G11B 20/14 341A

請求項の数 12　(全 21 頁)

(21)出願番号　特願2007-54172(P2007-54172)
(22)出願日　平成19年3月5日(2007.3.5)
(65)公開番号　特開2008-219477(P2008-219477A)
(43)公開日　平成20年9月18日(2008.9.18)
審査請求日　平成21年12月25日(2009.12.25)

(73)特許権者　000002185
ソニー株式会社
東京都港区港南１丁目７番１号
(74)代理人　100082131
弁理士　稲本　義雄
(72)発明者　野田　誠
東京都港区港南１丁目７番１号　ソニー株式会社内

審査官　北村　智彦

最終頁に続く

(54)【発明の名称】符号化方法および符号化装置、並びに復号方法および復号装置

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
符号化時に、情報語に仮符号語が割り当てられた基本符号変換表による変換を適用した後に、前記基本符号変換表において禁止された符号変換規則が定められた違反時符号変換表による変換を適用する可変長変換符号を行う符号化装置の符号化方法において、
前記基本符号変換表に従って、前記仮符号語の始端部分および終端部分における１の最大連続数を２、かつ、前記仮符号語の始端部分および終端部分における０の最大連続数を４以上１０以下に制限されるように変換し、
現時刻の仮符号語または先読みした仮符号語のいずれか一方の仮符号語のみを変換する符号変換規則が定められた前記違反時符号変換表に従って、符号語接続点における０の最大連続数が７以上となったとき、前記仮符号語の始端部分または終端部分において０の連続数が４以上となるいずれか一方の前記仮符号語のみについて、前記仮符号語の始端部分の３ビットまたは前記仮符号語の終端部分の３ビットを、０から１に変換する
ステップを含む符号化方法。
【請求項２】
前記符号化において、符号化率を16/17とする
請求項１に記載の符号化方法。
【請求項３】
前記符号化において、符号化率を24/25とする
請求項１に記載の符号化方法。

【請求項４】
符号化時に、情報語に仮符号語が割り当てられた基本符号変換表による変換を適用した後に、前記基本符号変換表において禁止された符号変換規則が定められた違反時符号変換表による変換を適用する可変長変換符号を行う符号化装置において、
前記基本符号変換表に従って、前記仮符号語の始端部分および終端部分における１の最大連続数を２、かつ、前記仮符号語の始端部分および終端部分における０の最大連続数を４以上１０以下に制限されるように変換する第１の変換手段と、
現時刻の仮符号語または先読みした仮符号語のいずれか一方の仮符号語のみを変換する符号変換規則が定められた前記違反時符号変換表に従って、符号語接続点における０の最大連続数が７以上となったとき、前記仮符号語の始端部分または終端部分において０の連続数が４以上となるいずれか一方の前記仮符号語のみについて、前記仮符号語の始端部分の３ビットまたは前記仮符号語の終端部分の３ビットを、０から１に変換する第２の変換手段と
を備える符号化装置。
【請求項５】
前記符号化において、符号化率を16/17とする
請求項４に記載の符号化装置。
【請求項６】
前記符号化において、符号化率を24/25とする
請求項４に記載の符号化装置。
【請求項７】
符号化時に、情報語に仮符号語が割り当てられた基本符号変換表による変換を適用した後に、前記基本符号変換表において禁止された符号変換規則が定められた違反時符号変換表による変換を適用する可変長変換符号により符号化された符号語を復号する復号装置の復号方法において、
１符号語単位で変換可能となる符号変換規則が定められた前記違反時符号変換表に従って、前記符号語の始端部分または前記符号語の終端部分において１の連続数が３となるとき、前記符号語の始端部分の３ビットまたは前記符号語の終端部分の３ビットを、１から０に変換し、
前記仮符号語の始端部分および終端部分における１の最大連続数を２、かつ、前記仮符号語の始端部分および終端部分における０の最大連続数を４以上１０以下に制限するように定められた前記基本符号変換表に従って、仮符号語を情報語に変換する
ステップを含む復号方法。
【請求項８】
前記符号化において、符号化率を16/17とする
請求項７に記載の復号方法。
【請求項９】
前記符号化において、符号化率を24/25とする
請求項７に記載の復号方法。
【請求項１０】
符号化時に、情報語に仮符号語が割り当てられた基本符号変換表による変換を適用した後に、前記基本符号変換表において禁止された符号変換規則が定められた違反時符号変換表による変換を適用する可変長変換復号により符号化された符号語を復号する復号装置において、
１符号語単位で変換可能となる符号変換規則が定められた前記違反時符号変換表に従って、前記符号語の始端部分または前記符号語の終端部分において１の連続数が３となるとき、前記符号語の始端部分の３ビットまたは前記符号語の終端部分の３ビットを、１から０に変換する第１の変換手段と、
前記仮符号語の始端部分および終端部分における１の最大連続数を２、かつ、前記仮符号語の始端部分および終端部分における０の最大連続数を４以上１０以下に制限するよう

に定められた前記基本符号変換表に従って、仮符号語を情報語に変換する第２の変換手段と

を備える復号装置。

【請求項１１】

前記符号化において、符号化率を16/17とする

請求項１０に記載の復号装置。

【請求項１２】

前記符号化において、符号化率を24/25とする

請求項１０に記載の復号装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明は、符号化方法および符号化装置、並びに復号方法および復号装置に関し、特に、伝送情報のビット誤り率（BER（bit error rate））や未検出誤り確率を低減するために用いて好適な符号化方法および符号化装置、並びに復号方法および復号装置に関する。

【背景技術】

【０００２】

多くの記録再生装置や通信装置においては、一般的に、入力情報系列を符号化した符号系列を伝送することにより、デジタル伝送情報のBERの低減が図られている。

【０００３】

図１は、従来の記録装置１１と再生装置１２からなる記録再生システム１の構成を示すブロック図である。

【０００４】

図１においては、まず、ユーザ側の情報系列（入力情報系列）は、符号化部２１に入力され、ｋ/ｎの比で符号化されて符号系列となる。ただしここで、ｋは情報語長、ｎは符号語長、そしてｋ/ｎは符号率あるいは符号化率と呼ばれる。また、符号化においては、暗号化、誤り訂正符号化、またはRLL（run-length limited）符号化等、複数の符号化が組み合わされることが多い。

【０００５】

符号化列は、記録部２２に入力され、記録部２２において光ピックアップあるいは磁気ヘッド等を用いて、図示しない記録媒体上に記録される。ここでは、記録部２２からの記録信号は、再生装置１２に入力される。

【０００６】

記録装置１１からの記録信号は、再生装置１２の再生部３１に入力され、再生部３１においてアナログ光ピックアップあるいは磁気ヘッド等によって、図示しない記録媒体からアナログ再生信号に変換される。これらのアナログ再生信号は、図示しないアナログ等化器を用いて所定の目標等化特性に等化された後、A/D（analog/digital）変換部３２において、デジタル再生信号に毎時刻変換される。なお、A/D変換部３２には、図示しない位相同期回路が含まれる。

【０００７】

デジタル再生信号は、符号検出部３３において、検出符号系列またはその事後確率情報系列に変換された後、復号部３４に入力され、ｎ/ｋの比で検出情報語に復号され、検出情報系列となる。

【０００８】

ただし、アナログ等化器による等化が十分でない場合には、A/D変換部３２と符号検出部３３との間に、デジタル等化器が設けられる場合もある。また近年、符号検出部３３においては、ビタビ検出器等の軟判定検出器を用いるのが一般的である。さらに、復号部３４において繰り返し復号法を用いる場合には、符号検出部３３において事後確率検出器が用いられる場合がある。

【０００９】

なお、図１では、従来の記録装置１１と再生装置１２からなる記録再生システム１について説明したが、記録部２２の代わりに送信部が設けられた送信装置と、再生部３１の代わりに受信部が設けられた受信装置からなる送受信システムにおいても、符号化部２１、A/D変換部３２、符号検出部３３、復号部３４により行われる処理は同様である。

【００１０】

ところで、図１の記録装置１１における符号化部２１に用いられる符号としては、様々な符号が検討されており、ストレージシステムでは、一般的に、RLL符号と誤り訂正符号とが連接されて用いられることが多い。

【００１１】

誤り訂正符号としては、リードソロモン（Reed-Solomon）符号が古くから実用化されており、通信システムでは、近年、高い誤り訂正能力を有する低密度パリティ検査（low-density parity-check）符号も実用化されている。

【００１２】

RLL符号としては、NRZI（non-return to zero on one）変調前の符号系列において、ビット０の最大連続数（最大ランレングス）がｋ個、ビット０の最小連続数（最小ランレングス）がｄ個に制限された符号が、一般的に、（ｄ，ｋ）RLL符号と呼ばれる。ただしここで、NRZI変調とは、記録あるいは送信信号極性を、ビット１で反転、ビット０で保持する変調方式のことである。

【００１３】

また、NRZI変調前の符号系列において、ビット１の最大連続数を２以上で有限とした符号は、MTR（maximum transition run）符号と呼ばれている。ビット１の最大連続数が１の符号は、古くから知られている最小ランレングス制限符号と同じであるため、一般的には、そのような符号はMTR符号と呼ばれていない。

【００１４】

MTR符号に関する技術としては、例えば、非特許文献１および特許文献１に、その内容が開示されている。

【００１５】

【非特許文献１】J. Moon and B. Brickner, IEEE Trans. Magn. 32, p. 3992, 1996

【特許文献１】米国特許, J. Moon and B. Brickner, US5859601, Jan. 1999

【００１６】

非特許文献１および特許文献１では、MTR=2の符号について、最大ラン８以上ならば、符号化率7/8の符号構成が可能である事が述べられている。

【００１７】

上述した、符号化列におけるビット１の最大連続数を示すMTRという表現は、非特許文献１において初めて与えられたが、ビット１の最大連続数が有限とされた符号は、それ以前にも知られている。MTR符号の特徴は、ビット１の最大連続数を短く制限する事により、パーシャルレスポンス等化された受信信号の検出器トレリスにおいて、自乗ユークリッド距離の小さな符号系列を除去または減少させ、システムに符号化利得を与える事にある。たとえ符号においてビット１の最大連続数が制限されていても、その値が大きいと、その符号化利得は非常に小さくなる。このため、一般的には、符号化利得向上のためにビット１の最大連続数が２個以上４個以下程度に制限された符号を、MTR符号と呼ぶことが多い。

【００１８】

ビット１の最大連続数が２個以上４個以下に制限されたMTR符号の性能は、例えば非特許文献２にその詳細が開示されている。

【非特許文献２】E. Soljanin, “Application of Distance Enhancing Codes,” IEEE Trans. Magn., vol. 37, No.2, pp. 762-767, Mar. 2001.

【００１９】

受信信号の信号対雑音比（SNR（signal to noise ratio））が仮に一定ならば、MTR制限が強い、すなわち、ビット１の最大連続数が小さいほうが符号検出器において大きな利

得を得ることができるが、一般的にはMTR制限を強くすると達成できる符号化率が低くなり、SNRが劣化する。このため、符号においてどの程度のMTR制限がよいかは、用いられるシステムの信号伝達特性と相関する。

【００２０】

図２は、符号系列に最大ランレングス制限を与えない場合における、符号のシャノン容量（Shannon capacity）のMTR制限数依存性をあらわす表である。

【００２１】

ここで、シャノン容量とは、ある符号に制限を与えた場合に、その符号の達成し得る理論上の最大符号化率である。つまり、理論上は、シャノン容量以下の符号化率の符号を設計する事が可能である。ただしここで、MTR制限は、例えば偶数ビット目を２，奇数ビット目を３とした時変（time varying）構造とするとする方法も知られているが、図２の表においてはそのような場合は考慮していない。

【００２２】

図２の符号のシャノン容量のMTR制限数依存性の表に示すように、符号系列に最大ランレングス制限を与えない場合において、シャノン容量は、MTR=1では0.6942となり、MTR=2では0.8791となり、MTR=3では0.9468となり、MTR=4では0.9752となり、MTR=5では0.9881となる。

【００２３】

ところで、殆どのストレージシステムや通信システムでは、内部でバイト（８ビット）単位の処理が行われるため、RLL符号の情報語長は８の倍数であるほうが、それらのシステムにおいて都合のよい場合が多い。そこで、情報語長が１バイトの倍数となる符号を仮定すると、図２の表より、例えば、MTR=2では、8/10変換（符号化率：0.8），MTR=3では、16/17変換（符号化率：0.9411・・・），MTR=4では、32/33変換（符号化率：0.9696・・・）の各符号を設計することが、各々可能である事が分かる。ただし、実際のシステムに用いられる符号においては、通常、符号系列の最大ランレングスも同時に制限する必要がある。このため、用いられる符号に付与される最大ランレングス制限によっては、同じMTR制限でも、これらのような高い符号化率の符号は設計できない場合もある。

【００２４】

そのような、符号系列の最大ランレングスを11に制限した、MTR=3の（0，11）16/17 RLL符号の一例は、例えば、非特許文献３に開示されている。

【００２５】

【非特許文献３】T. Nishiya, K. Tsukano, T. Hirai, S. Mita and T. Nara, “Rate 16/17 Maximum Transition Run (3;11) Code on an EEPRML Channel with an Error-Correcting Postprocessor,” IEEE Trans. Magn., Vol. 35, No. 5, pp. 4378-4386, Sep. 1999.

【００２６】

非特許文献３に開示されている16/17符号は、情報語が基本符号変換表に従って仮符号語に変換された後、符号語の先読み（look ahead）を必要とする違反時符号変換表に従い、該仮符号語が符号語に変換される、可変長符号（variable-length code）である。

【００２７】

なお、可変長符号は、符号語の先読みを必要としない固定長符号（fixed-length code）と比較して、一般的に、符号化率の高い、あるいは同じ符号化率でも符号長の短い、効率のよい符号を設計できることが多いという特徴を有している。

【００２８】

ここで、非特許文献３に開示されている、16/17符号の符号化方法の概要を以下に説明する。

【００２９】

まず、１６ビット情報語は、仮符号語中での０の最大連続数が１０、かつ、仮符号語中での１の最大連続数が３、かつ、仮符号語の始端（先端）および終端（後端）での１の最大連続数が２となるように、基本符号変換表に従って１７ビット仮符号語へ変換される。

ただし、このような制限を満たす１７ビット系列は65,546個存在し、その中から2^{16}=65,546個が基本符号変換表中の仮符号語として選択されるが、このままでは符号接続点において、MTR=3，k=11の各制限に違反する場合があるので、次に、これらの符号制限に違反した場合に、違反時符号変換表に従って符号化を行う。

【００３０】

図３は、非特許文献３に開示されている、符号語接続点における８ビットの違反時符号変換表である。なお、図３において、コンマの記号（，）は連続する２符号語の境界を示している。

【００３１】

図３の違反時符号変換表においては、規則番号１は、ある仮符号語１の終端４ビットが0011で、仮符号語１に続く仮符号語２の始端４ビットが1100であった場合には、仮符号語１の終端４ビットを0111、仮符号語２の始端４ビットを0100に各々変換して、最終的な符号語として符号化することを表わしている。

【００３２】

同様にして、規則番号２は、仮符号語１の終端４ビットが0011，仮符号語２の始端４ビットが1101であった場合には、それらのビットを、0111，0101に各々変換し、規則番号３は、仮符号語１の終端４ビットが1011，仮符号語２の始端４ビットが1100であった場合には、それらのビットを、1010，1110に各々変換し、規則番号４は、仮符号語１の終端４ビットが1011，仮符号語２の始端４ビットが1101であった場合には、それらのビットを、1000，1110に各々変換し、規則番号５は、仮符号語１の終端４ビットが0000，仮符号語２の始端４ビットが0000であった場合には、それらのビットを、0010，1100に各々変換することを表わしている。

【００３３】

また、規則番号６は、仮符号語１の終端４ビットが0000，仮符号語２の始端４ビットが0001であった場合には、それらのビットを、0000，1110に各々変換し、規則番号７は、仮符号語１の終端４ビットが0000，仮符号語２の始端４ビットが0010であった場合には、それらのビットを、0111，0010に各々変換し、規則番号８は、仮符号語１の終端４ビットが0000，仮符号語２の始端４ビットが0011であった場合には、それらのビットを、0111，0110に各々変換し、規則番号９は、仮符号語１の終端４ビットが1000，仮符号語２の始端４ビットが0000であった場合には、それらのビットを、0111，0000に各々変換し、規則番語１０は、仮符号語１の終端４ビットが0100，仮符号語２の始端４ビットが0000であった場合には、それらのビットを、0100，1110に各々変換し、規則番号１１は、仮符号語１の終端４ビットが1100，仮符号語２の始端４ビットが0000であった場合には、それらのビットを、0110，1110に各々変換することを表わしている。

【００３４】

以上のように、非特許文献３では、符号接続点において制限に違反した場合、図３の違反時符号変換表に従って符号化を行う。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【００３５】

可変長符号は、符号化率の高い符号を設計しやすい反面、その最大誤り伝播長が、情報語長が同じ固定長符号のそれよりも長くなり易いという問題がある。

【００３６】

ここで最大誤り伝播長とは、符号系列中に１ビット誤りが起きたとき、情報系列へ誤り伝播する最大の長さである。一般的に、固定長符号の復号時の最大誤り伝播長は、１情報語の長さと等しいが、可変長符号のそれは２情報語以上となる。この最大誤り伝播長の問題は、情報語長が長くなればなる程、システムへの悪影響が大きくなる。例えば、上記非特許文献３に開示されている、16/17符号では、復号時の最大誤り伝播長は２情報語、すなわち３２ビットとなる。

【００３７】

符号における誤り伝播長の長さは、できるだけ短いほうがよい。情報語長を一定に保ったまま符号を固定長変換符号として設計すれば、誤り伝播長を短くする事ができるが、その場合、所望の符号制限を得るために必要な符号語長が長くなり、符号化率が劣化してしまう場合が多い。可変長符号において復号時の誤り伝播長をできるだけ短くできればよいが、これまで、誤り伝播長が１情報語以下となるような可変長符号の符号化方法は知られていない。

【００３８】

また一方で、非特許文献３に開示されている、16/17 RLL符号は、ビット１の最大連続数、すなわちMTRの値は３と比較的短いものの、ビット０の最大連続数、すなわち最大ランレングスは１１と比較的長い。

【００３９】

ところで、PLL（phase-locked loop）等を含めたシステム全体の安定化のためには、一般的には、RLL符号の最大ランレングスはできるだけ短いほうが望ましい。例えば、システムにおいてDC（direct current）にヌル（直流成分がゼロ）のある等化方式を用いた場合、符号の最大ランレングスは再生信号期待値の最大ゼロ連続に比例するため、最大ランレングスが長いと、周波数偏差の大きなシステムほど、PLLが不安定になりやすい傾向にある。一般的に、磁気テープシステムでは、ハードディスクや光ディスクシステム等のディスクシステムと比べて、再生信号の周波数偏差が大きい。また、特に、ロータリトランスを用いた磁気テープシステムでは、ロータリトランスの低域遮断特性のために、低い周波数の信号は記録されにくい傾向がある。このため、符号の最大ランレングスが長いと、磁気テープへのオーバライト時に、前の記録データの消し残りが起きやすく、オーバライト雑音が大きくなりやすい。

【００４０】

このように、RLL符号は、用いられるシステムによっては、システムのロバスト性を含めた性能向上のため、最大ランレングスのできるだけ小さいものが望まれる場合がある。

【００４１】

しかしながら、符号化率が16/17以上と高く、かつ、符号の最大ランレングスが１０以下となるようなMTR制限を有するRLL符号の具体的な符号化方法は、これまでに知られていなかった。

【００４２】

例えば、上記特許文献１では、MTR=2の符号について、どの程度の符号化率のときにどの程度の最大ランレングス制限が可能なのか検討されているが、MTR=3およびMTR=4の各符号については何も言及されていない。また、上記非特許文献２では、MTR=3およびMTR=4の各符号について検討されているが、符号の最大ランレングスについては何も言及されていない。

【００４３】

すなわち、上述したような従来の提案では、MTR=3およびMTR=4の各符号について、どの程度の符号化率のときにどの程度の最大ランレングス制限が可能なのかは、必ずしも明らかではなかった。

【００４４】

本発明はこのような状況に鑑みてなされたものであり、可変長符号において、効率のよいRLL符号を符号化することを可能にすると共に、復号時の誤り伝播長を短くする事ができるようにするものである。

【課題を解決するための手段】

【００４５】

本発明の第１の側面の符号化方法は、符号化時に、情報語に仮符号語が割り当てられた基本符号変換表による変換を適用した後に、前記基本符号変換表において禁止された符号変換規則が定められた違反時符号変換表による変換を適用する可変長変換符号を行う符号化装置の符号化方法において、前記基本符号変換表に従って、前記仮符号語の始端部分および終端部分における１の最大連続数を２、かつ、前記仮符号語の始端部分および終端部

分における０の最大連続数を４以上１０以下に制限されるように変換し、現時刻の仮符号語または先読みした仮符号語のいずれか一方の仮符号語のみを変換する符号変換規則が定められた前記違反時符号変換表に従って、符号語接続点における０の最大連続数が７以上となったとき、前記仮符号語の始端部分または終端部分において０の連続数が４以上となるいずれか一方の前記仮符号語のみについて、前記仮符号語の始端部分の３ビットまたは前記仮符号語の終端部分の３ビットを、０から１に変換するステップを含む。

【００４８】

前記符号化において、符号化率を16/17とすることができる。

【００４９】

前記符号化において、符号化率を24/25とすることができる。

【００５０】

本発明の第１の側面の符号化装置は、符号化時に、情報語に仮符号語が割り当てられた基本符号変換表による変換を適用した後に、前記基本符号変換表において禁止された符号変換規則が定められた違反時符号変換表による変換を適用する可変長変換符号を行う符号化装置において、前記基本符号変換表に従って、前記仮符号語の始端部分および終端部分における１の最大連続数を２、かつ、前記仮符号語の始端部分および終端部分における０の最大連続数を４以上１０以下に制限されるように変換する第１の変換手段と、現時刻の仮符号語または先読みした仮符号語のいずれか一方の仮符号語のみを変換する符号変換規則が定められた前記違反時符号変換表に従って、符号語接続点における０の最大連続数が７以上となったとき、前記仮符号語の始端部分または終端部分において０の連続数が４以上となるいずれか一方の前記仮符号語のみについて、前記仮符号語の始端部分の３ビットまたは前記仮符号語の終端部分の３ビットを、０から１に変換する第２の変換手段とを備える。

【００５１】

前記符号化において、符号化率を16/17とすることができる。

【００５２】

前記符号化において、符号化率を24/25とすることができる。

【００５３】

本発明の第１の側面においては、基本符号変換表に従って、仮符号語の始端部分および終端部分における１の最大連続数が２、かつ、仮符号語の始端部分および終端部分における０の最大連続数が４以上１０以下に制限されるように変換され、現時刻の仮符号語または先読みした仮符号語のいずれか一方の仮符号語のみを変換する符号変換規則が定められた違反時符号変換表に従って、符号語接続点における０の最大連続数が７以上となったとき、仮符号語の始端部分または終端部分において０の連続数が４以上となるいずれか一方の仮符号語のみについて、仮符号語の始端部分の３ビットまたは仮符号語の終端部分の３ビットが、０から１に変換される。

【００５４】

本発明の第２の側面の復号方法は、符号化時に、情報語に仮符号語が割り当てられた基本符号変換表による変換を適用した後に、前記基本符号変換表において禁止された符号変換規則が定められた違反時符号変換表による変換を適用する可変長変換符号により符号化された符号語を復号する復号装置の復号方法において、１符号語単位で変換可能となる符号変換規則が定められた前記違反時符号変換表に従って、前記符号語の始端部分または前記符号語の終端部分において１の連続数が３となるとき、前記符号語の始端部分の３ビットまたは前記符号語の終端部分の３ビットを、１から０に変換し、前記仮符号語の始端部分および終端部分における１の最大連続数を２、かつ、前記仮符号語の始端部分および終端部分における０の最大連続数を４以上１０以下に制限するように定められた前記基本符号変換表に従って、仮符号語を情報語に変換するステップを含む。

【００５７】

前記符号化において、符号化率を16/17とすることができる。

【００５８】

前記符号化において、符号化率を24/25とすることができる。

【００５９】

本発明の第２の側面の復号装置は、符号化時に、情報語に仮符号語が割り当てられた基本符号変換表による変換を適用した後に、前記基本符号変換表において禁止された符号変換規則が定められた違反時符号変換表による変換を適用する可変長変換復号により符号化された符号語を復号する復号装置において、１符号語単位で変換可能となる符号変換規則が定められた前記違反時符号変換表に従って、前記符号語の始端部分または前記符号語の終端部分において１の連続数が３となるとき、前記符号語の始端部分の３ビットまたは前記符号語の終端部分の３ビットを、１から０に変換する第１の変換手段と、前記仮符号語の始端部分および終端部分における１の最大連続数を２、かつ、前記仮符号語の始端部分および終端部分における０の最大連続数を４以上１０以下に制限するように定められた前記基本符号変換表に従って、仮符号語を情報語に変換する第２の変換手段とを備える。

【００６０】

前記符号化において、符号化率を16/17とすることができる。

【００６１】

前記符号化において、符号化率を24/25とすることができる。

【００６２】

本発明の第２の側面においては、１符号語単位で変換可能となる符号変換規則が定められた違反時符号変換表に従って、符号語の始端部分または符号語の終端部分において１の連続数が３となるとき、符号語の始端部分の３ビットまたは符号語の終端部分の３ビットが、１から０に変換され、仮符号語の始端部分および終端部分における１の最大連続数を２、かつ、仮符号語の始端部分および終端部分における０の最大連続数を４以上１０以下に制限するように定められた基本符号変換表に従って、仮符号語が情報語に変換される。

【発明の効果】

【００６３】

以上のように、本発明の第１の側面によれば、可変長符号において、復号時の誤り伝播長を最大で１符号語とすることができる。このため、効率のよいRLL符号を符号化する事を可能にすると共に、復号時の誤り伝播長を短くすることができる。

【００６４】

また、本発明の第１の側面によれば、この符号化方法を利用して、最大ランレングスの短いMTR=4のRLL符号化を行うことが可能となる。

【００６５】

本発明の第２の側面によれば、可変長符号において、復号時の誤り伝播長を最大で１符号語とすることができる。このため、復号時の誤り伝播長を短くすることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【００７５】

以下、図面を参照しながら本発明の実施の形態について説明する。

【００７６】

図４は、本発明を適用した記録再生システム１０１の一実施の形態の構成を示すブロック図である。この記録再生システム１０１は、例えば、ストレージシステムの一例であって、記録装置１１１と再生装置１１２からなるシステムである。

【００７７】

なお、図４の記録再生システム１０１において、従来の図１の記録再生システム１と対応する部分には同一の符号を付してあり、その説明は適宜省略する。すなわち、図４の記録装置１１１は、符号化部２１に代わって、符号化部１２１が設けられている以外は、図１の記録装置１１と同様の構成を有している。また、図４の再生装置１１２は、復号部３４に代わって、復号部１３１が設けられている以外は、図１の再生装置１２と同様の構成を有している。

【００７８】

また、図４に示される復号部１３１においては、図１を用いて説明した従来における場

合と同様に、アナログ等化器による等化が十分でない場合、A/D変換部３２と符号検出部３３との間に、さらに、デジタル等化器を設けるようにしてもよい。

【００７９】

記録装置１１１においては、符号化部１２１は、入力情報系列に対して、例えば、RLL符号と誤り訂正符号等による符号化処理を施し、符号化により得られた符号系列を記録部２２に供給する。

【００８０】

符号化部１２１は、基本符号変換表に従って、情報語を仮符号語に変換する基本符号変換部１４１と、違反時符号変換表に従って、その仮符号語を符号語に変換する違反時符号変換部１４２を含むようにして構成される。この基本符号変換表と違反時符号変換表の詳細な説明は後述する。

【００８１】

再生装置１１２においては、復号部１３１は、符号検出部３３から供給される、デジタル再生信号を変換した検出符号系列に復号処理を施し、復号により得られた検出情報系列を出力する。

【００８２】

復号部１３１は、違反時符号変換表に従って、符号語を仮符号語に変換する違反時符号変換部１５１と、基本符号変換表に従って、その仮符号語を情報語に変換する基本符号変換部１５２を含むようにして構成される。この基本符号変換表と違反時符号変換表の詳細な説明は後述する。

【００８３】

なお、本実施の形態では、記録装置１１１と再生装置１１２との２つの装置から構成される記録再生システム１０１について説明するが、記録装置１１１と再生装置１１２とが一体となった記録再生装置であってもよい。

【００８４】

ところで、図４の符号化部１２１によって行われる符号化処理であるが、本出願人は、上述した従来の問題点を踏まえて、MTR=3およびMTR=4の各符号について、どの程度の最大ランレングス制限（最大ラン制限）が可能であるかを調べた。その結果を図５の表に示す。

【００８５】

すなわち、図５は、MTR=3およびMTR=4において、符号系列に最大ランレングス制限を与えた場合の、符号のシャノン容量の最大ランレングス依存性をあらわす表である。

【００８６】

図５の表に示すように、シャノン容量は、最大ラン制限１のとき、MTR=3では0.5515、MTR=4では0.6174となり、最大ラン制限２のとき、MTR=3では0.7947、MTR=4では0.8376となり、最大ラン制限３のとき、MTR=3では0.8791、MTR=4では0.9146となり、最大ラン制限４のとき、MTR=3では0.9146、MTR=4では0.9468となる。

【００８７】

また同様に、シャノン容量は、最大ラン制限５のとき、MTR=3では0.9306、MTR=4では0.9614となり、最大ラン制限６のとき、MTR=3では0.9388、MTR=4では0.9684となり、最大ラン制限７のとき、MTR=3では0.9427、MTR=4では0.9718となり、最大ラン制限８のとき、MTR=3では0.9447、MTR=4では0.9735となる。

【００８８】

すなわち、上述したように、図２の表より、MTR=3では、16/17変換（符号化率：0.9411・・・），MTR=4では、32/33変換（符号化率：0.9696・・・）の各符号を設計することが、各々可能である事が分かっていたが、図５の表からは、最大ランレングスが６以下のときには、シャノン限界は、MTR=3では16/17（0.9411・・・）を、MTR=4では32/33（0.9696・・・）を各々下回っており、これらの符号化率の符号は、設計不可能である事が分かる。

【００８９】

ただし、MTR=3の16/17符号の最大ランレングスは理論上７まで低減することが可能であるが、これまで具体的に提案されたMTR=3の符号の最大ランレングスは、上記非特許文献３に記載された１１である。すなわち、本実施の形態で、符号化方法に用いられる符号は、MTR=4で、かつ、最大ランレングスが４以上１０以下となる。

【００９０】

つまり、図５の表から、MTR=4の符号は、最大ランレングスが４以上ならば、16/17の符号化率（0.9411・・・）で、最大ランレングスが５以上ならば24/25の符号化率（0.96）で、各々符号を設計することができる事が分かる。従って、MTR=4の符号においては、符号化率が16/17のときの最大ランレングスは４以上であればよいが、本実施の形態では、符号語の候補となる１７ビット系列をより多く生成できるよう、最大ランレングス６の場合について、以下に説明する。

【００９１】

図６は、MTR=4、かつ、最大ランレングス６の各制限を有する符号系列の１０状態の有限状態遷移図（FSTD（finite-state transition diagram））である。

【００９２】

図６のFSTDのシャノン容量（MTR=4で最大ランレングス６のシャノン容量）は、図５の表に示したように0.9684であり、16/17の符号化率（0.9411・・・）よりも大きいため、16/17符号を構成できる。

【００９３】

なお、図６のFSTDの制限を満たす16/17符号は、固定長変換符号でも構成できるが、本実施の形態では可変長符号として符号化する。その理由は、可変長符号として符号化したほうが、符号語の候補となる１７ビット系列がより多くなり、MTRや最大ランレングス制限以外の符号制限を行いやすく、より性能のよい符号を構成できるからである。MTRや最大ランレングス制限以外の符号制限は任意であるが、一般的には、例えば、NRZI変調後の符号系列を１ビットおきに観測したときの最大ランレングス等が考えられる。

【００９４】

いま、符号語の始端と終端におけるビット１の最大連続数を２、始端と終端におけるビット０の最大連続数を６、符号語途中におけるビット１の最大連続数を４、符号語途中におけるビット０の最大連続数を６に、各々制限するビット系列を考える。

【００９５】

図６のFSTDに示すように、状態１乃至４および状態６乃至９は、「０」と「１」の両方を出力できるが、状態５は「０」だけを出力し、状態１０は「１」だけを出力する。これらの条件を前提とすると、ビット０の最大連続数は６を許容しているので（図６のFSTDではビット０の連続数が６を超えることはないので）、始端とした場合にビット１の連続数が２以下となるのは状態３であり、終端とした場合にビット１の連続数が２以下となるのは、状態４と５を除いた、状態１，２，３，６，７，８，９，１０である。

【００９６】

すなわち、図６のFSTDにおいて、状態３から始まって、状態１，２，３，６，７，８，９，１０のいずれかで終わるビット系列を考えと、このような制限を満たす１７ビット系列の数は全部で78,943個存在し、この中から2^{16}=65,536個の仮符号語を選択する。

【００９７】

つまり、図６のFSTDによって仮符号語を割り当てることで、例えば、図７の基本符号変換表（符号変換表）が生成される。すなわち、図７は、本実施の形態における、図６のFSTDによって、65,536（=2^{16}）個の情報語に仮符号を割り当てた際の、最初の８語についての基本符号変換表の一例である。

【００９８】

図７の基本符号変換表においては、左側の列は１６ビットの情報語を示し、右側の列はその１６ビットの情報語に対応する１７ビットの仮符号語を示している。言い換えれば、図７の基本符号変換表は、情報語に仮符号語を割り当てているとも言える。

【００９９】

図７の基本符号変換表においては、上側から１行目は、0000000000000000である１６ビットの情報語を、00000100000010001である１７ビットの仮符号語に変換することを表わしている。同様に次の行は、0000000000000001の情報語を、00000100000010010の仮符号語に変換し、0000000000000010の情報語を、00000100000010011の仮符号語に変換し、0000000000000011の情報語を、00000100000010100の仮符号語に変換することを表わしている。

【０１００】

また、同様にその次の行は、0000000000000100の情報語を、00000100000010101の仮符号語に変換し、0000000000000101の情報語を、00000100000010110の仮符号語に変換し、0000000000000110の情報語を、00000100000011010の仮符号語に変換し、0000000000000111の情報語を、00000100000011011の仮符号語に変換することを表わしている。

【０１０１】

つまり、図６のFSTDに基づいて生成された、図７の基本符号変換表は、仮符号語の始端部分および終端部分における１の最大連続数を２、かつ、仮符号語の始端部分および終端部分における０の最大連続数を４以上１０以下に制限する。

【０１０２】

なお、図７の基本符号変換表においては、65,536個ある符号変換規則の内の８個の符号変換規則だけを一例として記載しており、さらに、情報語への符号語の割り当ては任意である。

【０１０３】

このように、本実施の形態では、図７の基本符号変換表に従い、１６ビット情報語を、順次１７ビット仮符号語に変換する。また、このままでは、符号語接続点における最大ランレングスが１２となってしまうので、符号語接続点において最大ランレングス６の制限に違反した場合、符号語の先読みを行ための、図８の違反時符号変換表に従って符号化を行う。

【０１０４】

図８は、符号語接続点に適用される違反時符号変換表の一例である。なお、図８において、コンマの記号（，）は連続する２符号語の境界を示している。ただしここで、仮符号語接続点におけるビット０の連続が、所望の最大ランレングス制限以下となっている場合は、図８の違反時符号変換表を適用してもしなくてもよい。

【０１０５】

図８の違反時符号変換表においては、規則番号１は、仮符号語１の終端４ビットが0000で、かつ仮符号語１に続く仮符号語２の始端１ビットが0であった場合には、仮符号語１の終端４ビットを0111，仮符号語の始端１ビットを0に各々変換して、最終的な符号語として符号化することを表わしている。

【０１０６】

同様にまた、規則番号２は、仮符号語１の終端１ビットが0，かつ仮符号語２の始端４ビットが0000であった場合には、それらのビットを、0，1110に各々変換することを表わしている。

【０１０７】

ただしここで、仮符号語１の終端４ビットが0000，かつ仮符号語２の始端４ビットが0000であった場合には、図８の規則番号１と規則番号２の違反規則を同時に満たすが、その場合には規則番号１と規則番号２のどちらを優先させてもよい。

【０１０８】

つまり、図８の違反時符号変換表は、符号語接続点における０の最大連続数が７以上となったとき、仮符号語の始端部分または終端部分において０の連続数が４以上となるいずれか一方の仮符号語のみについて、仮符号語の始端部分の３ビットまたは仮符号語の終端部分の３ビットを、０から１に変換する。また、図８の違反時符号変換表は、仮符号語接続点におけるビット０の連続を最大で６に制限する。

【０１０９】

ここで、本実施の形態で用いられる、図８の違反時符号変換表の特徴について説明する。なお、ここでは、説明を分かり易くするため、従来用いられていた図３の違反時符号変換表と比較しながら、その特徴について説明する。

【０１１０】

従来用いられていた、図３の違反時符号変換表は、規則番号６，７，９，１０の４つを除いて、符号接続点における２符号語の両方に対して符号変換を施していた。このため、図３の符号変換部分において、復号時に１ビットの誤りが起こると、その誤りが２符号語に伝播してしまうという場合があるという問題があった。このような複数の符号語に跨る誤り伝播の発生は、上記特許文献１に開示されている符号に限らず、可変長符号においては従来ごく一般的なことであった。

【０１１１】

これに対して、本実施の形態で用いられている、図８の違反時符号変換表は、図３の違反時符号変換表と比べて、より簡単な構成となっているため、符号に与えられる制限は比較的少なく、さらに、符号接続点において、常に２符号語の内の、いずれか一方の符号語にしか第２の符号変換（違反時符号変換）を施していないという特徴がある。このため、本実施の形態の符号化方法を用いた場合には、復号時に、符号系列に１ビットの誤りが起こっても、その誤り伝播は１符号語以内に限られるという特徴がある。

【０１１２】

すなわち、図８の違反時符号変換表は、MTR制限された可変長符号を、復号時の誤り伝播長が短くなるように符号化することを可能とする。

【０１１３】

次に、図９のフローチャートを参照して、図８の違反時符号変換表を用いて符号化を行う符号化部１２１による、符号化処理について説明する。

【０１１４】

符号化部１２１は、例えば、入力情報系列（情報語）が入力されたとき、図９のフローチャートの処理を実行する。

【０１１５】

ステップＳ１１において、基本符号変換部１４１は、例えば、図７の基本符号変換表に従って、１６ビット情報語を、１７ビット仮符号語に変換する。

【０１１６】

ステップＳ１２において、違反時符号変換部１４２は、例えば、符号語接続点において、最大ランレングス６の制限に違反している場合、例えば、図８の違反時符号変換表に従って、変換を行って、符号化処理は終了する。

【０１１７】

具体的には、違反時符号変換部１４２は、図８の違反時符号変換表に従って、例えば、仮符号語１の終端４ビットが0000，仮符号語２の始端１ビットが0である場合には、それらのビットを0111，0に各々変換し、仮符号語１の終端１ビットが0，仮符号語２の始端４ビットが0000である場合には、それらのビットを0，1110に各々変換する。

【０１１８】

なお、違反時符号変換部１４２は、最大ランレングス６の制限に違反していない場合には、図８の違反時符号変換表による変換を実行しない。

【０１１９】

以上のように、本実施の形態では、符号接続点において、常に２符号語の内の、いずれか一方の仮符号語にだけ、図８の違反時符号変換表に従った変換を施すので、復号時に、符号系列の１ビットの誤りが発生したとしても、その誤り伝播を１符号語以内に抑えることができる。

【０１２０】

ところで、上述した例では、図４の符号化部１２１によって行われる符号化処理について説明したが、次に、図４の復号部１３１によって行われる、その符号化された符号系列を復号する処理について説明する。

【０１２１】
図１０は、図４の復号部１３１による復号処理を説明するフローチャートである。
【０１２２】
復号部１３１は、例えば、符号検出部３３からデジタル再生信号を変換した検出符号系列（符号語）が供給されたとき、図１０のフローチャートの処理を実行する。このとき、符号語は、図４の符号化部１２１によって、復号時に１符号語単位で復号可能となるように符号化されている。
【０１２３】
ステップＳ３１において、違反時符号変換部１５１は、図１１の違反時符号変換表に従って変換を行う。
【０１２４】
ここで、図１１は、復号時に、符号語接続点に適用される違反時復号変換表の一例である。なお、図１１において、図８と同様に、コンマの記号（，）は連続する２符号語の境界を示している。また、「・・・」は、「０」または「１」のビットを示している。
【０１２５】
図１１の違反時符号変換表においては、規則番号１は、符号語１の終端４ビットが0111であった場合には、その符号語１の終端４ビットを0000に変換することを表わしている。同様にまた、符号語１の始端４ビットが1110であった場合には、その始端４ビットを0000に変換することを表わしている。
【０１２６】
すなわち、違反時符号変換部１５１は、図１１の違反時符号変換表に従って、例えば、符号語１の終端４ビットが0111である場合には、それらのビットを0000に変換し、符号語１の始端４ビットが1110である場合には、それらのビットを0000に変換する。つまり、図１１の違反時符号変換表は、符号語の始端部分および終端部分における１の最大連続数が３となるとき、符号語の始端部分の３ビットまたは符号語の終端部分の３ビットを、１から０に変換する。
【０１２７】
図１０のフローチャートに戻り、ステップＳ３２において、基本符号変換部１５２は、例えば、図７の基本符号変換表に従って、１７ビット仮符号語を、１６ビット情報語に変換して、復号処理は終了する。
【０１２８】
以上のように、本実施の形態では、符号化時に、符号接続点において、常に２符号語の内の、いずれか一方の仮符号語だけに、図８の違反時符号変換表に従った変換が施されているので、復号時に、図１１の違反時符号変換表に従った変換を行う際に、符号系列の１ビットの誤りが発生したとしても、その誤り伝播を１符号語以内に抑えることができる。
【０１２９】
ところで、本実施の形態では、記録装置１１１と再生装置１１２からなる記録再生システム１０１について説明したが、図８と図１１の違反時符号変換表は、送信装置２１１と受信装置２１２からなる送受信システム２０１に用いることも可能である。
【０１３０】
図１２は、本発明を適用した送受信システム２０１の一実施の形態の構成を示すブロック図である。この送受信システム２０１は、例えば、通信システムの一例であって、送信装置２１１と受信装置２１２からなるシステムである。
【０１３１】
なお、図１２の送受信システム２０１において、図４の記録再生システム１０１と対応する部分には同一の符号を付してあり、その説明は適宜省略する。すなわち、図１２では、送信装置２１１は、図４の記録装置１１１における記録部２２に代わって、送信部２２１が設けられ、受信装置２１２は、図４の再生装置１１２における再生部３１に代わって、受信部２３１が設けられている以外は、図４における場合と同様の構成を有している。
【０１３２】

送信装置２１１において、送信部２２１は、符号化部１２１からの符号系列に対応する信号を、例えば、送信アンテナによって空間に送信する。すなわち、このとき、送受信システム２０１は、無線通信システムである。

【０１３３】

受信装置２１２においては、受信部２３１は、受信アンテナによって、空間中の信号をアナログ信号に変換する。そのアナログ信号は、A/D変換部３２に供給される。

【０１３４】

以上のような構成を有する送受信システム２０１においては、図４の記録再生システム１０１と同様に、送信装置２１１は、符号化時に、符号接続点において、２符号語の内の、いずれか一方の仮符号語だけに、図８の違反時符号変換表に従った変換を行い、受信装置２１２は、復号時に、その１符号語単位で復号可能となるように符号化された符号語を、図１１の違反時符号変換表に従い復号する。

【０１３５】

なお、図１２の送受信システム２０１は、送信装置２１１と受信装置２１２とが一体となった送受信装置として構成されるようにしてもよい。

【０１３６】

このように、本実施の形態は、可変長符号の復号誤り伝播長を１符号語内に抑える技術であり、例えば、最大ランレングスの短いMTR=4の符号の符号化を行うことができ、各種ストレージ装置や通信装置に使用される符号の符号化器に適用することができる。

【０１３７】

例えば、磁気ディスク記録再生装置および磁気テープ記録再生装置等の各種の磁気記録再生装置、光磁気ディスク記録再生装置、相変化光ディスク記録再生装置、および再生専用光ディスク再生装置等の各種の光ディスク装置、並びにテレビ放送、携帯電話機、LAN（Local Area Network）等の各種の通信装置に使用される符号の符号化器に適用し、伝送情報のBERや未検出誤り確率を低減させることができる。

【０１３８】

なお、本実施の形態では、MTR=4、かつ、最大ランレングス６の16/17符号について説明したが、MTR=4、かつ、最大ランレングス６の24/25符号を構成することも可能である。その場合、例えば、図６のFSTDにおいて、状態３で始まって、状態１，２，３，６，７，８，９，１０のいずれかで終わる２５ビット系列を選択すると、その数は、全部で16,959,294個存在する。この中から、2^{24}=16,777,216個の仮符号語を選択して、基本符号変換表（24/25符号用の基本符号変換表）を生成し、後は上記16/17符号の場合と同様に符号化すればよい。

【０１３９】

すなわち、符号化時においては、符号化部１２１は、図７の基本符号変換表の代わりに、この24/25符号用の基本符号変換表に従って、２４ビットの情報語を２５ビットの仮符号語に変換し、さらに、図８の違反時符号変換表に従って変換を行う。また、復号時においては、復号部１３１は、図１１の違反時符号変換表に従って変換し、さらに、その24/25符号用の基本符号変換表に従って、２５ビットの仮符号語を、２４ビットの情報語に変換する。

【０１４０】

これら、16/17符号あるいは24/25符号の符号化・復号回路は、例えばごく一般的な、数え上げ符号化（enumerative source coding）法等を用いて、容易に設計することができる。

【０１４１】

また、このような最大ランレングスの短いMTR=4の符号は、従来知られているMTR=3の符号と比較して、符号検出器の利得は小さいが、ある程度の検出器利得を保ちつつシステムのロバスト性を向上させることができる。

【０１４２】

図１３は、上述した一連の処理をプログラムにより実行するパーソナルコンピュータの

構成の例を示すブロック図である。CPU（Central Processing Unit）３１１は、ROM（Read Only Memory）３１２、または記録部３１８に記録されているプログラムに従って各種の処理を実行する。RAM（Random Access Memory）３１３には、CPU３１１が実行するプログラムやデータ等が適宜記憶される。これらのCPU３１１、ROM３１２、およびRAM３１３は、バス３１４により相互に接続されている。

【０１４３】

CPU３１１にはまた、バス３１４を介して入出力インターフェース３１５が接続されている。入出力インターフェース３１５には、マイクロホン等よりなる入力部３１６、ディスプレイ、スピーカ等よりなる出力部３１７が接続されている。CPU３１１は、入力部３１６から入力される指令に対応して各種の処理を実行する。そして、CPU３１１は、処理の結果を出力部３１７に出力する。

【０１４４】

入出力インターフェース３１５に接続されている記録部３１８は、例えばハードディスクからなり、CPU３１１が実行するプログラムや各種のデータを記録する。通信部３１９は、インターネットやローカルエリアネットワーク等のネットワークを介して外部の装置と通信する。

【０１４５】

また、通信部３１９を介してプログラムを取得し、記録部３１８に記録してもよい。

【０１４６】

入出力インターフェース３１５に接続されているドライブ３２０は、磁気ディスク、光ディスク、光磁気ディスク、或いは半導体メモリ等のリムーバブルメディア３２１が装着されたとき、それらを駆動し、そこに記録されているプログラムやデータ等を取得する。取得されたプログラムやデータは、必要に応じて記録部３１８に転送され、記録される。

【０１４７】

コンピュータにインストールされ、コンピュータによって実行可能な状態とされるプログラムを格納するプログラム記録媒体は、図１３に示すように、磁気ディスク（フレキシブルディスクを含む）、光ディスク（CD-ROM(Compact Disc-Read Only Memory),DVD(Digital Versatile Disc)を含む）、光磁気ディスク、もしくは半導体メモリ等よりなるパッケージメディアであるリムーバブルメディア３２１、または、プログラムが一時的もしくは永続的に格納されるROM３１２や、記録部３１８を構成するハードディスク等により構成される。プログラム記録媒体へのプログラムの格納は、必要に応じてルータ、モデム等のインターフェースである通信部３１９を介して、ローカルエリアネットワーク、インターネット、デジタル衛星放送といった、有線または無線の通信媒体を利用して行われる。

【０１４８】

なお、本明細書において、記録媒体に格納されるプログラムを記述するステップは、記載された順序に沿って時系列的に行われる処理はもちろん、必ずしも時系列的に処理されなくとも、並列的あるいは個別に実行される処理をも含むものである。

【０１４９】

また、本明細書において、システムとは、複数の装置により構成される装置全体を表すものである。

【０１５０】

さらに、本発明の実施の形態は、上述した実施の形態に限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲において種々の変更が可能である。

【図面の簡単な説明】

【０１５１】

【図１】従来の記録再生システムの構成を示すブロック図である。

【図２】符号系列に最大ランレングス制限を与えない場合における、符号のシャノン容量のMTR制限数依存性をあらわす表を示す図である。

【図３】従来の違反時符号変換表を示す図である。

【図４】本発明を適用した記録再生システムの一実施の形態の構成を示すブロック図であ

る。
【図５】MTR=3およびMTR=4において、符号系列に最大ランレングス制限を与えた場合の、符号のシャノン容量の最大ランレングス依存性をあらわす表を示す図である。
【図６】MTR=4、かつ、最大ランレングス６の各制限を有する符号系列の１０状態の有限状態遷移図である。
【図７】基本符号変換表の例を示す図である。
【図８】違反時符号変換表の例を示す図である。
【図９】符号化処理について説明するフローチャートである。
【図１０】復号処理について説明するフローチャートである。
【図１１】違反時符号変換表の例を示す図である。
【図１２】本発明を適用した送受信システムの一実施の形態の構成を示すブロック図である。
【図１３】パーソナルコンピュータの構成を説明するブロック図である。
【符号の説明】
【０１５２】
１０１　記録再生システム，　１１１　記録装置，　１１２　再生装置，　１２１　符号化部，　１３１　復号部，　１４１　基本符号変換部，　１４２　違反時符号変換部，　１５１　違反時符号変換部，　１５２　基本符号変換部，　２０１　送受信システム，　２１１　送信装置，　２１２　受信装置

【図１】

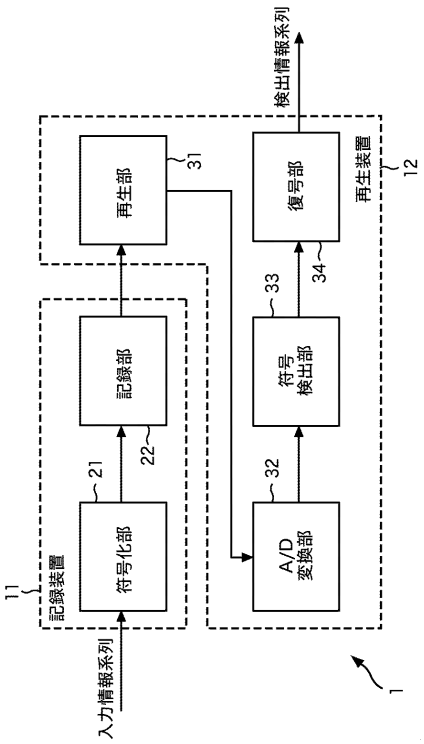


図１

【図２】

図２

MTR制限	シャノン容量
1	0.6942
2	0.8791
3	0.9468
4	0.9752
5	0.9881

【図３】

図３

規則番号	変換前	変換後
1	0011, 1100	0111, 0100
2	0011, 1101	0111, 0101
3	1011, 1100	1010, 1110
4	1011, 1101	1000, 1110
5	0000, 0000	0010, 1110
6	0000, 0001	0000, 1110
7	0000, 0010	0111, 0010
8	0000, 0011	0111, 0110
9	1000, 0000	0111, 0000
10	0100, 0000	0100, 1110
11	1100, 0000	0110, 1110

【図４】

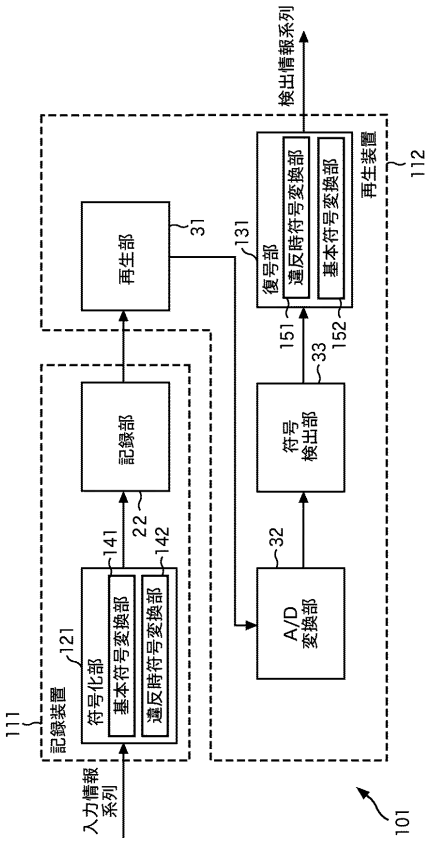


図４

【図５】

図５

最大ラン制限	シャノン容量	
	MTR=3	MTR=4
1	0.5515	0.6174
2	0.7947	0.8376
3	0.8791	0.9146
4	0.9146	0.9468
5	0.9306	0.9614
6	0.9388	0.9684
7	0.9427	0.9718
8	0.9447	0.9735

【図６】

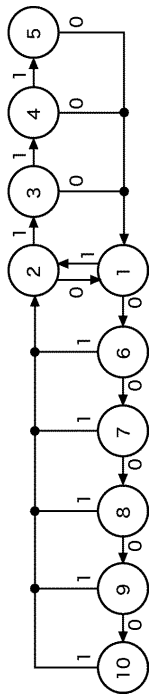


図６

【図７】

図７

16-bit 情報語	17-bit 仮符号語
0000000000000000	00000100000010001
0000000000000001	00000100000010010
0000000000000010	00000100000010011
0000000000000011	00000100000010100
0000000000000100	00000100000010101
0000000000000101	00000100000010110
0000000000000110	00000100000011010
0000000000000111	00000100000011011
⋮	⋮

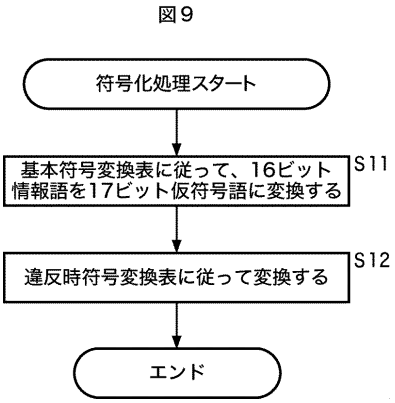
【図８】

図８

規則番号	変換前	変換後
1	0000, 0	0111, 0
2	0, 0000	0, 1110

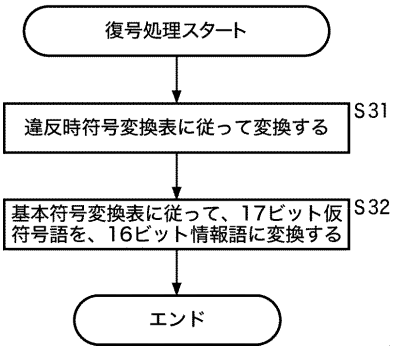
【図９】

図９



【図１０】

図10



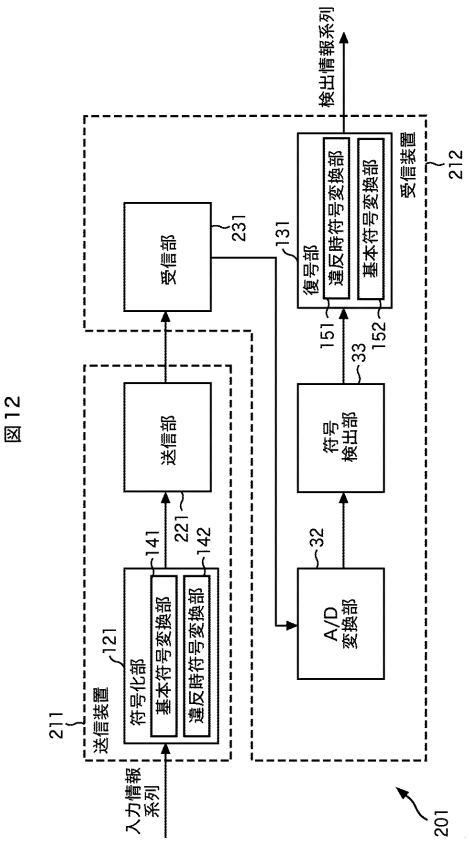
【図１１】

図11

規則番号	変換前	変換後
1	…0111,…	…0000,…
2	…,1110…	…,0000…

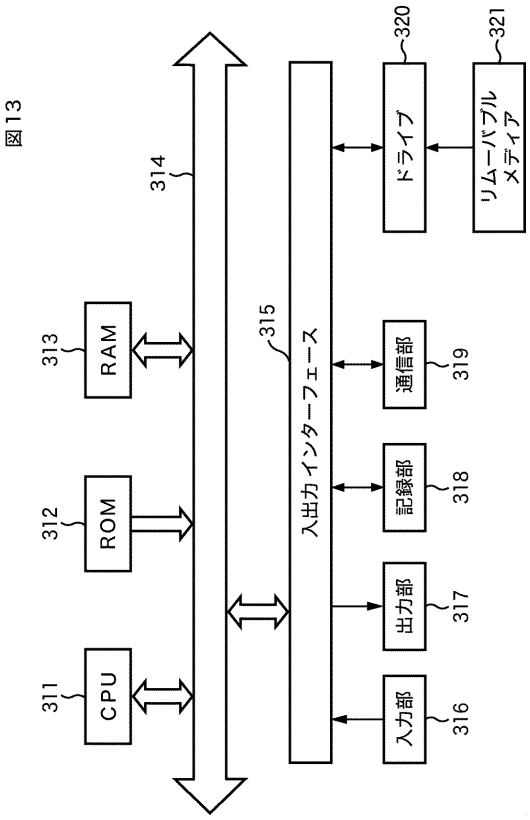
【図１２】

図12



【図１３】

図13


CPU
311
ROM
312
RAM
313
314
315
入出力インターフェース
入力部
316
出力部
317
記録部
318
通信部
319
ドライブ
320
リムーバブル
メディア
321

フロントページの続き

(56)参考文献 特開平０２－３０５２２６（ＪＰ，Ａ）
特開昭６４－０４９４２７（ＪＰ，Ａ）
特開昭６３－２０４８２２（ＪＰ，Ａ）
特開２００４－２８９５２０（ＪＰ，Ａ）
Barrett Brickner,Jaekyun Moon, Design of a Rate 6/7 Maximum Transition Run Code, IEEE TRANSACTIONS ON MAGNETICS, １９９７年 ９月, VOL.33,NO.5, pp.2749-2751

(58)調査した分野(Int.Cl., ＤＢ名)
Ｈ０３Ｍ３／００－１１／００
Ｇ１１Ｂ ２０／１４