

(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2014-14193
(P2014-14193A)

(43) 公開日 平成26年1月23日(2014.1.23)

(51) Int.Cl.
H03M 13/19 (2006.01)

F I
H03M 13/19

テーマコード(参考)
5J065

審査請求有 請求項の数 12 O L (全 29 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2013-220347 (P2013-220347) (22) 出願日 平成25年10月23日 (2013.10.23) (62) 分割の表示 特願2010-547571 (P2010-547571) の分割 原出願日 平成21年2月26日 (2009.2.26) (31) 優先権主張番号 10-2008-0017279 (32) 優先日 平成20年2月26日 (2008.2.26) (33) 優先権主張国 韓国 (KR) (31) 優先権主張番号 10-2008-0022484 (32) 優先日 平成20年3月11日 (2008.3.11) (33) 優先権主張国 韓国 (KR) (31) 優先権主張番号 10-2008-0025144 (32) 優先日 平成20年3月18日 (2008.3.18) (33) 優先権主張国 韓国 (KR)</p>	<p>(71) 出願人 503447036 サムスン エレクトロニクス カンパニー リミテッド 大韓民国・443-742・キョンギド ・スウォンシ・ヨントンク・サムスン -ロ・129 (71) 出願人 510072847 ポステック アカデミー-インダストリー ファウンデーション 大韓民国 790-784 キュンサンバ クード, ナムク ポハン, ヒョジャ -ドン, サン 31 (74) 代理人 110000051 特許業務法人共生国際特許事務所</p> <p style="text-align: right;">最終頁に続く</p>
--	---

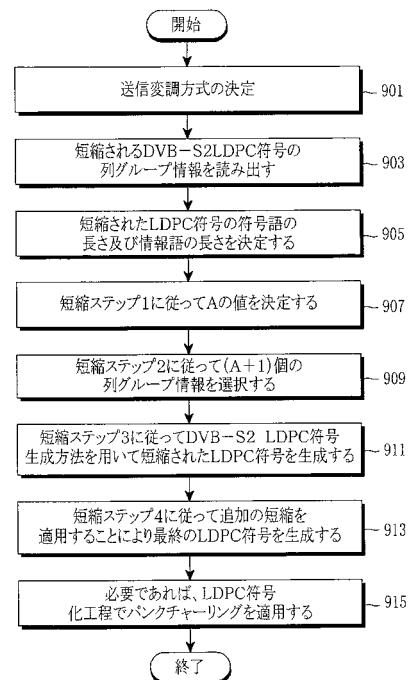
(54) 【発明の名称】 低密度パリティ検査符号を使用するシステムにおけるチャンネル符号化及び復号化方法並びにその装置

(57) 【要約】

【課題】 低密度パリティ検査符号を使用するシステムにおけるチャンネル符号化及び復号化方法並びにその装置を提供する。

【解決手段】 本発明の符号化方法は、情報ビットを複数のビットグループに区分するステップと、短縮される情報ビットの数を決定するステップと、決定された短縮される情報ビットの数に基づいて短縮されるビットグループの数を決定するステップと、予め定められたビットグループの順序に従って決定されたビットグループの情報ビットを短縮するステップと、短縮された情報ビットを符号化するステップと、を有し、情報ビットの長さが7200であり、符号語の長さが16200である場合に、予め定められたビットグループの順序は、18、17、16、15、14、13、12、11、4、10、9、8、7、3、2、1、6、5、19、及び0である。

【選択図】 図9



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

低密度パリティ検査 (LDPC) 符号を使用するシステムにおけるチャンネル符号化方法であって、

情報ビットを複数のビットグループに区分するステップと、

短縮される情報ビットの数を決定するステップと、

前記決定された短縮される情報ビットの数に基づいて短縮されるビットグループの数を決定するステップと、

予め定められたビットグループの順序に従って前記決定されたビットグループの情報ビットを短縮するステップと、

前記短縮された情報ビットを符号化するステップと、を有し、

情報ビットの長さが 7200 であり、符号語の長さが 16200 である場合に、

前記予め定められたビットグループの順序は、18、17、16、15、14、13、12、11、4、10、9、8、7、3、2、1、6、5、19、及び 0 であることを特徴とするチャンネル符号化方法。

10

【請求項 2】

前記短縮される情報ビットの数を決定するために短縮により取得される情報ビット数を決定するステップを更に有することを特徴とする請求項 1 に記載のチャンネル符号化方法。

【請求項 3】

ビットグループの長さが 360 であり、情報ビットの長さが 7200 である場合に、

前記予め定められたビットグループの順序に従って 0 番目のビットグループから (m - 1) 番目のビットグループまでのビットグループの情報ビットを短縮するステップと、

前記予め定められたビットグループの順序に従って m 番目のビットグループ内の (7200 - K₂ - 360m) 情報ビットを短縮するステップと、を有し、

K₂ は、短縮により取得される情報ビットの数であり、(7200 - K₂) は、短縮される情報ビットの数であり、

$$m = \left\lfloor \frac{7200 - K_2}{360} \right\rfloor$$

20

30

であることを特徴とする請求項 1 に記載のチャンネル符号化方法。

【請求項 4】

低密度パリティ検査 (LDPC) 符号を使用するシステムにおけるチャンネル符号化装置であって、

情報ビットを複数のビットグループに区分し、短縮される情報ビットの数を決定し、前記決定された短縮される情報ビットの数に基づいて短縮されるビットグループの数を決定し、予め定められたビットグループの順序に従って前記決定されたビットグループの情報ビットを短縮する短縮パターン適用部と、

前記短縮された情報ビットを符号化する符号化器と、を備え、

情報ビットの長さが 7200 であり、符号語の長さが 16200 である場合に、

前記予め定められたビットグループの順序は、18、17、16、15、14、13、12、11、4、10、9、8、7、3、2、1、6、5、19、及び 0 であることを特徴とするチャンネル符号化装置。

40

【請求項 5】

前記短縮パターン適用部は、前記短縮される情報ビットの数を決定するために短縮により取得される情報ビット数を決定することを特徴とする請求項 4 に記載のチャンネル符号化装置。

【請求項 6】

ビットグループの長さが 360 であり、情報ビットの長さが 7200 である場合に、

前記短縮パターン適用部は、前記予め定められたビットグループの順序に従って 0 番目

50

のビットグループから (m - 1) 番目のビットグループまでのビットグループの情報ビットを短縮し、前記予め定められたビットグループの順序に従って m 番目のビットグループ内の (7 2 0 0 - K₂ - 3 6 0 m) 情報ビットを短縮し、

K₂ は、短縮により取得される情報ビットの数であり、(7 2 0 0 - K₂) は、短縮される情報ビットの数であり、

$$m = \left\lfloor \frac{7200 - K_2}{360} \right\rfloor$$

であることを特徴とする請求項 4 に記載のチャンネル符号化装置。

10

【請求項 7】

低密度パリティ検査 (L D P C) 符号を使用するシステムにおけるチャンネル復号化方法であって、

受信された信号を復調するステップと、

短縮された情報ビットの位置を決定するステップと、

前記決定された短縮された情報ビットの位置を考慮して前記復調された信号を復号化するステップと、を有し、

前記短縮された情報ビットの位置を決定するステップは、

短縮された情報ビットの数を決定するステップと、

前記決定された短縮された情報ビットの数に基づいて短縮されたビットグループの数を決定するステップと、

20

予め定められたビットグループの順序を取得するステップと、を有し、

情報ビットの長さが 7 2 0 0 であり、符号語の長さが 1 6 2 0 0 である場合に、

前記予め定められたビットグループの順序は、1 8、1 7、1 6、1 5、1 4、1 3、1 2、1 1、4、1 0、9、8、7、3、2、1、6、5、1 9、及び 0 であることを特徴とするチャンネル復号化方法。

【請求項 8】

前記短縮された情報ビットの数を決定するために短縮により取得される情報ビット数を決定するステップを更に有することを特徴とする請求項 7 に記載のチャンネル復号化方法。

【請求項 9】

30

ビットグループの長さが 3 6 0 であり、情報ビットの長さが 7 2 0 0 である場合に、

前記予め定められたビットグループの順序に従って 0 番目のビットグループから (m - 1) 番目のビットグループまでのビットグループの情報ビットが短縮されたことに決定するステップと、

前記予め定められたビットグループの順序に従って m 番目のビットグループ内の (7 2 0 0 - K₂ - 3 6 0 m) 情報ビットが短縮されたことに決定するステップと、を有し、

K₂ は、短縮により取得される情報ビットの数であり、(7 2 0 0 - K₂) は、短縮された情報ビットの数であり、

$$m = \left\lfloor \frac{7200 - K_2}{360} \right\rfloor$$

40

であることを特徴とする請求項 7 に記載のチャンネル復号化方法。

【請求項 10】

低密度パリティ検査 (L D P C) 符号を使用するシステムにおけるチャンネル復号化装置であって、

受信された信号を復調する復調器と、

短縮された情報ビットの位置を決定する短縮パターン決定部と、

前記決定された短縮された情報ビットの位置を考慮して前記復調された信号を復号化する復号化器と、を備え、

50

前記短縮された情報ビットの位置は、

短縮された情報ビットの数を決定し、前記決定された短縮された情報ビットの数に基づいて短縮されたビットグループの数を決定し、予め定められたビットグループの順序を取得することにより決定され、

情報ビットの長さが7200であり、符号語の長さが16200である場合に、

前記予め定められたビットグループの順序は、18、17、16、15、14、13、12、11、4、10、9、8、7、3、2、1、6、5、19、及び0であることを特徴とするチャネル復号化装置。

【請求項11】

前記短縮パターン適用部は、前記短縮された情報ビットの数を決定するために短縮により取得される情報ビット数を決定することを特徴とする請求項10に記載のチャネル復号化装置。

10

【請求項12】

ビットグループの長さが360であり、情報ビットの長さが7200である場合に、

前記短縮パターン適用部は、前記予め定められたビットグループの順序に従って0番目のビットグループから(m-1)番目のビットグループまでのビットグループの情報ビットが短縮されたことに決定し、前記予め定められたビットグループの順序に従ってm番目のビットグループ内の(7200 - K₂ - 360m)情報ビットが短縮されたことに決定し、

K₂は、短縮により取得される情報ビットの数であり、(7200 - K₂)は、短縮される情報ビットの数であり、

20

$$m = \left\lfloor \frac{7200 - K_2}{360} \right\rfloor$$

であることを特徴とする請求項10に記載のチャネル復号化装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、低密度パリティ検査(Low-Density Parity-Check : 以下、“LDPC”と称する。)符号を使用するシステムに関し、より詳細には、高次変調方式で与えられたLDPC符号から様々な符号語の長さ及び符号率を有するLDPC符号を生成するチャネル符号化及び復号化方法並びにその装置に関する。

30

【背景技術】

【0002】

無線通信システムにおいて、チャネルの様々な雑音、フェージング現象、及びシンボル間干渉(inter-symbol interference : 以下、“ISI”と称する。)によりリンク性能が著しく低下する。従って、次世代移動通信、デジタルブロードキャスト、及びモバイルインターネットのような高いデータ処理量及び信頼度を要求する高速のデジタル通信システムを実現するためには、雑音、フェージング、及びISIを克服する技術を開発することが重要である。近年では、歪曲された情報を効率的に復元することにより通信の信頼度を高めるための方法としてエラー訂正符号に関する研究が活発になされている。

40

【0003】

LDPC符号、即ち、エラー訂正符号のタイプは、一般的に、パリティ検査行列で定義され、タナー(Tanner)グラフと称される二部グラフ(bipartite graph)を用いて表現することができる。この二部グラフは、グラフを構成する頂点が相互に異なる2つのタイプに分けられることを意味し、LDPC符号は、変数ノードと検査ノードと呼ばれる頂点でなされた二部グラフで表現される。この変数ノードは、符号化されたビットに一对一にマッピングされる。

50

【 0 0 0 4 】

図 1 は、4 個の行及び 8 個の列で構成された LDPC 符号のパリティ検査行列 H_1 の一例を示す。

【 0 0 0 5 】

図 1 を参照すると、列の個数が 8 であるために、パリティ検査行列 H_1 は、長さ 8 の符号語を生成する LDPC 符号であり、この列は、符号化された 8 ビットにマッピングされる。

【 0 0 0 6 】

図 2 は、図 1 のパリティ検査行列 H_1 に対応するタナーグラフを示す図である。

【 0 0 0 7 】

図 2 を参照すると、LDPC 符号のタナーグラフは、8 個の変数ノード x_1 (2 0 2)、 x_2 (2 0 4)、 x_3 (2 0 6)、 x_4 (2 0 8)、 x_5 (2 1 0)、 x_6 (2 1 2)、 x_7 (2 1 4)、及び x_8 (2 1 6) と 4 個の検査ノード (2 1 8、2 2 0、2 2 2、2 2 4) とを含む。

【 0 0 0 8 】

ここで、LDPC 符号のパリティ検査行列 H_1 の i 番目の列及び j 番目の行は、変数ノード x_i 及び j 番目の検査ノードにマッピングされる。また、LDPC 符号のパリティ検査行列 H_1 の i 番目の列及び j 番目の行が相互に交差する地点での 1 の値、即ち、0 でない値は、図 2 のタナーグラフ上で変数ノード x_i と j 番目の検査ノード間にエッジが存在することを意味する。

【 0 0 0 9 】

LDPC 符号のタナーグラフにおいて、変数ノード及び検査ノードの次数 (degree) は、各ノードに接続されているエッジの個数を意味し、これは、LDPC 符号のパリティ検査行列に関連するノードに対応する列、又は行で 0 でないエントリーの個数と同一である。例えば、図 2 において、変数ノード x_1 (2 0 2)、 x_2 (2 0 4)、 x_3 (2 0 6)、 x_4 (2 0 8)、 x_5 (2 1 0)、 x_6 (2 1 2)、 x_7 (2 1 4)、及び x_8 (2 1 6) の次数は、それぞれ 4、3、3、3、2、2、2、及び 2 であり、検査ノード 2 1 8、2 2 0、2 2 2、及び 2 2 4 の次数は、それぞれ 6、5、5、及び 5 である。また、図 2 の変数ノードに対応する図 1 のパリティ検査行列 H_1 のそれぞれの列で 0 でないエントリーの個数は、上記した次数 4、3、3、3、2、2、2、及び 2 と一致し、図 2 の検査ノードに対応する図 1 のパリティ検査行列 H_1 のそれぞれの行で 0 でないエントリーの個数は、上記した次数 6、5、5、及び 5 と一致する。

【 0 0 1 0 】

LDPC 符号のノードに対する次数分布 (degree distribution) を示すために、次数が i である変数ノードの個数と変数ノードの総数との比率を f_i として定義し、次数が j である検査ノードの個数と検査ノード総数との比率を g_j として定義する。

【 0 0 1 1 】

例えば、図 1 及び図 2 に対応する LDPC 符号の場合には、 $f_2 = 4 / 8$ 、 $f_3 = 3 / 8$ 、 $f_4 = 1 / 8$ 、 $i = 2, 3, 4$ に対して $f_i = 0$ であり、 $g_5 = 3 / 4$ 、 $g_6 = 1 / 4$ 、 $j = 5, 6$ に対して $g_j = 0$ である。LDPC 符号の長さを N 、即ち、列の個数を N として定義し、行の個数を $N / 2$ として定義する場合、上述した次数分布を有する全パリティ検査行列で 0 でないエントリーの密度は、下記の数式 (1) のように計算される。

【 0 0 1 2 】

【 数 1 】

$$\frac{2f_2N + 3f_3N + 4f_4N}{N \cdot N/2} = \frac{5.25}{N} \cdots \text{数式 (1)}$$

【 0 0 1 3 】

上記数式 (1) において、 N が増加するに従って、パリティ検査行列内の '1' の密度

は減少する。一般的に、LDPC符号について、符号語の長さ N が0でないエントリーの密度に反比例するので、 N が大きいLDPC符号は、0でないエントリーの非常に低い密度を有する。LDPC符号の名称での用語“低密度(low-density)”は、上述した関係から由来する。

【0014】

図3は、ヨーロッパデジタルブロードキャスト標準の中の1つであるDVB-S2(Digital Video Broadcasting-Satellite Transmission 2nd generation)で標準技術として採択されたLDPC符号を概略的に示す図である。

【0015】

図3において、 N_1 はLDPC符号語の長さを示し、 K_1 は情報語の長さを示し、 $(N_1 - K_1)$ はパリティ長さを提供する。また、 M_1 及び q は、 $q = (N_1 - K_1) / M_1$ を満足する。好ましくは、 K_1 / M_1 は、整数である。

【0016】

図3を参照すると、パリティ検査行列でパリティ部分、即ち、 K_1 番目の列から $(N_1 - 1)$ 番目の列までの構成は、デュアル対角(dual diagonal)形態を有する。従って、パリティ部分に対応する列の次数の分布について、次数‘1’を有する最後の列を除いて、全ての列は、次数‘2’を有する。

【0017】

パリティ検査行列において、情報語部分、即ち、0番目の列から $(K_1 - 1)$ 番目の列までは、次の規則を用いて生成される。

【0018】

〔規則1〕パリティ検査行列で情報語に対応する K_1 個の列を M_1 個の列で構成された複数のグループにグルーピングすることにより、トータル K_1 / M_1 個の列グループを生成する。各列グループに属している列を形成する方法は、下記の規則2に従う。

【0019】

〔規則2〕最初に、 i (ここで、 $i = 1, \dots, K_1 / M_1$)番目の列グループ内の各0番目の列での‘1’の位置を決定する。各 i 番目の列グループ内の0番目の列の次数を D_i で示す場合、‘1’を有する行の位置を

【0020】

【数2】

$$R_{i,0}^{(1)}, R_{i,0}^{(2)}, \dots, R_{i,0}^{(D_i)}$$

と仮定すると、‘1’を有する行の位置

【0021】

【数3】

$$R_{i,j}^{(k)} (k=1,2,\dots,D_i)$$

は、 i 番目の列グループ内の j (ここで、 $j = 1, 2, \dots, M_1 - 1$)番目の列で下記の数式(2)のように定義される。

【0022】

【数4】

$$R_{i,j}^{(k)} = R_{i,(j-1)}^{(k)} + q \bmod(N_1 - K_1), \quad \dots \text{数式 (2)}$$

$$k=1,2,\dots,D_i, \quad i=1,\dots,K_1/M_1, \quad j=1,\dots,M_1-1$$

【0023】

上述した規則に従うと、 i 番目の列グループに属している列の次数が全て D_i に等しいことが分かる。上述した規則に従ってパリティ検査行列に関する情報を格納しているDVB-S2 LDPC符号の構成を容易に理解するために、次のような具体的な例について説明する。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 4 】

具体的な一例として、 $N_1 = 30$ 、 $K_1 = 15$ 、 $M_1 = 5$ 、及び $q = 3$ であり、3個の列グループ内の0番目の列に対する‘1’を有する行の位置に関する情報の3つのシーケンスは、次のように表現することができる。ここで、このシーケンスは、“加重値 - 1位置シーケンス”と称する。

【 0 0 2 5 】

【 数 5 】

$$R_{1,0}^{(1)} = 0, R_{1,0}^{(2)} = 1, R_{1,0}^{(3)} = 2,$$

$$R_{2,0}^{(1)} = 0, R_{2,0}^{(2)} = 11, R_{2,0}^{(3)} = 13,$$

$$R_{3,0}^{(1)} = 0, R_{3,0}^{(2)} = 10, R_{3,0}^{(3)} = 14.$$

10

【 0 0 2 6 】

各列グループ内の0番目の列の加重値 - 1位置シーケンスについて、説明の便宜上、列グループ別に対応する位置シーケンスだけを次の通りに表現することができる。例えば、

$$\begin{array}{ccc} 0 & 1 & 2 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 3 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 4 \end{array}$$

【 0 0 2 7 】

即ち、 i 番目のラインでこの i 番目の“加重値 - 1位置シーケンス”は、 i 番目の列グループに対する‘1’を有する行の位置に関する情報を順次に示す。

20

【 0 0 2 8 】

上述した具体的な例に対応する情報と規則1及び規則2とを用いてパリティ検査行列を構成することにより、図4のDVB-S2 LDPC符号と同一の概念を有するLDPC符号を生成することができる。

【 0 0 2 9 】

規則1及び規則2に従って設計されたDVB-S2 LDPC符号が構造形状を用いて効率的に符号化することができることが知られている。パリティ検査行列に基づくDVB-S2を用いてLDPC符号化を実行する工程での各ステップを、次のような例を挙げて説明する。

30

【 0 0 3 0 】

以下の説明において、具体的な例として、 $N_1 = 16200$ 、 $K_1 = 10800$ 、 $M_1 = 360$ 、及び $q = 15$ を有するDVB-S2 LDPC符号を使用する符号化工程について説明する。説明の便宜のために、長さ K_1 を有する情報語ビットは、

【 0 0 3 1 】

【 数 6 】

$$(i_0, i_1, \dots, i_{K_1-1})$$

として示され、長さ $(N_1 - K_1)$ を有するパリティビットは、

【 0 0 3 2 】

【 数 7 】

$$(p_0, p_1, \dots, p_{N_1-K_1-1})$$

として表現される。

【 0 0 3 3 】

〔ステップ1〕LDPC符号化器は、パリティビットを次のように初期化する。

【 0 0 3 4 】

【 数 8 】

$$p_0 = p_1 = \dots = p_{N_1-K_1-1} = 0$$

50

【 0 0 3 5 】

〔ステップ 2〕LDPC 符号化器は、格納されているパリティ検査行列を示すシーケンスの 0 番目の“加重値 - 1 位置シーケンス”から列グループ内の‘1’が位置した行に関する情報を読み出す。

0 2 0 8 4 1 6 1 3 1 5 4 8 1 2 8 6 1 4 6 0 3 1 9 6 4 2 9 7 2 4
8 1 3 3 6 9 3 4 5 1 4 6 2 0 2 6 2 2

【 0 0 3 6 】

【数 9】

$$R_{1,0}^{(1)} = 0, R_{1,0}^{(2)} = 2084, R_{1,0}^{(3)} = 1613, R_{1,0}^{(4)} = 1548, R_{1,0}^{(5)} = 1286,$$

$$R_{1,0}^{(6)} = 1460, R_{1,0}^{(7)} = 3196, R_{1,0}^{(8)} = 4297, R_{1,0}^{(9)} = 2481, R_{1,0}^{(10)} = 3369,$$

$$R_{1,0}^{(11)} = 3451, R_{1,0}^{(12)} = 4620, R_{1,0}^{(13)} = 2622.$$

10

【 0 0 3 7 】

LDPC 符号化器は、上記読み出された情報及び第 1 の情報語ビット i_0 を用いて下記の数式 (3) に従って特定のパリティビット p_x をアップデートする。ここで、 x は、

【 0 0 3 8 】

【数 10】

$$R_{1,0}^{(k)} \text{ for } k=1,2,\dots,13$$

20

の値を意味する。

【 0 0 3 9 】

【数 11】

$$p_0 = p_0 \oplus i_0, p_{2084} = p_{2084} \oplus i_0, p_{1613} = p_{1613} \oplus i_0,$$

$$p_{1548} = p_{1548} \oplus i_0, p_{1286} = p_{1286} \oplus i_0, p_{1460} = p_{1460} \oplus i_0,$$

$$p_{3196} = p_{3196} \oplus i_0, p_{4297} = p_{4297} \oplus i_0, p_{2481} = p_{2481} \oplus i_0, \dots \text{数式 (3)}$$

$$p_{3369} = p_{3369} \oplus i_0, p_{3451} = p_{3451} \oplus i_0, p_{4620} = p_{4620} \oplus i_0,$$

$$p_{2622} = p_{2622} \oplus i_0$$

30

上述した数式 (3) において、

【 0 0 4 0 】

【数 12】

$$p_x = p_x \oplus i_0$$

は、

【 0 0 4 1 】

【数 13】

$$p_x \leftarrow p_x \oplus i_0$$

40

として表現することもでき、

【 0 0 4 2 】

【数 14】

$$\oplus$$

は、2進加算を意味する。

【 0 0 4 3 】

〔ステップ 3〕LDPC 符号化器は、 i_0 の後の次の 359 個の情報語ビット i_m (ここで、 $m = 1, 2, \dots, 359$) に対して下記の数式 (4) の値を求める。

$$\{ x + (m \bmod M_1) \times q \} \bmod (N_1 - K_1)$$

50

$$M_1 = 360, m = 1, 2, \dots, 359 \quad \dots \text{数式 (4)}$$

上述した数式 (4) において、 x は、

【0044】

【数15】

$$R_{1,0}^{(k)} \text{ for } k=1,2,\dots,13$$

の値である。上述した数式 (4) は、上述した数式 (2) と同一の概念を有することに留意しなければならない。

【0045】

次いで、LDPC符号化器は、上述した数式 (4) で求められた値を用いて数式 (3) と類似した動作を実行する。即ち、LDPC符号化器は、 i_m に対して

【0046】

【数16】

$$P_{\{x+(m \bmod M_1) \times q\} \bmod (N_1 - K_1)}$$

をアップデートする。

【0047】

例えば、 $m = 1$ の場合、即ち、 i_1 に対して、LDPC符号化器は、下記の数式 (5) で定義されるように、パリティビット

【0048】

【数17】

$$P_{(x+q) \bmod (N_1 - K_1)}$$

をアップデートする。

【0049】

【数18】

$$p_{15} = p_{15} \oplus i_1, \quad p_{2099} = p_{2099} \oplus i_1, \quad p_{1628} = p_{1628} \oplus i_1,$$

$$p_{1563} = p_{1563} \oplus i_1, \quad p_{1301} = p_{1301} \oplus i_1, \quad p_{1475} = p_{1475} \oplus i_1,$$

$$p_{3211} = p_{3211} \oplus i_1, \quad p_{4312} = p_{4312} \oplus i_1, \quad p_{2496} = p_{2496} \oplus i_1, \quad \dots \text{数式 (5)} \quad 30$$

$$p_{3384} = p_{3384} \oplus i_1, \quad p_{3466} = p_{3466} \oplus i_1, \quad p_{4635} = p_{4635} \oplus i_1,$$

$$p_{2637} = p_{2637} \oplus i_1$$

【0050】

上述した数式 (5) において、 $q = 15$ である。LDPC符号化器は、 $m = 1, 2, \dots, 359$ に対して上記のような工程を同様に実行する。

【0051】

〔ステップ4〕ステップ2と同様に、LDPC符号化器は、361番目の情報語ビット i_{360} に対して1番目の加重値 - 1位置シーケンス

【0052】

【数19】

$$R_{2,0}^{(k)} (k=1,2,\dots,13)$$

の情報を読み出し、特定の p_x をアップデートする。ここで、 x は、

【0053】

【数20】

$$R_{2,0}^{(k)}$$

を意味する。LDPC符号化器は、 i_{360} の後の次の359個の情報語ビット i_{361} 、 i_{362} 、 \dots 、 i_{719} に数式 (4) を同様に適用することにより、

【 0 0 5 4 】

【 数 2 1 】

$$P_{\{x+(m \bmod M_1) \times q\} \bmod (N_1 - K_1)}, m = 361, 362, \dots, 719$$

をアップデートする。

【 0 0 5 5 】

〔ステップ5〕LDPC符号化器は、それぞれの360個の情報語ビットを有する全てのグループに対してステップ2、3、及び4を反復する。

【 0 0 5 6 】

〔ステップ6〕LDPC符号化器は、最終的に数式(6)を用いてパリティビットを決定する。

【 0 0 5 7 】

【 数 2 2 】

$$p_i = p_i \oplus p_{i-1}, i = 1, 2, \dots, N_1 - K_1 - 1 \quad \cdot \cdot \cdot \text{数式 (6)}$$

【 0 0 5 8 】

数式(6)のパリティビット p_i は、LDPC符号化が完了することにより得られたパリティビットである。

【 0 0 5 9 】

上述したように、DVB-S2は、ステップ1からステップ6までの工程で説明したように符号化を行う。

【 0 0 6 0 】

LDPC符号を実際の通信システムに適用するためには、LDPC符号は、通信システムで要求されるデータ送信量に適合するように設計されなければならない。特に、ハイブリッド自動再送要求(Hybrid Automatic Retransmission Request: HARQ)方式及び適応型変調及び符号化(Adaptive Modulation and Coding: AMC)方式を適用する適応型通信システムだけでなく、様々なブロードキャストサービスをサポートする通信システムでも、システムの要求に従って様々なデータ送信量をサポートするために様々な符号語の長さを有するLDPC符号が必要とされる。

【 0 0 6 1 】

しかし、上述したように、DVB-S2システムで使用されるLDPC符号は、その制限された使用により2種類の符号語の長さのみを有し、LDPC符号の各タイプは、独立したパリティ検査行列を必要とする。このような理由で、システムの拡張性及び柔軟性を増加させるために様々な符号語の長さをサポートする方法が必要である。特に、DVB-S2システムでは、シグナリング情報の送信のために数百から数千ビットのデータ送信が必要である。しかし、DVB-S2 LDPC符号の長さには、16200及び64800のみが使用可能であるため、様々な符号語の長さをサポートする必要があるという問題がある。しかし、LDPC符号の各符号語の長さに対して独立したパリティ検査行列を格納することは、メモリ効率性を減少させるため、新たなパリティ検査行列を設計せず、既存のパリティ検査行列から様々な符号語の長さを効率的にサポートすることができる方式が要求されている。

【 0 0 6 2 】

高次変調方式が2位相偏移変調(BPSK)又は4位相偏移変調(QPSK)だけを使用する通信システムに適用される場合とは異なり、高次変調方式が様々な符号語の長さを有するLDPC符号を要求する通信システムで使用される場合に、高次変調シンボルに含まれたビットの信頼度が異なることに留意すべきである。

【 0 0 6 3 】

10

20

30

40

50

高次変調方式での信頼度差を証明するために、以下では、通信システムで一般に使用される高次変調方式である直交振幅変調 (QAM) 方式を適用する場合の信号コンステレーションについて説明する。QAMで変調されたシンボルは、実数部及び虚数部を含み、様々な変調シンボルは、各実数部及び虚数部の大きさ及び符号を異ならせることにより生成することができる。QAMは、QAM特性の詳細をより明確に提供するためにQPSK変調方式と共に説明する。

【0064】

図5Aは、従来のQPSK変調方式の信号コンステレーションを概略的に示す図である。

【0065】

図5Aを参照すると、 y_0 は実数部の符号を決定し、 y_1 は虚数部の符号を決定する。即ち、 $y_0 = 0$ の場合、実数部の符号は正 (+) であり、 $y_0 = 1$ の場合、実数部の符号は負 (-) である。また、 $y_1 = 0$ の場合、虚数部の符号は正 (+) であり、 $y_1 = 1$ の場合、虚数部の符号は負 (-) である。 y_0 及び y_1 が実数部及び虚数部の各符号を示す符号表示ビットであるので、 y_0 及び y_1 のエラー発生確率は同一である。従って、QPSK変調方式の場合、1つの変調信号に対応する (y_0, y_1) ビットの信頼度は同一である。ここで、 $y_{0,q}$ 及び $y_{1,q}$ で表記した時、2番目の下付き文字インデックス q は、変調信号に含まれたビットの q 番目の出力を示す。

【0066】

図5Bは、従来の16-QAM変調方式の信号コンステレーションを概略的に示す図である。

【0067】

図5Bを参照すると、(y_0, y_1, y_2, y_3) は、1つの変調信号のビットに対応する。特に、ビット y_0 及び y_2 は、それぞれ実数部の符号及び大きさを決定し、ビット y_1 及び y_3 は、それぞれ虚数部の符号及び大きさを決定する。即ち、 y_0 及び y_1 は、変調信号の実数部及び虚数部の符号を決定し、 y_2 及び y_3 は、変調信号の実数部及び虚数部の大きさを決定する。変調された信号の符号の識別がこの変調された信号の大きさの識別より更に容易であるために、エラー発生確率においては、 y_2 及び y_3 が y_0 及び y_1 より高い。従って、ビットのエラーが発生しない確率 (即ち、信頼度) の観点では、 $y_0 = y_1 > y_2 = y_3$ の順序となる。即ち、QPSKとは異なり、QAM変調信号に含まれたビット (y_0, y_1, y_2, y_3) は、相互に異なる信頼度を有する。

【0068】

16-QAM変調方式において、信号を構成する4個のビットの中で2個のビットは、信号の実数部及び虚数部の符号を決定し、残りの2個のビットは、信号の実数部及び虚数部の大きさを決定すればよい。従って、(y_0, y_1, y_2, y_3) の順序及び各ビットの役割は、変わる可能性がある。

【0069】

図5Cは、従来の64-QAM変調方式の信号コンステレーションを概略的に示す図である。

【0070】

1つの変調信号のビットに対応する ($y_0, y_1, y_2, y_3, y_4, y_5$) の中で、ビット y_0, y_2 、及び y_4 は、実数部の大きさ及び符号を決定し、 y_1, y_3 、及び y_5 は、虚数部の大きさ及び符号を決定する。この時、 y_0 及び y_1 は、それぞれ実数部及び虚数部の符号を決定し、 y_2 と y_4 との組合せ及び y_3 と y_5 との組合せは、それぞれ実数部及び虚数部の大きさを決定する。上述したように、変調された信号の符号の識別がこの変調された信号の大きさの識別より更に容易であるために、 y_0 及び y_1 の信頼度は、 y_2, y_3, y_4 、及び y_5 の信頼度より高い。

【0071】

ビット y_2 及び y_3 は、変調されたシンボルの大きさが4より大きいか又は小さいかに基づいて決定され、ビット y_4 及び y_5 は、変調されたシンボルの大きさが2を基準にし

10

20

30

40

50

て4又は0に近いかに従って決定されるか、或いは、6を基準にして4又は8に近いかに従って決定される。従って、 y_2 及び y_3 により決定される範囲の大きさは4であり、 y_4 及び y_5 により決定される範囲の大きさは2である。従って、 y_2 及び y_3 の信頼度が y_4 及び y_5 の信頼度より高い。その結果、各ビットのエラーが発生しない確率（即ち、信頼度）の観点では、 $y_0 = y_1 > y_2 = y_3 > y_4 = y_5$ の順序となる。

【0072】

64-QAM変調方式において、信号を構成する6個のビットの中で2個のビットは、信号の実数部及び虚数部の符号を決定し、4個のビットは、信号の実数部及び虚数部の大きさを決定すればよい。従って、(y_0 、 y_1 、 y_2 、 y_3 、 y_4 、 y_5)の順序及び各ビットの役割は、変わる可能性がある。また、256-QAM又はそれ以上の信号コンステレーションの場合にも、上述したものと同一の方式で変調信号を構成するビットの役割及び信頼度が異なる。従って、これに関する詳細な説明は省略する。

10

【0073】

要約すると、BPSK又はQPSK変調方式では、シンボルに含まれたビットの信頼度が同一であり、短縮又はパンクチャーリングを適用したLDPC符号語で各符号語ビットの信頼度も同一であるため、短縮及びパンクチャーリングパターンを決定する際に変調方式を考慮する必要はない。しかし、16-QAM、64-QAM、256-QAMのような高次変調方式では、シンボルに含まれたビットの役割及び信頼度が異なるために、変調方式及び信号コンステレーション/ビットマッピング（信号コンステレーション上のビットマッピング）方式が決定された際、短縮又はパンクチャーリングを適用した後のLDPC符号語での各符号語ビットの信頼度が短縮又はパンクチャーリングを適用する前のそれとは異なることがあるという問題がある。

20

【0074】

従って、高次変調方式に基づく短縮又はパンクチャーリングを用いてLDPC符号を生成する装置及び方法が要求される。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0075】

本発明は、上記従来の問題点に鑑みてなされたものであって、本発明の目的は、通信システムにおいて高次変調を考慮して決定された短縮又はパンクチャーリングを用いて与えられたLDPC符号から異なる符号語の長さを有するLDPC符号を生成し、この生成されたLDPC符号を用いてチャンネルの符号化及び復号化を行う符号化及び復号化方法並びにその装置を提供することにある。

30

【0076】

また、本発明の他の目的は、LDPC符号を使用する通信システムにおいてDVB-S2構成を考慮して最適の性能を提供するチャンネル符号化及び復号化方法並びにその装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0077】

上記目的を達成するために、本発明の一態様によれば、低密度パリティ検査(LDPC)符号を使用するシステムにおけるチャンネル符号化方法を提供する。前記方法は、情報ビットを複数のビットグループに区分するステップと、短縮される情報ビットの数を決定するステップと、前記決定された短縮される情報ビットの数に基づいて短縮されるビットグループの数を決定するステップと、予め定められたビットグループの順序に従って前記決定されたビットグループの情報ビットを短縮するステップと、前記短縮された情報ビットを符号化するステップと、を有し、情報ビットの長さが7200であり、符号語の長さが16200である場合に、前記予め定められたビットグループの順序は、18、17、16、15、14、13、12、11、4、10、9、8、7、3、2、1、6、5、19、及び0である。

40

【0078】

50

本発明の他の態様によれば、低密度パリティ検査（LDPC）符号を使用するシステムにおけるチャンネル符号化装置を提供する。前記装置は、情報ビットを複数のビットグループに区分し、短縮される情報ビットの数を決定し、前記決定された短縮される情報ビットの数に基づいて短縮されるビットグループの数を決定し、予め定められたビットグループの順序に従って前記決定されたビットグループの情報ビットを短縮する短縮パターン適用部と、前記短縮された情報ビットを符号化する符号化器と、を備え、情報ビットの長さが7200であり、符号語の長さが16200である場合に、前記予め定められたビットグループの順序は、18、17、16、15、14、13、12、11、4、10、9、8、7、3、2、1、6、5、19、及び0である。

【0079】

本発明の他の態様によれば、低密度パリティ検査（LDPC）符号を使用するシステムにおけるチャンネル復号化方法を提供する。前記方法は、受信された信号を復調するステップと、短縮された情報ビットの位置を決定するステップと、前記決定された短縮された情報ビットの位置を考慮して前記復調された信号を復号化するステップと、を有し、前記短縮された情報ビットの位置を決定するステップは、短縮された情報ビットの数を決定するステップと、前記決定された短縮された情報ビットの数に基づいて短縮されたビットグループの数を決定するステップと、予め定められたビットグループの順序を取得するステップと、を有し、情報ビットの長さが7200であり、符号語の長さが16200である場合に、前記予め定められたビットグループの順序は、18、17、16、15、14、13、12、11、4、10、9、8、7、3、2、1、6、5、19、及び0である。

【0080】

本発明の他の態様によれば、低密度パリティ検査（LDPC）符号を使用するシステムにおけるチャンネル復号化装置を提供する。前記装置は、受信された信号を復調する復調器と、短縮された情報ビットの位置を決定する短縮パターン決定部と、前記決定された短縮された情報ビットの位置を考慮して前記復調された信号を復号化する復号化器と、を備え、前記短縮された情報ビットの位置は、短縮された情報ビットの数を決定し、前記決定された短縮された情報ビットの数に基づいて短縮されたビットグループの数を決定し、予め定められたビットグループの順序を取得することにより決定され、情報ビットの長さが7200であり、符号語の長さが16200である場合に、前記予め定められたビットグループの順序は、18、17、16、15、14、13、12、11、4、10、9、8、7、3、2、1、6、5、19、及び0である。

【発明の効果】

【0081】

本発明は、高次変調及びLDPC符号を使用する通信システムにおいて所定のパリティ検査行列に関する情報を用いて異なる符号語の長さを有する個別のLDPC符号を生成することができるという長所がある。

【0082】

また、本発明の実施形態は、変調方式に従って異なる短縮パターンを用いて短縮を行うことができるという長所がある。

【図面の簡単な説明】

【0083】

【図1】長さが8であるLDPC符号のパリティ検査行列の一例を示す図である。

【図2】長さが8であるLDPC符号のパリティ検査行列のタナーグラフを示す図である。

【図3】DVB-S2 LDPC符号の概略的な構成を示す図である。

【図4】DVB-S2 LDPC符号のパリティ検査行列の一例を示す図である。

【図5A】デジタル通信システムで使用する従来のQPSK変調の信号コンステレーションを概略的に示す図である。

【図5B】デジタル通信システムで使用する従来の16-QAM変調の信号コンステレーションを概略的に示す図である。

10

20

30

40

50

【図5C】デジタル通信システムで使用する従来の64-QAM変調の信号コンステレーションを概略的に示す図である。

【図6】LDPC符号を使用する通信システムにおける送受信器の構成を示すブロック図である。

【図7】(a)は、16-QAM変調方式で信号コンステレーション/ビットマッピングの例を示す図であり、(b)は、16-QAM変調方式で短縮による信号コンステレーション/ビットマッピングの変化の例を示す図である。

【図8】(a)は、64-QAM変調方式で信号コンステレーション/ビットマッピングの例を示す図であり、(b)は、64-QAM変調方式で短縮による信号コンステレーション/ビットマッピングの変化の例を示す図である。

10

【図9】本発明の一実施形態による格納されているLDPC符号のパリティ検査行列から異なる符号語の長さを有するLDPC符号を生成する手順を示すフローチャートである。

【図10】本発明の一実施形態による短縮されたLDPC符号を使用する送信装置の構成を示すブロック図である。

【図11】本発明の一実施形態による短縮/パンクチャーリングがなされたLDPC符号を使用する送信装置の構成を示すブロック図である。

【図12】本発明の一実施形態による短縮を適用したLDPC符号を使用する受信装置の構成を示すブロック図である。

【図13】本発明の一実施形態による短縮及びパンクチャーリングの両方を適用したLDPC符号を使用する受信装置の構成を示すブロック図である。

20

【図14】本発明の一実施形態による受信装置の受信動作を示すフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0084】

本発明の他の目的、利点、及び顕著な特徴は、添付の図面及び本発明の実施形態からなされた以下の詳細な説明から、この分野の当業者に明確になるはずである。

【0085】

添付の図面を参照した下記の説明は、特許請求の範囲の記載及びこれと均等なもの範囲内で定められるような本発明の実施形態の包括的な理解を助けるために提供する。これは、この理解を助けるための様々な特定の詳細を含むが、唯一の実施形態にすぎない。従って、本発明の範囲及び趣旨を逸脱することなく、ここに説明した実施形態の様々な変更及び修正が可能であるということは、当該技術分野における通常の知識を有する者には明らかである。また、明瞭性と簡潔性の観点から、当業者に良く知られている機能や構成に関する具体的な説明は、省略する。

30

【0086】

また、次の説明及び請求項に使用する用語及び単語は、辞典的意味に限定されるものではなく、発明者により本発明の理解を明確且つ一貫性のあるようにするために使用する。従って、本発明の実施形態の説明が単に実例を提供するためのものであり、特許請求の範囲とこれと均等なものに基づいて定義される発明を限定する目的で提供するものでないことは、本発明の技術分野における通常の知識を持つ者には明らかである。

【0087】

本発明の実施形態の下記の説明は、特定の構造形状(structural shape)のLDPC符号のパリティ検査行列を用いて高次変調に適合した様々な符号語の長さを有するLDPC符号をサポートする方法を提案する。また、本発明の実施形態の説明は、特定の構造形状のLDPC符号を使用する通信システムにおいて、高次変調方式に従って様々な符号語の長さをサポートする装置及びその制御方法を提案する。特に、本発明の実施形態の説明は、与えられたLDPC符号のパリティ検査行列を用いて与えられたLDPC符号より小さいLDPC符号を生成する方法及びその装置を提案する。

40

【0088】

図6は、LDPC符号を使用する通信システムの送受信器の構成を示すブロック図である。

50

【 0 0 8 9 】

図 6 を参照すると、メッセージ u は、受信器 6 3 0 に送信される前に送信器 6 1 0 内の LDPC 符号化器 6 1 1 に入力される。LDPC 符号化器 6 1 1 は、入力されたメッセージ u を符号化し、この符号化した信号 c を変調器 6 1 3 に出力する。変調器 6 1 3 は、符号化した信号 c を変調した後に、この変調した信号 s を無線チャネル 6 2 0 を介して受信器 6 3 0 に送信する。受信器 6 3 0 内の復調器 6 3 1 は、受信した信号 r を復調した後に、この復調した信号 x を LDPC 復号化器 6 3 3 に出力する。LDPC 復号化器 6 3 3 は、復調信号 x を復号化した後に、無線チャネル 6 2 0 を介して受信したデータに基づいてメッセージの推定値

【 0 0 9 0 】

【 数 2 3 】

$$\underline{u}$$

を推定する。

【 0 0 9 1 】

LDPC 符号化器 6 1 1 は、所定の方式を用いて通信システムにより要求される符号語の長さに従ってパリティ検査行列を生成する。特に、本発明の一実施形態によると、LDPC 符号化器 6 1 1 は、付加的な格納情報を別途に必要とせずに LDPC 符号を用いて様々な符号語の長さをサポートすることができる。

【 0 0 9 2 】

本発明の一実施形態によると、与えられた LDPC 符号から様々な符号語の長さを取得する方法は、短縮法 (shortening) 及びパンクチャーリング法 (puncturing) を使用する。符号化率又は符号語の長さに従って短縮又はパンクチャーリングを LDPC 符号に適用することにより性能を最適化する方法が現在知られている。しかし、殆どの場合、短縮及びパンクチャーリングパターンを決定する既知の方法が 2 位相偏移変調 (BPSK) 又は 4 位相偏移変調 (QPSK) だけを考慮して最適化工程を実行するため、最適化された短縮及び / 又はパンクチャーリングパターンは与えられた LDPC 符号に対して 1 つだけ存在することができる。

【 0 0 9 3 】

しかし、信号コンステレーション / ビットマッピング方式が高次変調を用いて決定された場合の最適化されたパンクチャーリング及び短縮パターンは、BPSK 又は QPSK 変調方式のそれとは異なることがある。

【 0 0 9 4 】

BPSK 又は QPSK 変調方式において、シンボルに含まれたビットの信頼度が同一であるため、短縮又はパンクチャーリングを適用した後の LDPC 符号語で各符号語ビットの信頼度も同一である。その結果、短縮及びパンクチャーリングパターンを決定する工程で変調方式を考慮する必要はない。しかし、上述したように、16-QAM、64-QAM、及び 256-QAM のような高次変調方式では、シンボルに含まれたビットの信頼度が異なるために、変調方式及び信号コンステレーション / ビットマッピング方式が決定された場合、短縮又はパンクチャーリングを適用した後の LDPC 符号語での各符号語ビットの信頼度が短縮又はパンクチャーリングを適用する前のそれとは異なることがある。

【 0 0 9 5 】

図 7 の (a)、図 7 の (b)、図 8 の (a)、及び図 8 の (b) は、変調方式がそれぞれ 16-QAM 及び 64-QAM である時、LDPC 符号語で変数ノードの次数に従ってシンボルにマッピングされるビットマッピングの例を示す図である。特に、図 7 の (a) は、16-QAM 変調方式で信号コンステレーション / ビットマッピングの例を示す図であり、図 7 の (b) は、16-QAM 変調方式で短縮による信号コンステレーション / ビットマッピングの変化の例を示す図である。説明の便宜上、ここで、LDPC 符号語は、8 個又は 12 個の部分ブロックに区分される。

10

20

30

40

50

【 0 0 9 6 】

図7の(a)を参照すると、 y_0 及び y_1 は、それぞれ16-QAMシンボルで実数部及び虚数部の符号を決定する信頼度が高いビットを意味する。即ち、ビット間の信頼度関係は、 $y_0 = y_1 > y_2 = y_3$ である。図7の(a)において、最高次数変数ノードに対応するLDPC符号語ビット部分には y_1 及び y_3 がマッピングされるため、この最高次数変数ノードの中の1/2は、信頼度が高い部分にマッピングされ、残りの1/2は、信頼度が低い部分に接続される。

【 0 0 9 7 】

図7の(b)に示すように、最高次数変数ノードの中の半分が短縮されたと仮定すると、短縮されない最高次数変数ノードに対応するシンボルビットが短縮されたLDPC符号語で考慮される場合、この最高次数変数ノードの7/8は、 y_3 にマッピングされ、残りの1/8は、 y_1 にマッピングされる。即ち、ビット率は、短縮前のそれとは非常に異なる。

10

【 0 0 9 8 】

同様に、図8の(a)は、64-QAM変調方式で信号コンステレーション/ビットマッピングの例を示す図であり、図8の(b)は、64-QAM変調方式で短縮による信号コンステレーション/ビットマッピングの変化の例を示す図である。

【 0 0 9 9 】

図8の(a)において、シンボルに含まれたビット間の信頼度関係は、 $y_0 = y_1 > y_2 = y_3 > y_4 = y_5$ である。この場合、LDPC符号語で最高次数を有する変数ノードの1/3が最低の信頼度ビット y_5 にマッピングされることが分かる。しかし、図8の(b)に示すように、最高次数変数ノードの中の2/3が短縮された場合には、短縮されない残りの最高次数変数ノードの5/6が最低の信頼度ビット y_5 にマッピングされ、これにより、ビット率が短縮される前のそれとは異なることが分かる。

20

【 0 1 0 0 】

上述したように、高次変調方式及び信号コンステレーション/ビットマッピング方式が与えられたLDPC符号に対して固定されている場合、BPSK又はQPSK変調方式で使用された短縮又はパンクチャーリングパターンは、変調シンボルの各ビットにマッピングされるLDPC符号語ビットの比率が短縮技術に従って非常に異なるために適合しない可能性がある。

30

【 0 1 0 1 】

また、LDPC符号の場合において、最適化されたLDPC符号のパリティ検査行列の次数分布が変調方式に従って非常に異なることがよく知られている。即ち、BPSK又はQPSK変調方式に最適化されたLDPC符号の次数分布と16-QAM、64-QAM、及び256-QAMに最適化されたLDPC符号の次数分布とは全て異なる。

【 0 1 0 2 】

同様の理由から、1つの次数分布を有するLDPC符号が与えられたと仮定した場合、最適化された短縮又はパンクチャーリングパターンが高次変調方式に従って異なることが自明である。従って、LDPC符号の最適化された短縮又はパンクチャーリングパターンを求めるためには、適用する変調方式を考慮して短縮パターンを決定しなければならない。

40

【 0 1 0 3 】

変調方式を考慮した短縮又はパンクチャーリングパターンを決定する方法を説明する前に先ず短縮法について説明する。ここで使用される‘短縮法’は、LDPC符号化を行うことにより与えられた特定のパリティ検査行列からLDPC符号語を生成した後に、LDPC符号語の特定の部分を実質的に送信しない方法を意味する。以下、短縮法の更なる理解を助けるために、図3に示したDVB-S2 LDPC符号のパリティ検査行列についてより詳細に説明する。

【 0 1 0 4 】

図3に示したDVB-S2 LDPC符号のパリティ検査行列について、その全長がN

50

i_1 であり、長さが K_1 である情報語ビット

【 0 1 0 5 】

【 数 2 4 】

$$(i_0, i_1, \dots, i_{K_1-1})$$

は、このパリティ検査行列の先頭部分に対応し、長さが $(N_1 - K_1)$ であるパリティビット

【 0 1 0 6 】

【 数 2 5 】

$$(p_0, p_1, \dots, p_{N_1-K_1-1})$$

は、このパリティ検査行列の後方部分に対応する。通常、情報語ビットは、‘ 0 ’ 又は ‘ 1 ’ の値を自由に有し、短縮技術は、短縮させる特定の部分の情報語ビットの値を制限する。例えば、 i_0 から i_{N_s-1} までの N_s 個の情報語ビットを短縮することは、通常 $i_0 = i_1 = \dots = i_{N_s-1} = 0$ であることを意味する。

【 0 1 0 7 】

即ち、 i_0 から i_{N_s-1} までの N_s 個の情報語ビットに対する値を 0 に制限することにより、短縮技術は、図 3 に示した DVB-S2 LDPC 符号のパリティ検査行列で N_s 個の先頭列を実質的に使用しないものと同一の効果を得ることができる。‘短縮法’ という用語は、上述した制限動作から由来する。従って、本発明で短縮を適用することは、短縮された情報語ビットの値を 0 として見なすことを意味する。

【 0 1 0 8 】

この短縮技術について、システムが設定される際に、送信器及び受信器は、短縮された情報語ビットに関する同一の位置情報を共有するか又は生成することができる。従って、送信器が短縮されたビットを送信しなくても、受信器は、短縮されたビットに対応する位置の情報語ビットが ‘ 0 ’ の値を有することを既に認識している状態で復号を行うことができる。

【 0 1 0 9 】

短縮技術において、送信器が実際に送信する符号語の長さが $N_1 - N_s$ であり、情報語の長さも $K_1 - N_s$ であるので、符号率は、 $(K_1 - N_s) / (N_1 - N_s)$ となり、これは、最初に与えられた符号率 K_1 / N_1 より常に小さくなる。

【 0 1 1 0 】

一般的に、パンクチャーリング技術は、情報語ビット及びパリティビットの両方に適用することができる。このパンクチャーリング技術及び短縮技術が符号語の長さを短くするという共通点はあるけれども、パンクチャーリング技術は、上述した短縮技術とは異なり、特定のビットの値を制限しない。

【 0 1 1 1 】

更に具体的に、パンクチャーリング技術は、特定の情報語ビット又は生成されたパリティビットの中の特定の部分を単に送信しないことにより、受信器が対応するビットの消失処理を行うことができる。言い換えれば、生成された長さ N_1 の LDPC 符号語の中で N_p 個の予め定義された位置にあるビットを単に送信しないことにより、このパンクチャーリング技術は、長さが $(N_1 - N_p)$ である LDPC 符号語を送信することにより得られたものと同一の効果を得ることができる。パリティ検査行列でパンクチャーリングされたビットに対応する列が復号化工程で全てそのまま使用されるので、このパンクチャーリング技術は、短縮技術とは異なる。

【 0 1 1 2 】

また、本発明の一実施形態によると、システムが設定される際に、パンクチャーリングされたビットに関する位置情報が送信器及び受信器に共有されるか又は推定することがで

10

20

30

40

50

きるので、受信器は、単に対応するパンクチャーリングされたビットの消失処理を行なった後に復号化を実行する。

【0113】

このパンクチャーリング技術において、送信器が実際に送信する符号語の長さが $N_1 - N_p$ であり、情報語の長さが一定に K_1 であるので、符号率は、 $K_1 / (N_1 - N_p)$ となり、これは、最初に与えられた符号率 K_1 / N_1 より常に大きくなる。

【0114】

DVB-S2 LDPC 符号に適合した短縮技術及びパンクチャーリング技術について説明する。上述したように、DVB-S2 LDPC 符号は、特定の構成を有する LDPC 符号の一種である。従って、一般的な LDPC 符号に比べて、DVB-S2 LDPC 符号は、より効率的な短縮及びパンクチャーリングを受けることができる。

10

【0115】

説明の便宜のために、DVB-S2 LDPC 符号において、符号語の長さ及び情報語の長さがそれぞれ N_1 及び K_1 であり、短縮技術及びパンクチャーリング技術を用いて DVB-S2 LDPC 符号から最終的に取得しようとする LDPC 符号の符号語の長さ及び情報語の長さがそれぞれ N_2 及び K_2 であると仮定する。

【0116】

$N_1 - N_2 = N$ であり、 $K_1 - K_2 = K$ であるという定義が与えられる場合に、DVB-S2 LDPC 符号のパリティ検査行列から K ビットだけの短縮を行い、 $(N - K)$ ビットだけのパンクチャーリングを行うことにより、符号語の長さ及び情報語の長さがそれぞれ N_2 及び K_2 である LDPC 符号を生成することができる。このように生成された LDPC 符号が $N > 0$ 又は $K > 0$ である時、その符号率

20

【0117】

【数26】

$$\frac{K_1 - K_\Delta}{N_1 - N_\Delta}$$

が一般的に DVB-S2 LDPC 符号の符号率 K_1 / N_1 とは異なるので、その代数的特性は変わる。

【0118】

ここで、 $N = K$ である場合、LDPC 符号は、短縮及びパンクチャーリングのいずれも適用しないか又は短縮だけを行うことにより生成される。

30

【0119】

しかし、DVB-S2 LDPC 符号について、上述の規則1及び規則2で説明したように、1個の

【0120】

【数27】

$$R_{i,j}^{(k)} (k=1,2,\dots,D_i, i=1,\dots,K_1/M_1, j=0,\dots,M_1-1)$$

40

値が M_1 個の列に対応し、トータル K_1 / N_1 個の列グループのそれぞれが構造形状を有する。従って、DVB-S2 LDPC 符号は、1つの

【0121】

【数28】

$$R_{i,j}^{(k)}$$

値を使用しない場合、 M_1 個の列を使用しない LDPC 符号と同一である。図9を参照して説明する次の短縮工程は、このような特徴を考慮して提案する。

【0122】

50

図 9 は、本発明の一実施形態による格納されている LDPC 符号のパリティ検査行列から異なる符号語の長さを有する LDPC 符号を生成する手順を示すフローチャートである。

【 0 1 2 3 】

図 9 を参照すると、ステップ 9 0 1 で、LDPC 符号化器は、シンボルに対する送信変調方式を決定し、ステップ 9 0 3 で、短縮が行われる DVB-S2 LDPC 符号の列グループ情報を読み出す。即ち、LDPC 符号化器は、格納されているパリティ検査行列情報を読み出す。その後、ステップ 9 0 5 で、LDPC 符号化器は、DVB-S2 LDPC 符号の列グループ情報に基づいて符号語の長さ N_2 及び情報語の長さ K_2 を決定する。その後、LDPC 符号化器は、この格納されているパリティ検査行列の読み出された情報に基づいて要求される LDPC 符号の情報語の長さに対応する短縮を行い、ステップ 9 0 7 ~ ステップ 9 1 3 のような短縮工程を行う。

10

【 0 1 2 4 】

〔短縮ステップ 1〕ステップ 9 0 7 で、LDPC 符号化器は、

【 0 1 2 5 】

【数 2 9】

$$A = \left\lfloor \frac{K_2}{M_1} \right\rfloor$$

を決定する。ここで、

20

【 0 1 2 6 】

【数 3 0】

$$\lfloor x \rfloor$$

は、 x より小さいか又は同一の最大整数を意味する。

【 0 1 2 7 】

〔短縮ステップ 2〕ステップ 9 0 9 で、LDPC 符号化器は、

【 0 1 2 8 】

【数 3 1】

$$R_{i,0}^{(k)} (i=1, \dots, K_1/M_1)$$

30

の中で $(A + 1)$ 個の列グループに対するシーケンスを選択し、この選択されたシーケンスを

【 0 1 2 9 】

【数 3 2】

$$S_{i,0}^{(k)} (i=1, \dots, A+1)$$

40

として定義する。LDPC 符号化器は、このシーケンス

【 0 1 3 0 】

【数 3 3】

$$R_{i,0}^{(k)}$$

で、部分シーケンス

【 0 1 3 1 】

【数 3 4】

$$S_{i,0}^{(k)}$$

を除いた残りの $K_1 / M_1 - A - 1$ 個の列グループに対するシーケンスが存在しないと見なす。

【0 1 3 2】

〔短縮ステップ 3〕LDPC 符号化器は、ステップ 9 1 1 で、短縮ステップ 2 で選択した $(A + 1)$ 個の列グループのシーケンス

【0 1 3 3】

【数 3 5】

$$S_{i,0}^{(k)}$$

から DVB-S2 LDPC 符号の情報語に対応する列グループの位置を決定する。この場合、短縮された DVB-S2 LDPC 符号を生成する。ここで、この短縮された LDPC 符号が情報語の長さ $(A + 1) M_1$ を有し、これは、常に K_2 より大きいか又は同一であることに留意しなければならない。

【0 1 3 4】

〔短縮ステップ 4〕LDPC 符号化器は、ステップ 9 1 3 で、短縮ステップ 3 で生成された短縮された LDPC 符号から $(A + 1) M_1 - K_2$ 個の列を付加的に短縮する。

【0 1 3 5】

短縮ステップ 4 において、付加的な短縮は、このような工程が付加的な短縮がなされる列グループの後方又は先頭から順次に行われる場合に容易に実現される。

【0 1 3 6】

上述したように、本実施形態は、DVB-S2 LDPC 符号の短縮のために通常使用されるビット単位の短縮技術とは異なり、DVB-S2 LDPC 符号の構造的な特性に基づいて DVB-S2 LDPC 符号の列グループに関する情報を使用しない効率的な短縮技術を適用することができる。

【0 1 3 7】

DVB-S2 LDPC 符号の短縮工程のステップ 2 で列グループに対するシーケンスの選択基準について簡単に整理すれば、次のようである。

【0 1 3 8】

〔基準 1〕LDPC 符号化器は、符号語の長さが N_2 であり、情報語の長さが K_2 である一般的な LDPC 符号に対して与えられた変調方式を考慮して得ることができる最適な次数分布が、符号語の長さが N_1 であり、情報語の長さが K_1 である DVB-S2 LDPC 符号の短縮を行うことにより得られた符号語の長さが N_2 であり、情報語の長さが K_2 である短縮された LDPC 符号の次数分布とできるだけ同様であるように列グループのための短縮パターンシーケンスを選択する。

【0 1 3 9】

〔基準 2〕LDPC 符号化器は、基準 1 で選択した短縮された符号の中でタナーグラフ上のサイクル特性が良い符号を提供するために定義された列グループのための短縮パターンシーケンスを選択する。本実施形態によると、サイクル特性の基準について、LDPC 符号化器は、タナーグラフ内の最小長さサイクルがもっとも大きく、この最小長さサイクルの個数がもっとも少ない場合を選択する。

【0 1 4 0】

基準 1 において、変調方式を考慮した一般的な LDPC 符号の最適な次数分布は、様々な具現化方法が当業者に知られている密度進化 (density evolution) 分析方法を用いて求めることができる。しかし、この密度進化方法を用いて次数分布を決定する工程は、本発明の要旨とは無関係な内容であるので、詳細な内容は省略する。

10

20

30

40

50

【 0 1 4 1 】

列グループに対する可能な全ての（短縮パターン）シーケンスの数が多くない場合、LDPC符号化器は、基準1及び基準2に関係なしに全てのシーケンスを完全に調査することにより最も良い性能を有する列グループに対する（短縮パターン）シーケンスを選択してもよい。しかし、DVB-S2 LDPC符号の短縮ステップ2で適用される列グループに対する選択基準は、この列グループに対する可能な全ての（短縮パターン）シーケンスの数があまりに多い場合に、この2種類の条件を満足するLDPC符号を選択することにより（短縮パターン）を効率的に選択することができるようにする。

【 0 1 4 2 】

基準1及び基準2は、 N_2 及び K_2 が固定された値である場合に適用される。しかし、システムで要求される N_2 及び K_2 の値が可変的な場合には、 K_2 の値に従って最適化された短縮パターンは、相関性がないこともある。即ち、システムで要求される N_2 及び K_2 の値が可変的な場合、最適化された性能のためには K_2 の値に従って最適化された全ての短縮パターンを個別に格納しなければならない。

10

【 0 1 4 3 】

従って、システムで要求される N_2 及び K_2 の値が可変的な場合には、システムの効率性のために準最適な（suboptimal）短縮パターンを探すことができる。

【 0 1 4 4 】

< 準最適な短縮パターンの探し >

【 0 1 4 5 】

まず、短縮のために1個の列グループの選択が必要であると仮定する。この場合に、選択可能な列グループの個数が1個だけであるため、最高の性能を有する列グループを選択することができる。短縮のために2個の列グループの選択が必要な場合には、既に選択された1個の列グループと共に最高の性能を示す1個の列グループを残りの列グループから選択する。同様の方法で、短縮のために i 個の列グループの選択が必要な場合には、短縮のために前のステップで選択した $(i-1)$ 個の列グループと共に最高の性能を有する1個の列グループを残りの列グループから選択する。

20

【 0 1 4 6 】

上記の方法が全ての場合に対して最適の選択を保証することはできないが、 K_2 の値の変化に無関係に、1つの一定の規則を有する短縮パターンから比較的安定した性能を有する。従って、上述した方法は、比較的安定した性能及び容易な短縮パターンの保存という長所を有する。

30

【 0 1 4 7 】

情報語ビットに対応する合計 G 個の列グループを有するDVB-S2 LDPC符号を例に挙げて説明する。短縮パターンを決定する方法に従って短縮がなされる列グループの順序を B_1 、 B_2 、 B_3 、 \dots 、 B_x として設定すると仮定すると、この列グループの順序を意味するシーケンスだけが記憶される場合に、短縮ステップ1～短縮ステップ4を介して任意の K_2 の値に対して効率的な短縮が可能である。

【 0 1 4 8 】

上記の方法を用いて各変調方式に従って求められた短縮パターン間の差の例を示すために、下記の表1A及び表1Bは、符号語の長さ $N_1 = 16200$ であり、情報語の長さ $K_1 = 7200$ であるDVB-S2 LDPC符号についてBPSK/QPSK、16-QAM、及び64-QAM変調方式に対して準最適化された短縮パターン及び短縮法を示す。

40

【 0 1 4 9 】

【表 1 A】

DVB-S2 LDPC符号 の主要変数	$N_1 = 16200$ 、 $K_1 = 7200$ 、 $M_1 = 360$ 、 $q = 25$
K_2 の範囲	短縮法
1) $528 \leq K_2 < 7200$	$m = \left\lfloor \frac{7200 - K_2}{360} \right\rfloor$ である整数 m に対して、 $\pi(0)$ 番目、 $\pi(1)$ 番目、 \dots 、及び $\pi(m-1)$ 番目の行に対応する m 個の列グループの全てを短縮し、 $\pi(m)$ 番目の行に対応する列グループから $7200 - K_2 - 360m$ 個の情報語ビットを付加的に短縮する。ここで、 π は、短縮パターンを意味する置換関数を示し、それらの間の関係は、表の下端に示す。 しかし、 $\pi(18) = 19$ 番目の行に対応する列グループの一部が短縮される場合に、168ビットのBCHパリティビットに対応する位置の列は、短縮がなされない。
2) $168 \leq K_2 < 528$	$\pi(0)$ 番目、 $\pi(1)$ 番目、 \dots 、及び $\pi(17)$ 番目の行に対応するすべての列グループを短縮し、 $\pi(18) = 19$ 番目の行に対応する列グループから168ビットのBCHパリティビットに対応する位置の列を除外した全ての列を短縮する。 また、 $\pi(19) = 0$ 番目の行に対応する列グループから $528 - K_2$ 個の情報語ビットを付加的に短縮する。

10

【 0 1 5 0】

20

【表 1 B】

BPSK/QPSK上の準最適な置換関数間の関係									
$\pi(0)$	$\pi(1)$	$\pi(2)$	$\pi(3)$	$\pi(4)$	$\pi(5)$	$\pi(6)$	$\pi(7)$	$\pi(8)$	$\pi(9)$
18	17	16	15	14	13	12	11	4	10
$\pi(10)$	$\pi(11)$	$\pi(12)$	$\pi(13)$	$\pi(14)$	$\pi(15)$	$\pi(16)$	$\pi(17)$	$\pi(18)$	$\pi(19)$
9	8	3	2	7	6	5	1	19	0
16QAM上の準最適な置換関数間の関係									
$\pi(0)$	$\pi(1)$	$\pi(2)$	$\pi(3)$	$\pi(4)$	$\pi(5)$	$\pi(6)$	$\pi(7)$	$\pi(8)$	$\pi(9)$
18	17	16	15	14	13	12	11	4	10
$\pi(10)$	$\pi(11)$	$\pi(12)$	$\pi(13)$	$\pi(14)$	$\pi(15)$	$\pi(16)$	$\pi(17)$	$\pi(18)$	$\pi(19)$
3	9	2	8	7	6	1	5	19	0
64QAM上の準最適な置換関数間の関係									
$\pi(0)$	$\pi(1)$	$\pi(2)$	$\pi(3)$	$\pi(4)$	$\pi(5)$	$\pi(6)$	$\pi(7)$	$\pi(8)$	$\pi(9)$
4	3	18	17	2	16	15	14	13	12
$\pi(10)$	$\pi(11)$	$\pi(12)$	$\pi(13)$	$\pi(14)$	$\pi(15)$	$\pi(16)$	$\pi(17)$	$\pi(18)$	$\pi(19)$
11	10	9	1	8	7	6	5	19	0

30

【 0 1 5 1】

表 1 A 及び表 1 B を参照すると、短縮される情報語ビットの長さが決定される場合に、短縮法は、変調方式に無関係に所定の工程を介して実行されるが、最適化された短縮パターンを示す置換関数間の関係は、各変調方式に従って全て異なることが分かる。即ち、短縮法が変調方式を考慮せずに適用される場合、変調方式に従って深刻な性能劣化が発生する可能性がある。

40

【 0 1 5 2】

表 1 A の短縮法に対して求められた表 1 B に示した準最適化された短縮パターンは、短縮パターンを求めるための条件によって唯一でないことがある。例えば、上述した“準最適な短縮パターンシーケンスを探す方法”の中間過程で同様の性能を示す幾つかの列グループが存在し得る。この場合、次の列グループの選択が列グループの選択に従って変わることがあるため、準最適な短縮パターンは、短縮工程の性能差によって唯一でないことがある。実際に、次の表 1 C に示す短縮パターンも、表 1 A に示した短縮法性能と同様に優

50

秀な性能を提供する。

【 0 1 5 3 】

【 表 1 C 】

BPSK/QPSK上の準最適な置換関数間の関係(2)									
$\pi(0)$	$\pi(1)$	$\pi(2)$	$\pi(3)$	$\pi(4)$	$\pi(5)$	$\pi(6)$	$\pi(7)$	$\pi(8)$	$\pi(9)$
18	17	16	15	14	13	12	11	4	10
$\pi(10)$	$\pi(11)$	$\pi(12)$	$\pi(13)$	$\pi(14)$	$\pi(15)$	$\pi(16)$	$\pi(17)$	$\pi(18)$	$\pi(19)$
9	8	3	2	7	6	5	1	19	0
16QAM上の準最適な置換関数間の関係(2)									
$\pi(0)$	$\pi(1)$	$\pi(2)$	$\pi(3)$	$\pi(4)$	$\pi(5)$	$\pi(6)$	$\pi(7)$	$\pi(8)$	$\pi(9)$
18	17	16	15	14	13	12	11	4	10
$\pi(10)$	$\pi(11)$	$\pi(12)$	$\pi(13)$	$\pi(14)$	$\pi(15)$	$\pi(16)$	$\pi(17)$	$\pi(18)$	$\pi(19)$
9	8	7	3	2	1	6	5	19	0
64QAM上の準最適な置換関数間の関係(2)									
$\pi(0)$	$\pi(1)$	$\pi(2)$	$\pi(3)$	$\pi(4)$	$\pi(5)$	$\pi(6)$	$\pi(7)$	$\pi(8)$	$\pi(9)$
18	17	16	4	15	14	13	12	3	11
$\pi(10)$	$\pi(11)$	$\pi(12)$	$\pi(13)$	$\pi(14)$	$\pi(15)$	$\pi(16)$	$\pi(17)$	$\pi(18)$	$\pi(19)$
10	9	2	8	7	1	6	5	19	0

10

【 0 1 5 4 】

20

表 1 C の 1 6 - Q A M 及び 6 4 - Q A M 変調方式で使用された信号コンステレーションに対応するビットマッピング方法は、図 7 の (a)、図 7 の (b)、図 8 の (a)、及び図 8 の (b) に示したものと同一のビットマッピング方法を適用することにより得られた結果である。

【 0 1 5 5 】

図 9 を再び参照すると、ステップ 9 1 3 の後、パンクチャーリングが必要な場合に、LDPC 符号化器は、ステップ 9 1 5 で LDPC 符号化工程でパンクチャーリングを適用する。以下では、このパンクチャーリング法について説明する。

【 0 1 5 6 】

符号語の長さ N_1 及び情報語の長さ K_1 を有する DVB-S2 LDPC 符号から短縮技術及びパンクチャーリング技術を用いて最終的に取得しようとする LDPC 符号の符号語の長さ及び情報語の長さをそれぞれ N_2 及び K_2 として定義し、 $N_1 - N_2 = N$ 及び $K_1 - K_2 = K$ として定義すると、DVB-S2 LDPC 符号のパリティ検査行列から K ビットを短縮し、 $(N - K)$ ビットをパンクチャーリングすることにより、符号語の長さ N_2 及び情報語の長さ K_2 を有する LDPC 符号を得ることができる。説明の便宜のために、パリティ部分だけにパンクチャーリング技術を適用すると仮定すると、パリティの長さが $N_1 - K_1$ であるので、 $(N_1 - K_1) / (N - K)$ ビット毎にパリティ部分から 1 ビットずつパンクチャーリングすることが可能な方法がある。しかし、他の様々な方法を使用することもできる。

30

【 0 1 5 7 】

40

図 1 0 は、本発明の一実施形態による短縮された LDPC 符号を使用する送信装置の構成を示すブロック図である。

【 0 1 5 8 】

図 1 0 を参照すると、送信装置は、制御部 1 0 1 0、短縮パターン適用部 1 0 2 0、LDPC 符号パリティ検査行列抽出部 1 0 4 0、及び LDPC 符号化器 1 0 6 0 を含む。LDPC 符号パリティ検査行列抽出部 1 0 4 0 は、短縮がなされた LDPC 符号パリティ検査行列を抽出する。LDPC 符号パリティ検査行列は、メモリから抽出することもでき、送信装置から与えられることもでき、或いは送信装置で生成することもできる。また、LDPC 符号パリティ検査行列抽出部 1 0 4 0 は、送信シンボルの送信変調方式を決定し、LDPC 符号のパリティ検査行列で情報語に対応する列を複数の列グループにグループピン

50

グし、この列グループの順序づけを行う。

【0159】

短縮パターン適用部1020は、短縮を介して得ようとする情報語の範囲を決定し、この情報語の範囲に基づいて、決定された変調方式を考慮して決定された短縮パターンに従って列グループに対し順次に列グループ単位の列グループの短縮を実行する。

【0160】

制御部1010は、送信変調方式及び情報語の長さに従って短縮パターンを決定するように短縮パターン適用部1020を制御し、短縮パターン適用部1020は、短縮されたビットに対応する位置に0の値を有するビットを挿入するか、又は与えられたLDPC符号のパリティ検査行列から短縮されたビットに対応する列を除去する。この短縮パターンは、メモリに格納されている短縮パターンを使用するか、シーケンス生成器（図示せず）を用いて短縮パターンを生成するか、又はパリティ検査行列及び与えられた情報語の長さに対して密度進化分析アルゴリズムなどを使用して得ることもできる。

10

【0161】

LDPC符号化器1060は、制御部1010及び短縮パターン適用部1020により短縮されたLDPC符号に基づいて符号化を実行する。

【0162】

図11は、短縮及びパンクチャーリングを同時に適用するDVB-S2 LDPC符号の送信装置の構成を示すブロック図である。特に、図11の送信装置は、図10の送信装置と比較してパンクチャーリングパターン適用部1180を含む。

20

【0163】

図11を参照すると、短縮は、LDPC符号化器1060の入力段で実行され、パンクチャーリングは、LDPC符号化器1060の出力段で実行される。パンクチャーリングパターン適用部1180は、LDPC符号化器1060の出力にパンクチャーリングを適用する。パンクチャーリングを適用する方法については、図9のステップ915で説明した。

【0164】

図12は、本発明の一実施形態による短縮を適用したLDPC符号を使用する受信装置の構成を示すブロック図である。特に、図12は、短縮されたDVB-S2 LDPC符号を使用する通信システムから送信された信号を受信し、受信した信号から短縮されたDVB-S2 LDPC符号の送信変調方式及び長さを検出する際、この受信した信号からユーザが所望するデータを復元する受信装置の例を示す。

30

【0165】

図12を参照すると、受信装置は、制御部1210、短縮パターン判定/推定部1220、復調器1230、及びLDPC復号化器1240を含む。復調器1230は、短縮されたLDPC符号の受信及び復調を行い、この復調された信号を短縮パターン判定/推定部1220及びLDPC復号化器1240に提供する。短縮パターン判定/推定部1220は、制御部1210の制御の下で、復調された信号からLDPC符号の短縮パターンに関する情報の推定又は判定を行い、短縮されたビットの位置情報をLDPC復号化器1240に提供する。短縮パターン判定/推定部1220で短縮パターンの推定又は判定を行う方法は、メモリに格納されている短縮パターンを使用するか、シーケンス生成器（図示せず）を用いて短縮パターンを生成するか、或いはパリティ検査行列及び与えられた情報語の長さに対して密度進化分析アルゴリズムを使用することにより短縮パターンを得ることができる。

40

【0166】

制御部1210は、短縮パターン判定/推定部1220が変調方式及び情報語の長さにより短縮パターンをLDPC復号化器1240に伝達するように制御する。短縮されたビットの値がゼロ（0）である確率が1（即ち、100%）であるため、LDPC復号化器1240は、短縮されたビットがゼロである確率の値1に基づいて、この短縮されたビットの復号化動作に入ることを許可するか否かを決定する。

50

【 0 1 6 7 】

L D P C 復号化器 1 2 4 0 は、短縮パターン判定 / 推定部 1 2 2 0 により短縮された D V B - S 2 L D P C 符号の長さに関する情報を受信すると、この受信した信号からユーザが希望するデータを復元する。

【 0 1 6 8 】

図 1 3 は、本発明の一実施形態による短縮及びパンクチャーリングの両方を適用した L D P C 符号を使用する受信装置の構成を示すブロック図である。特に、図 1 3 に示す受信装置は、図 1 2 に示した受信装置の短縮パターン判定 / 推定部 1 2 2 0 に代わる短縮 / パンクチャーリングパターン判定 / 推定部 1 3 2 0 を含む。

【 0 1 6 9 】

図 1 3 を参照すると、送信装置が短縮及びパンクチャーリングの両方を適用する場合、受信装置内の短縮 / パンクチャーリングパターン判定 / 推定部 1 3 2 0 は、短縮に対するパターン判定又は推定を先ず実行するか、パンクチャーリングに対するパターン判定又は推定を先ず実行するか、或いは、短縮に対するパターン判定又は推定及びパンクチャーリングに対するパターン判定又は推定を同時に実行してもよい。L D P C 復号化器 1 2 4 0 は、短縮及びパンクチャーリングの両方に関する情報を知っていないと復号化が不可能である。

【 0 1 7 0 】

図 1 4 は、本発明の一実施形態による受信装置の受信動作を示すフローチャートである。

【 0 1 7 1 】

図 1 4 を参照すると、復調器 1 2 3 0 は、ステップ 1 4 0 1 で短縮された L D P C 符号の受信及び復調を行う。短縮パターン判定 / 推定部 1 2 2 0 は、ステップ 1 4 0 3 で復調された信号から短縮 / パンクチャーリングパターンの判定又は推定を行う。

【 0 1 7 2 】

短縮パターン判定 / 推定部 1 2 2 0 は、ステップ 1 4 0 5 で、任意の短縮又はパンクチャーリングがなされたビットが存在するか否かを判定する。短縮又はパンクチャーリングがなされたビットが存在しない場合に、L D P C 復号化器 1 2 4 0 は、ステップ 1 4 1 1 で復号化を実行する。しかし、短縮又はパンクチャーリングがなされたビットが存在する場合に、短縮パターン判定 / 推定部 1 2 2 0 は、ステップ 1 4 0 7 で、短縮 / パンクチャーリングがなされたビットの位置情報を L D P C 復号化器 1 2 4 0 に送信する。

【 0 1 7 3 】

ステップ 1 4 0 9 で、この短縮 / パンクチャーリングがなされたビットの位置情報に基づいて、L D P C 復号化器 1 2 4 0 は、短縮されたビットの値が 0 である確率が 1 であると決定し、このパンクチャーリングがなされたビットが消失したビットであると決定する。その後、L D P C 復号化器 1 2 4 0 は、ステップ 1 4 1 1 で L D P C 復号化を実行する。

【 0 1 7 4 】

以上、本発明を具体的な実施形態を参照して詳細に説明してきたが、本発明の範囲及び趣旨を逸脱することなく様々な変更が可能であるということは、当業者には明らかであり、本発明の範囲は、上述の実施形態に限定されるべきではなく、特許請求の範囲の記載及びこれと均等なものの範囲内で定められるべきである。

【 符号の説明 】

【 0 1 7 5 】

- 6 1 0 送信器
- 6 1 1、1 0 6 0 L D P C 符号化器
- 6 1 3 変調器
- 6 2 0 無線チャネル
- 6 3 0 受信器
- 6 3 1、1 2 3 0 復調器

10

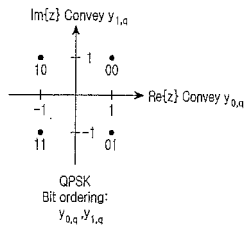
20

30

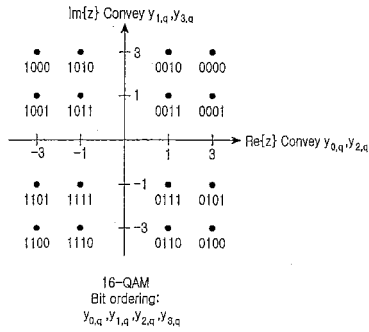
40

50

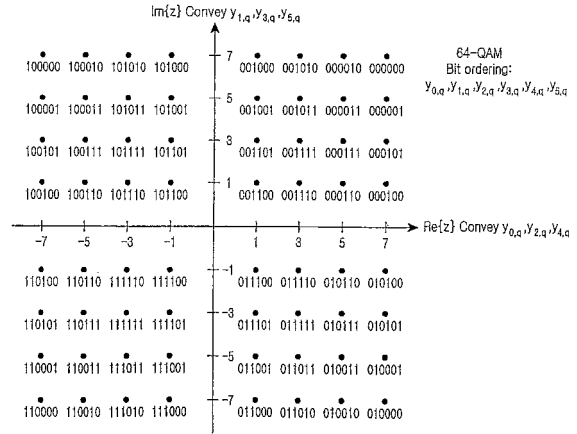
【 図 5 A 】



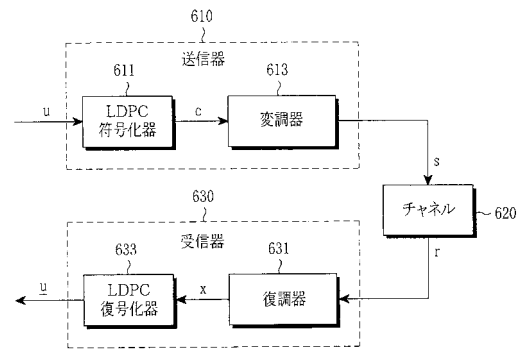
【 図 5 B 】



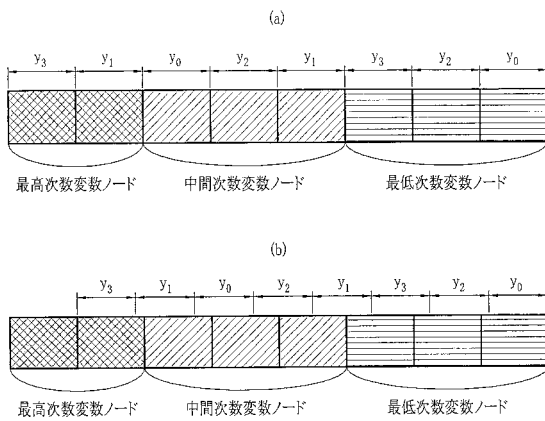
【 図 5 C 】



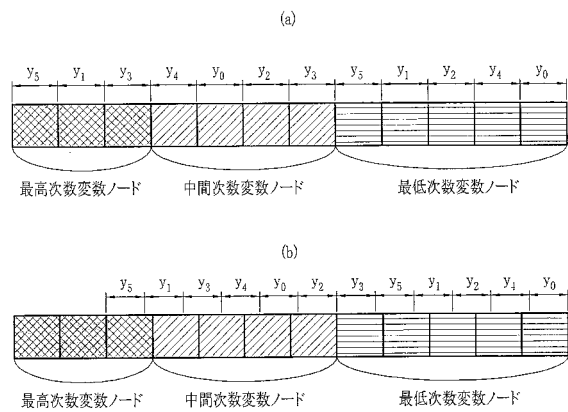
【 図 6 】



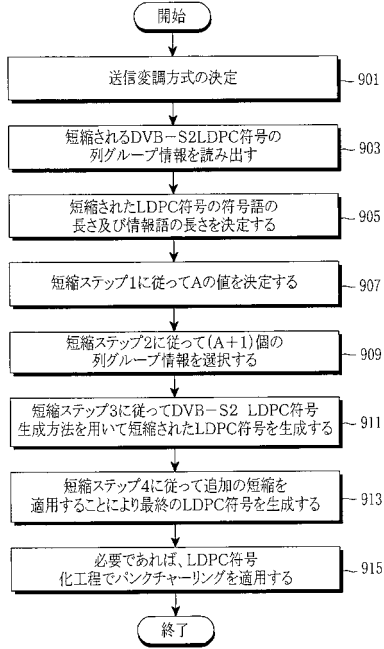
【 図 7 】



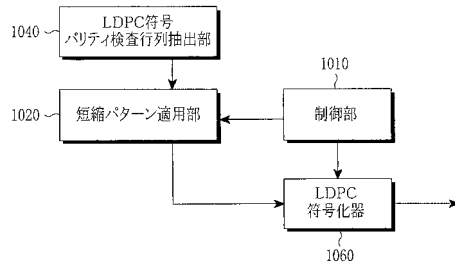
【 図 8 】



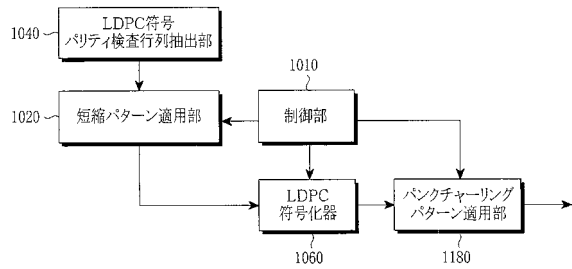
【 図 9 】



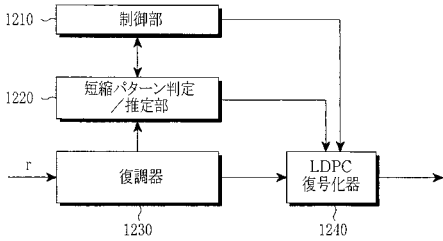
【 図 1 0 】



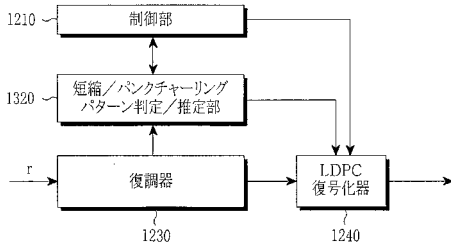
【 図 1 1 】



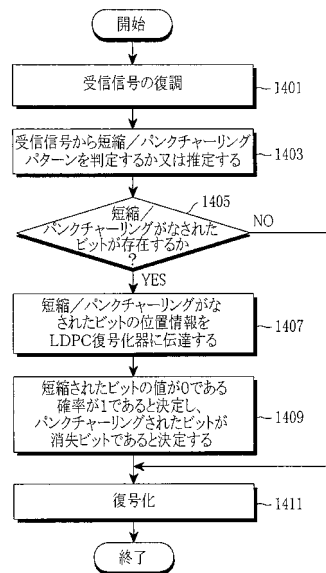
【 図 1 2 】



【 図 1 3 】



【 図 1 4 】



フロントページの続き

- (72)発明者 ミョン, セホ
大韓民国, ギョンギ-ド 443-374, スウォン-シ, ヨントン-グ, メタン 4-
ドン, メタン ソンイル アパート, #201-203
- (72)発明者 クォン, ファン-ジュン
大韓民国, ギョンギ-ド 443-726, スウォン-シ, ヨントン-グ, ヨントン-ド
ン, ビョクジョクゴル 9-ダンジ ロッテ アパート, #944-1510
- (72)発明者 キム, キョン-ジュン
大韓民国, ギョンサンブク-ド 790-330, ポハン-シ, ナム-グ, ヒョジャ-ド
ン, サン 31, ポハン ユニバーシティー オブ サイエンス アンド テクノロジー,
エルジー-416
- (72)発明者 ヤン, キョン-チョル
大韓民国, ソウル 135-280, ガンナム-グ, デチ-ドン, ミド アパート, #
201-1202
- (72)発明者 ヤン, ヒョン-クウ
大韓民国, ソウル 156-827, トンジャク-グ, サダン 1-ドン, 419-17
9,
- (72)発明者 キム, ゼ-ヨル
大韓民国, ギョンギ-ド 443-470, スウォン-シ, ヨントン-グ, ヨントン 1
-ドン, チョンミョンマウル 4-ダンジ サムスン レミアン アパート, #435-16
01
- (72)発明者 リ, ハク-ジュ
大韓民国, インチョン 403-130, プピョン-グ, シッジョン 2-ドン, シンド
ンア アパート, #110-1003

Fターム(参考) 5J065 AD01 AD07 AG05 AH01