

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号
特開2004-32737
(P2004-32737A)

(43) 公開日 平成16年1月29日(2004.1.29)

(51) Int.Cl. ⁷	F I	テーマコード (参考)
H03M 13/15	H03M 13/15	5B001
G06F 11/10	G06F 11/10 33OP	5J065
G11B 20/18	G11B 20/18 512E	
	G11B 20/18 532E	
	G11B 20/18 542Z	
審査請求 未請求 請求項の数 12 O L (全 16 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号	特願2003-156793 (P2003-156793)	(71) 出願人	501263810
(22) 出願日	平成15年6月2日 (2003.6.2)		トムソン ライセンシング ソシエテ ア ノニム
(31) 優先権主張番号	02090207.8		Thomson Licensing S . A.
(32) 優先日	平成14年6月7日 (2002.6.7)		フランス国, エフ-92100 ブロー ニュ ビヤンクール, ケ アルフォンス ル ガロ, 46番地
(33) 優先権主張国	欧州特許庁 (EP)	(74) 代理人	100070150 弁理士 伊東 忠彦
		(74) 代理人	100091214 弁理士 大貫 進介
		(74) 代理人	100107766 弁理士 伊東 忠重
		最終頁に続く	

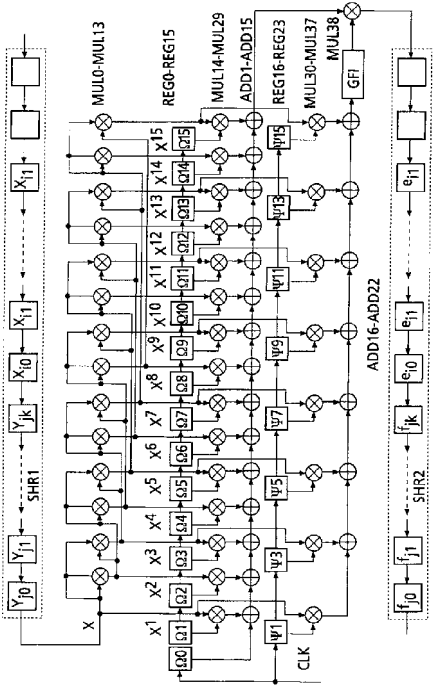
(54) 【発明の名称】 リード-ソロモン復号器

(57) 【要約】

【課題】本発明は、改善されたリード-ソロモン復号器とリード-ソロモン復号の方法を提供することを目的とする。

【解決手段】本発明は、- シンドローム多項式 $S(x)$ と消失位置多項式 (x) を計算する手段を有し、- 修正されたシンドローム多項式 $T(x) = S(x) \cdot (x) \bmod 2^t$ を計算する手段を有し、 t はリード-ソロモン符号のシンボル誤り訂正能力であり、- 誤り位置多項式 (x) と誤り評価多項式 (x) を計算するユークリッドのアルゴリズムを実行する手段を有し、- 誤り/消失位置多項式 $(x) = (x) \cdot (x)$ を計算する手段を有し、- 並列チェン探索を実行する手段を有し、- フォーニーの等式に従って誤りの大きさを直列に計算する手段を有するリード-ソロモン復号器に関連する。本発明は、誤りロケーションと誤り値を計算するのに必要なサイクルの数を減少させ、同時に比較的低い複雑さのハードウェアのみを必要とする。

【選択図】 図3



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

- シンドローム多項式 $S(x)$ と消失位置多項式 (x) を計算する手段 (1 1 0) を有し、
- 修正されたシンドローム多項式 $T(x) = S(x) \cdot (x) \bmod 2^t$ を計算する手段を有し、 t は、リード・ソロモン符号のシンボル誤り訂正能力であり、
- 誤り位置多項式 (x) と誤り評価多項式 (x) を計算するユークリッドのアルゴリズムを実行する手段 (1 2 0) を有し、
- 誤り / 消失位置多項式

【数 1】

10

$$\Psi(x) = \Delta(x) \Gamma(x)$$

を計算する手段を有し、

- 並列チェン探索を実行する手段 (図 2) を有し、
- フォーニーの等式に従って誤りの大きさを直列に計算する手段 (図 3) を有する、リード・ソロモン復号器。

【請求項 2】

20

誤り値

【外 1】

$$e_{ik}$$

と消失値

【外 2】

$$f_{ik}$$

30

の計算のための修正されたフォーニーの等式

【数 2】

$$e_{ik} = \frac{\Omega(X_k^{-1})}{X_k^{-1} \Psi'(X_k^{-1})} \quad f_{ik} = \frac{\Omega(Y_k^{-1})}{Y_k^{-1} \Psi'(Y_k^{-1})}$$

40

が、誤りの大きさの直列計算に使用される、請求項 1 に記載のリード・ソロモン復号器。

【請求項 3】

誤り値

【外 3】

$$e_{ik}$$

と消失値

【外 4】

50

$$f_{ik}$$

の計算のための修正されたフォーニーの等式

【数 3】

$$e_{i_k} = \Omega(X_k^{-1})(X_k^{-1}\Psi'(X_k^{-1}))^{-1} \quad f_{i_k} = \Omega(Y_k^{-1})(Y_k^{-1}\Psi'(Y_k^{-1}))^{-1}$$

10

が、誤りの大きさの直列計算に使用される、請求項 1 に記載のリード - ソロモン復号器。

【請求項 4】

前記並列チェン探索を実行する手段は、並列に n の試行根を検査する幾つかの n ランクを有する、請求項 1 乃至 3 のうちいずれか一項に記載のリード - ソロモン復号器。

【請求項 5】

前記フォーニーの等式に従って誤りの大きさを直列に計算する手段は、前記並列チェン探索を実行する手段により決定される根を格納するシフトレジスタ手段 (SHR1) を有する、請求項 1 乃至 4 のうちいずれか一項に記載のリード - ソロモン復号器。

【請求項 6】

20

前記フォーニーの等式に従って誤りの大きさを直列に計算する手段は、積

【数 4】

$$X_k^{-1}\Psi'(X_k^{-1})$$

を逆数にするガロア体インバータ手段 (GFI) を有する、請求項 1 乃至 5 のうちいずれか一項に記載のリード - ソロモン復号器。

【請求項 7】

30

- シンドローム多項式 $S(x)$ と消失位置多項式 (x) を計算するステップ (110) を有し、
- 修正されたシンドローム多項式 $T(x) = S(x) \cdot (x) \bmod 2^t$ を計算するステップを有し、 t は、リード - ソロモン符号のシンボル誤り訂正能力であり、
- 誤り位置多項式 (x) と誤り評価多項式 (x) を計算するユークリッドのアルゴリズムを実行するステップ (120) を有し、
- 並列チェン探索を実行し (図 2) 且つ同時に誤り / 消失位置多項式

【数 5】

$$\Psi(x) = \Delta(x)\Gamma(x)$$

40

を計算するステップを有し、

- フォーニーの等式に従って誤りの大きさを直列に計算するステップ (図 3) を有する、リード - ソロモン復号方法。

【請求項 8】

誤り値

【外 5】

$$e_{ik}$$

と消失値

【外 6】

$$f_{ik}$$

10

の計算のための修正されたフォーニーの等式

【数 6】

$$e_{i_k} = \frac{\Omega(X_k^{-1})}{X_k^{-1} \Psi'(X_k^{-1})} \quad f_{i_k} = \frac{\Omega(Y_k^{-1})}{Y_k^{-1} \Psi'(Y_k^{-1})}$$

が、誤りの大きさの直列計算に使用される、請求項 7 に記載のリード - ソロモン復号方法。

20

【請求項 9】

誤り値

【外 7】

$$e_{ik}$$

と消失値

【外 8】

$$f_{ik}$$

30

の計算のための修正されたフォーニーの等式

【数 7】

$$e_{i_k} = \Omega(X_k^{-1}) (X_k^{-1} \Psi'(X_k^{-1}))^{-1} \quad f_{i_k} = \Omega(Y_k^{-1}) (Y_k^{-1} \Psi'(Y_k^{-1}))^{-1}$$

40

が、誤りの大きさの直列計算に使用される、請求項 7 に記載のリード - ソロモン復号方法。

【請求項 10】

n の試行根は、n ランクにより並列に検査される、請求項 7 乃至 9 のうちいずれか一項に記載のリード - ソロモン復号方法。

【請求項 11】

前記フォーニーの等式に従って誤りの大きさを直列に計算するステップは、積

【数 8】

$$X_k^{-1} \Psi'(X_k^{-1})$$

を逆数するガロア体インバータ手段（GFI）により実行される、請求項 7 乃至 10 のうちいずれか一項に記載のリード・ソロモン復号方法。

【請求項 12】

請求項 1 乃至 6 のうちいずれか一項に記載のリードソロモン復号器を有する、CD、DVD、青色レーザDVD又は、他の光学的又は磁氣的記憶システムのような、電子システム 10。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、一般的には、誤り検出／訂正に関連し、特にリードソロモン復号器に使用されるシステム及び方法に関連する。

【0002】

【従来の技術】

一般的に使用される誤り訂正技術は、リードソロモン誤り訂正符号である。リードソロモン（RS）技術を使用して、固定長（ n ）の符号語が伝送され、各符号語は、 k の情報シンボルと $n - k$ の追加の誤り訂正（パリティ）シンボルを含む。各シンボルは、 s ビットを有する。RS 復号器は、符号語内の誤りを含む $(n - k) / 2$ シンボルまで、訂正可能である。 20

【0003】

これらの訂正可能なシンボルの各々は、複数のビット誤りを含むので、RS 符号化技術は、複数の連続するビットに影響を及ぼすバースト誤りに対して、特に適する。一般の RS 符号化機構は、255 の 8 ビットシンボルの符号語を使用し、その 223 シンボルは、情報シンボルであり、そして、残りの 32 シンボルは誤り訂正パリティシンボルである。この符号化機構は、各 255 の 8 ビットシンボル符号語内の 16 誤りシンボルまで訂正でき、これにより、'受信された' ビット誤り率に関して、大きな改善を提供する。 30

【0004】

RS 符号化機構は、知られたロケーションでの誤りであり、そして、訂正するために、少ない情報を必要とする、'消失' も検出できる。消失の数は、RS 復号器が訂正できる誤りの数である $(n - k) / 2$ を、2 倍に増す。

【0005】

参照の容易のために、用語 '誤り' は、以後は、未知のロケーションでの誤りと、知られたロケーションでの消失のいずれかを指すのに使用される。

【0006】

図 1 は、従来技術の RS 復号器 100 の例示のブロック図を示す。復号器 100 は、各符号語 $r(x)$ 101 を受信し、そして、訂正された符号語 $c(x)$ 151 を発生する。シンδροーム計算器 110 は、対応するシンδροーム多項式 $S_i(x)$ 111 を発生するために、符号語 101 を処理する。各符号語は、誤りにのみ依存し、伝送された符号語に依存しない、 $n - k$ シンδροームを有する。これらのシンδροーム 111 から、誤り位置多項式 (x) 121 が生成される。ユークリッドアルゴリズム 120 が、誤り位置多項式 121 と誤りの大きさ多項式 (x) 122 を提供するために示されているが、しかし、バレー Campbell-Massey アルゴリズムのような他の方法も同様に使用することが可能である。各 RS 符号は、その RS 符号に対して選択されたガロア体（FG）の原始元である、パラメータ ' ' を有する。誤り位置多項式は、位置 p で誤りが発生した場合には、 p が誤り多項式の根であるように構成される（ p は 0 から $n - 1$ である）。 40

【0007】

50

繰返しのアプローチが、従来は、誤り位置多項式 121 の根 X_k^{-1} である λ^{-p} の値を決定するために、符号語の各位置 p に対して、 λ^{-p} の各値をテストするために適用される。この繰返しテストに一般的に使用されるアルゴリズムは、チェン誤りロケータ 130 である。チェンロケータ 130 は、ブロック 140 で示されたように、典型的にはフォーニー誤り決定アルゴリズムを介して、誤りの大きさ 141 の決定を容易にする、関連する誤り微分項 X_k^{-1} 、 $(X_k^{-1})^{132}$ も提供する。

【0008】

誤り決定器 140 は、位置の見つけれられた誤りシンボルに対応する、誤りの大きさ多項式 122 を、評価する。誤りロケータ 130 が位置を求めた各誤りに対して、誤り訂正器 150 は、この誤りの位置 131 と大きさ 141 に基づいて、訂正された符号語 $c(x)^{151}$ を決定する。誤りが所定のシンボルで検出されない場合には、この推定された位置での訂正された符号語 $c(x)^{151}$ 内のシンボルは、受信された符号語 $r(x)^{101}$ 内のシンボルに等しい。

【0009】

特許文献 1 は、同時に、誤り位置多項式と誤りの大きさ多項式の m の根を探索するリード・ソロモン復号器を示す。多項式評価器は、多項式の各項に対応する複数のスライス要素を含む。各スライス要素は、異なる値について項を評価するように構成され、それにより、これらの異なる値の各々で多項式の評価を同時に実行する、複数の係数乗算器を有する。

【0010】

特許文献 2 は、メモリ効率の良い並列のチェン探索のシステムと方法を示す。このシステムは、チェン探索を実行しそして要求されるメモリの量を減少させる並列構造を採用することにより、多項式の根を決定する。符号語内の誤りのロケーションは、誤り位置多項式の根から得ることができる。チェン探索の性能は並列構造により向上され、そして、誤りのロケーションは、サイクルカウント、並列計算、及び、根を示す乗算器/加算器のランクのインデックスを含むことが好ましい、単純な計算を使用して簡単に決定することができる。複数のランクの乗算器は、データ記憶ユニットの単一の配列に格納されたデータを受信する。各乗算器の乗算値は、ガロア対の元に基づいている。

【0011】

特許文献 3 は、リード・ソロモン符号を復号する復号器回路を示す。受信された符号語に対する誤り位置多項式を決定するチェン探索と誤りパターンを計算するフォーニーアルゴリズムの同時の実行を行う、復号器が提供される。

【0012】

特許文献 4 は、パイプラインで、複数の符号語を処理するパイプライン化リード・ソロモン誤り/消失復号器を示す。パイプライン化リード・ソロモン誤り/消失復号器は、単純な繰返しの修正されたシンドローム処理を通して、消失だけでなく誤りを処理することにより、デジタルシステムで破壊されたリード・ソロモン符号化されたワードを処理するように設計されている。

【0013】

【特許文献 1】

国際特許出願公開番号 WO - A - 01 / 39378 号

【特許文献 2】

米国特許 US - B - 6, 279, 137 号

【特許文献 3】

欧州特許出願 EP - A - 1, 102, 406 号

【特許文献 4】

米国特許 US - B - 6, 347, 389 号

【発明が解決しようとする課題】

本発明により解決されるべきの問題は、改善されたリード・ソロモン復号器と、リード・ソロモン復号の改善された方法を提供することである。更に、DVD システムのような、

10

20

30

40

50

リード・ソロモン復号器を含む改善された電子システムを提供することである。

【0014】

【課題を解決するための手段】

この問題は、基本的には、独立請求項の特徴を適用することにより、解決される。本発明の好ましい実施例は、従属請求項で与えられる。

【0015】

本質的には、本発明は、並列チェン探索と修正された直列フォーニーの計算を結合することにより、改善されたリード・ソロモン復号を提供する。これは、復号器に要求されるハードウェアの複雑さを減少させ、一方、復号器の性能を増加することを可能とする。

【0016】

本発明に従って、誤り位置のみが並列チェン探索ブロックで計算される。CD又はDVDシステムでは、消失ロケーションは、CD又はDVDシステムの復調ブロックから既に知られているので、消失ロケーションは、チェン探索内で計算される必要はない。

【0017】

‘根’と一般的に呼ばれる、消失ロケーションは、知られているので、並列チェン探索論理の複雑さを減少させることが可能である。これは、チェン探索論理が、誤り位置多項式(x)を評価することのみをしなければならいことを暗示する。

【0018】

誤りロケーションとこれらの誤りロケーションに対応する根は、誤り位置多項式の評価後に知られる。根は、シフトレジスタに格納されるのが好ましい。

【0019】

ハードウェアの複雑さは、更に、修正された直列のフォーニーアルゴリズムを使用することにより、減少される。結合された、チェンとフォーニーブロックの高性能は、複数パスの誤り訂正を実行することを可能とし、これは、本質的に出力誤り率を減少させる。

【0020】

本発明のリード・ソロモン復号器は、DVDシステム又は、他の光又は磁気記憶システムのような、多くの電子システムで利用できる。

【0021】

原理的には、本発明の方法は、リード・ソロモン復号に適し且つ、

- シンドローム多項式 $S(x)$ と消失位置多項式 (x) を計算するステップを有し、
- 修正されたシンドローム多項式 $T(x) = S(x) \cdot (x) \bmod 2^t$ を計算するステップを有し、 t は、リード・ソロモン符号のシンボル誤り訂正能力であり、
- 誤り位置多項式 (x) と誤り評価多項式 (x) を計算するユークリッドのアルゴリズムを実行するステップを有し、
- 並列チェン探索を実行し且つ同時に誤り / 消失位置多項式

【数9】

$$\Psi(x) = \Delta(x) \Gamma(x)$$

を計算するステップを有し、

- フォーニーの等式に従って誤りの大きさを直列に計算するステップを有する。

【0022】

原理的には、本発明のリード・ソロモン復号器は、

- シンドローム多項式 $S(x)$ と消失位置多項式 (x) を計算する手段を有し、
- 修正されたシンドローム多項式 $T(x) = S(x) \cdot (x) \bmod 2^t$ を計算する手段を有し、 t は、リード・ソロモン符号のシンボル誤り訂正能力であり、
- 誤り位置多項式 (x) と誤り評価多項式 (x) を計算するユークリッドのアルゴリズムを実行する手段を有し、
- 誤り / 消失位置多項式

【数 1 0】

$$\Psi(x)=\Delta(x)\Gamma(x)$$

を計算する手段を有し、

- 並列チェン探索を実行する手段を有し、
- フォーニーの等式に従って誤りの大きさを直列に計算する手段を有する。

【0 0 2 3】

本発明の優位な追加の実施例はそれぞれの従属請求項に記載されている。

10

【0 0 2 4】

【発明の実施の形態】

本発明の例示の実施例を、添付の図面を参照して説明する。

【0 0 2 5】

以下のリストの定義が使用される。

誤り位置多項式： (x)

消失位置多項式： (x)

誤り / 消失位置多項式：

【外 9】

20

$$\Psi(x)$$

誤り位置： i_1, \dots, i_v

誤りロケーション：

【数 1 1】

$$X_i = a^i$$

30

誤り値：

【数 1 2】

$$e_k, 0 \leq k < n$$

消失位置： j_1, \dots, j_f

消失ロケーション：

【数 1 3】

40

$$Y_i = a^i$$

消失値：

【数 1 4】

$$f_k, 0 \leq k < n$$

50

リード・ソロモン復号は、5つのステップを使用すると考えることができる。

【0026】

ステップ1:

リード・ソロモン復号は、シンドローム多項式 $S(x)$

【数15】

$$S(x) = \sum_{i=1}^{2t} S_i x^i$$

を計算することで開始する。更に、消失位置多項式 (x)

【数16】

$$\Gamma(x) = \prod_{i=1}^p (1 - x a^{j_i})$$

が計算される。これにより、消失ロケーション(根)が求められる。

【0027】

ステップ2:

修正されたシンドローム多項式 $T(x) = S(x) \cdot (x) \bmod 2^t$ が計算され、ここで、 t は、リード・ソロモン符号のシンボル誤り訂正能力である。

【0028】

ステップ3:

ユークリッドのアルゴリズムが使用され、これは、2つの多項式の最大公約数を求める方法であり、1975年1月の情報と制御、第27巻第87-89ページの、Y. M. Sugiyama, S. H. Kasahara、及び、T. Namekawaの"ゴッパ符号の復号のためのキー方程式を解く方法(A Method for Solving the Key Equation for Decoding of Goppa Codes)"を参照する。

【0029】

誤り位置多項式 (x) と誤り評価多項式 (x) の両方は、ユークリッドのアルゴリズムを使用して計算できる。これは、従来技術から既知であり、1994年のIEEE出版の、Steven B. Wicker, Vijay K. Bhargavaの、"リード・ソロモン符号とその応用(Reed-Solomon codes and their application)"を参照する。

【0030】

ステップ4:

次に、誤りロケーションが並列チェン探索ブロックを使用して計算される。同時に、RS復号器の性能を増加するために、新たな誤り/消失位置多項式

【数17】

$$\Psi(x) = \Delta(x) \Gamma(x)$$

が計算される。これは、本発明の特に有利な点である。

【0031】

ステップ5:

新たな誤り/消失位置多項式の係数が、直列フォーニ-のブロックのレジスタへロードされ、そして、誤り/消失の大きさの値が計算される。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 2 】

消失位置（根）は、ステップ 1 を実行後に既に知られているか又は、C D 又は D V D システムの復調ブロックにより得られる。従って、消失位置はステップ 5 のチェン探索で計算される必要はない。優位に、消失位置は知られているので、並列チェン探索論理の複雑さを減少させることが可能である、即ち、チェン探索論理は、誤り位置多項式（ x ）のみを評価すればよい。優位に、誤り位置多項式（ x ）は、9 の係数のみを有する。誤りロケーションとこれらの誤りロケーションに対応する根は、この誤り位置多項式の評価後に知られる。

【 0 0 3 3 】

図 2 は、4 つのランクを有する並列チェン探索論理を示す。チェン探索論理の各サイクルは、並列に、対応する 4 つの試行根を検査する。 10

【 0 0 3 4 】

チェン探索論理のランク 0 は、フィールド元 α^0 、 α^4 、 α^8 、等のシーケンスにより定義される 4 つおきのフィールド元の根（即ち、符号語内の誤りロケーション 0, 4, 8, . . .）について探索する。

【 0 0 3 5 】

チェン探索論理のランク 1 は、フィールド元 α^3 、 α^7 、 α^{11} 、等のシーケンスにより定義される 4 つおきのフィールド元の根（即ち、符号語内の誤りロケーション 3, 7, 11, . . .）について探索する。

【 0 0 3 6 】

チェン探索論理のランク 2 は、フィールド元 α^2 、 α^6 、 α^{10} 、等のシーケンスにより定義される 4 つおきのフィールド元の根（即ち、符号語内の誤りロケーション 2, 6, 10, . . .）について探索する。 20

【 0 0 3 7 】

チェン探索論理のランク 3 は、フィールド元 α^1 、 α^5 、 α^9 、等のシーケンスにより定義される 4 つおきのフィールド元の根（即ち、符号語内の誤りロケーション 1, 5, 9, . . .）について探索する。

【 0 0 3 8 】

ガロア体カウンタ G F C は、G F 元のべき乗を定義する。初期化中に、 α^0 元が、レジスタにロードされる。各サイクル（クロック C L K）で、カウンタ G F C はカウントダウンされる。比較器 c o m p 1 が、ゼロを示す場合には、カウンタ G F C からの現在のべき乗と α^1 の元の、乗算器 M U L 3 3 内の乗算の積は、誤り位置多項式の根である。比較器 c o m p 2 が、ゼロを示す場合には、カウンタ G F C からの現在のべき乗と α^2 の元の、乗算器 M U L 3 4 内の乗算の積は、誤り位置多項式の根である。比較器 c o m p 3 が、ゼロを示す場合には、カウンタ G F C からの現在のべき乗と α^3 の元の、乗算器 M U L 3 5 内の乗算の積は、誤り位置多項式の根である。比較器 c o m p 4 が、ゼロを示す場合には、カウンタ G F C は、根を定義する。 30

【 0 0 3 9 】

（図 3 の）シフトレジスタ S H R 1 は、消失又は誤りロケーションに対応する根を記憶するのに使用される。復号処理のステップ 1 中に、消失ロケーションに対応する根は、S H R 1 レジスタに記憶される。S H R 1 レジスタの深さは 16 である。これは、C D 又は D V D システムの R S 符号語内で復号される全ての誤りと消失を記憶するのに十分である。 40

【 0 0 4 0 】

ステップ 3 の間に、誤り位置多項式（ x ）が計算され、そして、その 9 の係数が、図 2 に示されている並列チェン探索ブロックのレジスタ R E G 1 から R E G 9 にロードされる。これらのレジスタは、クロック C L K により、クロックが与えられる。それらの出力値は、各々の 4 つのランク内で、乗算器 M U L * と加算器 A D D * のチェインへ、フィードされる。ランク 3 チェインの出力は、比較器 c o m p 1 へ送られる。ランク 2 チェインの出力は、比較器 c o m p 2 へ送られる。ランク 1 チェインの出力は、比較器 c o m p 3 へ送られる。ランク 0 チェインの出力は、比較器 c o m p 4 へ送られる。レジスタ R E G 1 50

から REG 8 の出力は、各々の場合に、それぞれ、乗算器 MUL 3 2 から MUL 2 5 を介してフィードされ、各場合に、ファクタ -3^2 、 -2^8 、 -2^4 、 -2^0 、 -4 、をそれぞれ与える。

【0041】

誤りロケータは、チェン探索内の誤り位置多項式の評価中に求められる。誤りロケータの逆数の値は、MUL 3 3、MUL 3 4、MUL 3 5 及び、GF カウンタから出力される。誤りのこれらのロケーションは、上述の SHR 1 レジスタへロードされる。

【0042】

図 3 は、種々のシンボル位置での誤り及び消失の大きさ値を計算し、誤り又は消失パターンを生じるブロックを示す。このブロックは、修正されたフォーニーのアルゴリズムを実行する（直列実行）。修正されたフォーニーのアルゴリズムにより与えられる、誤りの大きさ値と消失の大きさ値は、

【数 1 8】

$$e_{i_k} = \frac{\Omega(X_k^{-1})}{X_k^{-1}\Psi'(X_k^{-1})} \quad \text{及び} \quad f_{i_k} = \frac{\Omega(Y_k^{-1})}{Y_k^{-1}\Psi'(Y_k^{-1})}, \quad (1)$$

であり、 (X_k^{-1}) は、 $x = X_k^{-1}$ で評価された誤り評価多項式 (x) であり、

【外 1 0】

$$\Psi'(X_k^{-1})$$

は、 $x = X_k^{-1}$ で評価された、誤り / 消失位置多項式

【外 1 1】

$$\Psi(x)$$

30

の、形式的微分

【外 1 2】

$$\Psi'(x)$$

であり、 (Y_k^{-1}) は、 $x = Y_k^{-1}$ で評価された誤り評価多項式 (x) である。

【0043】

(x) と

40

【外 1 3】

$$\Psi'(x)$$

多項式は、以下の

【数 1 9】

$$\Omega(x) = \Omega_0 + \Omega_1 x + \Omega_2 x^2 + \Lambda + \Omega_{15} x^{15} \quad (2)$$

$$\Psi'(x) = \Psi_1 + \Psi_3 x^2 + \Psi_5 x^4 + \Lambda + \Psi_{15} x^{14} \quad (3)$$

で表現される。

【 0 0 4 4 】

誤り評価多項式の係数 (Ω_0 から Ω_{15}) は、それぞれのレジスタ R E G 0 から R E G 1 5 にロードされる。誤り / 消失多項式

【 外 1 4 】

$\Psi(x)$

の、一次微分

【 外 1 5 】

$\Psi'(x)$

20

の係数

【 外 1 6 】

Ψ_1 から Ψ_{15}

は、それぞれのレジスタ R E G 1 6 から R E G 2 3 へロードされる。レジスタ R E G 0 から R E G 1 5 だけでなく、これらのレジスタは、クロック C L K によりクロックが与えられる。 30

【 0 0 4 5 】

その後、消失又は誤りロケーションに対応する根 x は、レジスタ S H R 1 から出力され、そして、フォーニープロックへ入力される。乗算器 M U L 0 から M U L 1 3 のチェーンでは、 x の次数 x^1 、 x^2 、 x^3 、...、 x^{15} が、 x から計算される。係数 Ω_1 から Ω_{15} は、それぞれの乗算器 M U L 1 4 から M U L 2 9 を使用して、現在の根 x のそれぞれの次数 x^1 、 x^2 、 x^3 、...、 x^{15} により乗算される。各サイクルで、15 の積の組みは、それぞれの加算器 A D D 2 から A D D 1 5 により、加算される。更に、A D D 1 では、値 Ω_0 が、第 1 の積に加算される。加算器 A D D 1 5 の出力は、現在の根 $x = X_k$ での誤り評価多項式 $\Psi'(x)$ の評価の結果である。 40

【 0 0 4 6 】

係数

【 外 1 7 】

$\Psi_1, \Psi_3, \Psi_5, \dots, \Psi_{15}$

は、現在の根 x の対応する次数 x^1 、 x^2 、 x^3 、...、 x^{15} と、それぞれの乗算器 M U L 3 0 から M U L 3 7 により、乗算される。クロック C L K の各サイクルで、これらの乗算器の積の組みは、それぞれの加算器 A D D 1 6 から A D D 2 2 により加算される。 50

A D D 2 2 の出力は、現在の根 $x = X_k^{-1}$ での誤り / 消失評価多項式
【外 1 8】

$$\Psi(x)$$

の評価の結果である。

【0 0 4 7】

式 (1) で除算の代わりに乗算が使用される場合には、

【数 2 0】

10

$$e_{i_k} = \Omega(X_k^{-1})(X_k^{-1}\Psi'(X_k^{-1}))^{-1} \quad f_{i_k} = \Omega(Y_k^{-1})(Y_k^{-1}\Psi'(Y_k^{-1}))^{-1} \quad (4)$$

ようになる。

【0 0 4 8】

加算器 A D D 2 2 の出力からの積

【外 1 9】

20

$$X_{k-1} \Psi'(X_{k-1})$$

は、G F インバータ G F I で逆数にされ、そして、上述の加算器 A D D 1 5 の出力と、乗算器 M U L 3 8 で乗算され、それぞれ、誤りの大きさ

【外 2 0】

$$e_{i_k}$$

30

と消失の大きさ

【外 2 1】

$$f_{i_k}$$

となる。計算された消失又は誤りの大きさ値は、乗算器 M U L 3 8 から出力され、そして、レジスタ S H R 2 に格納される。このレジスタは、レジスタ S H R 1 と同じ深さを有する。

【0 0 4 9】

40

レジスタ S H R 1 に格納された全ての根は、同じように、フォーニーブロックで処理される。計算された大きさ値は、レジスタ S H R 2 に記憶される。

【0 0 5 0】

優位に、D V D システム内で、誤りロケーションと誤り値を決定するのに使用される、本発明のチェン及びフォーニー段階は、以下の最少ハードウェアのみを必要とする。

【0 0 5 1】

チェン探索ブロック：3 6 乗算器、3 2 加算器、9 レジスタ、4 比較器及び、1 G F カウンタ。

【0 0 5 2】

フォーニーブロック：3 8 乗算器、2 2 加算器、2 4 レジスタ、及び、1 G F インバータ

50

。

【 0 0 5 3 】

一方、既知のチェン及びフォーニー段階は、以下の最少ハードウェアのみを必要とする。

【 0 0 5 4 】

チェン探索ブロック： 3 4 乗算器、 3 1 加算器、 3 3 レジスタ、 1 比較器及び、 1 カウンタ及び、 1 インバータ。

【 0 0 5 5 】

フォーニーブロック： 1 3 6 乗算器、 1 2 4 加算器、 3 3 レジスタ、 4 比較器、 4 カウンタ及び、 4 インバータ。

【 0 0 5 6 】

本発明では、外符号については 6 7 サイクルのみがそして、内符号については 6 2 サイクルのみが、誤り / 消失ロケーションと誤り / 消失大きさを計算するのに必要とされる。これは、従来のチェン及びフォーニーブロックと比較して、非常に高速である。

【 0 0 5 7 】

本発明は、C D、D V D、青色 - レーザ D V D (ブル - レイ) 又は他の記憶システムのような、誤り検出及び / 又は訂正を必要とする電子システムで使用されることが可能である。本発明は、誤りロケーションと誤り値を計算するのに必要なサイクルの数を減少させることができ、そして、同時に、比較的低い複雑さのハードウェアのみを必要とする。

【 0 0 5 8 】

【 発明の効果 】

上述のように、本発明により、改善されたリード - ソロモン復号器と、リード - ソロモン復号の改善された方法を提供することができる。

【 図面の簡単な説明 】

【 図 1 】 従来技術の誤り訂正復号器の例示のブロック図を示す図である。

【 図 2 】 本発明に従った並列チェン探索回路のブロック図を示す図である。

【 図 3 】 本発明に従った、フォーニーの等式の直列計算の回路のブロック図を示す図である。

【 符号の説明 】

1 0 0 R S 復号器

1 1 0 シンドローム計算器

1 2 0 ユークリッドアルゴリズム

1 2 2 誤りの大きさ多項式

1 3 0 チェンロケータ

1 4 0 誤り決定器

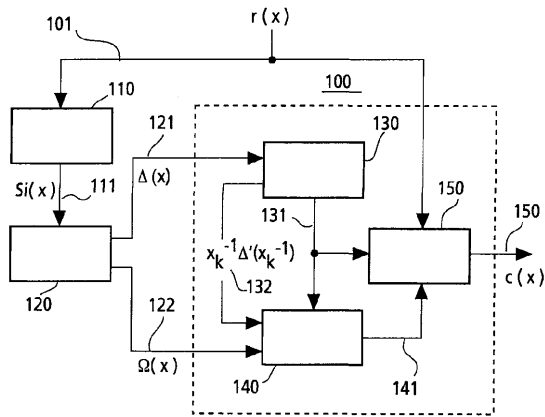
1 5 0 誤り訂正器

10

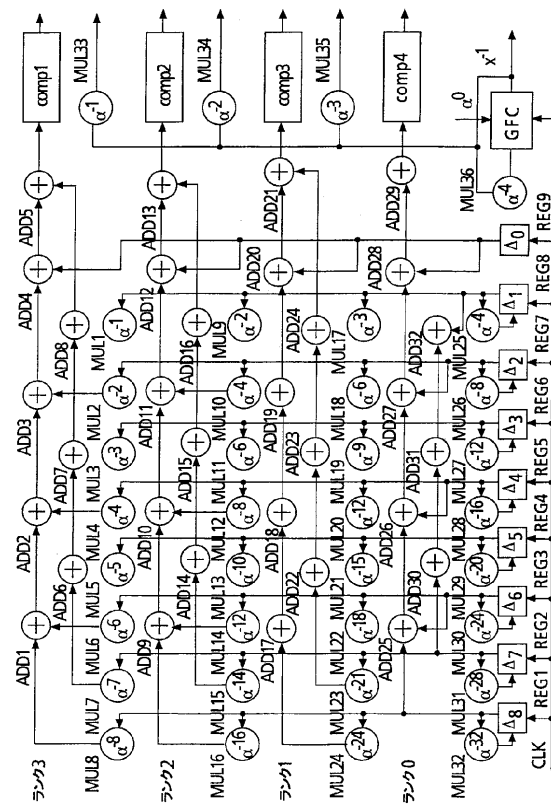
20

30

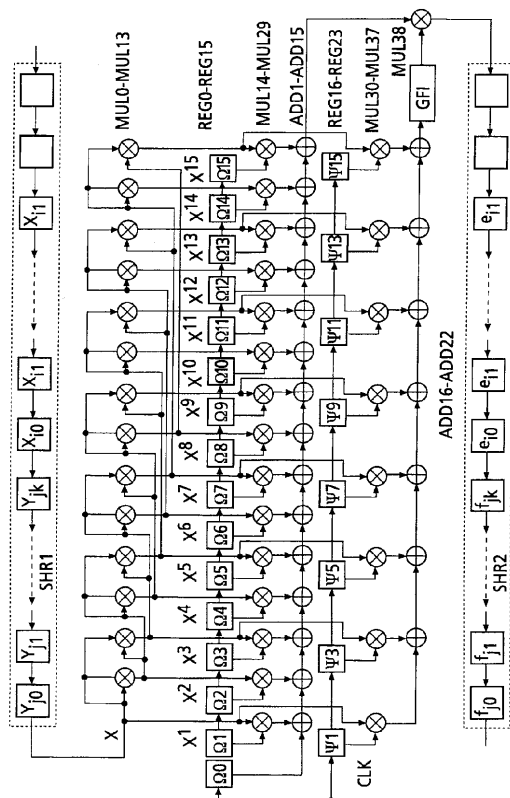
【図 1】



【図 2】



【図 3】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. ⁷	F I	テーマコード(参考)
	G 1 1 B 20/18	5 7 2 B
	G 1 1 B 20/18	5 7 2 D
	G 1 1 B 20/18	5 7 2 F

(74)代理人 100120307

弁理士 中村 雅文

(72)発明者 アレクサンダー クラフチェンコ

ドイツ連邦共和国 7 8 0 5 6 フィリンゲン - シュヴェニンゲン ドイツテンベルクリング 1 4
6

F ターム(参考) 5B001 AA11 AB05 AC01 AD04

5J065 AA01 AB01 AC03 AD11 AE06 AF03 AG01 AG02 AH05 AH06