

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5757253号
(P5757253)

(45) 発行日 平成27年7月29日(2015. 7. 29)

(24) 登録日 平成27年6月12日(2015. 6. 12)

(51) Int.Cl.

F I

H03M 13/29 (2006.01)

H03M 13/29

請求項の数 14 (全 35 頁)

(21) 出願番号	特願2012-27814 (P2012-27814)	(73) 特許権者	308036402
(22) 出願日	平成24年2月10日 (2012. 2. 10)		株式会社 J V C ケンウッド
(65) 公開番号	特開2013-165408 (P2013-165408A)		神奈川県横浜市神奈川区守屋町 3 丁目 1 2
(43) 公開日	平成25年8月22日 (2013. 8. 22)		番地
審査請求日	平成26年7月31日 (2014. 7. 31)	(74) 代理人	100095407
			弁理士 木村 満
		(74) 代理人	100109449
			弁理士 毛受 隆典
		(74) 代理人	100132883
			弁理士 森川 泰司
		(74) 代理人	100148149
			弁理士 渡邊 幸男
		(72) 発明者	藤本 亨
			神奈川県横浜市神奈川区守屋町 3 丁目 1 2
			番地

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 積符号の復号装置、積符号の復号方法、及び、プログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

線形符号により多次元積符号化された受信データを、軟出力ベクトルを求めることで復号する復号装置であって、

前記受信データの各配列に相当する受信ベクトルと初期設定が 0 ベクトルである訂正ベクトルとから生成される軟入力ベクトルと、軟入力ベクトルを硬判定することで得られる第 1 の決定ベクトルと、に基づいて、C h a s e 復号により、前記軟入力ベクトルとの間のメトリック値が最小となる第 2 の決定ベクトルを特定する決定ベクトル算出部と、

前記第 2 の決定ベクトルの要素ビットごとに、(i) 該要素ビットが反転対象であり、(i i) 前記第 2 の決定ベクトルの反転対象の要素ビットを反転させることで得られる反転決定ベクトルが、前記受信ベクトルに対応する配列を符号化した前記線形符号の符号語となり、(i i i) 反転対象の要素ビットの個数が該線形符号の最小距離と一致する、という条件を満たすような、反転させる前記第 2 の決定ベクトルの要素ビットを特定するための 1 又は複数の反転パターンが対応付けられている第 1 の反転パターン情報テーブルを記憶する記憶部と、

前記第 1 の反転パターン情報テーブルに基づいて、前記第 2 の決定ベクトルの各要素ビットに対し、該要素ビットに対応する反転パターンにより特定される反転対象の前記第 2 の決定ベクトルの要素ビットを反転させることで生成される前記反転決定ベクトルのうちで、前記軟入力ベクトルとの間のメトリック値が最小となる反転決定ベクトルを該要素ビットのコンカーレント符号語として特定するコンカーレント符号語特定部と、

10

20

前記第 2 の決定ベクトルのメトリック値と、各要素ビットのコンカーレント符号語のメトリック値と、に基づいて、前記軟出力ベクトルを求める軟出力ベクトル算出部と、
を備えることを特徴とする復号装置。

【請求項 2】

前記第 2 の決定ベクトルの各要素ビットに対し、前記第 1 の反転パターンテーブルを検索して、処理対象の要素ビットに対応する反転パターンを順次取得する検索部と、

前記検索部により取得された反転パターンから生成される前記反転決定ベクトルと前記軟入力ベクトルとの間のメトリック値を順次算出し、処理対象の要素ビットに対応する反転パターンから生成される反転決定ベクトルごとに少なくとも該反転決定ベクトルのメトリック値を対応付けたメトリック値情報テーブルを生成し前記記憶部に格納するメトリック値算出部と、

をさらに備え、

前記コンカーレント符号語特定部は、前記記憶部に格納されている前記メトリック値情報テーブルに登録されている前記メトリック値のうちで、最小のメトリック値に対応する反転決定ベクトルを、処理対象の要素ビットのコンカーレント符号語として特定する、

ことを特徴とする請求項 1 に記載の復号装置。

【請求項 3】

前記第 1 の反転パターン情報テーブルは、前記第 1 の反転パターン情報テーブルに含まれる反転パターンのうちで、特定される反転対象が異なる反転パターンに対し一意に識別可能なインデックス番号をそれぞれ対応付けた第 2 の反転パターン情報テーブルと、前記第 2 の決定ベクトルの要素ビットごとに、該要素ビットに対応する各反転パターンを前記インデックス番号で表したインデックス番号情報テーブルと、から構成され、

前記インデックス番号情報テーブルを検索し、処理対象の要素ビットに対応するインデックス番号を取得し、前記第 2 の反転パターン情報テーブルを検索し、取得した前記インデックス番号に対応する反転パターンを特定することで、処理対象の要素ビットに対応する反転パターンを取得する検索部と、

前記検索部により取得された反転パターンから生成される前記反転決定ベクトルと前記軟入力ベクトルとの間のメトリック値を順次算出し、該反転パターンに対応するインデックス番号と少なくとも処理対象の要素ビットに対応する反転パターンから生成される反転決定ベクトルのメトリック値とを対応付けたメトリック値情報テーブルを生成し前記記憶部に格納するメトリック値算出部と、

をさらに備え、

前記コンカーレント符号語特定部は、前記記憶部に格納されている前記メトリック値情報テーブルに登録されている前記メトリック値のうちで、最小のメトリック値に対応する反転決定ベクトルを、処理対象の要素ビットのコンカーレント符号語として特定する、

ことを特徴とする請求項 1 に記載の復号装置。

【請求項 4】

前記メトリック値算出部が、前記検索部により取得された反転パターンから生成される反転決定ベクトルと前記軟入力ベクトルとの間のメトリック値を算出するのに先立って、前記メトリック値情報テーブルに登録されているインデックス番号を検索し、該反転パターンに対応するインデックス番号が登録されているか否かを判定する判定部を、さらに備え、

前記判定部により、該反転パターンに対応するインデックス番号が登録されていないと判定された場合のみ、前記メトリック値算出部は、該反転パターンから生成される反転決定ベクトルと前記軟入力ベクトルとの間のメトリック値を算出し、該反転パターンに対応するインデックス番号と少なくとも該反転パターンから生成される反転決定ベクトルのメトリック値とを対応付けて前記メトリック値情報テーブルに登録する、

ことを特徴とする請求項 3 に記載の復号装置。

【請求項 5】

前記線形符号は、ハミング符号である、

ことを特徴とする請求項 1 乃至 4 の何れかーに記載の復号装置。

【請求項 6】

前記受信データは、線形符号により 2 次元積符号化された受信データである、
ことを特徴とする請求項 1 乃至 5 の何れかーに記載の復号装置。

【請求項 7】

前記線形符号は、複数であり、
前記記憶部は、異なる線形符号それぞれに対応する前記第 1 の反転パターン情報テーブルを格納する、
ことを特徴とする請求項 1 乃至 6 の何れかーに記載の復号装置。

【請求項 8】

線形符号により多次元積符号化された受信データを、軟出力ベクトルを求めることで復号する復号装置であって、

前記受信データの各配列に相当する受信ベクトルと初期設定が 0 ベクトルである訂正ベクトルとから生成される軟入力ベクトルと、軟入力ベクトルを硬判定することで得られる第 1 の決定ベクトルと、に基づいて、C h a s e 復号により、前記軟入力ベクトルとの間のメトリック値が最小となる第 2 の決定ベクトルを特定する決定ベクトル算出部と、

前記第 2 の決定ベクトルの要素ビットごとに、(i) 該要素ビットが反転対象であり、(i i) 前記第 2 の決定ベクトルの反転対象の要素ビットを反転させることで得られる反転決定ベクトルが、前記受信ベクトルに対応する配列を符号化した前記線形符号の符号語となり、(i i i) 反転対象の要素ビットの個数が該線形符号の最小距離と一致する、という条件を満たすような、反転させる前記第 2 の決定ベクトルの要素ビットを特定するための 1 又は複数の反転パターンが対応付けられている反転パターン情報テーブルを記憶する記憶部と、

前記反転パターン情報テーブルに基づいて、処理対象の要素ビットに対応する反転パターンにより特定される反転対象の前記第 2 の決定ベクトルの各要素ビットと、該各要素ビットに対応する前記軟入力ベクトルの各構成要素と、に基づいて、前記軟出力ベクトルを求める軟出力ベクトル算出部と、

を備えることを特徴とする復号装置。

【請求項 9】

前記第 2 の決定ベクトルの各要素ビットに対し、前記反転パターンテーブルを検索して、処理対象の要素ビットに対応する反転パターンを順次取得する検索部と、

前記検索部により取得された処理対象の要素ビットに対応する各反転パターンに対し、該反転パターンにより特定される前記第 2 の決定ベクトルの各要素ビットと、該各要素ビットに対応する前記軟入力ベクトルの各構成要素と、から、対応する要素ごとに乗算した値の和を算出し、処理対象の要素ビットに対応する反転パターンごとに、算出した和を対応付けた差分情報テーブルを生成する差分算出部と、

をさらに備え、

前記軟出力ベクトル算出部は、前記差分算出部により生成された前記差分情報テーブルを検索し、前記差分情報テーブルに登録されている前記和の中で、値が最小の和を用いて、前記軟出力ベクトルを算出する、

ことを特徴とする請求項 8 に記載の復号装置。

【請求項 10】

前記差分算出部が、前記検索部により取得された反転パターンから生成される反転決定ベクトルの各要素ビットと前記軟入力ベクトルの各構成要素と、から、対応する要素ごとに乗算した値の和を算出するのに先立って、前記差分情報テーブルに登録されている反転パターンを検索し、該反転パターンに対応する差分情報が登録されているか否かを判定する判定部を、さらに備え、

前記判定部により、該反転パターンに対応する差分情報が登録されていないと判定された場合のみ、前記差分算出部は、該反転パターンから生成される反転決定ベクトルの各要素ビットと前記軟入力ベクトルの各構成要素と、から、対応する要素ごとに乗算した値の

10

20

30

40

50

和を算出し、該反転パターンに対応する反転パターンと該反転パターンから生成される差分情報とを対応付けて前記差分情報テーブルに登録する、

ことを特徴とする請求項 9 に記載の復号装置。

【請求項 11】

線形符号により多次元積符号化された受信データを、軟出力ベクトルを求めることで復号する復号方法であって、

前記受信データの各配列に相当する受信ベクトルと初期設定が 0 ベクトルである訂正ベクトルとから生成される軟入力ベクトルと、軟入力ベクトルを硬判定することで得られる第 1 の決定ベクトルと、に基づいて、C h a s e 復号により、前記軟入力ベクトルとの間のメトリック値が最小となる第 2 の決定ベクトルを特定し、

前記第 2 の決定ベクトルの要素ビットごとに、(i) 該要素ビットが反転対象であり、(i i) 前記第 2 の決定ベクトルの反転対象の要素ビットを反転させることで得られる反転決定ベクトルが、前記受信ベクトルに対応する配列を符号化した前記線形符号の符号語となり、(i i i) 反転対象の要素ビットの個数が該線形符号の最小距離と一致する、という条件を満たすような、反転させる前記第 2 の決定ベクトルの要素ビットを特定するための 1 又は複数の反転パターンが対応付けられている反転パターン情報テーブルに基づいて、前記第 2 の決定ベクトルの各要素ビットに対し、処理対象の要素ビットに対応する反転パターンにより特定される反転対象の前記第 2 の決定ベクトルの要素ビットを反転させることで生成される反転決定ベクトルのうちで、前記軟入力ベクトルとの間のメトリック値が最小となる反転決定ベクトルを該要素ビットのコンカーレント符号語として特定し、

前記第 2 の決定ベクトルのメトリック値と、前記特定された各要素ビットのコンカーレント符号語のメトリック値と、に基づいて、前記軟出力ベクトルを求める、

ことを特徴とする復号方法。

【請求項 12】

線形符号により多次元積符号化された受信データを、軟出力ベクトルを求めることで復号する復号方法であって、

前記受信データの各配列に相当する受信ベクトルと初期設定が 0 ベクトルである訂正ベクトルとから生成される軟入力ベクトルと、軟入力ベクトルを硬判定することで得られる第 1 の決定ベクトルと、に基づいて、C h a s e 復号により、前記軟入力ベクトルとの間のメトリック値が最小となる第 2 の決定ベクトルを特定し、

前記第 2 の決定ベクトルの要素ビットごとに、(i) 該要素ビットが反転対象であり、(i i) 前記第 2 の決定ベクトルの反転対象の要素ビットを反転させることで得られる反転決定ベクトルが、前記受信ベクトルに対応する配列を符号化した前記線形符号の符号語となり、(i i i) 反転対象の要素ビットの個数が該線形符号の最小距離と一致する、という条件を満たすような、反転させる前記第 2 の決定ベクトルの要素ビットを特定するための 1 又は複数の反転パターンが対応付けられている反転パターン情報テーブルに基づいて、処理対象の要素ビットに対応する反転パターンにより特定される反転対象の前記第 2 の決定ベクトルの各要素ビットと、該各要素ビットに対応する前記軟入力ベクトルの各構成要素と、に基づいて、前記軟出力ベクトルを求める、

ことを特徴とする復号方法。

【請求項 13】

線形符号により多次元積符号化された受信データを、軟出力ベクトルを求めることで復号する機能を備えるコンピュータに、

前記受信データの各配列に相当する受信ベクトルと初期設定が 0 ベクトルである訂正ベクトルとから生成される軟入力ベクトルと、軟入力ベクトルを硬判定することで得られる第 1 の決定ベクトルと、に基づいて、C h a s e 復号により、前記軟入力ベクトルとの間のメトリック値が最小となる第 2 の決定ベクトルを特定する処理と、

前記第 2 の決定ベクトルの要素ビットごとに、(i) 該要素ビットが反転対象であり、(i i) 前記第 2 の決定ベクトルの反転対象の要素ビットを反転させることで得られる反転決定ベクトルが、前記受信ベクトルに対応する配列を符号化した前記線形符号の符号語

10

20

30

40

50

となり、(i i i) 反転対象の要素ビットの個数が該線形符号の最小距離と一致する、という条件を満たすような、反転させる前記第 2 の決定ベクトルの要素ビットを特定するための 1 又は複数の反転パターンが対応付けられている反転パターン情報テーブルに基づいて、前記第 2 の決定ベクトルの各要素ビットに対し、処理対象の要素ビットに対応する前記反転パターンにより特定される反転対象の前記第 2 の決定ベクトルの要素ビットを反転させることで生成される反転決定ベクトルのうちで、前記軟入力ベクトルとの間のメトリック値が最小となる反転決定ベクトルを該要素ビットのコンカーレント符号語として特定する処理と、

前記第 2 の決定ベクトルのメトリック値と、前記特定された各要素ビットのコンカーレント符号語のメトリック値と、に基づいて、前記軟出力ベクトルを求める処理と、

を実行させることを特徴とするプログラム。

【請求項 1 4】

線形符号により多次元積符号化された受信データを、軟出力ベクトルを求めることで復号する機能を備えるコンピュータに、

前記受信データの各配列に相当する受信ベクトルと初期設定が 0 ベクトルである訂正ベクトルとから生成される軟入力ベクトルと、軟入力ベクトルを硬判定することで得られる第 1 の決定ベクトルと、に基づいて、C h a s e 復号により、前記軟入力ベクトルとの間のメトリック値が最小となる第 2 の決定ベクトルを特定する処理と、

前記第 2 の決定ベクトルの要素ビットごとに、(i) 該要素ビットが反転対象であり、(i i) 前記第 2 の決定ベクトルの反転対象の要素ビットを反転させることで得られる反転決定ベクトルが、前記受信ベクトルに対応する配列を符号化した前記線形符号の符号語となり、(i i i) 反転対象の要素ビットの個数が該線形符号の最小距離と一致する、という条件を満たすような、反転させる前記第 2 の決定ベクトルの要素ビットを特定するための 1 又は複数の反転パターンが対応付けられている反転パターン情報テーブルに基づいて、処理対象の要素ビットに対応する反転パターンにより特定される反転対象の前記第 2 の決定ベクトルの各要素ビットと、該各要素ビットに対応する前記軟入力ベクトルの各構成要素と、に基づいて、前記軟出力ベクトルを求める処理と、

を実行させることを特徴とするプログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、積符号の復号装置、積符号の復号方法、及び、プログラムに関する。

【背景技術】

【0002】

デジタル通信システムにおける信頼度向上のために、様々な符号化及びその復号方法が提案されている。訂正能力の高い符号による符号化は、復号処理が複雑となり装置化することが難しいが、連接符号化或いは積符号化を用いることで、比較的簡単に装置化可能であって高性能な符号化が可能となる。

【0003】

積符号は、情報データを 2 重に符号化して冗長化するため、訂正能力が高いという特徴がある。そのため、D V D (Digital Versatile Disc) 等の誤り訂正方式等に広く用いられている。

【0004】

積符号の復号方法として、特許文献 1 に開示されている方法 (Pyndiah アルゴリズム) が代表的なものである。特許文献 1 に開示されている積符号の復号方法では、決定ベクトル候補となる q 個の符号語 $[C^t]$ ($t = 1, 2, 3, \dots, q$) を生成し、生成した各符号語 $[C^t]$ と受信ベクトル (軟入力ベクトル) $[R']$ とのメトリック (ユークリッド距離) を算出し、メトリック値が最小となる符号語を決定ベクトル $[C^d]$ とする。

【0005】

そして、決定ベクトル以外の決定ベクトル候補の符号語（以下、コンカーレント符号語候補という）の中からコンカーレント符号語 $[C^c]$ を探索する。コンカーレント符号語 $[C^c]$ の探索は、決定ベクトル $[C^d]$ の構成要素 C^d_k に対応する要素が反転しているコンカーレント符号語候補が存在するか否かにより行われる。探索の結果、条件を満たすコンカーレント符号語候補が存在した場合には、条件を満たすコンカーレント符号語候補の中から、受信ベクトル $[R']$ とのメトリック値が最小となるコンカーレント符号語候補を特定し、その候補をコンカーレント符号語 $[C^c]$ とする。

【0006】

そして、コンカーレント符号語 $[C^c]$ が存在する場合は、軟出力ベクトル $[r_r]$ の構成要素 r_{rk} は次式により算出される。ここで、 M^c は、コンカーレント符号語と受信ベクトル（軟入力ベクトル） $[R']$ との間のメトリック値であり、 M^d は、決定ベクトル $[C^d]$ と受信ベクトル（軟入力ベクトル） $[R']$ との間のメトリック値である。

10

（数1）

$$r_{rk} = (M^c - M^d / 4) \cdot C^d_k$$

【0007】

一方、コンカーレント符号語 $[C^c]$ が存在しない場合は、軟出力ベクトル $[r_r]$ の構成要素 r_{rk} は β を定数として次式により算出される。

（数2）

$$r_{rk} = \beta \cdot C^d_k$$

【0008】

20

特許文献1に開示されている方法では、決定ベクトル $[C^d]$ とコンカーレント符号語 $[C^c]$ の探索では、Chase復号が用いられるため符号語の候補が多様性に富んでおらず、コンカーレント符号語 $[C^c]$ が見つからない場合がある。そのため、コンカーレント符号語 $[C^c]$ が存在しない場合には、上述した算出式（数2）を用いて、軟出力ベクトル $[r_r]$ の構成要素 r_{rk} の推定を行う必要がある。しかしながら、この推定方法は、精度が高くないため、コンカーレント符号語 $[C^c]$ が見つからない場合は、軟出力の精度が劣化してしまう。

【0009】

また、コンカーレント符号語 $[C^c]$ を決定ベクトル $[C^d]$ 以外の決定ベクトル候補（コンカーレント符号語候補）の符号語から探索するため、演算量の軽減を優先してテストベクトルの個数設定をすると、決定ベクトル $[C^d]$ の構成要素 C^d_k に対応する要素が反転しているコンカーレント符号語候補が存在しなくなる確率がますます高まり、その結果、軟出力の精度がさらに劣化する恐れがある。

30

【0010】

軟出力の精度は、復号性能に大きく関わることから、コンカーレント符号語 $[C^c]$ を見つけられるか否かは、積符号の復号において非常に重要な問題である。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0011】

【特許文献1】特開平7-202722号公報

40

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0012】

本発明は、上記実情に鑑みてなされたものであり、確実にコンカーレント符号語を探索可能な積符号の復号装置、積符号の復号方法、及び、プログラムを提供することを目的とする。

【0013】

また、本発明は、演算量を軽減することで高速処理が可能な積符号の復号装置、積符号の復号方法、及び、プログラムを提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

50

【 0 0 1 4 】

上記目的を達成するために、本発明の第 1 の観点に係る復号装置は、

線形符号により多次元積符号化された受信データを、軟出力ベクトルを求めることで復号する復号装置であって、

前記受信データの各配列に相当する受信ベクトルと初期設定が 0 ベクトルである訂正ベクトルとから生成される軟入力ベクトルと、軟入力ベクトルを硬判定することで得られる第 1 の決定ベクトルと、に基づいて、C h a s e 復号により、前記軟入力ベクトルとの間のメトリック値が最小となる第 2 の決定ベクトルを特定する決定ベクトル算出部と、

前記第 2 の決定ベクトルの要素ビットごとに、(i) 該要素ビットが反転対象であり、(i i) 前記第 2 の決定ベクトルの反転対象の要素ビットを反転させることで得られる反転決定ベクトルが、前記受信ベクトルに対応する配列を符号化した前記線形符号の符号語となり、(i i i) 反転対象の要素ビットの個数が該線形符号の最小距離と一致する、という条件を満たすような、反転させる前記第 2 の決定ベクトルの要素ビットを特定するための 1 又は複数の反転パターンが対応付けられている第 1 の反転パターン情報テーブルを記憶する記憶部と、

前記第 1 の反転パターン情報テーブルに基づいて、前記第 2 の決定ベクトルの各要素ビットに対し、該要素ビットに対応する反転パターンにより特定される反転対象の前記第 2 の決定ベクトルの要素ビットを反転させることで生成される前記反転決定ベクトルのうちで、前記軟入力ベクトルとの間のメトリック値が最小となる反転決定ベクトルを該要素ビットのコンカーレント符号語として特定するコンカーレント符号語特定部と、

前記第 2 の決定ベクトルのメトリック値と、各要素ビットのコンカーレント符号語のメトリック値と、に基づいて、前記軟出力ベクトルを求める軟出力ベクトル算出部と、

を備えることを特徴とする。

【 0 0 1 5 】

この場合、前記第 2 の決定ベクトルの各要素ビットに対し、前記第 1 の反転パターンテーブルを検索して、処理対象の要素ビットに対応する反転パターンを順次取得する検索部と、前記検索部により取得された反転パターンから生成される前記反転決定ベクトルと前記軟入力ベクトルとの間のメトリック値を順次算出し、処理対象の要素ビットに対応する反転パターンから生成される反転決定ベクトルごとに少なくとも該反転決定ベクトルのメトリック値を対応付けたメトリック値情報テーブルを生成し前記記憶部に格納するメトリック値算出部と、をさらに備え、前記コンカーレント符号語特定部は、前記記憶部に格納されている前記メトリック値情報テーブルに登録されている前記メトリック値のうちで、最小のメトリック値に対応する反転決定ベクトルを、処理対象の要素ビットのコンカーレント符号語として特定する、

こととしてもよい。

【 0 0 1 6 】

また、前記第 1 の反転パターン情報テーブルは、前記第 1 の反転パターン情報テーブルに含まれる反転パターンのうちで、特定される反転対象が異なる反転パターンに対し一意に識別可能なインデックス番号をそれぞれ対応付けた第 2 の反転パターン情報テーブルと、前記第 2 の決定ベクトルの要素ビットごとに、該要素ビットに対応する各反転パターンを前記インデックス番号で表したインデックス番号情報テーブルと、から構成され、前記インデックス番号情報テーブルを検索し、処理対象の要素ビットに対応するインデックス番号を取得し、前記第 2 の反転パターン情報テーブルを検索し、取得した前記インデックス番号に対応する反転パターンを特定することで、処理対象の要素ビットに対応する反転パターンを取得する検索部と、前記検索部により取得された反転パターンから生成される前記反転決定ベクトルと前記軟入力ベクトルとの間のメトリック値を順次算出し、該反転パターンに対応するインデックス番号と少なくとも処理対象の要素ビットに対応する反転パターンから生成される反転決定ベクトルのメトリック値とを対応付けたメトリック値情報テーブルを生成し前記記憶部に格納するメトリック値算出部と、をさらに備え、前記コンカーレント符号語特定部は、前記記憶部に格納されている前記メトリック値情報テーブ

ルに登録されている前記メトリック値のうちで、最小のメトリック値に対応する反転決定ベクトルを、処理対象の要素ビットのコンカレント符号語として特定する、

こととしてもよい。

【0017】

また、前記メトリック値算出部が、前記検索部により取得された反転パターンから生成される反転決定ベクトルと前記軟入力ベクトルとの間のメトリック値を算出するのに先立って、前記メトリック値情報テーブルに登録されているインデックス番号を検索し、該反転パターンに対応するインデックス番号が登録されているか否かを判定する判定部を、さらに備え、前記判定部により、該反転パターンに対応するインデックス番号が登録されていないと判定された場合のみ、前記メトリック値算出部は、該反転パターンから生成される反転決定ベクトルと前記軟入力ベクトルとの間のメトリック値を算出し、該反転パターンに対応するインデックス番号と少なくとも該反転パターンから生成される反転決定ベクトルのメトリック値とを対応付けて前記メトリック値情報テーブルに登録する、

こととしてもよい。

【0018】

また、前記線形符号は、ハミング符号である、

こととしてもよい。

【0019】

この場合、前記受信データは、線形符号により2次元積符号化された受信データである、

こととしてもよい。

【0020】

また、前記線形符号は、複数であり、前記記憶部は、異なる線形符号それぞれに対応する前記第1の反転パターン情報テーブルを格納する、

こととしてもよい。

【0021】

上記目的を達成するために、本発明の第2の観点に係る復号装置は、

線形符号により多次元積符号化された受信データを、軟出力ベクトルを求めることで復号する復号装置であって、

前記受信データの各配列に相当する受信ベクトルと初期設定が0ベクトルである訂正ベクトルとから生成される軟入力ベクトルと、軟入力ベクトルを硬判定することで得られる第1の決定ベクトルと、に基づいて、Case復号により、前記軟入力ベクトルとの間のメトリック値が最小となる第2の決定ベクトルを特定する決定ベクトル算出部と、

前記第2の決定ベクトルの要素ビットごとに、(i)該要素ビットが反転対象であり、(ii)前記第2の決定ベクトルの反転対象の要素ビットを反転させることで得られる反転決定ベクトルが、前記受信ベクトルに対応する配列を符号化した前記線形符号の符号語となり、(iii)反転対象の要素ビットの個数が該線形符号の最小距離と一致する、という条件を満たすような、反転させる前記第2の決定ベクトルの要素ビットを特定するための1又は複数の反転パターンが対応付けられている反転パターン情報テーブルを記憶する記憶部と、

前記反転パターン情報テーブルに基づいて、処理対象の要素ビットに対応する反転パターンにより特定される反転対象の前記第2の決定ベクトルの各要素ビットと、該各要素ビットに対応する前記軟入力ベクトルの各構成要素と、に基づいて、前記軟出力ベクトルを求める軟出力ベクトル算出部と、

を備えることを特徴とする。

【0022】

この場合、前記第2の決定ベクトルの各要素ビットに対し、前記反転パターンテーブルを検索して、処理対象の要素ビットに対応する反転パターンを順次取得する検索部と、前記検索部により取得された処理対象の要素ビットに対応する各反転パターンに対し、該反転パターンにより特定される前記第2の決定ベクトルの各要素ビットと、該各要素ビット

に対応する前記軟入力ベクトルの各構成要素と、から、対応する要素ごとに乗算した値の和を算出し、処理対象の要素ビットに対応する反転パターンごとに、算出した和に対応付けた差分情報テーブルを生成する差分算出部と、をさらに備え、前記軟出力ベクトル算出部は、前記差分算出部により生成された前記差分情報テーブルを検索し、前記差分情報テーブルに登録されている前記和の中で、値が最小の和を用いて、前記軟出力ベクトルを算出する、

こととしてもよい。

【0023】

また、前記差分算出部が、前記検索部により取得された反転パターンから生成される反転決定ベクトルの各要素ビットと前記軟入力ベクトルの各構成要素と、から、対応する要素ごとに乗算した値の和を算出するのに先立って、前記差分情報テーブルに登録されている反転パターンを検索し、該反転パターンに対応する差分情報が登録されているか否かを判定する判定部を、さらに備え、前記判定部により、該反転パターンに対応する差分情報が登録されていないと判定された場合のみ、前記差分算出部は、該反転パターンから生成される反転決定ベクトルの各要素ビットと前記軟入力ベクトルの各構成要素と、から、対応する要素ごとに乗算した値の和を算出し、該反転パターンに対応する反転パターンと該反転パターンから生成される差分情報とを対応付けて前記差分情報テーブルに登録する、

こととしてもよい。

【0024】

上記目的を達成するために、本発明の第3の観点に係る復号方法は、

線形符号により多次元積符号化された受信データを、軟出力ベクトルを求めることで復号する復号方法であって、

前記受信データの各配列に相当する受信ベクトルと初期設定が0ベクトルである訂正ベクトルとから生成される軟入力ベクトルと、軟入力ベクトルを硬判定することで得られる第1の決定ベクトルと、に基づいて、Chase復号により、前記軟入力ベクトルとの間のメトリック値が最小となる第2の決定ベクトルを特定し、

前記第2の決定ベクトルの要素ビットごとに、(i) 該要素ビットが反転対象であり、(ii) 前記第2の決定ベクトルの反転対象の要素ビットを反転させることで得られる反転決定ベクトルが、前記受信ベクトルに対応する配列を符号化した前記線形符号の符号語となり、(iii) 反転対象の要素ビットの個数が該線形符号の最小距離と一致する、という条件を満たすような、反転させる前記第2の決定ベクトルの要素ビットを特定するための1又は複数の反転パターンが対応付けられている反転パターン情報テーブルに基づいて、前記第2の決定ベクトルの各要素ビットに対し、処理対象の要素ビットに対応する反転パターンにより特定される反転対象の前記第2の決定ベクトルの要素ビットを反転させることで生成される反転決定ベクトルのうちで、前記軟入力ベクトルとの間のメトリック値が最小となる反転決定ベクトルを該要素ビットのコンカーレント符号語として特定し、

前記第2の決定ベクトルのメトリック値と、前記特定された各要素ビットのコンカーレント符号語のメトリック値と、に基づいて、前記軟出力ベクトルを求める、

ことを特徴とする。

【0025】

上記目的を達成するために、本発明の第4の観点に係る復号方法は、

線形符号により多次元積符号化された受信データを、軟出力ベクトルを求めることで復号する復号方法であって、

前記受信データの各配列に相当する受信ベクトルと初期設定が0ベクトルである訂正ベクトルとから生成される軟入力ベクトルと、軟入力ベクトルを硬判定することで得られる第1の決定ベクトルと、に基づいて、Chase復号により、前記軟入力ベクトルとの間のメトリック値が最小となる第2の決定ベクトルを特定し、

前記第2の決定ベクトルの要素ビットごとに、(i) 該要素ビットが反転対象であり、(ii) 前記第2の決定ベクトルの反転対象の要素ビットを反転させることで得られる反転決定ベクトルが、前記受信ベクトルに対応する配列を符号化した前記線形符号の符号語

10

20

30

40

50

となり、(i i i) 反転対象の要素ビットの個数が該線形符号の最小距離と一致する、という条件を満たすような、反転させる前記第 2 の決定ベクトルの要素ビットを特定するための 1 又は複数の反転パターンが対応付けられている反転パターン情報テーブルに基づいて、処理対象の要素ビットに対応する反転パターンにより特定される反転対象の前記第 2 の決定ベクトルの各要素ビットと、該各要素ビットに対応する前記軟入力ベクトルの各構成要素と、に基づいて、前記軟出力ベクトルを求める、

ことを特徴とする。

【 0 0 2 6 】

上記目的を達成するために、本発明の第 5 の観点に係るプログラムは、

線形符号により多次元積符号化された受信データを、軟出力ベクトルを求めることで復号する機能を備えるコンピュータに、

前記受信データの各配列に相当する受信ベクトルと初期設定が 0 ベクトルである訂正ベクトルとから生成される軟入力ベクトルと、軟入力ベクトルを硬判定することで得られる第 1 の決定ベクトルと、に基づいて、C h a s e 復号により、前記軟入力ベクトルとの間のメトリック値が最小となる第 2 の決定ベクトルを特定する処理と、

前記第 2 の決定ベクトルの要素ビットごとに、(i) 該要素ビットが反転対象であり、(i i) 前記第 2 の決定ベクトルの反転対象の要素ビットを反転させることで得られる反転決定ベクトルが、前記受信ベクトルに対応する配列を符号化した前記線形符号の符号語となり、(i i i) 反転対象の要素ビットの個数が該線形符号の最小距離と一致する、という条件を満たすような、反転させる前記第 2 の決定ベクトルの要素ビットを特定するための 1 又は複数の反転パターンが対応付けられている反転パターン情報テーブルに基づいて、前記第 2 の決定ベクトルの各要素ビットに対し、処理対象の要素ビットに対応する前記反転パターンにより特定される反転対象の前記第 2 の決定ベクトルの要素ビットを反転させることで生成される反転決定ベクトルのうちで、前記軟入力ベクトルとの間のメトリック値が最小となる反転決定ベクトルを該要素ビットのコンカーレント符号語として特定する処理と、

前記第 2 の決定ベクトルのメトリック値と、前記特定された各要素ビットのコンカーレント符号語のメトリック値と、に基づいて、前記軟出力ベクトルを求める処理と、

を実行させることを特徴とする。

【 0 0 2 7 】

上記目的を達成するために、本発明の第 6 の観点に係るプログラムは、

線形符号により多次元積符号化された受信データを、軟出力ベクトルを求めることで復号する機能を備えるコンピュータに、

前記受信データの各配列に相当する受信ベクトルと初期設定が 0 ベクトルである訂正ベクトルとから生成される軟入力ベクトルと、軟入力ベクトルを硬判定することで得られる第 1 の決定ベクトルと、に基づいて、C h a s e 復号により、前記軟入力ベクトルとの間のメトリック値が最小となる第 2 の決定ベクトルを特定する処理と、

前記第 2 の決定ベクトルの要素ビットごとに、(i) 該要素ビットが反転対象であり、(i i) 前記第 2 の決定ベクトルの反転対象の要素ビットを反転させることで得られる反転決定ベクトルが、前記受信ベクトルに対応する配列を符号化した前記線形符号の符号語となり、(i i i) 反転対象の要素ビットの個数が該線形符号の最小距離と一致する、という条件を満たすような、反転させる前記第 2 の決定ベクトルの要素ビットを特定するための 1 又は複数の反転パターンが対応付けられている反転パターン情報テーブルに基づいて、処理対象の要素ビットに対応する反転パターンにより特定される反転対象の前記第 2 の決定ベクトルの各要素ビットと、該各要素ビットに対応する前記軟入力ベクトルの各構成要素と、に基づいて、前記軟出力ベクトルを求める処理と、

を実行させることを特徴とする。

【発明の効果】

【 0 0 2 8 】

本発明によれば、確実にコンカーレント符号語を探索可能となり、軟出力の精度の劣化

を防ぎ、復号性能を高めることができる。また、本発明によれば、復号処理を高速化することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【0029】

【図1】(a)は、実施形態1における、デジタル通信システムの構成を示すブロック図である。(b)は、実施形態1における、復号部の構成を示すブロック図である。

【図2】実施形態1における、積符号化された情報系列の構成を示す図である。

【図3】(a)は、実施形態1における、個数情報テーブルの一例を示す図である。(b)は、実施形態1における、反転パターン情報テーブルの一例を示す図である。

【図4】実施形態1における、メトリック値情報テーブルの一例を示す図である。

10

【図5】実施形態1における、復号処理のフローチャートを示す図である。

【図6】実施形態1における、軟出力ベクトル生成処理のフローチャートを示す図である。

【図7】実施形態2における、復号部の構成を示すブロック図である。

【図8】(a)は、実施形態2における、インデックス番号情報テーブルの一例を示す図である。(b)は、実施形態2における、反転パターン情報テーブルの一例を示す図である。

【図9】実施形態2における、メトリック値情報テーブルの一例を示す図である。

【図10】実施形態2における、軟出力ベクトル生成処理のフローチャートを示す図である。

20

【図11】実施形態3における、復号部の構成を示すブロック図である。

【図12】実施形態3における、差分情報テーブルの一例を示す図である。

【図13】実施形態3における、軟出力ベクトル生成処理のフローチャートを示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0030】

本発明の好適な実施形態に係る積符号の復号装置、及び、復号方法について、図面を参照しながら説明する。

【0031】

(実施形態1)

30

図1(a)は、デジタル通信システム1の構成を示すブロック図である。本実施形態におけるデジタル通信システム1は、無線送信装置001と無線受信装置002とから構成され、無線送信装置001は、積符号化部001Aと、変調部001Bと、無線通信部001Cとから構成される。

【0032】

積符号化部001Aは、図2に示すように、入力された $K2 \times K1$ の情報系列 K を、行方向に、線形符号 $C1$ により情報系列長 $K1$ 、符号長 $N1$ となるように符号化し、列方向に、線形符号 $C2$ により情報系列長 $K2$ 、符号長 $N2$ となるように符号化する。図中のブロック1は、情報データ(情報系列)、ブロック2乃至4はパリティ(冗長)を表している。積符号化部001Aにより積符号化された情報系列 K 、すなわち、 $N2 \times N1$ のデータ行列(以下、積符号化情報行列という){ R }は、積符号化部001Aが備える内部メモリに記憶される。

40

積符号化部001Aにより積符号化された情報系列 K (積符号化情報行列{ R })は、例えば、一行単位で上側から最終行(第 $N2$ 番目の行)まで順次読み出される。ここで、順次読み出された行を積符号化行情報ベクトル $[R^i]$ ($i = 1, 2, \dots, N2$)ということとする。

【0033】

なお、本実施形態の復号処理では、行における処理と列における処理とは同じであることから、以下、行における処理について説明する。また、行に対応するベクトルの表記は符号 i を使用し、例えば、 $[A^i]$ とし、列に対応するベクトルの表記は符号 j を使用し

50

、 $[A^j]$ とする。特に行と列の区別が必要ないときは $[A]$ と表記することとする。

【0034】

変調部001Bは、積符号化部001Aが備える内部メモリから順次読み出された積符号化行情報ベクトル $[R^i]$ を所定の信号方式へ変調する。無線通信部001Cは、アンテナと無線通信モジュール等から構成され、変調後の積符号化行情報ベクトル $[R^i]$ を増幅して通信路CHへ出力する。通信路CHにおいて、出力された積符号化行情報ベクトル $[R^i]$ にノイズ成分が付加され、ノイズ成分が付加された積符号化行情報ベクトル $[R^i]$ が無線受信装置002により受信される。なお、ノイズ成分が付加された積符号化行情報ベクトルについても、便宜上、積符号化行情報ベクトル $[R^i]$ ということとする。

10

【0035】

無線受信装置002は、無線通信部002Aと、復調部002Bと、復号部002Cとから構成される。無線通信部002Aは、アンテナと無線通信モジュール等から構成され、無線送信装置001の無線通信部001Cにより出力された積符号化行情報ベクトル $[R^i]$ を受信する。復調部002Bは、無線通信部002Aが受信した積符号化行情報ベクトル $[R^i]$ を復調し、復調後の積符号化行情報ベクトル $[R^i]$ は、復号部002Cに入力される。

【0036】

復号部002Cは、CPU(Central Processing Unit)と、ROM(Read Only Memory)とRAM(Random Access Memory)等から構成された記憶部002C1と、から構成される。復号部002Cは、順次入力される復調後の積符号化行情報ベクトル $[R^i]$ から積符号化情報行列 $\{R\}$ を生成し、記憶部002C1に格納する。

20

【0037】

記憶部002C1は、CPUのワークエリアとして機能すると共にCPUが実行する動作プログラム、詳しくは後述する個数情報テーブルT1と反転パターン情報テーブルT2を格納すると共に、詳しくは後述するメトリック値情報テーブルT3を格納する。また、記憶部002C1は、復号部002Cにより生成された積符号化情報行列 $\{R\}$ 、後述の軟出力ベクトル算出部002C8により算出された軟出力ベクトル $[r_r]$ の各構成要素 r_{rk} 等を格納する。

【0038】

ここで、図3を参照して、記憶部002C1に格納される個数情報テーブルT1と反転パターン情報テーブルT2について説明する。図3(a)は、行方向の符号化がハミング符号(17, 12, 3)で行われた場合、つまり、行方向の符号長 N_1 が"17"の場合における決定ベクトル $[D]$ の要素ビット k ($k = 1, 2, \dots, 17$)と、当該要素ビット k の位置が反転対象であり且つ最小ハミング距離を隔てる反転パターン P_{mk} の個数 M_k と、を対応付けた個数情報テーブルT1の例を示す図である。図3(a)に示す例では、上側から順番に要素ビット1、2、3、...、17にそれぞれ対応した反転パターン P_{mk} の個数 M_k を示している。なお、(17, 12, 3)のそれぞれの値は、左から符号長、情報データ長、最小ハミング距離を示すものである。

30

【0039】

図3(b)は、行方向の符号化がハミング符号(17, 12, 3)で行われた場合、つまり、行方向の符号長 N_1 が"17"の場合における、決定ベクトル $[D]$ の要素ビット k ($k = 1, 2, \dots, 17$)と、当該要素ビット k の位置が反転対象であり且つ最小ハミング距離を隔てる反転パターン群と、を対応付けた反転パターン情報テーブルT2の例を示す図である。例えば、反転パターン P_{mk} が(1, 2, 15)の場合には、後述の反転決定ベクトル生成部002C4は、決定ベクトル $[D]$ の要素ビット"1"と"2"と"15"の位置を反転(+1 $\rightarrow$ -1又は-1 $\rightarrow$ +1)させることで、反転決定ベクトル $[RD]$ を生成する。つまり、各反転パターン P_{mk} の()内の各数字は、反転させる決定ベクトル $[D]$ の要素ビット位置を指示するものである。

40

【0040】

50

また、要素ビット k に対応する各反転パターン P_{mk} は、本実施形態では、左側から順番に P_{mk} ($mk = 1$)、 P_{mk} ($mk = 2$)、...、 P_{mk} ($mk = M_k$) に対応し、符号 " mk " は個数カウンタ $002C11$ のカウンタ値 mk に対応する。すなわち、要素ビットカウンタ $002C12$ のカウンタ値 k が " 1 " で、個数カウンタ $002C11$ のカウンタ値 mk が " 1 " の場合、図 3 (b) の例では、要素ビット " 1 " に対応する反転パターン群の中から一番左側の反転パターン ($1, 2, 15$) を後述の検索部 $002C3$ は取得する。

【0041】

ここで、「反転パターン P_{mk} 」について、より具体的に説明する。まず、「最小ハミング距離を隔てる」とは、決定ベクトル $[D]$ と反転パターン P_{mk} が指示する決定ベクトル $[D]$ の要素ビット位置を反転させることで生成される反転決定ベクトル $[RD^{mk}]$ とのハミング距離が最小ハミング距離と一致することを意味する。すなわち、反転させる要素ビット位置の数が最小ハミング距離であることを意味する。図 3 の例では、最小ハミング距離は " 3 " であることから、各反転パターン P_{mk} が反転を指示する要素ビット位置の数は " 3 " となる。次に、各反転パターン P_{mk} が反転を指示する決定ベクトル $[D]$ の要素ビット位置は、任意に設定されるものではなく、反転パターンが指示する要素ビット位置を反転させることにより生成される反転決定ベクトル $[RD^{mk}]$ が符号語となるように設定される。

【0042】

記憶部 $002C1$ は、列方向と行方向の符号化が別々の線形符号により行われた場合には、列方向と行方向それぞれについて別々の個数情報テーブル $T1$ と反転パターン情報テーブル $T2$ を格納するが、列方向と行方向の符号化が同じ線形符号により行われた場合には、列方向と行方向共通の個数情報テーブル $T1$ と反転パターン情報テーブル $T2$ を格納する。

【0043】

次に、図 4 を参照して、メトリック値算出部 $002C5$ により生成され、記憶部 $002C1$ に格納されるメトリック値情報テーブル $T3$ について説明する。図 4 は、第 i 行目の処理での要素ビット k に対応するメトリック値情報テーブル $T3$ の例を示す図であり、メトリック値情報テーブル $T3$ には、後述の検索部 $002C3$ により反転パターン情報テーブル $T2$ から取得された反転パターン P_{mk} から生成される反転決定ベクトル $[RD^{mk}]$ と、当該反転決定ベクトル $[RD^{mk}]$ と軟入力ベクトル $[R^i]$ との間のメトリック値 M^{mk} と、を対応付けられている。図中の ($mk = 1$) 等は、後述の個数カウンタ $002C11$ のカウンタ値 mk に対応する。例えば、反転決定ベクトル $[RD^{mk}]$ ($mk = 1$) は、後述の軟出力ベクトル生成処理における要素ビットカウンタ $002C12$ のカウンタ値 k 、個数カウンタ $002C11$ のカウンタ値 $mk = 1$ のラウンドで、検索部 $002C3$ により取得された反転パターン P_{mk} ($mk = 1$) (本実施形態においては、反転パターン情報テーブル $T2$ の要素ビット k に対応し、左側から数えて第 1 番目の反転パターン P_{mk} ($mk = 1$)) から生成される反転決定ベクトルである。

【0044】

例えば、図 3 の例では、要素ビットカウンタ $002C12$ のカウンタ値 $k = 1$ 、個数カウンタ $002C11$ のカウンタ値 $m1 = 1$ の場合、検索部 $002C3$ により取得される反転パターン P_{m1} ($m1 = 1$) は ($1, 2, 15$) であり、反転決定ベクトル $[RD^{m1}]$ ($m1 = 1$) は、この反転パターン P_{m1} ($m1 = 1$) から生成される反転決定ベクトルである。

【0045】

メトリック値算出部 $002C5$ は、要素ビットカウンタ $002C12$ のカウンタ値 k と個数カウンタ $002C11$ のカウンタ値 mk とに対応する反転パターン P_{mk} から生成された反転決定ベクトル $[RD^{mk}]$ のメトリック値 M^{mk} を算出する度に、メトリック値情報テーブル $T3$ に、反転決定ベクトル $[RD^{mk}]$ とそのメトリック値 M^{mk} とを対応付けて登録する。同様に、記憶部 $002C1$ は、列処理においても、メトリック

10

20

30

40

50

値算出部 002C5 により生成されるメトリック値情報テーブル T3 を格納する。

【0046】

図 1 に戻り、図 1 (b) に示すように、復号部 002C の CPU は、動作プログラムを実行することにより、決定ベクトル算出部 002C2 と、検索部 002C3 と、反転決定ベクトル生成部 002C4 と、メトリック値算出部 002C5 と、コンカーレント符号語特定部 002C6 と、判定部 002C7 と、軟出力ベクトル算出部 002C8 と、行 (列) カウンタ 002C9 と、繰り返し回数カウンタ 002C10 と、個数カウンタ 002C11 と、要素ビットカウンタ 002C12 として機能する。また、CPU は、動作プログラムを実行することにより、後述する本発明特有の軟出力ベクトル生成処理を含む復号処理を実行し、軟出力ベクトル生成処理では、記憶部 002C1 に格納されている各情報テ

10

【0047】

決定ベクトル算出部 002C2 は、従来技術である Chase 復号等を用いて、線形符号 C1 及び線形符号 C2 の決定ベクトル [D] を求め、決定ベクトル [D] と軟入力ベクトル [R'] との間のメトリック値 M^d を記憶部 002C1 に格納する。検索部 002C3 は、記憶部 002C1 に格納されている個数情報テーブル T1 を検索し、要素ビットカウンタ 002C12 のカウンタ値 k に対応する要素ビット k の位置が反転対象であり且つ最小ハミング距離を隔てる反転パターン P_{mk} の個数 M_k を取得する。また、検索部 002C3 は、記憶部 002C1 に格納されている反転パターン情報テーブル T2 を検索し、要素ビットカウンタ 002C12 のカウンタ値 k の要素ビットに対応する反転パターン群から、個数カウンタ 002C11 のカウンタ値 m_k に対応する反転パターン P_{mk} を取得する。

20

【0048】

反転決定ベクトル生成部 002C4 は、検索部 002C3 が取得した反転パターン P_{mk} ($m_k = 1, 2, \dots, M_k$) が指示する決定ベクトル [D] の要素ビット位置を反転させることで、要素ビット k ($k = 1, 2, \dots, N1$) における反転決定ベクトル $[RD^{m_k}]$ ($m_k = 1, 2, \dots, M_k$) を生成する。

30

【0049】

メトリック値算出部 002C5 は、反転決定ベクトル生成部 002C4 により生成された要素ビット k ($k = 1, 2, \dots, N1$) における反転決定ベクトル $[RD^{m_k}]$ と軟入力ベクトル [R'] との間のメトリック値 M^{c, m_k} ($m_k = 1, 2, \dots, M_k$) を算出し、反転決定ベクトル $[RD^{m_k}]$ と算出したメトリック値 M^{c, m_k} とを対応付けてメトリック値情報テーブル T3 に登録する。

【0050】

コンカーレント符号語特定部 002C6 は、メトリック値情報テーブル T3 に登録された、要素ビット k ($k = 1, 2, \dots, N1$) における反転決定ベクトル $[RD^{m_k}]$ と軟入力ベクトル [R'] との間のメトリック値 M^{c, m_k} ($m_k = 1, 2, \dots, M_k$) の中から、最も値が小さいメトリック値を有する反転決定ベクトルを要素ビット k のコンカーレント符号語 $[C^k]$ として特定し、最も値が小さいメトリック値を要素ビット k のコンカーレント符号語 $[C^k]$ のメトリック値 $M^{c, k}$ とする。

40

【0051】

判定部 002C7 は、個数カウンタ 002C11 のカウンタ値 m_k が、検索部 002C3 により取得された要素ビット k ($k = 1, 2, \dots, N1$) に対応する反転パターン P_{mk} の個数 M_k 以下であるか否かを判定する。また、判定部 002C7 は、要素ビットカウンタ 002C12 のカウンタ値 k が行方向の符号長 N1 以下であるか否かを判定する。

【0052】

軟出力ベクトル算出部 002C8 は、記憶部 002C1 に格納されている決定ベクトル

50

[D] のメトリック値 M^d と要素ビット k のコンカーレント符号語 [C^k] のメトリック値 M^{c^k} を用いて、次式より軟出力ベクトル [r_r] の第 k 番目の構成要素 r_{rk} ($k = 1, 2, \dots, N1$) の値を算出し、軟出力ベクトル [r_r] を生成する。

(数 3)

$$r_{rk} = (M^{c^k} - M^d) \cdot D_k / 4$$

【 0 0 5 3 】

行 (列) カウンタ 0 0 2 C 9 は、復号部 0 0 2 C により記憶部 0 0 2 C 1 から順次読み出される積符号化行情報ベクトル [R^i] が、第一行目から最終行 (第 $N2$ 行目) まで復号処理されたかを管理するためのカウンタである。カウンタの初期設定値は " 1 " であり、処理対象の行に対応する訂正ベクトル [W^i] が生成されるたびにインクリメントされる。また、行 (列) カウンタ 0 0 2 C 9 は、行処理と同様に、列処理において、順次読み出される積符号化列情報ベクトル [R^j] が、第 1 列から最終列 (第 $N1$ 列目) まで復号処理されたかを管理する。

10

【 0 0 5 4 】

繰り返し回数カウンタ 0 0 2 C 1 0 は、積符号化情報行列 { R } に対して所定の回数の復号処理を実施したかを管理するカウンタである。カウンタの初期設定値は " 1 " であり、積符号化情報行列 { R } から第一行目を読み出して最終列 (第 $N1$ 列目) までの処理を 1 回の処理とし、最終列 (第 $N1$ 列目) の処理を終えるたびにインクリメントされる。

【 0 0 5 5 】

個数カウンタ 0 0 2 C 1 1 は、記憶部 0 0 2 C 1 に格納されている個数情報テーブル $T1$ が示す要素ビット k に対応する反転パターン P_{mk} の個数 M_k ($k = 1, 2, \dots, N1$) に対応するカウンタであり、反転パターン情報テーブル $T2$ に示されている要素ビット k に対応する各反転パターン P_{mk} ($m_k = 1, 2, \dots, M_k$) から反転決定ベクトル [RD^{m_k}] ($m_k = 1, 2, \dots, M_k$) を生成したかを管理するためのものである。また、個数カウンタ 0 0 2 C 1 1 のカウンタ値 m_k の初期設定値は " 1 " であり、反転決定ベクトル [RD^{m_k}] が生成されるごとにインクリメントされる。

20

【 0 0 5 6 】

要素ビットカウンタ 0 0 2 C 1 2 は、決定ベクトル [D] を構成する要素ビット k ($k = 1, 2, \dots, N1$) の個数、すなわち、行方向の符号長 $N1$ に対応するカウンタであり、軟出力ベクトル算出部 0 0 2 C 8 が、決定ベクトル [D] の要素ビット個数分、すなわち、 $N1$ 個の軟出力ベクトル [r_r] の構成要素 r_{rk} ($k = 1, 2, \dots, N1$) を算出したかを管理するためのものである。要素ビットカウンタ 0 0 2 C 1 2 の初期設定値は " 1 " であり、軟出力ベクトル算出部 0 0 2 C 8 が、軟出力ベクトル [r_r] の構成要素 r_{rk} を算出するごとにインクリメントされる。

30

【 0 0 5 7 】

次に、図 5 と図 6 を参照して、本発明の特徴的な部分である軟出力ベクトル生成処理を含む積符号の復号処理について説明する。図 5 は、復号処理全体のフローを示す図であり、従来技術と同様の処理を示している。図 6 は、図 5 の軟出力ベクトル生成ステップ (ステップ 0 0 5) での本発明特有の軟出力ベクトル生成処理のフローを示す図である。

【 0 0 5 8 】

まず、図 5 を参照して、復号処理全体のフローについて説明する。前提条件として、復号部 0 0 2 C が備える記憶部 0 0 2 C 1 に格納された積符号化情報行列 { R } から一行単位で上側から最終行 (第 $N2$ 番目の行) まで順次読み出され、最終行まで読み出された後に、今度は、一列単位で左側から最終列 (第 $N1$ 番目の列) まで順次読み出されるものと仮定する。

40

【 0 0 5 9 】

無線送信装置 0 0 1 の積符号化部 0 0 1 A の内部メモリに格納されている積符号化情報行列 { R } から順次読み出された積符号化行情報ベクトル [R^i] ($i = 1, 2, \dots, N2$) は、変調部 0 0 1 B により所定の信号方式に順次変調され、変調された積符号化行情報ベクトル [R^i] は、無線通信部 0 0 1 C により増幅され通信路 CH へ順次出力される。

50

そして、積符号化行情報ベクトル $[R^i]$ は、無線受信装置 002 の無線通信部 002A により順次受信され、復調部 002B により順次復調され、復調された積符号化行情報ベクトル $[R^i]$ は復号部 002C に順次入力される。

【0060】

復号部 002C は、順次入力される積符号化行情報ベクトル $[R^i]$ から積符号化情報行列 $\{R\}$ を生成し、記憶部 002C1 に格納する。

【0061】

復号部 002C は、繰り返し回数カウンタ 002C10 を初期化、すなわち、カウンタ値 i を "1" とする共に、訂正行列 $\{W\}$ を初期化、すなわち、訂正行列 $\{W\}$ の全構成要素を "0" にする（ステップ 001）。そして、復号部 002C は、行（列）カウンタ 002C9 を初期化、すなわち、カウンタ値 i を "1" にする（ステップ 002）。 10

【0062】

そして、復号部 002C は、行（列）カウンタ 002C9 のカウンタ値 i に対応する第 i 行目の積符号化行情報ベクトル $[R^i]$ を読み出し、訂正行列 $\{W\}$ の第 i 番目の行に対応する訂正ベクトル $[W^i]$ と読み出された積符号化行情報ベクトル $[R^i]$ を用いて、第 i 番目の行に対応する軟入力ベクトル $[R^{i'}]$ を算出し、軟入力ベクトル $[R^{i'}]$ を更新する（ステップ 003）。

（数 4）

$$[R^{i'}] = [R^i] + \alpha 1 \cdot [W^i] \quad (i = 1, 2, \dots, N2)$$

【0063】 20

そして、復号部 002C は、第 i 番目の行に対応する軟入力ベクトル $[R^{i'}]$ の各構成要素 $R^{i'k}$ ($k = 1, 2, \dots, N1$) に対する硬判定値 D^{ik} を次式により求め、求めた硬判定値 D^{ik} を構成要素とするベクトルを決定ベクトル $[D^i]$ とする（ステップ 004）。つまり、決定ベクトル $[D^i]$ をステップ 004 の処理で新たに求めた決定ベクトル $[D^i]$ で更新する。

（数 5）

$$D^{ik} = \text{sign}(R^{i'k}) \quad (k = 1, 2, \dots, N1)$$

なお、関数 $\text{sign}(x)$ は、 $x \geq 0$ の場合は、" + 1 " となり、 $x < 0$ の場合は、" - 1 " となるシグネチャ関数である。

【0064】 30

そして、復号部 002C は、第 i 番目の行に対応する軟入力ベクトル $[R^{i'}]$ と決定ベクトル $[D^i]$ を用いて、第 i 番目の行に対応する軟出力ベクトル $[r r^i]$ を生成する（ステップ 005）。

【0065】

そして、復号部 002C は、軟出力ベクトル $[r r^i]$ の構成要素 $r r^{ik}$ と軟入力ベクトル $[R^{i'}]$ の構成要素 $R^{i'k}$ を用いて、次式により W^{ik} を求め、求めた W^{ik} で構成されるベクトルを第 i 番目の行に対応する訂正ベクトル $[W^i]$ とする（ステップ 006）。つまり、訂正ベクトル $[W^i]$ をステップ 006 の処理で新たに求めた訂正ベクトル $[W^i]$ で更新する。

（数 6） 40

$$W^{ik} = r r^{ik} - R^{i'k} \quad (k = 1, 2, \dots, N1)$$

【0066】

そして、復号部 002C は、行（列）カウンタ 002C9 のカウンタ値 i が $N2$ であるか否かを判定する（ステップ 007）。つまり、ステップ 003 乃 006 の処理を積符号化情報行列 $\{R\}$ の全行に対して行ったか否かを判定する。行（列）カウンタ 002C9 のカウンタ値 i が $N2$ でないと判定した場合には（ステップ 007 ; NO）、行（列）カウンタ 002C9 のカウンタ値 i をインクリメントし（ステップ 008）、前述のステップ 003 乃 006 の処理を最終行（第 $N2$ 番目の行）に至るまで繰り返す。

【0067】

一方、行（列）カウンタ 002C9 のカウンタ値 i が $N2$ であると判定した場合には（ 50

ステップ007; YES)、復号部002Cは積符号化情報行列{R}から列を順次読み出して、行に対して行った処理と同様の処理を行う(ステップ009乃至015)。

【0068】

そして、復号部002Cは、繰り返し回数カウンタ002C10のカウンタ値itが設定された繰り返し回数に達したか否かを判定する(ステップ016)。繰り返し回数カウンタ002C10のカウンタ値itが設定された繰り返し回数に達していないと判定した場合には(ステップ016; NO)、復号部002Cは、繰り返し回数カウンタ002C10のカウンタ値itをインクリメントし(ステップ017)、ステップ002の処理から復号処理を繰り返す。

【0069】

一方、繰り返し回数カウンタ002C10のカウンタ値itが設定された繰り返し回数に達したと判定した場合には(ステップ016; YES)、復号部002Cは、軟出力行列{rr}の各構成要素の硬判定値を構成要素とする $N2 \times N1$ の硬判定行列{Drr}を復号結果として出力して(ステップ018)、復号処理を終了する。この復号結果として出力された $N2 \times N1$ の硬判定行列{Drr}の $K2 \times K1$ 部分が復号処理により推定された情報系列を表し、推定された情報系列の構成要素は"+1"又は"-1"であるが、それぞれ2進法の"0"と"1"に対応する。

【0070】

次に、図6を参照して、本発明特有の軟出力ベクトル生成処理について説明する。この軟出力ベクトル生成処理は、上述したように、図5に示す復号処理のステップ005とステップ012の処理に対応する処理である。なお、行における軟出力ベクトル生成処理と列における軟出力ベクトル生成処理は同様の処理であることから、行における軟出力ベクトル生成処理、すなわち、ステップ005の処理に対応する処理について説明する。

【0071】

決定ベクトル算出部002C2は、ステップ003の処理で求めた第i行目($i = 1, 2, \dots, N2$)の軟入力ベクトル $[R^i]$ とステップ004の処理で求めた第i行目($i = 1, 2, \dots, N2$)の決定ベクトル $[D^i]$ を用いて、従来技術であるChase復号により生成した候補符号語 $[C^t]$ の中から、軟入力ベクトル $[R^i]$ とのメトリック値が最小となる候補符号語 $[C^{di}]$ を決定ベクトル $[D^i]$ とする(つまり、 $[C^{di}]$ で $[D^i]$ を更新する)と共に、候補符号語 $[C^{di}]$ のメトリック値 M^{di} を記憶部002C1に格納する(ステップS01)。以下、候補符号語 $[C^{di}]$ で更新された決定ベクトル $[D^i]$ を決定ベクトル $[C^{di}]$ ということとする。

【0072】

そして、復号部002Cは、要素ビットカウンタ002C12を初期化し、カウンタ値kを"1"とし(ステップS02)、検索部002C3は、記憶部002C1に格納されている個数情報テーブルT1を検索して、要素ビットカウンタ002C12のカウンタ値kの要素ビットに対応する反転パターン P_{mk} の個数 M_k を取得する(ステップS03)。そして、復号部002Cは、個数カウンタ002C11を初期化し、カウンタ値mkを"1"とし(ステップS04)、検索部002C3は、記憶部002C1に格納されている反転パターン情報テーブルT2を検索して、要素ビットカウンタ002C12のカウンタ値kの要素ビットに対応する反転パターン群の中から、個数カウンタ002C11のカウンタ値mkに対応する反転パターン P_{mk} を取得する(ステップS05)。

【0073】

そして、反転決定ベクトル生成部002C4は、ステップS05の処理で検索部002C3が取得した反転パターン P_{mk} が指示する決定ベクトル $[C^{di}]$ の要素ビット位置を反転させた反転決定ベクトル $[RD^{mk}]$ を生成し(ステップS06)、メトリック値算出部002C5は、ステップS06の処理で反転決定ベクトル生成部002C4により生成された反転決定ベクトル $[RD^{mk}]$ と軟入力ベクトル $[R^i]$ とのメトリック値 M^{mk} を算出し、反転決定ベクトル $[RD^{mk}]$ と算出したメトリック値 M^{mk} とを対応付けてメトリック値情報テーブルT3に登録する(ステップS07)。

10

20

30

40

50

【 0 0 7 4 】

そして、復号部 0 0 2 C は、個数カウンタ 0 0 2 C 1 1 のカウンタ値 m_k をインクリメントし（ステップ S 0 8）、判定部 0 0 2 C 7 は、ステップ S 0 8 の処理でインクリメントされた後のカウンタ値 m_k が、ステップ S 0 3 の処理で取得した反転パターン P_{m_k} の個数 M_k を越えたか否かを判定する（ステップ S 0 9）。カウンタ値 m_k が個数 M_k 以下であると判定された場合には（ステップ S 0 9；NO）、処理はステップ S 0 5 の処理に戻り、前述の処理を繰り返す。

【 0 0 7 5 】

一方、カウンタ値 m_k が個数 M_k を越えたと判定された場合には（ステップ S 0 9；YES）、コンカーレント符号語特定部 0 0 2 C 6 は、メトリック値情報テーブル T 3 を検索し、ステップ S 0 5 乃至ステップ S 0 8 の処理を繰り返すことで得られた、各反転パターン P_{m_k} ($m_k = 1, 2, \dots, M_k$) から生成された反転決定ベクトル $[R D^{m_k i}]$ と軟入力ベクトル $[R^i]$ とのメトリック値 $M^{m_k i}$ のうちで、最小のメトリック値 $M^{c_k i}$ を持つ反転決定ベクトルを特定し、要素ビット k のコンカーレント符号語 $[C^{k i}]$ とし、そのメトリック値 $M^{c_k i}$ を記憶部 0 0 2 C 1 に格納する（ステップ S 1 0）。

【 0 0 7 6 】

そして、軟出力ベクトル算出部 0 0 2 C 8 は、ステップ S 1 0 の処理で特定した要素ビット k のコンカーレント符号語 $[C^{k i}]$ のメトリック値 $M^{c_k i}$ とステップ S 0 1 の処理で記憶部 0 0 2 C 1 に格納された決定ベクトル $[C^{d i}]$ のメトリック値 $M^{d i}$ を用いて、上述した算式（数 3）により、要素ビットカウンタ 0 0 2 C 1 2 のカウンタ値 k に対応する第 k 番目の軟出力ベクトル $[r r^i]$ の構成要素 $r r^i k$ を算出し、算出した構成要素 $r r^i k$ を記憶部 0 0 2 C 1 に格納する（ステップ S 1 1）。そして、復号部 0 0 2 C は、要素ビットカウンタ 0 0 2 C 1 2 のカウンタ値 k をインクリメントすると共に、記憶部 0 0 2 C 1 に格納されているメトリック値情報テーブル T 3 を初期化する（ステップ S 1 2）。そして、判定部 0 0 2 C 7 は、ステップ S 1 2 の処理でインクリメントされた後の要素ビットカウンタ 0 0 2 C 1 2 のカウンタ値 k が決定ベクトル $[C^{d i}]$ の要素ビット個数 N_1 （行方向の符号長）を越えたか否かを判定する（ステップ S 1 3）。

【 0 0 7 7 】

カウンタ値が要素ビット個数 N_1 以下であると判定された場合には（ステップ S 1 3；NO）、処理はステップ S 0 3 の処理に戻り、前述の処理を繰り返す。一方、カウンタ値が要素ビット個数 N_1 を越えたと判定された場合には（ステップ S 1 3；YES）、軟出力ベクトル算出部 0 0 2 C 8 は、前述の処理を決定ベクトル $[C^{d i}]$ の要素ビット個数回（ N_1 回）繰り返すことで得られた、構成要素 $r r^i k$ ($k = 1, 2, \dots, N_1$) から、第 i 番目の行に対応する軟出力ベクトル $[r r^i]$ ($= (r r^i 1, r r^i 2, \dots, r r^i N_1)$) を生成する（ステップ S 1 4）。

【 0 0 7 8 】

次に、図 3 を参照して、復号部 0 0 2 C の各機能部の動作を具体的な数値等を用いて説明する。

要素ビットカウンタ 0 0 2 C 1 2 のカウンタ値 k が " 1 " の場合（ステップ S 0 2）、検索部 0 0 2 C 3 は、図 3（a）に例示する番号情報テーブル T 1 から要素ビット " 1 " に対応する反転パターンの個数 M_1 、すなわち、" 4 " を取得する（ステップ S 0 3）。復号部 0 0 2 C は、個数カウンタ 0 0 2 C 1 1 のカウンタ値 m_1 を初期化、すなわち、 $m_1 = 1$ とする（ステップ S 0 4）。

【 0 0 7 9 】

そして、検索部 0 0 2 C 3 は、図 3（b）に例示する反転パターン情報テーブル T 2 を検索して、個数カウンタ 0 0 2 C 1 1 のカウンタ値 m_1 は " 1 " なので、要素ビット " 1 " に対応する反転パターン群から反転パターン P_{m_1} ($m_1 = 1$)、すなわち、第 1 番目の反転パターン（1, 2, 15）を取得する（ステップ S 0 5）。そして、反転決定ベクトル生成部 0 0 2 C 4 は、検索部 0 0 2 C 3 が取得した反転パターン（1, 2, 15）が指示する決定ベクトル $[C^{d i}]$ ($[D^i]$) の要素ビット位置を反転させた反転決定

10

20

30

40

50

ベクトル $[RD^{1i}]$ を生成する (ステップ S06)。すなわち、決定ベクトル $[C^{di}]$ ($[D^i]$) の要素ビット位置 "1" と "2" と "15" を反転させることで得られるベクトルを反転決定ベクトル $[RD^{1i}]$ とする。

【0080】

そして、メトリック値算出部 002C5 は、反転決定ベクトル生成部 002C4 が生成した反転決定ベクトル $[RD^{1i}]$ と軟入力ベクトル $[R^i]$ との間のメトリック値 M^{1i} を算出し、反転決定ベクトル $[RD^{1i}]$ と算出したメトリック値 M^{1i} とを対応付けてメトリック値情報テーブル T3 に登録する (ステップ S07)。そして、復号部 002C は、個数カウンタ 002C11 のカウンタ値 $m1$ をインクリメントし (ステップ S08)、判定部 002C7 は、個数カウンタ 002C11 のカウンタ値 $m1$ が、検索部 002C3 が番号情報テーブル T1 から取得した要素ビット "1" に対応する反転パターンの個数 $M1$ 、すなわち、"4" を越えたか否かを判定する (ステップ S09)。本例では、判定部 002C7 は、カウンタ $m1$ は "4" 以下であると判定し (ステップ S09; NO)、処理は、ステップ S05 の処理に戻り、検索部 002C3 は、図 3 (b) に例示する反転パターン情報テーブル T2 を検索して、個数カウンタ 002C11 のカウンタ値 $m1$ は "2" なので、要素ビット "1" に対応する反転パターン群から反転パターン P_{m1} ($m1 = 2$)、すなわち、第 2 番目の反転パターン (1, 4, 6) を取得し、前述の処理を繰り返す。

【0081】

第 4 番目の反転パターン P_{m1} ($m1 = 4$)、すなわち、反転パターン (1, 8, 17) までの処理を終えると (ステップ S09; YES)、コンカーレント符号語特定部 002C6 は、記憶部 002C1 に格納されているメトリック値情報テーブル T3 を検索して、登録されているメトリック値 M^{m1i} の中から、メトリック値が最小となる反転決定ベクトル $[RD^{1i}]$ を特定し、その反転決定ベクトルを要素ビット "1" のコンカーレント符号語 $[C^{1i}]$ とすると共に、その最小のメトリック値 M^{m1i} を要素ビット "1" のコンカーレント符号語 $[C^{1i}]$ のメトリック値 M^{c1i} として記憶部 002C1 に格納する (ステップ S10)。そして、軟出力ベクトル算出部 002C8 は、記憶部 002C1 に格納されている決定ベクトル $[C^{di}]$ ($[D^i]$) のメトリック値 M^{di} と要素ビット "1" のコンカーレント符号語 $[C^{1i}]$ のメトリック値 M^{c1i} と決定ベクトル $[C^{di}]$ ($[D^i]$) の要素ビット "1" (第 1 番目) の構成要素 $C^{di}1$ とを用いて、上述した算出式 (数 3) より、軟出力ベクトル $[rr^i]$ の第 1 番目の構成要素 rr^i1 を算出し、記憶部 002C1 に格納する (ステップ S11)。

【0082】

そして、復号部 002C は、要素ビットカウンタ 002C12 のカウンタ値 k をインクリメントすると共に、メトリック値情報テーブル T3 を初期化し (ステップ S12)、判定部 002C7 は、インクリメント後のカウンタ値 k が行方向の符号長 "17" を越えたか否かを判定する (ステップ S13)。インクリメント後のカウンタ値 k が行方向の符号長 "17" を越えるまで、前述の処理を繰り返し、軟出力ベクトル算出部 002C8 は、軟出力ベクトル $[rr^i]$ の各構成要素 rr^ik ($k = 1, 2, \dots, 17$) を算出し、記憶部 002C1 に格納する。

【0083】

判定部 002C7 が、インクリメント後のカウンタ値 k が行方向の符号長 "17" を越えたと判定すると (ステップ S13; YES)、軟出力ベクトル算出部 002C8 は、算出した構成要素 rr^ik ($k = 1, 2, \dots, 17$) から軟出力ベクトル $[rr^i]$ を生成する (ステップ S14)。

【0084】

本実施形態によれば、決定ベクトル $[C^{di}]$ ($[D^i]$) の各要素ビット k ($k = 1, 2, \dots, N1$) に対応する反転パターンの個数を示す個数情報テーブル T1 と、各要素ビット k に対応する反転パターン P_{mk} ($mk = 1, 2, \dots, Mk$) を示す反転パターン情報テーブル T2 を予め記憶部 002C1 に格納し、これらの情報テーブル (T1 と T2

10

20

30

40

50

を用いて、コンカーレント符号語 $[C^{ik}]$ を特定し（ステップ S10）、第 i 番目の行に対応する軟出力ベクトル $[r r^i]$ を生成した（ステップ S14）。こうすることで、各要素ビット k に対して必ずコンカーレント符号語 $[C^{ki}]$ を見つけることが可能となることから、訂正ベクトル $[W^i]$ を推定する必要がなくなり、訂正ベクトル $[W^i]$ を推定することで生じる積符号の復号性能の劣化を防ぐことが可能となる。

【0085】

（実施形態 2）

実施形態 1 においては、決定ベクトル $[C^{di}]$ （ $[D^i]$ ）の各要素ビット k （ $k = 1, 2, \dots, N1$ ）に対応するコンカーレント符号語 $[C^{ki}]$ を探索するに際し、予め記憶部 002C1 に格納されている個数情報テーブル T1 と反転パターン情報テーブル T2 を用いて、コンカーレント符号語 $[C^{ki}]$ を特定した。

10

【0086】

実施形態 1 においては、図 3（b）に例示した反転パターン情報テーブル T2 を記憶部 002C1 が格納したが、例えば、要素ビット “1” に対応する反転パターン（0, 1, 14）は、図 3（b）に示すように、要素ビット “2” と “15” に対応する反転パターンでもある。しかしながら、実施形態 1 における反転パターン情報テーブル T2 は、各要素ビットと反転パターン群とを対応付ける構成であるため、ある反転パターンが複数の要素ビットに対応する反転パターンである場合には、対応する要素ビットそれぞれに当該反転パターンを対応付ける必要がある。そのため、記憶部 002C1 に格納する反転パターン情報テーブル T2 のテーブルサイズが大きくなってしまう。そこで、本実施形態では、同じ反転パターンが複数の要素ビットに対応することを考慮して、図 8（a）に例示するインデックス番号情報テーブル T4 を導入することで、反転パターン情報テーブル T2 を、2 つの情報テーブルに分割して記憶部 002C1 に格納する。こうすることで、テーブルサイズのコンパクト化を図る。

20

【0087】

さらに、詳しくは後述するメトリック値情報テーブル T6（図 9）をメトリック値算出部 002C5 が生成し、記憶部 002C1 に格納する。判定部 002C7 は、反転決定ベクトル生成部 002C4 が処理対象のインデックス番号 $s^k n$ （但し、 $n = m k$ ）と一致するインデックス番号 s に対応する反転パターン P_s から反転決定ベクトル $[RD^{si}]$ を生成するのに先立って、メトリック値情報テーブル T6 のインデックス番号 s の欄を検索し、インデックス番号 $s^k n$ に一致するインデックス番号 s がメトリック値情報テーブル T6 に既に登録されているか否かを判定する。そして、該当するインデックス番号 s が登録されていない場合のみ、反転決定ベクトル生成部 002C4 は、当該インデックス番号 s に対応する反転パターン P_s から反転決定ベクトル $[RD^{si}]$ を生成し、メトリック値算出部 002C5 は、反転決定ベクトル生成部 002C4 により生成された反転決定ベクトル $[RD^{si}]$ のメトリック値 M^{si} を算出し、メトリック値情報テーブル T6 に登録する。そして、コンカーレント符号語特定部 002C6 は、記憶部 002C1 に格納されているメトリック値情報テーブル T6 を検索して、要素ビット k に対応するインデックス番号群 $[s^k]$ に含まれるインデックス番号 $s^k n$ （ $n = m k = 1, 2, \dots, M k$ ）と一致するインデックス番号 s に対応するメトリック値 M^{si} の中から、メトリック値が最小の反転決定ベクトル $[RD^{si}]$ を特定することで、要素ビット k のコンカーレント符号語 $[C^{ki}]$ を特定する。こうすることで、演算量を削減し、復号処理の高速化を図る。

30

40

【0088】

本実施形態における、デジタル通信システム 1 の構成は、図 1 に示す実施形態 1 の構成と同じであり、図 7 に示すように、復号部 002C が備える各機能部の構成も同じである。但し、上述したように、記憶部 002C1 に予め格納される反転パターン情報テーブル T2 が、インデックス番号情報テーブル T4 と反転パターン情報テーブル T5 とに分割されている点で、実施形態 1 とでは異なっている。また、記憶部 002C1 は、メトリック値算出部 002C5 により生成される、インデックス番号 s （ $s = 1, 2, \dots, \max s^k$ ）

50

n)と当該インデックス番号 s に対応するに反転パターン P_s から生成される反転決定ベクトル $[RD^{s,i}]$ と当該反転決定ベクトル $[RD^{s,i}]$ のメトリック値 $M^{s,i}$ とが対応付けられたメトリック値情報テーブル T_6 (詳しくは後述する)を格納する点で、実施形態1とは異なっている。さらに、検索部002C3と反転決定ベクトル生成部002C4とメトリック値算出部002C5とコンカーレント符号語特定部002C6と判定部002C7とが果たす機能が若干実施形態1とは異なっている。

【0089】

ここで、図8を参照して、本実施形態において記憶部002C1が格納するインデックス番号情報テーブル T_4 と反転パターン情報テーブル T_5 について説明する。図8(a)と(b)は、図3(b)に例示した反転パターン情報テーブル T_2 を、インデックス番号情報 T_4 と反転パターン情報テーブル T_5 とに分割した図である。図8(a)は、要素ビット k と各々反転パターンに対応付けられたインデックス番号群 $[s^k]$ とを対応付けたインデックス番号情報テーブル T_4 の例を示す図である。図8(b)は、インデックス番号 s ($s = 1, 2, 3, \dots, \max s^k n$)と反転パターン P_s とを対応付けた反転パターン情報テーブル T_5 の例を示す図である。これらの2つの情報テーブル(T_4 と T_5)を組み合わせることで、実施形態1における反転パターン情報テーブル T_2 と同様の機能を果たす。

【0090】

要素ビット k に対応するインデックス番号群 $[s^k]$ に含まれるインデックス番号 $s^k n$ ($n = m k$)の符号" k "は要素ビットカウンタ002C12のカウンタ値 k に対応する番号である。つまり、例えば、インデックス番号 $s^1 n$ は、要素ビット" 1 "に対応するインデックス番号である。また、符号" n "は、個数カウンタ002C11のカウンタ値 $m k$ に対応する。例えば、 $s^1 3$ は、要素ビット" 1 "に対応するインデックス番号群 $[s^1]$ の第3番目のインデックス番号を意味する。後述する軟出力ベクトル生成処理において、例えば、要素ビットカウンタ002C12のカウンタ値 k が" 1 "で、個数カウンタ002C11のカウンタ値 $m k$ が" 3 "の場合には、検索部002C3は、図8(a)の例では、インデックス番号" 14 "を取得する。

【0091】

例えば、要素ビット k が" 1 "の場合、すなわち、要素ビットカウンタ002C12のカウンタ値 k が" 1 "の場合、図8(a)に例示したインデックス番号情報テーブル T_4 を参照すると、要素ビット" 1 "に対応するインデックス番号群 $[s^1]$ は($1, 6, 14, 21$)である。そして、図8(b)に例示した反転パターン情報テーブル T_5 を参照すると、インデックス番号情報テーブル T_4 から取得した各インデックス番号 $s^1 1 = 1$ 、 $s^1 2 = 6$ 、 $s^1 3 = 14$ 、 $s^1 4 = 21$ に対応する反転パターンは、($1, 4, 6$)、($1, 7, 11$)、($1, 2, 15$)、($1, 8, 17$)である。これらの反転パターンは、図3(b)に例示した反転パターン情報テーブル T_2 における要素ビット" 1 "に対応する反転パターンと一致する。

【0092】

なお、上述したように、記憶部002C1は、情報系列 K を積符号化した行方向の線形符号 C_1 と列方向の線形符号 C_2 が異なる場合には、行と列それぞれ別々のインデックス番号情報テーブル T_4 と反転パターンテーブル T_5 を格納するが、線形符号 C_1 と C_2 が同じであれば、行と列に対応するインデックス番号情報テーブル T_4 と反転パターンテーブル T_5 を共通化することができる。

【0093】

次に、図9を参照して、メトリック値算出部002C5により生成され、記憶部002C1に格納されるメトリック値情報テーブル T_6 について説明する。メトリック値情報テーブル T_6 は、図9に例示するように、インデックス番号 s ($s = 1, 2, \dots, \max s^k n$)と、インデックス番号 s に対応する反転パターン P_s により生成された反転決定ベクトル $[RD^{s,i}]$ と、当該反転決定ベクトル $[RD^{s,i}]$ と軟入力ベクトル $[R^i]$ との間のメトリック値 $M^{s,i}$ と、を対応付けた情報テーブルである。例えば、図8(a)の

例では、要素ビット k に対応するインデックス番号群 $[s^k]$ に含まれるインデックス番号 $s^k n$ の最大値は“23”であることから、 $\max s^k n = 23$ となり、記憶部002C1は、インデックス番号 s ($s = 1, 2, \dots, 23$)と当該インデックス番号 s に対応する反転パターン P_s から生成される反転決定ベクトル $[RD^{s,i}]$ と当該反転決定ベクトル $[RD^{s,i}]$ のメトリック値 $M^{s,i}$ との組を23組メトリック値情報テーブルT6に記憶することとなる。同様に、記憶部002C1は、列処理においても、メトリック値算出部002C5により生成されるメトリック値情報テーブルT6を格納する。

【0094】

検索部002C3は、記憶部002C1に記憶されている個数情報テーブルT1を検索し、要素ビットカウンタ002C12のカウンタ値 k に対応する要素ビット k の位置が反転対象であり且つ最小ハミング距離を隔てる反転パターンの個数 M_k を取得する。また、検索部002C3は、記憶部002C1に記憶されているインデックス番号情報テーブルT4を検索して、要素ビット k に対応するインデックス番号群 $[s^k]$ の中から個数カウンタ002C11のカウンタ値 m_k に対応するインデックス番号 $s^k n$ (但し、 $n = m_k$)を取得する。さらに、検索部002C3は、記憶部002C1に記憶されている反転パターン情報テーブルT5を検索し、インデックス番号情報テーブルT4から取得したインデックス番号 $s^k n$ と一致するインデックス番号 s に対応する反転パターン P_s を取得する。

【0095】

反転決定ベクトル生成部002C4は、判定部002C7により処理対象のインデックス番号 $s^k n$ と一致するインデックス番号 s がメトリック値情報テーブルT6に登録されていないと判定された場合には、検索部002C3が取得した当該インデックス番号 $s^k n$ と一致するインデックス番号 s に対応する反転パターン P_s から反転決定ベクトル $[RD^{s,i}]$ を生成する。一方、判定部002C7により、処理対象のインデックス番号 $s^k n$ と一致するインデックス番号 s が既にメトリック値情報テーブルT6に登録されていると判定された場合には、反転決定ベクトル生成部002C4は、当該インデックス番号 $s^k n$ と一致するインデックス番号 s に対応する反転パターン P_s から反転決定ベクトル $[RD^{s,i}]$ を再度生成しない。

【0096】

メトリック値算出部002C5は、判定部002C7により処理対象のインデックス番号 $s^k n$ と一致するインデックス番号 s がメトリック値情報テーブルT6に登録されていないと判定された場合のみ、反転決定ベクトル生成部002C4が生成した反転決定ベクトル $[RD^{s,i}]$ と軟入力ベクトル $[R^i]$ との間のメトリック値 $M^{s,i}$ を算出する。そして、メトリック値算出部002C5は、反転決定ベクトル生成部002C4が生成した反転決定ベクトル $[RD^{s,i}]$ と当該反転決定ベクトル $[RD^{s,i}]$ のメトリック値 $M^{s,i}$ とインデックス番号 s とを対応付けてメトリック値情報テーブルT6に登録する。

【0097】

コンカーレント符号語特定部002C6は、メトリック値算出部002C5により生成され、記憶部002C1に格納されるメトリック値情報テーブルT6を用いて、要素ビット k のコンカーレント符号語 $[C^{k,i}]$ を特定する。具体的には、メトリック値情報テーブルT6のインデックス番号 s の欄を検索し、検索部002C3によりインデックス番号情報テーブルT4から取得された要素ビット k に対応するインデックス番号群 $[s^k]$ に含まれるインデックス番号 $s^k n$ ($n = m_k = 1, 2, \dots, M_k$)と一致するインデックス番号 s に対応するメトリック値 $M^{s,i}$ の中から、最小のメトリック値を持つ反転決定ベクトル $[RD^{s,i}]$ を要素ビット k のコンカーレント符号語 $[C^{k,i}]$ として特定する。また、コンカーレント符号語特定部002C6は、その最小のメトリック値をコンカーレント符号語 $[C^{k,i}]$ のメトリック値 $M^{C^{k,i}}$ として記憶部002C1に格納する。

【0098】

判定部002C7は、個数カウンタ002C11のカウンタ値 m_k が、検索部002C3により個数情報テーブルT1から取得された要素ビット k ($k = 1, 2, \dots, N_1$)に

10

20

30

40

50

対応する反転パターンの個数 M_k 以下であるか否かを判定する。また、判定部 002C7 は、要素ビットカウンタ 002C12 のカウンタ値 k が行方向の符号長 N_1 以下であるか否かを判定する。本実施形態においては、判定部 002C7 は、さらに、検索部 002C3 がインデックス番号情報テーブル T4 から取得したインデックス番号群 $[s^k]$ に含まれるインデックス番号 s^k_n と一致するインデックス番号 s に対応する反転パターン P_s から、反転決定ベクトル生成部 002C4 が反転決定ベクトル $[RD^{s^i}]$ を生成するのに先立って、記憶部 002C1 に格納されているメトリック値情報テーブル T6 のインデックス番号 s の欄を検索し、処理対象のインデックス番号 s^{m^k} と一致するインデックス番号 s が登録されているか否かを判定する。

【0099】

10

次に、図 10 を参照して、本実施形態における軟出力ベクトル生成処理のフローについて説明する。この軟出力ベクトル生成処理は、上述したように、図 5 に示す復号処理のステップ 005 とステップ 012 の処理に対応する処理である。なお、行における軟出力ベクトル生成処理と列における軟出力ベクトル生成処理とは同様の処理であることから、行における軟出力ベクトル生成処理、すなわち、ステップ 005 の処理に対応する処理について説明する。

【0100】

決定ベクトル算出部 002C2 は、図 5 のステップ 003 の処理で求めた第 i 行目 ($i = 1, 2, \dots, N_2$) の軟入力ベクトル $[R^i]$ と図 5 のステップ 004 の処理で求めた第 i 行目 ($i = 1, 2, \dots, N_2$) の決定ベクトル $[D^i]$ を用いて、従来技術である Chase 復号により生成した候補符号語 $[C^t]$ の中から、軟入力ベクトル $[R^i]$ とのメトリック値が最小となる候補符号語 $[C^{d^i}]$ を決定ベクトルとする（つまり、決定ベクトル $[D^i]$ をステップ S101 の処理で求めた決定ベクトル $[C^{d^i}]$ で更新する）と共に、候補符号語 $[C^{d^i}]$ のメトリック値 M^{d^i} を記憶部 002C1 に格納する（ステップ S101）。以下、候補符号語 $[C^{d^i}]$ で更新された決定ベクトル $[D^i]$ を決定ベクトル $[C^{d^i}]$ ということとする。

20

【0101】

そして、復号部 002C は、要素ビットカウンタ 002C12 を初期化し、カウンタ値 k を "1" とし（ステップ S102）、検索部 002C3 は、記憶部 002C1 に格納されている個数情報テーブル T1 を検索して、要素ビットカウンタ 002C12 のカウンタ値 k の要素ビットに対応する反転パターンの個数 M_k を取得する（ステップ S103）。そして、復号部 002C は、個数カウンタ 002C11 を初期化し、カウンタ値 m_k を "1" とし（ステップ S104）、検索部 002C3 は、記憶部 002C1 に格納されているインデックス番号情報テーブル T4 を検索して、要素ビットカウンタ 002C12 のカウンタ値 k の要素ビットに対応するインデックス番号群 $[s^k]$ から、個数カウンタ 002C11 のカウンタ値 m_k に対応するインデックス番号 s^k_n （但し、 $n = m_k$ ）を取得する（ステップ S105）。

30

【0102】

そして、検索部 002C3 は、記憶部 002C1 に格納されている反転パターン情報テーブル T5 を検索して、ステップ S105 の処理で取得したインデックス番号 s^k_n と一致するインデックス番号 s に対応する反転パターン P_s を取得する（ステップ S106）。そして、判定部 002C7 は、記憶部 002C1 に格納されているメトリック値情報テーブル T6 のインデックス番号 s の欄を検索して、ステップ S105 の処理で検索部 002C3 が取得したインデックス番号 s^k_n と一致するインデックス番号 s が登録されているか否かを判定する（ステップ S107）。

40

【0103】

インデックス番号 s^k_n と一致するインデックス番号 s がメトリック値情報テーブル T6 に登録されていると判定された場合には（ステップ S107；YES）、処理はステップ S110 の処理へ進み、一方、インデックス番号 s^k_n と一致するインデックス番号 s がメトリック値情報テーブル T6 に登録されていないと判定された場合には（ステップ S

50

107; NO)、反転決定ベクトル生成部002C4は、ステップS106の処理で検索部002C3が取得した反転パターン P_s が指示する決定ベクトル $[C^{di}]$ の要素ビットを反転させた反転決定ベクトル $[RD^{si}]$ を生成する(ステップS108)。

【0104】

そして、メトリック値算出部002C5は、ステップS108の処理で反転決定ベクトル生成部002C4により生成された反転決定ベクトル $[RD^{si}]$ と軟入力ベクトル $[R^i]$ とのメトリック値 M^{si} を算出し、インデックス番号 s と反転決定ベクトル $[RD^{si}]$ と当該反転決定ベクトル $[RD^{si}]$ のメトリック値 M^{si} とを対応付けてメトリック値情報テーブルT6に登録する(ステップS109)。

【0105】

そして、復号部002Cは、個数カウンタ002C11のカウント値 m_k をインクリメントし(ステップS110)、判定部002C7は、ステップS110の処理でインクリメントされた後のカウント値 m_k が、ステップS103の処理で取得した要素ビット k に対応する反転パターンの個数 M_k を越えたか否かを判定する(ステップS111)。カウント値 m_k が個数 M_k 以下であると判定された場合には(ステップS111; NO)、処理はステップS105の処理に戻り、前述の処理を繰り返す。

【0106】

一方、カウント値 m_k が個数 M_k を越えたと判定された場合には(ステップS111; YES)、コンカーレント符号語特定部002C6は、メトリック値情報テーブルT6のインデックス番号 s の欄を検索し、要素ビット k に対応するインデックス番号群 $[s^k]$ に含まれるインデックス番号 s^k_n と一致するインデックス番号 s に対応する反転決定ベクトル $[RD^{si}]$ のメトリック値 M^{si} のうちで、最小のメトリック値を持つ反転決定ベクトル $[RD^{si}]$ を特定し、要素ビット k のコンカーレント符号語 $[C^{ki}]$ とし、そのメトリック値 M^{ck_i} を記憶部002C1に格納する(ステップS112)。

【0107】

そして、軟出力ベクトル算出部002C8は、ステップS112の処理で特定した要素ビット k のコンカーレント符号語 $[C^{ki}]$ のメトリック値 M^{ck_i} とステップS101の処理で記憶部002C1に格納されたメトリック値 M^{di} を用いて、上述した算出式(数3)により、要素ビットカウンタ002C12のカウント値 k に対応する第 k 番目の軟出力ベクトル $[rr^i]$ の構成要素 rr^i_k を算出し、算出した構成要素 rr^i_k を記憶部002C1に格納する(ステップS113)。そして、復号部002Cは、要素ビットカウンタ002C12のカウント値 k をインクリメントし(ステップS114)、判定部002C7は、ステップS114の処理でインクリメントされた後の要素ビットカウンタ002C12のカウント値 k が決定ベクトル $[C^{di}]$ の要素ビット個数 $N1$ (行方向の符号長)を越えたか否かを判定する(ステップS115)。

【0108】

カウント値 k が要素ビット個数 $N1$ 以下であると判定された場合には(ステップS115; NO)、処理はステップS103の処理に戻り、前述の処理を繰り返す。一方、カウント値 k が要素ビット個数 $N1$ を越えたと判定された場合には(ステップS115; YES)、軟出力ベクトル算出部002C8は、前述の処理を決定ベクトル $[C^{di}]$ の要素ビット回数($N1$ 回)繰り返すことで得られた、構成要素 rr^i_k ($k=1, 2, \dots, N1$)から、第 i 番目の行に対応する軟出力ベクトル $[rr^i]$ ($= (rr^i_1, rr^i_2, \dots, rr^i_{N1})$)を生成すると共に、メトリック値情報テーブルT6を初期化する(ステップS116)。

【0109】

次に、図3と図8と図9を参照して、復号部002Cの各機能部の動作を具体的な数値等を用いて説明する。

要素ビットカウンタ002C12のカウント値 k が"1"の場合(ステップS102)、検索部002C3は、図3(a)に例示する番号情報テーブルT1から要素ビット"1"に対応する反転パターンの個数 $M1$ 、すなわち、"4"を取得する(ステップS103

10

20

30

40

50

）。復号部 002C は、個数カウンタ 002C11 のカウンタ値 $m1$ を初期化、すなわち、 $m1 = 1$ とする（ステップ S104）。

【0110】

そして、検索部 002C3 は、図 8 (a) に例示するインデックス情報テーブル T4 を検索して、個数カウンタ 002C11 のカウンタ値 $m1$ は "1" なので、要素ビット "1" に対応するインデックス番号群 (1, 6, 14, 21) からインデックス番号 s^1_1 、すなわち、インデックス番号 "1" を取得する（ステップ S105）。次に、検索部 002C3 は、図 8 (b) に例示する反転パターン情報テーブル T5 を検索して、検索部 002C3 によりインデックス情報テーブル T4 から取得されたインデックス番号 "1" に対応する反転パターン P1、すなわち、反転パターン (1, 4, 6) を取得する（ステップ S106）。

10

【0111】

そして、判定部 002C7 は、記憶部 002C1 に記憶されているメトリック値情報テーブル T6 のインデックス番号 s の欄を検索し、インデックス番号 "1" と一致するインデックス番号 s が登録されているか否かを判定する（ステップ S107）。メトリック値情報テーブル T6 の例を示す図 6 の例では、インデックス番号 "1" がメトリック値情報テーブル T6 にまだ登録されていないことから、判定部 002C7 は、インデックス番号 "1" と一致するインデックス番号 s が登録されていないと判定し（ステップ S107; NO）、反転決定ベクトル生成部 002C4 は、検索部 002C3 により取得された反転パターン (1, 4, 6) が指示する決定ベクトル $[C^{d,i}]$ ($[D^i]$) の要素ビット位置を反転させた反転決定ベクトル $[RD^{1,i}]$ を生成する（ステップ S108）。すなわち、決定ベクトル $[C^{d,i}]$ ($[D^i]$) の要素ビット位置 "1" と "4" と "6" を反転させることで得られたベクトルを反転決定ベクトル $[RD^{1,i}]$ とする。

20

【0112】

そして、メトリック値算出部 002C5 は、反転決定ベクトル生成部 002C4 により生成された反転決定ベクトル $[RD^{1,i}]$ と軟入力ベクトル $[R^i]$ との間のメトリック値 $M^{1,i}$ を算出し、反転決定ベクトル生成部 002C4 により生成された反転決定ベクトル $[RD^{1,i}]$ と当該反転決定ベクトル $[RD^{1,i}]$ のメトリック値 $M^{1,i}$ とインデックス番号 "1" とを対応付けてメトリック値情報テーブル T6 に登録する（ステップ S109）。

30

【0113】

そして、復号部 002C は、個数カウンタ 002C11 のカウンタ値 $m1$ をインクリメントし（ステップ S110）、判定部 002C7 は、個数カウンタ 002C11 のカウンタ値 $m1$ が、検索部 002C3 が番号情報テーブル T1 から取得した要素ビット "1" に対応する反転パターンの個数 $M1$ 、すなわち、"4" を越えたか否かを判定する（ステップ S111）。個数カウンタ 002C11 のカウンタ値 $m1 = 2$ なので、判定部 002C7 は、カウンタ $m1$ は "4" 以下であると判定し（ステップ S111; NO）、処理は、ステップ S105 の処理に戻る。そして、検索部 002C3 は、図 8 (a) に例示するインデックス情報テーブル T4 を検索して、個数カウンタ 002C11 のカウンタ値 $m1$ は "2" なので、要素ビット "1" に対応するインデックス番号群 (1, 6, 14, 21) からインデックス番号 s^1_2 、すなわち、インデックス番号 "6" を取得し、前述の処理を繰り返す。

40

【0114】

インデックス番号 s^1_4 、すなわち、インデックス番号 "21" までの処理を終えると（ステップ S111; YES）、コンカーレント符号語特定部 002C6 は、記憶部 002C1 に格納されているメトリック値情報テーブル T6 のインデックス番号 s の欄を検索して、インデックス番号 "1" と "6" と "14" と "21" に対応するメトリック値 $M^{s,i}$ の中から、メトリック値が最小となる反転決定ベクトル $[RD^{s,i}]$ を特定し、その反転決定ベクトル $[RD^{s,i}]$ を要素ビット "1" のコンカーレント符号語 $[C^{1,i}]$ とすると共に、その最小のメトリック値を要素ビット "1" のコンカーレント符号語 $[C^1$

50

i] のメトリック値 $M^{c^1 i}$ として記憶部 002C1 に格納する (ステップ S112)。

【0115】

そして、軟出力ベクトル算出部 002C8 は、記憶部 002C1 に格納されている決定ベクトル $[C^{d i}]$ ($[D^i]$) のメトリック値 $M^{d i}$ と要素ビット "1" のコンカレント符号語 $[C^{1 i}]$ のメトリック値 $M^{c^1 i}$ と決定ベクトル $[C^{d i}]$ ($[D^i]$) の要素ビット "1" (第 1 番目) の構成要素 $C^{d i} 1$ とを用いて、上述した算出式 (数 3) より、軟出力ベクトル $[r r^i]$ の第 1 番目の構成要素 $r r^i 1$ を算出し、記憶部 002C1 に格納する (ステップ S113)。

【0116】

そして、復号部 002C は、要素ビットカウンタ 002C12 のカウンタ値 k をインクリメントし (ステップ S114)、判定部 002C7 は、インクリメント後のカウンタ値 k が行方向の符号長 "17" を越えたか否かを判定する (ステップ S115)。インクリメント後のカウンタ値 k が行方向の符号長 "17" を越えるまで、前述の処理を繰り返し、軟出力ベクトル算出部 002C8 は、軟出力ベクトル $[r r^i]$ の各構成要素 $r r^i k$ ($k = 1, 2, \dots, 17$) を算出し、記憶部 002C1 に格納する。

【0117】

判定部 002C7 が、インクリメント後のカウンタ値 k が行方向の符号長 "17" を越えたと判定すると (ステップ S115; YES)、軟出力ベクトル算出部 002C8 は、算出した構成要素 $r r^i k$ ($k = 1, 2, \dots, 17$) から軟出力ベクトル $[r r^i]$ を生成すると共に、メトリック値情報テーブル T6 を初期化する (ステップ S116)。

【0118】

本実施形態によれば、要素ビット k と反転パターン群とが対応付けられている反転パターン情報テーブル T2 を、インデックス番号情報テーブル T4 と反転パターン情報テーブル T5 に分割し、反転パターン群に含まれる反転パターン $P m k$ のうちで、重複する反転パターンを除く反転パターンとインデックス番号 s とを対応付けることで、異なる要素ビット間で重複する反転パターン分だけ、テーブルサイズをコンパクトにすることが可能となる。

【0119】

また、本実施形態によれば、判定部 002C7 が、記憶部 002C1 に格納されているメトリック値情報テーブル T6 のインデックス番号 s の欄を検索し、処理対象のインデックス番号 $s^k n$ と一致するインデックス番号 s が登録されているか否かを判定し、処理対象のインデックス番号 $s^k n$ と一致するインデックス番号 s が登録されていないと判定された場合のみ、反転決定ベクトル生成部 002C4 は、インデックス番号 $s^k n$ と一致するインデックス番号 s に対応する反転パターン $P s$ から反転決定ベクトル $[R D^{s i}]$ を生成し、メトリック値算出部 002C5 は、当該反転決定ベクトル $[R D^{s i}]$ のメトリック値 $M^{s i}$ を算出し、インデックス番号 s と反転決定ベクトル $[R D^{s i}]$ と当該反転決定ベクトル $[R D^{s i}]$ のメトリック値 $M^{s i}$ とを対応付けてメトリック値情報テーブル T6 に登録する。こうすることで、異なる要素ビット間で反転パターンが重複する場合に、重複する反転決定ベクトル生成処理とメトリック算出処理を省くことが可能となり、復号処理を高速化することが可能となる。

【0120】

(実施形態 3)

実施形態 2 においては、要素ビット k と反転パターン群とが対応付けられている反転パターン情報テーブル T2 をインデックス番号情報テーブル T4 と反転パターン情報テーブル T5 とに分割して記憶部 002C1 に格納すると共に、インデックス番号 s と反転決定ベクトル $[R D^{s i}]$ と当該反転決定ベクトル $[R D^{s i}]$ のメトリック値 $M^{s i}$ とが対応付けられているメトリック値情報テーブル T6 を記憶部 002C1 に格納した。そして、検索部 002C3 は、インデックス番号情報テーブル T4 から取得したインデックス番号 $s^k n$ と一致するインデックス番号 s に対応する反転パターン $P s$ を反転パターンテーブル情報テーブル T5 から取得した。

10

20

30

40

50

【 0 1 2 1 】

そして、判定部 0 0 2 C 7 は、反転決定ベクトル生成部 0 0 2 C 4 が検索部 0 0 2 C 3 により取得された反転パターン P_s から反転決定ベクトル $[RD^{s,i}]$ を生成するのに先立って、メトリック値情報テーブル T 6 のインデックス番号 s の欄を検索し、処理対象のインデックス番号 s^k と一致するインデックス番号 s が登録されているか否かを判定した。そして、処理対象のインデックス番号 s^k と一致するインデックス番号 s が登録されていないと判定された場合のみ、反転決定ベクトル生成部 0 0 2 C 4 は、反転パターン P_s から反転決定ベクトル $[RD^{s,i}]$ を生成し、メトリック値算出部 0 0 2 C 5 は、反転決定ベクトル $[RD^{s,i}]$ のメトリック値 $M^{s,i}$ を算出し、インデックス番号 s と反転決定ベクトル $[RD^{s,i}]$ と当該反転決定ベクトル $[RD^{s,i}]$ のメトリック値 $M^{s,i}$ とを対応付けてメトリック値情報テーブル T 6 に登録した。

10

【 0 1 2 2 】

本実施形態では、反転パターン P_{mk} (又は P_s) が反転を指示する要素ビット位置 p^{mk} における決定ベクトル $[C^{d,i}]$ ($[D^i]$) の構成要素 $D^i p^{mk}$ に着眼し、上述した軟出力ベクトルの算出式 (数 3) を簡略化すると共に、詳しくは後述する差分情報テーブル T 7 を用いて、軟出力ベクトル $[rr^i]$ を算出することで、復号処理をさらに高速化する。

【 0 1 2 3 】

本実施形態における、デジタ通信システム 1 の構成は、図 1 に示す実施形態 1 の構成と基本的に同じである。但し、復号部 0 0 2 C が備える機能部は、図 1 1 に示すように、記憶部 0 0 2 C 1 と、決定ベクトル算出部 0 0 2 C 2 と、検索部 0 0 2 C 3 と、判定部 0 0 2 C 7 と、軟出力ベクトル算出部 0 0 2 C 8 と、行 (列) カウンタ 0 0 2 C 9 と、繰り返し回数カウンタ 0 0 2 C 10 と、個数カウンタ 0 0 2 C 11 と、要素ビットカウンタ 0 0 2 C 12 のみであり、復号部 0 0 2 C は、さらに、差分算出部 0 0 2 C 13 を備える点で、実施形態 1 とは異なる。また、記憶部 0 0 2 C 1 は、メトリック値情報テーブル T 3 のかわりに詳しくは後述する差分情報テーブル T 7 を格納する点で、実施形態 1 とは異なる。さらに、軟出力ベクトル算出部 0 0 2 C 8 が果たす機能が若干実施形態 1 とは異なる。

20

【 0 1 2 4 】

なお、本実施形態において以下に説明する発明は、実施形態 1 と 2 のいずれにも適用可能である。以下、実施形態 1 に適用した場合について説明する。

30

【 0 1 2 5 】

軟出力ベクトル算出部 0 0 2 C 8 は、記憶部 0 0 2 C 1 に格納されている差分情報テーブル T 7 を検索して、反転パターン P_{mk} が反転を指示する要素ビット位置 p^{mk} における決定ベクトル $[C^{d,i}]$ ($[D^i]$) の構成要素 $D^i p^{mk}$ と軟入力ベクトル $[R^i,]$ の対応する構成要素 R^i, p^{mk} との積 $(D^i p^{mk}) \times (R^i, p^{mk})$ の和 $\Sigma (D^i p^{mk}) \times (R^i, p^{mk})$ の中で、最小の値 $\min \Sigma (D^i p^{mk}) \times (R^i, p^{mk})$ を取得し、後述する算出式 (数 7) により、軟出力ベクトル $[rr^i]$ の各構成要素 $rr^i k$ を算出し、記憶部 0 0 2 C 1 に格納する。そして、全ての構成要素 $rr^i k$ ($k = 1, 2, \dots, N1$) を算出すると、軟出力ベクトル $[rr^i] = (rr^i 1, rr^i 2, \dots, rr^i N1)$ を生成する。

40

【 0 1 2 6 】

差分算出部 0 0 2 C 13 は、検索部 0 0 2 C 3 により反転パターン情報テーブル T 2 から取得された反転パターン P_{mk} が反転を指示する要素ビット位置 p^{mk} における決定ベクトル $[C^{d,i}]$ ($[D^i]$) の構成要素 $D^i p^{mk}$ と軟入力ベクトル $[R^i,]$ の対応する構成要素 R^i, p^{mk} との積を反転パターン P_{mk} が指示する要素ビット位置 p^{mk} ごとに求め、それらの積の和 $\Sigma (D^i p^{mk}) \times (R^i, p^{mk})$ と反転パターン P_{mk} とを対応付けて差分情報テーブル T 7 に登録する。

【 0 1 2 7 】

ここで、図 1 2 を参照して、記憶部 0 0 2 C 1 が格納する差分情報テーブル T 7 について説明する。図 1 2 は、要素ビット k における差分情報テーブル T 7 の例を示す図であり

50

、反転パターン P_{mk} と、当該反転パターン P_{mk} が反転を指示する各要素ビット位置 p_{mk} における決定ベクトル $[C^{di}]$ ($[D^i]$) の構成要素 $D^i_{p_{mk}}$ と軟入力ベクトル $[R^i]$ の対応する構成要素 $R^i_{p_{mk}}$ との積 $(D^i_{p_{mk}}) \times (R^i_{p_{mk}})$ の和 $\Sigma (D^i_{p_{mk}}) \times (R^i_{p_{mk}})$ (p_{mk} (反転パターン P_{mk} が反転を指示する各要素ビット位置)) と、が対応付けられて登録されている。要素ビット位置 p_{mk} は、上述したように、反転パターン P_{mk} が反転を指示する各要素ビット位置を示し、例えば、反転パターンが $(1, 2, 15)$ の場合は、 p_{mk} $(1, 2, 15)$ となる。

【0128】

次に、反転パターン P_{mk} が反転を指示する各要素ビット位置 p_{mk} における、積 $(D^i_{p_{mk}}) \times (R^i_{p_{mk}})$ の和である $\Sigma (D^i_{p_{mk}}) \times (R^i_{p_{mk}})$ (p_{mk} (反転パターン P_{mk} が反転を指示する各要素ビット位置)) が、反転決定ベクトル $[RD^{mk,i}]$ のメトリック値 $M^{mk,i}$ から決定ベクトル $[C^{di}]$ ($[D^i]$) のメトリック値 M^{di} を減算し $1/4$ を乗算した値 $(M^{mk,i} - M^{di}) / 4$ に等しいことを説明する。

【0129】

反転パターン P_{mk} が反転を指示する要素ビット位置 p_{mk} における決定ベクトル $[C^{di}]$ ($[D^i]$) の構成要素 $D^i_{p_{mk}}$ と反転決定ベクトル $[RD^{mk,i}]$ の対応する構成要素 $RD^{mk,i}_{p_{mk}}$ とでは、 $RD^{mk,i}_{p_{mk}} = -D^i_{p_{mk}}$ の関係が成り立ち、それ以外の要素ビット位置における決定ベクトル $[C^{di}]$ ($[D^i]$) の構成要素 D^i_p ($p \neq p_{mk}$) と反転決定ベクトル $[RD^{mk,i}]$ の対応する構成要素 $RD^{mk,i}_p$ とでは、 $RD^{mk,i}_p = D^i_p$ (但し、 $p \neq p_{mk}$) の関係が成り立つ。したがって、 $(M^{mk,i} - M^{di}) = \Sigma (RD^{mk,i}_p - R^i_p)^2 - \Sigma (D^i_p - R^i_p)^2 = 4 \Sigma (D^i_{p_{mk}}) \times (R^i_{p_{mk}})$ (p_{mk} (反転パターン P_{mk} が反転を指示する各要素ビット位置)) となる。

【0130】

また、軟出力ベクトル $[rr^i]$ の第 k 番目の構成要素 rr^i_k は、上述した算出式 (数3) に示すように、要素ビット k のコンカレント符号語 $[C^{ki}]$ のメトリック値 $M^{ck,i}$ を用いて算出され、このメトリック値 $M^{ck,i}$ は要素ビット k に対応する各反転パターン P_{mk} ($mk = 1, 2, \dots, Mk$) から生成された反転決定ベクトル $[RD^{mk,i}]$ のメトリック値 $M^{mk,i}$ の中で最小のメトリック値である。したがって、 $(M^{ck,i} - M^{di}) = \min (M^{mk,i} - M^{di}) = \min 4 \Sigma (D^i_{p_{mk}}) \times (R^i_{p_{mk}})$ (p_{mk} (反転パターン P_{mk} が反転を指示する各要素ビット位置)) である。

【0131】

すなわち、上述した軟出力ベクトル $[rr^i]$ の算出式 (数3) は、以下のように書き換えることが可能である。

(数7)

$$rr^i_k = (M^{ck,i} - M^{di}) \cdot D^i_k / 4 = \min D^i_k \cdot \Sigma (D^i_{p_{mk}}) \times (R^i_{p_{mk}}) \quad (p_{mk} \text{ (反転パターン } P_{mk} \text{ が反転を指示する各要素ビット位置)})$$

【0132】

次に、図13を参照して、本実施形態における、軟出力ベクトル生成処理について説明する。この軟出力ベクトル生成処理は、上述したように、図5に示す復号処理のステップ005とステップ012の処理に対応する処理である。なお行における軟出力ベクトル生成処理と列における軟出力ベクトル生成処理とは同様の処理であることから、行における軟出力ベクトル生成処理、すなわち、ステップ005の処理に対応する処理について説明する。

【0133】

決定ベクトル算出部002C2は、図5のステップ003の処理で求めた第 i 行目 ($i = 1, 2, \dots, N2$) の軟入力ベクトル $[R^i]$ と図5のステップ004の処理で求めた第 i 行目 ($i = 1, 2, \dots, N2$) の決定ベクトル $[D^i]$ を用いて、従来技術である Chase 復号により生成した候補符号語 $[C^t]$ の中から、軟入力ベクトル $[R^i]$

とのメトリック値が最小となる候補符号語 $[C^{d,i}]$ を決定ベクトルとする（つまり、決定ベクトル $[D^i]$ を新たに求めた決定ベクトル $[C^{d,i}]$ で更新する）と共に、候補符号語 $[C^{d,i}]$ のメトリック値 $M^{d,i}$ を記憶部 002C1 に格納する（ステップ S201）。以下、候補符号語 $[C^{d,i}]$ で更新された決定ベクトル $[D^i]$ を決定ベクトル $[C^{d,i}]$ ということとする。

【0134】

そして、復号部 002C は、要素ビットカウンタ 002C12 を初期化し、カウンタ値 k を "1" とし（ステップ S202）、検索部 002C3 は、記憶部 002C1 に格納されている個数情報テーブル T1 を検索して、要素ビットカウンタ 002C12 のカウンタ値 k の要素ビットに対応する反転パターン P_{mk} の個数 M_k を取得する（ステップ S203）。そして、復号部 002C は、個数カウンタ 002C11 を初期化し、カウンタ値 m_k を "1" とし（ステップ S204）、検索部 002C3 は、記憶部 002C1 に格納されている反転パターン情報テーブル T2 を検索して、要素ビットカウンタ 002C12 のカウンタ値 k の要素ビットに対応する反転パターン群から、個数カウンタ 002C11 のカウンタ値 m_k に対応する反転パターン P_{mk} を取得する（ステップ S205）。

【0135】

そして、差分算出部 002C13 は、ステップ S205 の処理で検索部 002C3 が取得した反転パターン P_{mk} が反転を指示する要素ビット位置 p^{mk} における決定ベクトル $[C^{d,i}]$ ($[D^i]$) の構成要素 $D^i_{p^{mk}}$ と軟入力ベクトル $[R^{i'}]$ の対応する構成要素 $R^{i'}_{p^{mk}}$ との積を反転パターン P_{mk} が指示する要素ビット位置 p^{mk} ごとに求め、それらの積の和 $\sum (D^i_{p^{mk}}) \times (R^{i'}_{p^{mk}})$ と反転パターン P_{mk} とを対応付けて差分情報テーブル T7 に登録する（ステップ S206）。

【0136】

そして、復号部 002C は、個数カウンタ 002C11 のカウンタ値 m_k をインクリメントし（ステップ S207）、判定部 002C7 は、ステップ S207 の処理でインクリメントされた後のカウンタ値 m_k が、ステップ S203 の処理で取得した反転パターン P_{mk} の個数 M_k を越えたか否かを判定する（ステップ S208）。カウンタ値 m_k が個数 M_k 以下であると判定された場合には（ステップ S208；NO）、処理はステップ S205 の処理に戻り、前述の処理を繰り返す。

【0137】

一方、カウンタ値 m_k が個数 M_k を越えたと判定された場合には（ステップ S208；YES）、軟出力ベクトル算出部 002C8 は、記憶部 002C1 に格納されている差分情報テーブル T7 を検索して、要素ビット k に対応する各反転パターン P_{mk} が反転を指示する要素ビット位置 p^{mk} における決定ベクトル $[C^{d,i}]$ ($[D^i]$) の構成要素 $D^i_{p^{mk}}$ と軟入力ベクトル $[R^{i'}]$ の対応する構成要素 $R^{i'}_{p^{mk}}$ との積 $(D^i_{p^{mk}}) \times (R^{i'}_{p^{mk}})$ の和 $\sum (D^i_{p^{mk}}) \times (R^{i'}_{p^{mk}})$ の中から、最小の値 $\min \sum (D^i_{p^{mk}}) \times (R^{i'}_{p^{mk}})$ を取得する。そして、上述した算出式（数7）により、要素ビットカウンタ 002C12 のカウンタ値 k に対応する第 k 番目の軟出力ベクトル $[r_{r^i}]$ の構成要素 $r_{r^i,k}$ を算出し、算出した構成要素 $r_{r^i,k}$ を記憶部 002C1 に格納する（ステップ S209）。

【0138】

そして、復号部 002C は、要素ビットカウンタ 002C12 のカウンタ値 k をインクリメントすると共に、記憶部 002C1 に格納されている差分情報テーブル T7 を初期化する（ステップ S210）。そして、判定部 002C7 は、ステップ S210 の処理でインクリメントされた後の要素ビットカウンタ 002C12 のカウンタ値 k が決定ベクトル $[C^{d,i}]$ の要素ビット個数 $N1$ （行方向の符号長）を越えたか否かを判定する（ステップ S211）。

【0139】

カウンタ値が要素ビット個数 $N1$ 以下であると判定された場合には（ステップ S211；NO）、処理はステップ S203 の処理に戻り、前述の処理を繰り返す。一方、カウン

10

20

30

40

50

タ値が要素ビット個数 $N1$ を越えたと判定された場合には（ステップ $S211$; YES）、軟出力ベクトル算出部 $002C8$ は、前述の処理を決定ベクトル $[C^{di}]$ の要素ビット個数回（ $N1$ 回）繰り返すことで得られた、構成要素 rr^ik （ $k = 1, 2, \dots, N1$ ）から、第 i 番目の行に対応する軟出力ベクトル $[rr^i]$ （ $= (rr^i1, rr^i2, \dots, rr^iN1)$ ）を生成する（ステップ $S212$ ）。

【0140】

本実施形態によれば、軟出力ベクトル算出部 $002C8$ が軟出力ベクトル $[rr^i]$ の各構成要素 rr^ik を算出するのに際し、記憶部 $002C1$ に格納されている、差分算出部 $002C13$ により生成された差分情報テーブル $T7$ を用いる構成とした。こうすることで、反転ベクトル生成処理とメトリック値算出処理とコンカーレント符号語特定処理を省略することが可能となり、復号処理をさらに高速化することが可能となる。

10

【0141】

また、本実施形態によれば、差分情報テーブル $T7$ には、反転パターン Pmk と、当該反転パターン Pmk が反転を指示する各要素ビット位置 p^{mk} における決定ベクトル $[C^{di}]$ （ $[D^i]$ ）の構成要素 D^ip^{mk} と軟入力ベクトル $[R^i]$ の対応する構成要素 R^ip^{mk} との積 $(D^ip^{mk}) \times (R^ip^{mk})$ の和 $\sum (D^ip^{mk}) \times (R^ip^{mk})$ （ p^{mk} （反転パターン Pmk が反転を指示する各要素ビット位置））と、が対応付けられている。そのため、必要に応じて、差分情報テーブル $T7$ から、要素ビット k のコンカーレント符号語 $[C^{ki}]$ を特定することが可能となる。具体的には、和 $\sum (D^ip^{mk}) \times (R^ip^{mk})$ が最小となる反転パターン Pmk を特定し、その反転パターン Pmk から反転決定ベクトル $[RD^{mk,i}]$ を生成し、生成した反転決定ベクトル $[RD^{mk,i}]$ が要素ビット k のコンカーレント符号語 $[C^{ki}]$ となる。

20

【0142】

なお、上記実施形態における無線送信装置 001 と無線受信装置 002 は、それぞれ基地局及び移動情報端末に適用でき、ピアツーピア通信装置等に適用できる。

【0143】

また、上記実施形態において、行方向と列方向に対して 1 又は 2 つの線形符号より符号化された 2 次元積符号の復号方法について説明したが、これに限定されるものではなく、本発明は、1 又は複数の線形符号による多次元積符号における復号においても適用できる。

30

【0144】

また、上記実施形態において、検索部 $002C3$ は、記憶部 $002C1$ に格納されている個数情報テーブル $T1$ から処理対象の要素ビット k に対応する反転パターン Pmk の個数を取得すると説明したが、これに限定される物ではなく、反転パターン情報テーブル $T2$ （又は $T5$ ）から反転パターン Pmk の個数を取得してもよい。この場合、個数情報テーブル $T1$ は不要となる。

【0145】

また、上記実施形態における復号処理において、積符号化情報行列 $\{R\}$ からの行又は列の読み出し順序は任意である。

【0146】

40

なお、上記実施形態において、実行されるプログラムは、フレキシブルディスク、CD-ROM (Compact Disc Read-Only Memory)、DVD、MO (Magneto-Optical Disc) 等のコンピュータ読み取り可能な記録媒体に格納して配布し、そのプログラムをインストールすることにより、上述の処理を実行することとしてもよい。

また、プログラムをインターネット等の通信ネットワーク上の所定のサーバ装置が有するディスク装置等に格納しておき、例えば、搬送波に重畳させて、取得等するようにしてもよい。

【0147】

以上、本発明の好ましい実施形態について説明したが、本発明は係る特定の実施形態に限定されるものではなく、本発明には、特許請求の範囲に記載された発明とその均等の範

50

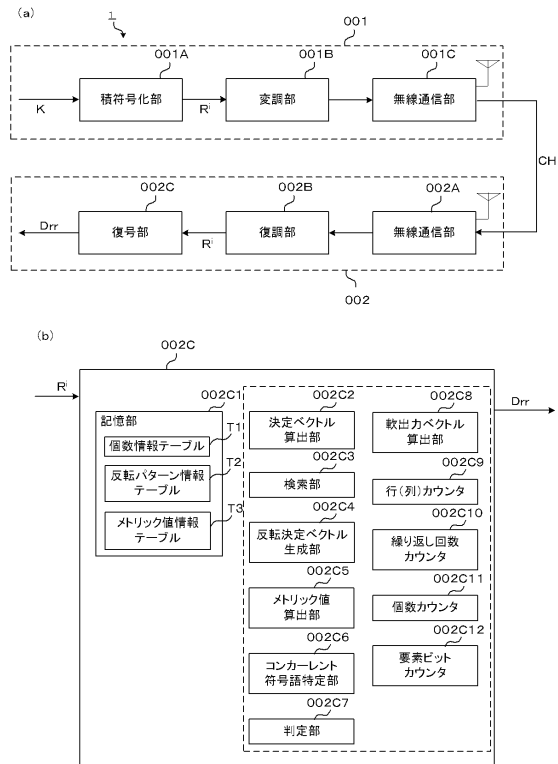
図が含まれる。

【符号の説明】

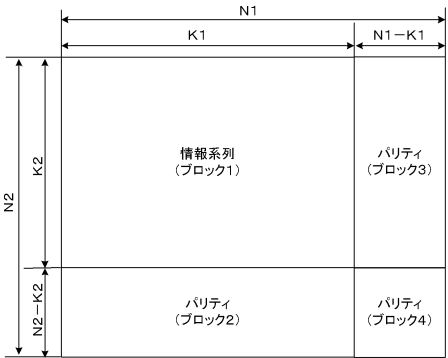
【0148】

1	デジタル通信システム	
001	無線送信装置	
001A	積符号化部	
001B	変調部	
001C	無線通信部	
CH	通信路	
002	無線受信装置	10
002A	無線通信部	
002B	復調部	
002C	復号部	
002C1	記憶部	
002C2	決定ベクトル算出部	
002C3	検索部	
002C4	反転決定ベクトル生成部	
002C5	メトリック値算出部	
002C6	コンカーレント符号語特定部	
002C7	判定部	20
002C8	軟出力ベクトル算出部	
002C9	行（列）カウンタ	
002C10	繰り返し回数カウンタ	
002C11	個数カウンタ	
002C12	要素ビットカウンタ	
002C13	差分算出部	
T1	個数情報テーブル	
T2, T5	反転パターン情報テーブル	
T3, T6	メトリック値情報テーブル	
T4	インデックス番号情報テーブル	30
T7	差分情報テーブル	
K	情報系列	
R ⁱ	積符号化行情報ベクトル	
Dr _r	硬判定行列	
P _{m1}	反転パターン	
P _{m17}	反転パターン	
M ₁ , M ₁₇	反転パターン個数	
s ³⁴ , s ¹⁷¹	インデックス番号	

【図 1】



【図 2】



【図 3】

(a)

要素ビットk	反転パターン個数Mk
1	4
2	4
3	4
4	4
5	3
6	4
7	5
8	5
9	4
10	4
11	5
12	5
13	4
14	3
15	4
16	3
17	4

(b)

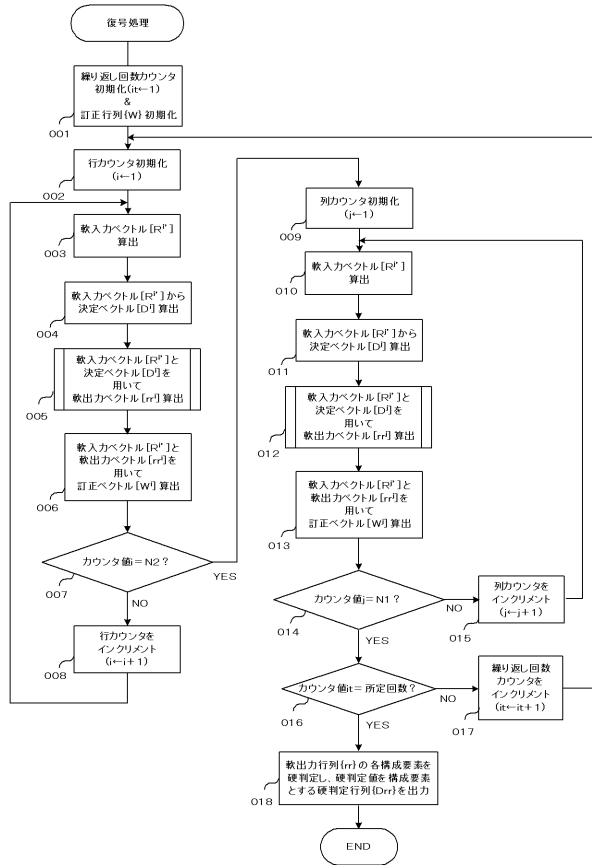
要素ビットk	反転パターン群
1	(1, 2, 15), (1, 4, 6), (1, 7, 11), (1, 8, 17)
2	(1, 2, 15), (2, 3, 16), (2, 5, 7), (2, 8, 12)
3	(2, 3, 16), (3, 4, 17), (3, 6, 8), (3, 9, 13)
4	(1, 4, 6), (3, 4, 17), (4, 7, 9), (4, 10, 14)
5	(2, 5, 7), (5, 8, 10), (5, 11, 15)
6	(1, 4, 6), (3, 6, 8), (6, 9, 11), (6, 12, 16)
7	(1, 7, 11), (2, 5, 7), (4, 7, 9), (7, 10, 12), (7, 13, 17)
8	(1, 8, 17), (2, 8, 12), (3, 6, 8), (5, 8, 10), (8, 11, 13)
9	(3, 9, 13), (4, 7, 9), (6, 9, 11), (9, 12, 14)
10	(4, 10, 14), (5, 8, 10), (7, 10, 12), (10, 13, 15)
11	(1, 7, 11), (5, 11, 15), (6, 9, 11), (8, 11, 13), (11, 14, 16)
12	(2, 8, 12), (6, 12, 16), (7, 10, 12), (9, 12, 14), (12, 15, 17)
13	(3, 9, 13), (7, 13, 17), (8, 11, 13), (10, 13, 15)
14	(4, 10, 14), (9, 12, 14), (11, 14, 16)
15	(1, 2, 15), (5, 11, 15), (10, 13, 15), (12, 15, 17)
16	(2, 3, 16), (6, 12, 16), (11, 14, 16)
17	(1, 8, 17), (3, 4, 17), (7, 13, 17), (12, 15, 17)

【図 4】

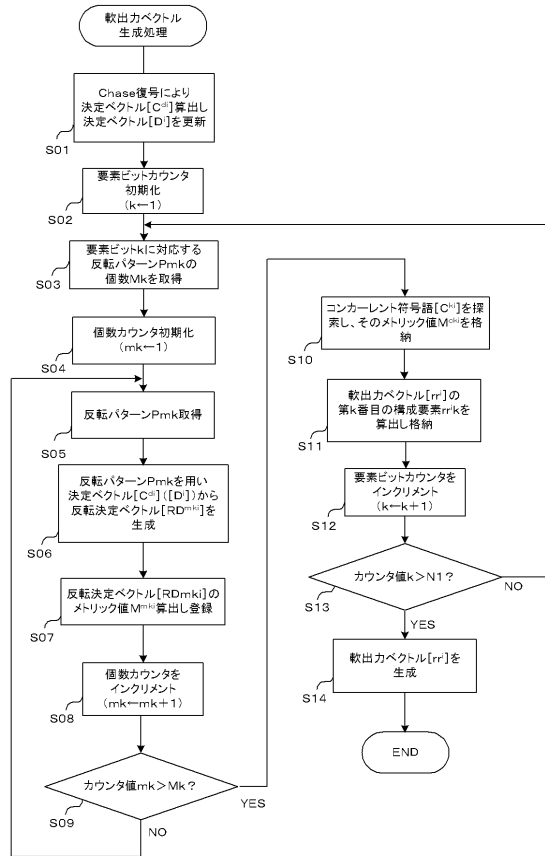
T3

メトリック値 M^{mki}	反転決定ベクトル $[RD^{mki}]$
$M^{mki}(mk=1)$	$[RD^{mki}](mk=1)$
$M^{mki}(mk=2)$	$[RD^{mki}](mk=2)$
$M^{mki}(mk=3)$	$[RD^{mki}](mk=3)$
$M^{mki}(mk=4)$	$[RD^{mki}](mk=4)$
$M^{mki}(mk=5)$	$[RD^{mki}](mk=5)$
$M^{mki}(mk=6)$	$[RD^{mki}](mk=6)$
⋮	⋮
$M^{mki}(mk=Mk)$	$[RD^{mki}](mk=Mk)$

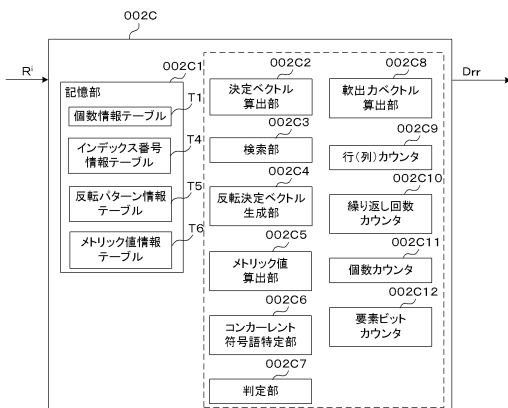
【図 5】



【図 6】



【図 7】



【図 8】

(a)

要素ビットk	インデックス番号群 [s ^k]
1	(1, 6, 14, 21)
2	(2, 8, 14, 17)
3	(3, 10, 17, 20)
4	(1, 3, 12, 20)
5	(2, 5, 15)
6	(1, 3, 7, 18)
7	(2, 4, 6, 9, 22)
8	(3, 5, 8, 11, 21)
9	(4, 7, 10, 13)
10	(5, 9, 12, 16)
11	(6, 7, 11, 15, 19)
12	(8, 9, 13, 18, 23)
13	(10, 11, 16, 22)
14	(12, 13, 19)
15	(14, 15, 16, 23)
16	(17, 18, 19)
17	(20, 21, 22, 23)

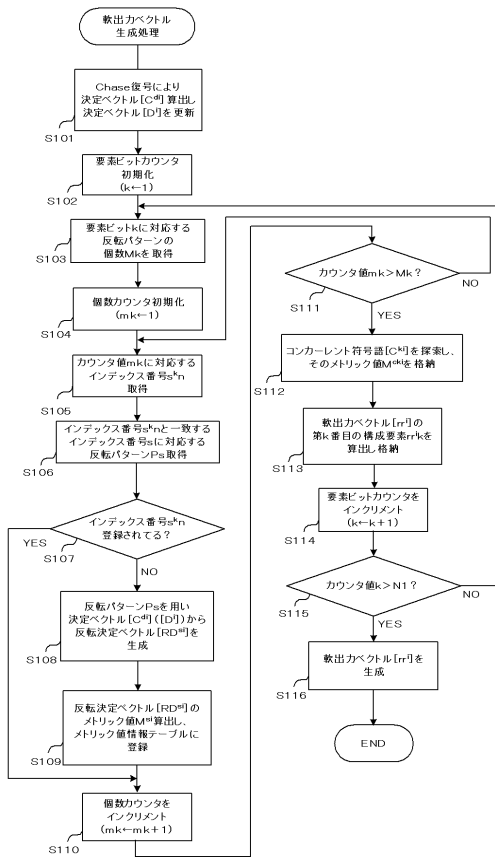
(b)

インデックス番号s	反転パターンPs
1	(1, 4, 6)
2	(2, 5, 7)
3	(3, 6, 8)
4	(4, 7, 9)
5	(5, 8, 10)
6	(1, 7, 11)
7	(6, 9, 11)
8	(2, 8, 12)
9	(7, 10, 12)
10	(3, 9, 13)
11	(8, 11, 13)
12	(4, 10, 14)
13	(9, 12, 14)
14	(1, 2, 15)
15	(5, 11, 15)
16	(10, 13, 15)
17	(2, 3, 16)
18	(6, 12, 16)
19	(11, 14, 16)
20	(3, 4, 17)
21	(1, 8, 17)
22	(7, 13, 17)
max s ⁿ = 23	(12, 15, 17)

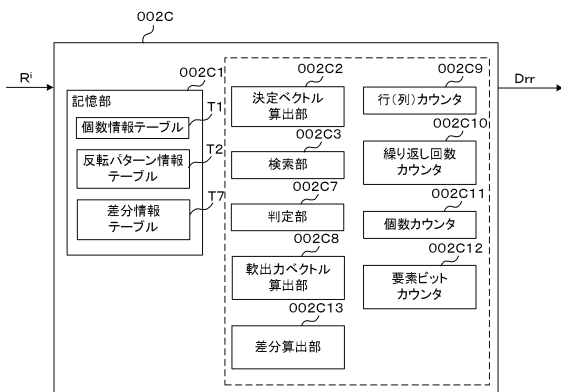
【 図 9 】

T6		
インデックス番号s	メトリック値 M^{si}	反転決定ベクトル $[RD^{si}]$
2	$M^{si}(s=2)$	$[RD^{si}](s=2)$
3	$M^{si}(s=3)$	$[RD^{si}](s=3)$
6	$M^{si}(s=6)$	$[RD^{si}](s=6)$
$\max s^k n$	$M^{si}(s=\max s^k n)$	$[RD^{si}](s=\max s^k n)$

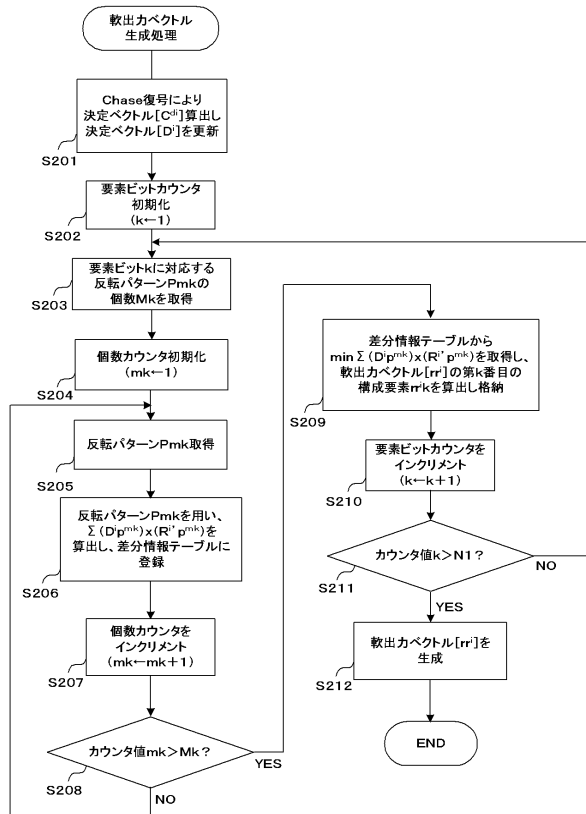
【 図 1 0 】



【 図 1 1 】



【 図 1 3 】



【 図 1 2 】

	T7
反転パターンPmk	$\sum (D^i p^{mk}) X(R^i p^{mk})$
Pmk(mk=1)	$\sum (D^i p^{mk}) X(R^i p^{mk}) \quad (mk=1)$
Pmk(mk=2)	$\sum (D^i p^{mk}) X(R^i p^{mk}) \quad (mk=2)$
Pmk(mk=3)	$\sum (D^i p^{mk}) X(R^i p^{mk}) \quad (mk=3)$
Pmk(mk=4)	$\sum (D^i p^{mk}) X(R^i p^{mk}) \quad (mk=4)$
Pmk(mk=5)	$\sum (D^i p^{mk}) X(R^i p^{mk}) \quad (mk=5)$
Pmk(mk=6)	$\sum (D^i p^{mk}) X(R^i p^{mk}) \quad (mk=6)$
Pmk(mk=Mk)	$\sum (D^i p^{mk}) X(R^i p^{mk}) \quad (mk=Mk)$

フロントページの続き

審査官 岡 裕之

- (56)参考文献 特開平07-202722(JP,A)
特開平10-013251(JP,A)
特開昭61-201363(JP,A)
特開平10-135849(JP,A)
特開2003-046395(JP,A)
特開2003-018022(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H03M 13/29
IEEE Xplore
Cinii