

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7077627号
(P7077627)

(45)発行日 令和4年5月31日(2022.5.31)

(24)登録日 令和4年5月23日(2022.5.23)

(51)国際特許分類 F I
H 0 3 M 13/19 (2006.01) H 0 3 M 13/19
H 0 3 M 13/27 (2006.01) H 0 3 M 13/27

請求項の数 4 (全127頁)

(21)出願番号	特願2018-6026(P2018-6026)	(73)特許権者	000002185 ソニーグループ株式会社 東京都港区港南1丁目7番1号
(22)出願日	平成30年1月18日(2018.1.18)	(74)代理人	100121131 弁理士 西川 孝
(65)公開番号	特開2019-125949(P2019-125949 A)	(74)代理人	100082131 弁理士 稲本 義雄
(43)公開日	令和1年7月25日(2019.7.25)	(72)発明者	篠原 雄二 東京都港区港南1丁目7番1号 ソニー 株式会社内
審査請求日	令和3年1月4日(2021.1.4)	(72)発明者	山本 真紀子 東京都港区港南1丁目7番1号 ソニー 株式会社内
(出願人による申告)平成29年度、総務省、委託研究「地上テレビジョン放送の高度化技術に関する研究開発」、産業技術力強化法第19条の適用を受ける特許出願		審査官	齋藤 晶

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 送信装置、送信方法、受信装置、及び、受信方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

符号長 N が17280ビットであり、符号化率 r が $3/16$ のLDPC符号の検査行列に基づき、LDPC符号化を行う符号化ステップと、
前記LDPC符号を、360ビットのビットグループ単位でインターリーブするグループワイズインターリーブを行うグループワイズインターリーブステップと、
前記LDPC符号を、2ビット単位で、QPSK(Quadrature Phase Shift Keying)の4個の信号点のうちのいずれかにマッピングするマッピングステップと
を含み、
前記グループワイズインターリーブでは、前記LDPC符号の先頭から $i+1$ 番目のビットグループを、ビットグループ i として、前記17280ビットのLDPC符号のビットグループ0ないし47の並びを、ビットグループ
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47
の並びにインターリーブし、
前記検査行列は、
所定値 $M1$ と、前記LDPC符号の情報長 $K=N \times r$ とで表される $M1$ 行 K 列の、前記検査行列の左上の A 行列と、
 $M1$ 行 $M1$ 列の、前記 A 行列の右に隣接する階段構造の B 行列と、
 $M1$ 行 $N-K-M1$ 列の、前記 B 行列の右に隣接するゼロ行列である Z 行列と、

N-K-M1行K+M1列の、前記A行列及び前記B行列の下に隣接するC行列と、
N-K-M1行N-K-M1列の、前記C行列の右に隣接する単位行列であるD行列と
を含み、

前記所定値M1は、1440であり、

前記A行列及びC行列は、検査行列初期値テーブルによって表され、

前記検査行列初期値テーブルは、前記A行列及びC行列の1の要素の位置を360列ごとに表す
テーブルであって、

10 1155 1332 1608 8228 8253 11662

483 1297 1433 4678 5776 10410 13553

862 967 1036 1842 2950 10129 12042

258 872 1037 7129 9442 9491 10644

215 260 590 6003 7554 10499

197 521 1190 1670 3696 4410 4436 4686 5350 5651 7397 7503 8553 984

4 10729 11421 11605 11742 11835 12338 12422

288 560 1427 1492 1932 3255 4508 4628 5259 5881 6136 8019 8152 819

2 8230 8669 8880 10289 11160 11665 12374

694 1175 1205 2363 2756 2962 3097 3374 4268 4811 6072 6393 6942 95

14 9733 10681 11081 11360 12386 13467 13980

25 1200 1266 3036 3441 4940 5161 5254 7231 7585 8088 9414 10217 10

349 10409 11177 12151 12497 12934 13123 14029

2599 5475 6890 7755 8567 9088 11980

2708 2836 6062 6328 8890 9831 11173

2522 2634 4989 6831 9523 10731 12107

4738 5653 7862 11986 12773 12839 13045

である

送信方法。

【請求項2】

符号長Nが17280ビットであり、符号化率rが3/16のLDPC符号の検査行列に基づき、LD
PC符号化を行う符号化ステップと、

前記LDPC符号を、360ビットのビットグループ単位でインターリーブするグループワイ
ズインターリーブを行うグループワイズインターリーブステップと、

前記LDPC符号を、2ビット単位で、QPSK(Quadrature Phase Shift Keying)の4個の信
号点のうちいずれかにマッピングするマッピングステップと

を含み、

前記グループワイズインターリーブでは、前記LDPC符号の先頭からi+1番目のビットグル
ープを、ビットグループiとして、前記17280ビットのLDPC符号のビットグループ0ない
し47の並びを、ビットグループ

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 2

7 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47

の並びにインターリーブし、

前記検査行列は、

所定値M1と、前記LDPC符号の情報長 $K=N \times r$ とで表されるM1行K列の、前記検査行列の
左上のA行列と、

M1行M1列の、前記A行列の右に隣接する階段構造のB行列と、

M1行N-K-M1列の、前記B行列の右に隣接するゼロ行列であるZ行列と、

N-K-M1行K+M1列の、前記A行列及び前記B行列の下に隣接するC行列と、

N-K-M1行N-K-M1列の、前記C行列の右に隣接する単位行列であるD行列と

を含み、

前記所定値M1は、1440であり、

前記A行列及びC行列は、検査行列初期値テーブルによって表され、

10

20

30

40

50

前記検査行列初期値テーブルは、前記A行列及びC行列の1の要素の位置を360列ごとに表すテーブルであって、

10 1155 1332 1608 8228 8253 11662
483 1297 1433 4678 5776 10410 13553
862 967 1036 1842 2950 10129 12042
258 872 1037 7129 9442 9491 10644
215 260 590 6003 7554 10499
197 521 1190 1670 3696 4410 4436 4686 5350 5651 7397 7503 8553 984
4 10729 11421 11605 11742 11835 12338 12422
288 560 1427 1492 1932 3255 4508 4628 5259 5881 6136 8019 8152 819
2 8230 8669 8880 10289 11160 11665 12374
694 1175 1205 2363 2756 2962 3097 3374 4268 4811 6072 6393 6942 95
14 9733 10681 11081 11360 12386 13467 13980
25 1200 1266 3036 3441 4940 5161 5254 7231 7585 8088 9414 10217 10
349 10409 11177 12151 12497 12934 13123 14029
2599 5475 6890 7755 8567 9088 11980
2708 2836 6062 6328 8890 9831 11173
2522 2634 4989 6831 9523 10731 12107
4738 5653 7862 11986 12773 12839 13045

10

である

20

送信方法

により送信されてくるデータから得られる前記LDPC符号を復号する復号部を備える受信装置。

【請求項3】

符号長Nが17280ビットであり、符号化率rが3/16のLDPC符号の検査行列に基づき、LDPC符号化を行う符号化部と、

前記LDPC符号を、360ビットのビットグループ単位でインターリーブするグループワイズインターリーブを行うグループワイズインターリーブ部と、

前記LDPC符号を、2ビット単位で、QPSK(Quadrature Phase Shift Keying)の4個の信号点のうちのいずれかにマッピングするマッピング部と

30

を含み、

前記グループワイズインターリーブでは、前記LDPC符号の先頭からi+1番目のビットグループを、ビットグループiとして、前記17280ビットのLDPC符号のビットグループ0ないし47の並びを、ビットグループ

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 2
7 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47

の並びにインターリーブし、

前記検査行列は、

所定値M1と、前記LDPC符号の情報長K=N×rとで表されるM1行K列の、前記検査行列の左上のA行列と、

40

M1行M1列の、前記A行列の右に隣接する階段構造のB行列と、

M1行N-K-M1列の、前記B行列の右に隣接するゼロ行列であるZ行列と、

N-K-M1行K+M1列の、前記A行列及び前記B行列の下に隣接するC行列と、

N-K-M1行N-K-M1列の、前記C行列の右に隣接する単位行列であるD行列と

を含み、

前記所定値M1は、1440であり、

前記A行列及びC行列は、検査行列初期値テーブルによって表され、

前記検査行列初期値テーブルは、前記A行列及びC行列の1の要素の位置を360列ごとに表すテーブルであって、

10 1155 1332 1608 8228 8253 11662

50

483 1297 1433 4678 5776 10410 13553
 862 967 1036 1842 2950 10129 12042
 258 872 1037 7129 9442 9491 10644
 215 260 590 6003 7554 10499
 197 521 1190 1670 3696 4410 4436 4686 5350 5651 7397 7503 8553 984
 4 10729 11421 11605 11742 11835 12338 12422
 288 560 1427 1492 1932 3255 4508 4628 5259 5881 6136 8019 8152 819
 2 8230 8669 8880 10289 11160 11665 12374
 694 1175 1205 2363 2756 2962 3097 3374 4268 4811 6072 6393 6942 95
 14 9733 10681 11081 11360 12386 13467 13980
 25 1200 1266 3036 3441 4940 5161 5254 7231 7585 8088 9414 10217 10
 349 10409 11177 12151 12497 12934 13123 14029
 2599 5475 6890 7755 8567 9088 11980
 2708 2836 6062 6328 8890 9831 11173
 2522 2634 4989 6831 9523 10731 12107
 4738 5653 7862 11986 12773 12839 13045

10

である
送信装置。

【請求項4】

符号長Nが17280ビットであり、符号化率rが3/16のLDPC符号の検査行列に基づき、LD
 PC符号化を行う符号化ステップと、
 前記LDPC符号を、360ビットのビットグループ単位でインターリーブするグループワイ
 ズインターリーブを行うグループワイズインターリーブステップと、
 前記LDPC符号を、2ビット単位で、QPSK(Quadrature Phase Shift Keying)の4個の信
 号点のうちのいずれかにマッピングするマッピングステップと
 を含み、
 前記グループワイズインターリーブでは、前記LDPC符号の先頭からi+1番目のビットグル
 ープを、ビットグループiとして、前記17280ビットのLDPC符号のビットグループ0ない
 し47の並びを、ビットグループ

20

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 2
 7 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47

30

の並びにインターリーブし、
 前記検査行列は、
 所定値M1と、前記LDPC符号の情報長 $K=N \times r$ とで表されるM1行K列の、前記検査行列の
 左上のA行列と、
 M1行M1列の、前記A行列の右に隣接する階段構造のB行列と、
 M1行N-K-M1列の、前記B行列の右に隣接するゼロ行列であるZ行列と、
 N-K-M1行K+M1列の、前記A行列及び前記B行列の下に隣接するC行列と、
 N-K-M1行N-K-M1列の、前記C行列の右に隣接する単位行列であるD行列と

40

を含み、
 前記所定値M1は、1440であり、
 前記A行列及びC行列は、検査行列初期値テーブルによって表され、
 前記検査行列初期値テーブルは、前記A行列及びC行列の1の要素の位置を360列ごとに表
 すテーブルであって、

10 1155 1332 1608 8228 8253 11662
 483 1297 1433 4678 5776 10410 13553
 862 967 1036 1842 2950 10129 12042
 258 872 1037 7129 9442 9491 10644
 215 260 590 6003 7554 10499
 197 521 1190 1670 3696 4410 4436 4686 5350 5651 7397 7503 8553 984

50

4 10729 11421 11605 11742 11835 12338 12422
 288 560 1427 1492 1932 3255 4508 4628 5259 5881 6136 8019 8152 819
 2 8230 8669 8880 10289 11160 11665 12374
 694 1175 1205 2363 2756 2962 3097 3374 4268 4811 6072 6393 6942 95
 14 9733 10681 11081 11360 12386 13467 13980
 25 1200 1266 3036 3441 4940 5161 5254 7231 7585 8088 9414 10217 10
 349 10409 11177 12151 12497 12934 13123 14029
 2599 5475 6890 7755 8567 9088 11980
 2708 2836 6062 6328 8890 9831 11173
 2522 2634 4989 6831 9523 10731 12107
 4738 5653 7862 11986 12773 12839 13045

10

である

送信方法

により送信されてくるデータから得られる前記LDPC符号を復号する復号ステップを備える
 受信方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本技術は、送信装置、送信方法、受信装置、及び、受信方法に関し、特に、例えば、LDP
 C符号を用いたデータ伝送において、良好な通信品質を確保することができるようにする
送信装置、送信方法、受信装置、及び、受信方法に関する。

20

【背景技術】

【0002】

LDPC(Low Density Parity Check)符号は、高い誤り訂正能力を有し、近年では、例え
 ば、欧州等のDVB(Digital Video Broadcasting)-S.2や、DVB-T.2、DVB-C.2、米国等
 のATSC(Advanced Television Systems Committee)3.0等のデジタル放送等の伝送
 方式に広く採用されている(例えば、非特許文献1を参照)。

【0003】

LDPC符号は、近年の研究により、ターボ符号等と同様に、符号長を長くしていくにした
 がって、シャノン限界に近い性能が得られることがわかりつつある。また、LDPC符号は
 、最小距離が符号長に比例するという性質があることから、その特徴として、ブロック誤
 り確率特性がよく、さらに、ターボ符号等の復号特性において観測される、いわゆるエラ
 ーフロア現象が殆ど生じないことも利点として挙げられる。

30

【先行技術文献】

【非特許文献】

【0004】

【文献】ATSC Standard:Physical Layer Protocol(A/322), 7 September 2016

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

LDPC符号を用いたデータ伝送では、例えば、LDPC符号が、QPSK(Quadrature Phase
 Shift Keying)等の直交変調(デジタル変調)のシンボルとされ(シンボル化され)、
 そのシンボルが、直交変調の信号点にマッピングされて送信される。

40

【0006】

以上のようなLDPC符号を用いたデータ伝送は、世界的に拡がりつつあり、良好な通信(伝送)品質を確保することが要請されている。

【0007】

本技術は、このような状況に鑑みてなされたものであり、LDPC符号を用いたデータ伝送
 において、良好な通信品質を確保することができるようにするものである。

【課題を解決するための手段】

50

【 0 0 0 8 】

本技術の第 1 の送信方法 / 装置は、符号長 N が 17280 ビットであり、符号化率 r が $3/16$ の LDPC 符号の検査行列に基づき、LDPC 符号化を行う符号化ステップ / 部と、前記 LDPC 符号を、360 ビットのビットグループ単位でインターリーブするグループワイズインターリーブを行うグループワイズインターリーブステップ / 部と、前記 LDPC 符号を、2 ビット単位で、QPSK (Quadrature Phase Shift Keying) の 4 個の信号点のうちのいずれかにマッピングするマッピングステップ / 部とを含み、前記グループワイズインターリーブでは、前記 LDPC 符号の先頭から $i+1$ 番目のビットグループを、ビットグループ i として、前記 17280 ビットの LDPC 符号のビットグループ 0 ないし 47 の並びを、ビットグループ

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47

10

の並びにインターリーブし、前記検査行列は、所定値 $M1$ と、前記 LDPC 符号の情報長 $K=N \times r$ とで表される $M1$ 行 K 列の、前記検査行列の左上の A 行列と、 $M1$ 行 $M1$ 列の、前記 A 行列の右に隣接する階段構造の B 行列と、 $M1$ 行 $N-K-M1$ 列の、前記 B 行列の右に隣接するゼロ行列である Z 行列と、 $N-K-M1$ 行 $K+M1$ 列の、前記 A 行列及び前記 B 行列の下に隣接する C 行列と、 $N-K-M1$ 行 $N-K-M1$ 列の、前記 C 行列の右に隣接する単位行列である D 行列とを含み、前記所定値 $M1$ は、1440 であり、前記 A 行列及び C 行列は、検査行列初期値テーブルによって表され、前記検査行列初期値テーブルは、前記 A 行列及び C 行列の 1 の要素の位置を 360 列ごとに表すテーブルであって、

10 1155 1332 1608 8228 8253 11662
 483 1297 1433 4678 5776 10410 13553
 862 967 1036 1842 2950 10129 12042
 258 872 1037 7129 9442 9491 10644
 215 260 590 6003 7554 10499
 197 521 1190 1670 3696 4410 4436 4686 5350 5651 7397 7503 8553 984
 4 10729 11421 11605 11742 11835 12338 12422
 288 560 1427 1492 1932 3255 4508 4628 5259 5881 6136 8019 8152 819
 2 8230 8669 8880 10289 11160 11665 12374
 694 1175 1205 2363 2756 2962 3097 3374 4268 4811 6072 6393 6942 95
 14 9733 10681 11081 11360 12386 13467 13980
 25 1200 1266 3036 3441 4940 5161 5254 7231 7585 8088 9414 10217 10
 349 10409 11177 12151 12497 12934 13123 14029
 2599 5475 6890 7755 8567 9088 11980
 2708 2836 6062 6328 8890 9831 11173
 2522 2634 4989 6831 9523 10731 12107
 4738 5653 7862 11986 12773 12839 13045

20

である

送信方法 / 装置である。

【 0 0 0 9 】

本技術の第 1 の送信方法 / 装置においては、符号長 N が 17280 ビットであり、符号化率 r が $3/16$ の LDPC 符号の検査行列に基づき、LDPC 符号化が行われ、前記 LDPC 符号を、360 ビットのビットグループ単位でインターリーブするグループワイズインターリーブが行われる。そして、前記 LDPC 符号が、2 ビット単位で、QPSK (Quadrature Phase Shift Keying) の 4 個の信号点のうちのいずれかにマッピングされる。前記グループワイズインターリーブでは、前記 LDPC 符号の先頭から $i+1$ 番目のビットグループを、ビットグループ i として、前記 17280 ビットの LDPC 符号のビットグループ 0 ないし 47 の並びが、ビットグループ

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47

40

の並びにインターリーブされる。前記検査行列は、所定値 $M1$ と、前記 LDPC 符号の情報長

50

$K=N \times r$ とで表される $M1$ 行 K 列の、前記検査行列の左上の A 行列と、 $M1$ 行 $M1$ 列の、前記 A 行列の右に隣接する階段構造の B 行列と、 $M1$ 行 $N-K-M1$ 列の、前記 B 行列の右に隣接するゼロ行列である Z 行列と、 $N-K-M1$ 行 $K+M1$ 列の、前記 A 行列及び前記 B 行列の下に隣接する C 行列と、 $N-K-M1$ 行 $N-K-M1$ 列の、前記 C 行列の右に隣接する単位行列である D 行列とを含み、前記所定値 $M1$ は、1440であり、前記 A 行列及び C 行列は、検査行列初期値テーブルによって表され、前記検査行列初期値テーブルは、前記 A 行列及び C 行列の1の要素の位置を360列ごとに表すテーブルであって、

```

10 1155 1332 1608 8228 8253 11662
483 1297 1433 4678 5776 10410 13553
862 967 1036 1842 2950 10129 12042
258 872 1037 7129 9442 9491 10644
215 260 590 6003 7554 10499
197 521 1190 1670 3696 4410 4436 4686 5350 5651 7397 7503 8553 984
4 10729 11421 11605 11742 11835 12338 12422
288 560 1427 1492 1932 3255 4508 4628 5259 5881 6136 8019 8152 819
2 8230 8669 8880 10289 11160 11665 12374
694 1175 1205 2363 2756 2962 3097 3374 4268 4811 6072 6393 6942 95
14 9733 10681 11081 11360 12386 13467 13980
25 1200 1266 3036 3441 4940 5161 5254 7231 7585 8088 9414 10217 10
349 10409 11177 12151 12497 12934 13123 14029
2599 5475 6890 7755 8567 9088 11980
2708 2836 6062 6328 8890 9831 11173
2522 2634 4989 6831 9523 10731 12107
4738 5653 7862 11986 12773 12839 13045

```

10

20

になっている。

【0 0 1 0】

本技術の第1の受信装置/方法は、符号長 N が17280ビットであり、符号化率 r が $3/16$ のLDPC符号の検査行列に基づき、LDPC符号化を行う符号化ステップと、前記LDPC符号を、360ビットのビットグループ単位でインターリーブするグループワイズインターリーブを行うグループワイズインターリーブステップと、前記LDPC符号を、2ビット単位で、 Q PSK(Quadrature Phase Shift Keying)の4個の信号点のうちのいずれかにマッピングするマッピングステップとを含み、前記グループワイズインターリーブでは、前記LDPC符号の先頭から $i+1$ 番目のビットグループを、ビットグループ i として、前記17280ビットのLDPC符号のビットグループ0ないし47の並びを、ビットグループ

```

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 2
7 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47

```

の並びにインターリーブし、前記検査行列は、所定値 $M1$ と、前記LDPC符号の情報長 $K=N \times r$ とで表される $M1$ 行 K 列の、前記検査行列の左上の A 行列と、 $M1$ 行 $M1$ 列の、前記 A 行列の右に隣接する階段構造の B 行列と、 $M1$ 行 $N-K-M1$ 列の、前記 B 行列の右に隣接するゼロ行列である Z 行列と、 $N-K-M1$ 行 $K+M1$ 列の、前記 A 行列及び前記 B 行列の下に隣接する C 行列と、 $N-K-M1$ 行 $N-K-M1$ 列の、前記 C 行列の右に隣接する単位行列である D 行列とを含み、前記所定値 $M1$ は、1440であり、前記 A 行列及び C 行列は、検査行列初期値テーブルによって表され、前記検査行列初期値テーブルは、前記 A 行列及び C 行列の1の要素の位置を360列ごとに表すテーブルであって、

```

10 1155 1332 1608 8228 8253 11662
483 1297 1433 4678 5776 10410 13553
862 967 1036 1842 2950 10129 12042
258 872 1037 7129 9442 9491 10644
215 260 590 6003 7554 10499
197 521 1190 1670 3696 4410 4436 4686 5350 5651 7397 7503 8553 984

```

50

4 10729 11421 11605 11742 11835 12338 12422
 288 560 1427 1492 1932 3255 4508 4628 5259 5881 6136 8019 8152 819
 2 8230 8669 8880 10289 11160 11665 12374
 694 1175 1205 2363 2756 2962 3097 3374 4268 4811 6072 6393 6942 95
 14 9733 10681 11081 11360 12386 13467 13980
 25 1200 1266 3036 3441 4940 5161 5254 7231 7585 8088 9414 10217 10
 349 10409 11177 12151 12497 12934 13123 14029
 2599 5475 6890 7755 8567 9088 11980
 2708 2836 6062 6328 8890 9831 11173
 2522 2634 4989 6831 9523 10731 12107
 4738 5653 7862 11986 12773 12839 13045

10

である送信方法により送信されてくるデータから得られる前記LDPC符号を復号する復号部
 /ステップを備える受信装置/方法である。

【0011】

本技術の第1の受信装置/方法においては、第1の送信方法により送信されてくるデータ
 から得られる前記LDPC符号が復号される。

【0012】

本技術の第2の送信方法/装置は、符号長Nが17280ビットであり、符号化率rが5/16の
 LDPC符号の検査行列に基づき、LDPC符号化を行う符号化ステップ/部と、前記LDPC符
 号を、360ビットのビットグループ単位でインターリーブするグループワイズインターリ
 ープを行うグループワイズインターリーブステップ/部と、前記LDPC符号を、2ビット単
 位で、QPSK(Quadrature Phase Shift Keying)の4個の信号点のうちのいずれかにマッ
 pingするマッピングステップ/部とを含み、前記グループワイズインターリーブでは、
 前記LDPC符号の先頭からi+1番目のビットグループを、ビットグループiとして、前記17
 280ビットのLDPC符号のビットグループ0ないし47の並びを、ビットグループ

20

19 33 45 22 43 23 46 32 11 40 13 34 14 47 0 12 6 26 37 4 5 17 25 30 39
 29 27 28 10 21 36 9 3 20 24 42 7 41 44 38 15 8 31 16 2 1 35 18

の並びにインターリーブし、前記検査行列は、所定値M1と、前記LDPC符号の情報長K=N
 ×rとで表されるM1行K列の、前記検査行列の左上のA行列と、M1行M1列の、前記A行列
 の右に隣接する階段構造のB行列と、M1行N-K-M1列の、前記B行列の右に隣接するゼロ
 行列であるZ行列と、N-K-M1行K+M1列の、前記A行列及び前記B行列の下に隣接するC行
 列と、N-K-M1行N-K-M1列の、前記C行列の右に隣接する単位行列であるD行列とを含み
 、前記所定値M1は、720であり、前記A行列及びC行列は、検査行列初期値テーブルによ
 って表され、前記検査行列初期値テーブルは、前記A行列及びC行列の1の要素の位置を36
 0列ごとに表すテーブルであって、

30

301 342 350 1797 7970 8230 10820 11305

139 530 615 1566 6290 6425 9185 9466

48 419 444 1773 3213 4793 8594 10480

246 455 531 3011 5845 7383 8393 10709

39 262 290 3282 5208 9539 10955 11204

234 267 623 1033 1537 8766 11527 11557

494 661 671 1123 4497 6601 6715 10473

164 425 436 3259 4505 5614 8192 10221

326 377 477 7699 10162 11174 11878

206 360 557 891 930 1847 2427 3888 4491 6494 6911 8084 8945 9549

402 588 657 888 3271 4858 5257 6398 6631 6972 9678 11140 11159 11398

39 111 168 1192 1879 3121 3127 5987 8385 8488 9302 9884 10891 11879

639 640 693 1477 1790 2442 3388 3547 4622 6890 7315 7478 7905 11518

337 544 604 1184 1238 1334 2434 5239 6832 7770 9123 9397 9646 10254

32 77 604 762 1428 2756 2758 6854 7193 7311 7517 9105 10765 11173

50

910 1918 2342 3280 3362 3913 4586 6316 7693 8878 10922 11145 11863
790 1177 1386 1961 2437 3571 5179 5961 8222 9195 9569 10414 11498
である送信方法／装置である。

【 0 0 1 3 】

本技術の第2の送信方法／装置においては、符号長Nが17280ビットであり、符号化率rが5/16のLDPC符号の検査行列に基づき、LDPC符号化が行われ、前記LDPC符号を、360ビットのビットグループ単位でインターリーブするグループワイズインターリーブが行われる。そして、前記LDPC符号が、2ビット単位で、QPSK(Quadrature Phase Shift Keying)の4個の信号点のうちいずれかにマッピングされる。前記グループワイズインターリーブでは、前記LDPC符号の先頭からi+1番目のビットグループを、ビットグループiとして、前記17280ビットのLDPC符号のビットグループ0ないし47の並びが、ビットグループ

10

19 33 45 22 43 23 46 32 11 40 13 34 14 47 0 12 6 26 37 4 5 17 25 30 39
29 27 28 10 21 36 9 3 20 24 42 7 41 44 38 15 8 31 16 2 1 35 18

の並びにインターリーブされる。前記検査行列は、所定値M1と、前記LDPC符号の情報長 $K=N \times r$ とで表されるM1行K列の、前記検査行列の左上のA行列と、M1行M1列の、前記A行列の右に隣接する階段構造のB行列と、M1行N-K-M1列の、前記B行列の右に隣接するゼロ行列であるZ行列と、N-K-M1行K+M1列の、前記A行列及び前記B行列の下に隣接するC行列と、N-K-M1行N-K-M1列の、前記C行列の右に隣接する単位行列であるD行列と

20

を含み、前記所定値M1は、720であり、前記A行列及びC行列は、検査行列初期値テーブルによって表され、前記検査行列初期値テーブルは、前記A行列及びC行列の1の要素の位置を360列ごとに表すテーブルであって、

301 342 350 1797 7970 8230 10820 11305

139 530 615 1566 6290 6425 9185 9466

48 419 444 1773 3213 4793 8594 10480

246 455 531 3011 5845 7383 8393 10709

39 262 290 3282 5208 9539 10955 11204

234 267 623 1033 1537 8766 11527 11557

494 661 671 1123 4497 6601 6715 10473

164 425 436 3259 4505 5614 8192 10221

326 377 477 7699 10162 11174 11878

206 360 557 891 930 1847 2427 3888 4491 6494 6911 8084 8945 9549

402 588 657 888 3271 4858 5257 6398 6631 6972 9678 11140 11159 11398

39 111 168 1192 1879 3121 3127 5987 8385 8488 9302 9884 10891 11879

639 640 693 1477 1790 2442 3388 3547 4622 6890 7315 7478 7905 11518

337 544 604 1184 1238 1334 2434 5239 6832 7770 9123 9397 9646 10254

32 77 604 762 1428 2756 2758 6854 7193 7311 7517 9105 10765 11173

910 1918 2342 3280 3362 3913 4586 6316 7693 8878 10922 11145 11863

790 1177 1386 1961 2437 3571 5179 5961 8222 9195 9569 10414 11498

になっている。

40

【 0 0 1 4 】

本技術の第2の受信装置／方法は、符号長Nが17280ビットであり、符号化率rが5/16のLDPC符号の検査行列に基づき、LDPC符号化を行う符号化ステップと、前記LDPC符号を、360ビットのビットグループ単位でインターリーブするグループワイズインターリーブを行うグループワイズインターリーブステップと、前記LDPC符号を、2ビット単位で、QPSK(Quadrature Phase Shift Keying)の4個の信号点のうちいずれかにマッピングするマッピングステップとを含み、前記グループワイズインターリーブでは、前記LDPC符号の先頭からi+1番目のビットグループを、ビットグループiとして、前記17280ビットのLDPC符号のビットグループ0ないし47の並びを、ビットグループ

19 33 45 22 43 23 46 32 11 40 13 34 14 47 0 12 6 26 37 4 5 17 25 30 39

50

29 27 28 10 21 36 9 3 20 24 42 7 41 44 38 15 8 31 16 2 1 35 18
 の並びにインターリーブし、前記検査行列は、所定値M1と、前記LDPC符号の情報長K=N
 × rとで表されるM1行K列の、前記検査行列の左上のA行列と、M1行M1列の、前記A行列
 の右に隣接する階段構造のB行列と、M1行N-K-M1列の、前記B行列の右に隣接するゼロ
 行列であるZ行列と、N-K-M1行K+M1列の、前記A行列及び前記B行列の下に隣接するC行
 列と、N-K-M1行N-K-M1列の、前記C行列の右に隣接する単位行列であるD行列とを含み
 、前記所定値M1は、720であり、前記A行列及びC行列は、検査行列初期値テーブルによ
 って表され、前記検査行列初期値テーブルは、前記A行列及びC行列の1の要素の位置を36
 0列ごとに表すテーブルであって、

301 342 350 1797 7970 8230 10820 11305
 139 530 615 1566 6290 6425 9185 9466
 48 419 444 1773 3213 4793 8594 10480
 246 455 531 3011 5845 7383 8393 10709
 39 262 290 3282 5208 9539 10955 11204
 234 267 623 1033 1537 8766 11527 11557
 494 661 671 1123 4497 6601 6715 10473
 164 425 436 3259 4505 5614 8192 10221
 326 377 477 7699 10162 11174 11878

10

206 360 557 891 930 1847 2427 3888 4491 6494 6911 8084 8945 9549
 402 588 657 888 3271 4858 5257 6398 6631 6972 9678 11140 11159 11398
 39 111 168 1192 1879 3121 3127 5987 8385 8488 9302 9884 10891 11879
 639 640 693 1477 1790 2442 3388 3547 4622 6890 7315 7478 7905 11518
 337 544 604 1184 1238 1334 2434 5239 6832 7770 9123 9397 9646 10254
 32 77 604 762 1428 2756 2758 6854 7193 7311 7517 9105 10765 11173
 910 1918 2342 3280 3362 3913 4586 6316 7693 8878 10922 11145 11863
 790 1177 1386 1961 2437 3571 5179 5961 8222 9195 9569 10414 11498
 である送信方法により送信されてくるデータから得られる前記LDPC符号を復号する復号部
 /ステップを備える受信装置/方法である。

20

【0015】

本技術の第2の受信装置/方法においては、第2の送信方法により送信されてくるデータ
 から得られる前記LDPC符号が復号される。

30

【0016】

本技術の第3の送信方法/装置は、符号長Nが17280ビットであり、符号化率rが7/16の
 LDPC符号の検査行列に基づき、LDPC符号化を行う符号化ステップ/部と、前記LDPC符
 号を、360ビットのビットグループ単位でインターリーブするグループワイズインターリ
 ープを行うグループワイズインターリーブステップ/部と、前記LDPC符号を、2ビット単
 位で、QPSK(Quadrature Phase Shift Keying)の4個の信号点のうちのいずれかにマッ
 pingするマッピングステップ/部とを含み、前記グループワイズインターリーブでは、
 前記LDPC符号の先頭からi+1番目のビットグループを、ビットグループiとして、前記17
 280ビットのLDPC符号のビットグループ0ないし47の並びを、ビットグループ

40

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 2
 7 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47

の並びにインターリーブし、前記LDPC符号は、情報ビットとパリティビットを含み、前
 記検査行列は、前記情報ビットに対応する情報行列部及び前記パリティビットに対応する
 パリティ行列部を含み、前記情報行列部は、検査行列初期値テーブルによって表され、前
 記検査行列初期値テーブルは、前記情報行列部の1の要素の位置を360列ごとに表すテ
 ーブルであって、

193 217 530 596 789 1340 1569 1662 1887 1889 2299 2610 2629 2790 3
 464 3607 3935 4439 5460 5721 5758 6094 6280 6350 6449 6613 6682 68
 26 6906 7048 7425 8229 8627 8679 8735 8814 9079 9146

50

435 572 815 903 1063 1962 1989 2215 2417 2862 2914 3182 3980 4414
 4566 4895 4950 5163 5336 5388 5642 5764 6586 6719 6787 7262 7609 8
 000 8561 8790 9027 9334 9358 9420 9444 9553 9614
 250 3557 3865 4350 4394 4644 5303 6590 8377 8497 9655
 21 602 1038 1212 1243 3938 4136 5620 6516 6777 8226
 134 214 1550 1554 1615 3178 5113 5163 5201 7168 7574
 134 2692 3810 4954 6766
 2394 4734 5731 7427 7653
 509 1009 3867 5069 9121

10

540 2975 6248

4 831 3592

503 1385 7170

348 7774 8897

67 3553 5134

623 6525 8314

2871 7545 8960

4330 4839 7689

4793 5327 8046

2877 3422 8836

2069 7584 9102

20

1376 3862 4352

4693 7147 9461

である送信方法／装置である。

【0017】

本技術の第3の送信方法／装置においては、符号長Nが17280ビットであり、符号化率rが7/16のLDPC符号の検査行列に基づき、LDPC符号化が行われ、前記LDPC符号を、360ビットのビットグループ単位でインターリーブするグループワイズインターリーブが行われる。そして、前記LDPC符号が、2ビット単位で、QPSK(Quadrature Phase Shift Keying)の4個の信号点のうちいずれかにマッピングされる。前記グループワイズインターリーブでは、前記LDPC符号の先頭からi+1番目のビットグループを、ビットグループiとして、前記17280ビットのLDPC符号のビットグループ0ないし47の並びが、ビットグループ

30

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 2
 7 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47

の並びにインターリーブされる。前記LDPC符号は、情報ビットとパリティビットを含み、前記検査行列は、前記情報ビットに対応する情報行列部及び前記パリティビットに対応するパリティ行列部を含み、前記情報行列部は、検査行列初期値テーブルによって表され、前記検査行列初期値テーブルは、前記情報行列部の1の要素の位置を360列ごとに表すテーブルであって、

193 217 530 596 789 1340 1569 1662 1887 1889 2299 2610 2629 2790 3
 464 3607 3935 4439 5460 5721 5758 6094 6280 6350 6449 6613 6682 68
 26 6906 7048 7425 8229 8627 8679 8735 8814 9079 9146

40

435 572 815 903 1063 1962 1989 2215 2417 2862 2914 3182 3980 4414
 4566 4895 4950 5163 5336 5388 5642 5764 6586 6719 6787 7262 7609 8
 000 8561 8790 9027 9334 9358 9420 9444 9553 9614

250 3557 3865 4350 4394 4644 5303 6590 8377 8497 9655

21 602 1038 1212 1243 3938 4136 5620 6516 6777 8226

134 214 1550 1554 1615 3178 5113 5163 5201 7168 7574

134 2692 3810 4954 6766

2394 4734 5731 7427 7653

50

509 1009 3867 5069 9121
 540 2975 6248
 4 831 3592
 503 1385 7170
 348 7774 8897
 67 3553 5134
 623 6525 8314
 2871 7545 8960
 4330 4839 7689
 4793 5327 8046
 2877 3422 8836
 2069 7584 9102
 1376 3862 4352
 4693 7147 9461

になっている。

【 0 0 1 8 】

本技術の第3の受信装置/方法は、符号長Nが17280ビットであり、符号化率rが7/16のLDPC符号の検査行列に基づき、LDPC符号化を行う符号化ステップと、前記LDPC符号を、360ビットのビットグループ単位でインターリーブするグループワイズインターリーブを行うグループワイズインターリーブステップと、前記LDPC符号を、2ビット単位で、Q

PSK(Quadrature Phase Shift Keying)の4個の信号点のうちのいずれかにマッピングするマッピングステップとを含み、前記グループワイズインターリーブでは、前記LDPC符号の先頭からi+1番目のビットグループを、ビットグループiとして、前記17280ビットのLDPC符号のビットグループ0ないし47の並びを、ビットグループ

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47
 の並びにインターリーブし、前記LDPC符号は、情報ビットとパリティビットを含み、前記検査行列は、前記情報ビットに対応する情報行列部及び前記パリティビットに対応するパリティ行列部を含み、前記情報行列部は、検査行列初期値テーブルによって表され、前記検査行列初期値テーブルは、前記情報行列部の1の要素の位置を360列ごとに表すテーブルであって、

193 217 530 596 789 1340 1569 1662 1887 1889 2299 2610 2629 2790 3464 3607 3935 4439 5460 5721 5758 6094 6280 6350 6449 6613 6682 6826 6906 7048 7425 8229 8627 8679 8735 8814 9079 9146
 435 572 815 903 1063 1962 1989 2215 2417 2862 2914 3182 3980 4414 4566 4895 4950 5163 5336 5388 5642 5764 6586 6719 6787 7262 7609 8000 8561 8790 9027 9334 9358 9420 9444 9553 9614
 250 3557 3865 4350 4394 4644 5303 6590 8377 8497 9655
 21 602 1038 1212 1243 3938 4136 5620 6516 6777 8226
 134 214 1550 1554 1615 3178 5113 5163 5201 7168 7574

134 2692 3810 4954 6766
 2394 4734 5731 7427 7653
 509 1009 3867 5069 9121

540 2975 6248
 4 831 3592
 503 1385 7170
 348 7774 8897
 67 3553 5134
 623 6525 8314
 2871 7545 8960

10

20

30

40

50

4330 4839 7689
 4793 5327 8046
 2877 3422 8836
 2069 7584 9102
 1376 3862 4352
 4693 7147 9461

である送信方法により送信されてくるデータから得られる前記LDPC符号を復号する復号部
 /ステップを備える受信装置/方法である。

【0019】

本技術の第3の受信装置/方法においては、第3の送信方法により送信されてくるデータ
 から得られる前記LDPC符号が復号される。

10

【0020】

本技術の第4の送信方法/装置は、符号長Nが17280ビットであり、符号化率rが9/16の
 LDPC符号の検査行列に基づき、LDPC符号化を行う符号化ステップ/部と、前記LDPC符
 号を、360ビットのビットグループ単位でインターリーブするグループワイズインターリ
 ープを行うグループワイズインターリーブステップ/部と、前記LDPC符号を、2ビット単
 位で、QPSK(Quadrature Phase Shift Keying)の4個の信号点のうちのいずれかにマッ
 pingするマッピングステップ/部とを含み、前記グループワイズインターリーブでは、
 前記LDPC符号の先頭からi+1番目のビットグループを、ビットグループiとして、前記17
 280ビットのLDPC符号のビットグループ0ないし47の並びを、ビットグループ

20

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 2
 7 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47

の並びにインターリーブし、前記LDPC符号は、情報ビットとパリティビットを含み、前
 記検査行列は、前記情報ビットに対応する情報行列部及び前記パリティビットに対応する
 パリティ行列部を含み、前記情報行列部は、検査行列初期値テーブルによって表され、前
 記検査行列初期値テーブルは、前記情報行列部の1の要素の位置を360列ごとに表すテ
 ーブルであって、

42 549 1187 1203 1694 1741 2290 2776 2839 2886 3435 3503 3697 4031
 4580 4627 5176 5223 5539 5772 6368 6917 6964 7513

30

13 192 415 563 699 934 1176 1484 1855 2426 3147 3369 3389 4068 4380
 4578 4618 4937 4989 5381 5910 6281 6831 7202

1319 1687 2423 3518 3737 4273 5242 6209 6535 6966 7397
 1273 2244 2896 3018 3949 4065 4414 4763 5461 5673 7555

344 735 1706 2320 2669 3367 3800 5112 6201 6857 7248
 33 1088 1439 2013 2881 3774 3936 5447 5810 6697 7368

615 1580 2410 2698 3801 4182 4991 5483 6046 6292 6538
 4564 4745 6784

550 3081 7463
 950 2455 2786

40

1218 2118 6232
 3475 4980 6548

4769 5585 6837
 450 1681 3707

4038 4889 7174
 1432 5762 6265

60 2951 6848
 2766 3597 4872

140 2141 4243
 874 4142 7054

807 2368 5619

50

3391 6408 6657
 2073 2609 6079
 1558 4944 5690
 276 875 4345
 3273 3767 7300
 2695 6102 6743

である送信方法 / 装置である。

【 0 0 2 1 】

本技術の第 4 の送信方法 / 装置においては、符号長 N が 17280 ビットであり、符号化率 r が $9/16$ の LDPC 符号の検査行列に基づき、LDPC 符号化が行われ、前記 LDPC 符号を、360 ビットのビットグループ単位でインターリーブするグループワイズインターリーブが行われる。そして、前記 LDPC 符号が、2 ビット単位で、QPSK (Quadrature Phase Shift Keying) の 4 個の信号点のうちのいずれかにマッピングされる。前記グループワイズインターリーブでは、前記 LDPC 符号の先頭から $i+1$ 番目のビットグループを、ビットグループ i として、前記 17280 ビットの LDPC 符号のビットグループ 0 ないし 47 の並びが、ビットグループ

10

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47

の並びにインターリーブされる。前記 LDPC 符号は、情報ビットとパリティビットを含み、前記検査行列は、前記情報ビットに対応する情報行列部及び前記パリティビットに対応するパリティ行列部を含み、前記情報行列部は、検査行列初期値テーブルによって表され、前記検査行列初期値テーブルは、前記情報行列部の 1 の要素の位置を 360 列ごとに表すテーブルであって、

20

42 549 1187 1203 1694 1741 2290 2776 2839 2886 3435 3503 3697 4031
 4580 4627 5176 5223 5539 5772 6368 6917 6964 7513
 13 192 415 563 699 934 1176 1484 1855 2426 3147 3369 3389 4068 4380
 4578 4618 4937 4989 5381 5910 6281 6831 7202
 1319 1687 2423 3518 3737 4273 5242 6209 6535 6966 7397
 1273 2244 2896 3018 3949 4065 4414 4763 5461 5673 7555
 344 735 1706 2320 2669 3367 3800 5112 6201 6857 7248
 33 1088 1439 2013 2881 3774 3936 5447 5810 6697 7368
 615 1580 2410 2698 3801 4182 4991 5483 6046 6292 6538
 4564 4745 6784

30

550 3081 7463
 950 2455 2786
 1218 2118 6232
 3475 4980 6548
 4769 5585 6837
 450 1681 3707
 4038 4889 7174
 1432 5762 6265
 60 2951 6848
 2766 3597 4872
 140 2141 4243
 874 4142 7054
 807 2368 5619

40

3391 6408 6657
 2073 2609 6079
 1558 4944 5690
 276 875 4345

50

3273 3767 7300
2695 6102 6743
になっている。

【 0 0 2 2 】

本技術の第4の受信装置/方法は、符号長Nが17280ビットであり、符号化率rが9/16のLDPC符号の検査行列に基づき、LDPC符号化を行う符号化ステップと、前記LDPC符号を、360ビットのビットグループ単位でインターリーブするグループワイズインターリーブを行うグループワイズインターリーブステップと、前記LDPC符号を、2ビット単位で、QPSK(Quadrature Phase Shift Keying)の4個の信号点のうちのいずれかにマッピングするマッピングステップとを含み、前記グループワイズインターリーブでは、前記LDPC符号の先頭からi+1番目のビットグループを、ビットグループiとして、前記17280ビットのLDPC符号のビットグループ0ないし47の並びを、ビットグループ

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47

の並びにインターリーブし、前記LDPC符号は、情報ビットとパリティビットを含み、前記検査行列は、前記情報ビットに対応する情報行列部及び前記パリティビットに対応するパリティ行列部を含み、前記情報行列部は、検査行列初期値テーブルによって表され、前記検査行列初期値テーブルは、前記情報行列部の1の要素の位置を360列ごとに表すテーブルであって、

42 549 1187 1203 1694 1741 2290 2776 2839 2886 3435 3503 3697 4031 4580 4627 5176 5223 5539 5772 6368 6917 6964 7513
13 192 415 563 699 934 1176 1484 1855 2426 3147 3369 3389 4068 4380 4578 4618 4937 4989 5381 5910 6281 6831 7202

1319 1687 2423 3518 3737 4273 5242 6209 6535 6966 7397
1273 2244 2896 3018 3949 4065 4414 4763 5461 5673 7555
344 735 1706 2320 2669 3367 3800 5112 6201 6857 7248
33 1088 1439 2013 2881 3774 3936 5447 5810 6697 7368
615 1580 2410 2698 3801 4182 4991 5483 6046 6292 6538

4564 4745 6784

550 3081 7463

950 2455 2786

1218 2118 6232

3475 4980 6548

4769 5585 6837

450 1681 3707

4038 4889 7174

1432 5762 6265

60 2951 6848

2766 3597 4872

140 2141 4243

874 4142 7054

807 2368 5619

3391 6408 6657

2073 2609 6079

1558 4944 5690

276 875 4345

3273 3767 7300

2695 6102 6743

である送信方法により送信されてくるデータから得られる前記LDPC符号を復号する復号部/ステップを備える受信装置/方法である。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 3 】

本技術の第 4 の受信装置 / 方法においては、第 4 の送信方法により送信されてくるデータから得られる前記LDPC符号が復号される。

【 0 0 2 4 】

本技術の第 5 の送信方法 / 装置は、符号長Nが17280ビットであり、符号化率rが11/16のLDPC符号の検査行列に基づき、LDPC符号化を行う符号化ステップ / 部と、前記LDPC符号を、360ビットのビットグループ単位でインターリーブするグループワイズインターリーブを行うグループワイズインターリーブステップ / 部と、前記LDPC符号を、2ビット単位で、QPSK(Quadrature Phase Shift Keying)の4個の信号点のうちのいずれかにマッピングするマッピングステップ / 部とを含み、前記グループワイズインターリーブでは、前記LDPC符号の先頭からi+1番目のビットグループを、ビットグループiとして、前記17280ビットのLDPC符号のビットグループ0ないし47の並びを、ビットグループ

10

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47

の並びにインターリーブし、前記LDPC符号は、情報ビットとパリティビットを含み、前記検査行列は、前記情報ビットに対応する情報行列部及び前記パリティビットに対応するパリティ行列部を含み、前記情報行列部は、検査行列初期値テーブルによって表され、前記検査行列初期値テーブルは、前記情報行列部の1の要素の位置を360列ごとに表すテーブルであって、

91 382 494 654 681 695 1643 2171 2576 3027 3115 3390 3633 3644 3812 3883 4474 4607 4674

20

384 396 982 988 1053 1867 2215 2345 2472 3323 3503 3573 3883 4159 4576 4917 5104 5130

456 580 1590 1715 1786 1843 1934 2251 2261 2466 2525 2958 3467 4334 4530 4779 4885 5021

227 381 394 502 1059 1108 1480 1508 1523 1620 1840 1996 2436 2989 3716 3957 4072 4243 4482 4517 4717 4910 5105 5220 5238 5279

376 957 1706 2028 2228 2439 2552 4249 5234

89 676 1098 1103 1127 1449 1605 2362 4640

66 613 1692 1901 2247 3025 3244 4864 5050

30

1628 2015 2596

521 802 3804

3178 4080 5057

344 3486 3948

595 2538 2964

300 1355 3476

1292 2761 4819

462 773 3996

133 3494 4342

37 3698 4382

40

345 3624 4745

124 4197 4978

873 2686 4266

989 2966 4180

1468 1932 4913

1140 4164 5060

3361 4952 5287

2584 4646 5260

809 2481 4893

1201 1532 3877

50

128 2430 4279
 621 4810 5249
 200 717 5066
 2283 2998 4164
 704 2587 4736
 106 2080 3279

である送信方法／装置である。

【 0 0 2 5 】

本技術の第5の送信方法／装置においては、符号長Nが17280ビットであり、符号化率rが11/16のLDPC符号の検査行列に基づき、LDPC符号化が行われ、前記LDPC符号を、360ビットのビットグループ単位でインターリーブするグループワイズインターリーブが行われる。そして、前記LDPC符号が、2ビット単位で、QPSK(Quadrature Phase Shift Keying)の4個の信号点のうちのいずれかにマッピングされる。前記グループワイズインターリーブでは、前記LDPC符号の先頭からi+1番目のビットグループを、ビットグループiとして、前記17280ビットのLDPC符号のビットグループ0ないし47の並びが、ビットグループ

10

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47

の並びにインターリーブされる。前記LDPC符号は、情報ビットとパリティビットを含み、前記検査行列は、前記情報ビットに対応する情報行列部及び前記パリティビットに対応するパリティ行列部を含み、前記情報行列部は、検査行列初期値テーブルによって表され、前記検査行列初期値テーブルは、前記情報行列部の1の要素の位置を360列ごとに表すテーブルであって、

20

91 382 494 654 681 695 1643 2171 2576 3027 3115 3390 3633 3644 3812
 3883 4474 4607 4674

384 396 982 988 1053 1867 2215 2345 2472 3323 3503 3573 3883 4159
 4576 4917 5104 5130

456 580 1590 1715 1786 1843 1934 2251 2261 2466 2525 2958 3467 433
 4 4530 4779 4885 5021

227 381 394 502 1059 1108 1480 1508 1523 1620 1840 1996 2436 2989
 3716 3957 4072 4243 4482 4517 4717 4910 5105 5220 5238 5279

30

376 957 1706 2028 2228 2439 2552 4249 5234

89 676 1098 1103 1127 1449 1605 2362 4640

66 613 1692 1901 2247 3025 3244 4864 5050

1628 2015 2596

521 802 3804

3178 4080 5057

344 3486 3948

595 2538 2964

300 1355 3476

40

1292 2761 4819

462 773 3996

133 3494 4342

37 3698 4382

345 3624 4745

124 4197 4978

873 2686 4266

989 2966 4180

1468 1932 4913

1140 4164 5060

50

3361 4952 5287
 2584 4646 5260
 809 2481 4893
 1201 1532 3877
 128 2430 4279
 621 4810 5249
 200 717 5066
 2283 2998 4164
 704 2587 4736
 106 2080 3279

10

になっている。

【0026】

本技術の第5の受信装置/方法は、符号長Nが17280ビットであり、符号化率rが11/16のLDPC符号の検査行列に基づき、LDPC符号化を行う符号化ステップと、前記LDPC符号を、360ビットのビットグループ単位でインターリーブするグループワイズインターリーブを行うグループワイズインターリーブステップと、前記LDPC符号を、2ビット単位で、QPSK(Quadrature Phase Shift Keying)の4個の信号点のうちのいずれかにマッピングするマッピングステップとを含み、前記グループワイズインターリーブでは、前記LDPC符号の先頭からi+1番目のビットグループを、ビットグループiとして、前記17280ビットのLDPC符号のビットグループ0ないし47の並びを、ビットグループ

20

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47

の並びにインターリーブし、前記LDPC符号は、情報ビットとパリティビットを含み、前記検査行列は、前記情報ビットに対応する情報行列部及び前記パリティビットに対応するパリティ行列部を含み、前記情報行列部は、検査行列初期値テーブルによって表され、前記検査行列初期値テーブルは、前記情報行列部の1の要素の位置を360列ごとに表すテーブルであって、

91 382 494 654 681 695 1643 2171 2576 3027 3115 3390 3633 3644 3812
 3883 4474 4607 4674

384 396 982 988 1053 1867 2215 2345 2472 3323 3503 3573 3883 4159
 4576 4917 5104 5130

30

456 580 1590 1715 1786 1843 1934 2251 2261 2466 2525 2958 3467 433
 4 4530 4779 4885 5021

227 381 394 502 1059 1108 1480 1508 1523 1620 1840 1996 2436 2989
 3716 3957 4072 4243 4482 4517 4717 4910 5105 5220 5238 5279

376 957 1706 2028 2228 2439 2552 4249 5234

89 676 1098 1103 1127 1449 1605 2362 4640

66 613 1692 1901 2247 3025 3244 4864 5050

1628 2015 2596

521 802 3804

40

3178 4080 5057

344 3486 3948

595 2538 2964

300 1355 3476

1292 2761 4819

462 773 3996

133 3494 4342

37 3698 4382

345 3624 4745

124 4197 4978

50

873 2686 4266
 989 2966 4180
 1468 1932 4913
 1140 4164 5060
 3361 4952 5287
 2584 4646 5260
 809 2481 4893
 1201 1532 3877
 128 2430 4279
 621 4810 5249
 200 717 5066
 2283 2998 4164
 704 2587 4736
 106 2080 3279

10

である送信方法により送信されてくるデータから得られる前記LDPC符号を復号する復号部
 /ステップを備える受信装置/方法である。

【0027】

本技術の第5の受信装置/方法においては、第5の送信方法により送信されてくるデータ
 から得られる前記LDPC符号が復号される。

【0028】

本技術の第6の送信方法/装置は、符号長Nが17280ビットであり、符号化率rが13/16
 のLDPC符号の検査行列に基づき、LDPC符号化を行う符号化ステップ/部と、前記LDPC
 符号を、360ビットのビットグループ単位でインターリーブするグループワイズインター
 リーブを行うグループワイズインターリーブステップ/部と、前記LDPC符号を、2ビット
 単位で、QPSK(Quadrature Phase Shift Keying)の4個の信号点のうちのいずれかにマ
 ッピングするマッピングステップ/部とを含み、前記グループワイズインターリーブでは
 、前記LDPC符号の先頭からi+1番目のビットグループを、ビットグループiとして、前記1
 7280ビットのLDPC符号のビットグループ0ないし47の並びを、ビットグループ

20

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 2
 7 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47

30

の並びにインターリーブし、前記LDPC符号は、情報ビットとパリティビットを含み、前
 記検査行列は、前記情報ビットに対応する情報行列部及び前記パリティビットに対応する
 パリティ行列部を含み、前記情報行列部は、検査行列初期値テーブルによって表され、前
 記検査行列初期値テーブルは、前記情報行列部の1の要素の位置を360列ごとに表すテー
 ブルであって、

225 274 898 916 1020 1055 1075 1179 1185 1343 1376 1569 1828 1972
 2852 2957 3183

548 602 628 928 1077 1474 1557 1598 1935 1981 2110 2472 2543 2594
 2721 2884 2981

59 69 518 900 1158 1325 1367 1480 1744 2069 2119 2406 2757 2883 29
 14 2966 3232

40

1330 1369 1712 2133 2206 2487 2596 2606 2612 2666 2726 2733 2754 2
 811 2948 3030

391 542 689 748 810 1716 1927 2006 2296 2340 2357 2514 2797 2887 2
 896 3226

256 410 799 1126 1377 1409 1518 1619 1829 2037 2303 2324 2472 2475
 2874 2992

862 1522 1905

809 842 945

561 1001 2857

50

2132 2592 2905
 217 401 1894
 11 30 1860
 210 1188 2418
 1372 2273 2455
 407 2537 2962
 939 2401 2677
 2521 3077 3173
 1374 2250 2423
 23 188 1320
 472 714 2144
 2727 2755 2887
 1814 2824 2852
 148 1695 1845
 595 1059 2702
 1879 2480 2578
 17 411 559
 146 783 2154
 951 1391 1979
 1507 1613 3106
 642 882 2356
 1008 1324 3125
 196 1794 2474
 1129 1544 2931
 765 1681 2591
 1550 1936 3048
 1596 1607 2794
 156 1053 2926
 1246 1996 3179
 348 752 1943

10

20

30

である送信方法 / 装置である。

【 0 0 2 9 】

本技術の第 6 の送信方法 / 装置においては、符号長Nが17280ビットであり、符号化率rが13/16のLDPC符号の検査行列に基づき、LDPC符号化が行われ、前記LDPC符号を、360ビットのビットグループ単位でインターリーブするグループワイズインターリーブが行われる。そして、前記LDPC符号が、2ビット単位で、QPSK(Quadrature Phase Shift Keying)の4個の信号点のうちのいずれかにマッピングされる。前記グループワイズインターリーブでは、前記LDPC符号の先頭からi+1番目のビットグループを、ビットグループiとして、前記17280ビットのLDPC符号のビットグループ0ないし47の並びが、ビットグループ

40

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47

の並びにインターリーブされる。前記LDPC符号は、情報ビットとパリティビットを含み、前記検査行列は、前記情報ビットに対応する情報行列部及び前記パリティビットに対応するパリティ行列部を含み、前記情報行列部は、検査行列初期値テーブルによって表され、前記検査行列初期値テーブルは、前記情報行列部の1の要素の位置を360列ごとに表すテーブルであって、

225 274 898 916 1020 1055 1075 1179 1185 1343 1376 1569 1828 1972 2852 2957 3183

548 602 628 928 1077 1474 1557 1598 1935 1981 2110 2472 2543 2594

50

2721 2884 2981
 59 69 518 900 1158 1325 1367 1480 1744 2069 2119 2406 2757 2883 29
 14 2966 3232
 1330 1369 1712 2133 2206 2487 2596 2606 2612 2666 2726 2733 2754 2
 811 2948 3030
 391 542 689 748 810 1716 1927 2006 2296 2340 2357 2514 2797 2887 2
 896 3226
 256 410 799 1126 1377 1409 1518 1619 1829 2037 2303 2324 2472 2475
 2874 2992
 862 1522 1905
 809 842 945
 561 1001 2857
 2132 2592 2905
 217 401 1894
 11 30 1860
 210 1188 2418
 1372 2273 2455
 407 2537 2962
 939 2401 2677
 2521 3077 3173
 1374 2250 2423
 23 188 1320
 472 714 2144
 2727 2755 2887
 1814 2824 2852
 148 1695 1845
 595 1059 2702
 1879 2480 2578
 17 411 559
 146 783 2154
 951 1391 1979
 1507 1613 3106
 642 882 2356
 1008 1324 3125
 196 1794 2474
 1129 1544 2931
 765 1681 2591
 1550 1936 3048
 1596 1607 2794
 156 1053 2926
 1246 1996 3179
 348 752 1943

10

20

30

40

になっている。

【 0 0 3 0 】

本技術の第6の受信装置/方法は、符号長Nが17280ビットであり、符号化率rが13/16
 のLDPC符号の検査行列に基づき、LDPC符号化を行う符号化ステップと、前記LDPC符号
 を、360ビットのビットグループ単位でインターリーブするグループワイズインターリー
 プを行うグループワイズインターリーブステップと、前記LDPC符号を、2ビット単位で、
 QPSK(Quadrature Phase Shift Keying)の4個の信号点のうちのいずれかにマッピング
 するマッピングステップとを含み、前記グループワイズインターリーブでは、前記LDPC

50

符号の先頭から $i+1$ 番目のビットグループを、ビットグループ i として、前記17280ビットのLDPC符号のビットグループ0ないし47の並びを、ビットグループ

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47

の並びにインターリーブし、前記LDPC符号は、情報ビットとパリティビットを含み、前記検査行列は、前記情報ビットに対応する情報行列部及び前記パリティビットに対応するパリティ行列部を含み、前記情報行列部は、検査行列初期値テーブルによって表され、前記検査行列初期値テーブルは、前記情報行列部の1の要素の位置を360列ごとに表すテーブルであって、

225 274 898 916 1020 1055 1075 1179 1185 1343 1376 1569 1828 1972 2852 2957 3183 10

548 602 628 928 1077 1474 1557 1598 1935 1981 2110 2472 2543 2594 2721 2884 2981

59 69 518 900 1158 1325 1367 1480 1744 2069 2119 2406 2757 2883 2914 2966 3232

1330 1369 1712 2133 2206 2487 2596 2606 2612 2666 2726 2733 2754 2811 2948 3030

391 542 689 748 810 1716 1927 2006 2296 2340 2357 2514 2797 2887 2896 3226

256 410 799 1126 1377 1409 1518 1619 1829 2037 2303 2324 2472 2475 2874 2992 20

862 1522 1905

809 842 945

561 1001 2857

2132 2592 2905

217 401 1894

11 30 1860

210 1188 2418

1372 2273 2455

407 2537 2962 30

939 2401 2677

2521 3077 3173

1374 2250 2423

23 188 1320

472 714 2144

2727 2755 2887

1814 2824 2852

148 1695 1845

595 1059 2702

1879 2480 2578 40

17 411 559

146 783 2154

951 1391 1979

1507 1613 3106

642 882 2356

1008 1324 3125

196 1794 2474

1129 1544 2931

765 1681 2591

1550 1936 3048 50

1596 1607 2794

156 1053 2926

1246 1996 3179

348 752 1943

である送信方法により送信されてくるデータから得られる前記LDPC符号を復号する復号部
/ステップを備える受信装置/方法である。

【0031】

本技術の第6の受信装置/方法においては、第6の送信方法により送信されてくるデータ
から得られる前記LDPC符号が復号される。

【0032】

なお、送信装置や受信装置は、独立した装置であっても良いし、1個の装置を構成してい
る内部ブロックであっても良い。

【発明の効果】

【0033】

本技術によれば、LDPC符号を用いたデータ伝送において、良好な通信品質を確保するこ
とができる。

【0034】

なお、ここに記載された効果は必ずしも限定されるものではなく、本開示中に記載された
いずれかの効果であってもよい。

【図面の簡単な説明】

【0035】

【図1】LDPC符号の検査行列Hを説明する図である。

【図2】LDPC符号の復号手順を説明するフローチャートである。

【図3】LDPC符号の検査行列の例を示す図である。

【図4】検査行列のタナーグラフの例を示す図である。

【図5】バリエブルノードの例を示す図である。

【図6】チェックノードの例を示す図である。

【図7】本技術を適用した伝送システムの一実施の形態の構成例を示す図である。

【図8】送信装置11の構成例を示すブロック図である。

【図9】ビットインターリーバ116の構成例を示すブロック図である。

【図10】検査行列の例を示す図である。

【図11】パリティ行列の例を示す図である。

【図12】DVB-T.2の規格に規定されているLDPC符号の検査行列を説明する図である。

【図13】DVB-T.2の規格に規定されているLDPC符号の検査行列を説明する図である。

【図14】LDPC符号の復号についてのタナーグラフの例を示す図である。

【図15】階段構造になっているパリティ行列 H_T と、そのパリティ行列 H_T に対応するタ
ナーグラフの例を示す図である。

【図16】パリティインターリーブ後のLDPC符号に対応する検査行列Hのパリティ行列 H_T
の例を示す図である。

【図17】ビットインターリーバ116、及び、マップ117で行われる処理の例を説明
するフローチャートである。

【図18】LDPCエンコーダ115の構成例を示すブロック図である。

【図19】LDPCエンコーダ115の処理の例を説明するフローチャートである。

【図20】符号化率1/4、符号長16200の検査行列初期値テーブルの例を示す図である。

【図21】検査行列初期値テーブルから検査行列Hを求める方法を説明する図である。

【図22】検査行列の構造を示す図である。

【図23】検査行列初期値テーブルの例を示す図である。

【図24】検査行列初期値テーブルから生成されるA行列を説明する図である。

【図25】B行列のパリティインターリーブを説明する図である。

【図26】検査行列初期値テーブルから生成されるC行列を説明する図である。

10

20

30

40

50

【図 2 7】D行列のパリティインターリーブを説明する図である。

【図 2 8】検査行列に、パリティインターリーブを元に戻すパリティデインターリーブとしての列置換(column permutation)を行った検査行列を示す図である。

【図 2 9】検査行列に、行置換(row permutation)を行うことにより得られる変換検査行列を示す図である。

【図 3 0】 $N=17280$ ビットで、 $r=2/16$ のタイプA符号の検査行列初期値テーブルの例を示す図である。

【図 3 1】 $N=17280$ ビットで、 $r=3/16$ のタイプA符号の検査行列初期値テーブルの例を示す図である。

【図 3 2】 $N=17280$ ビットで、 $r=4/16$ のタイプA符号の検査行列初期値テーブルの例を示す図である。

10

【図 3 3】 $N=17280$ ビットで、 $r=5/16$ のタイプA符号の検査行列初期値テーブルの例を示す図である。

【図 3 4】 $N=17280$ ビットで、 $r=6/16$ のタイプA符号の検査行列初期値テーブルの例を示す図である。

【図 3 5】 $N=17280$ ビットで、 $r=7/16$ のタイプA符号の検査行列初期値テーブルの例を示す図である。

【図 3 6】 $N=17280$ ビットで、 $r=7/16$ のタイプB符号の検査行列初期値テーブルの例を示す図である。

【図 3 7】 $N=17280$ ビットで、 $r=8/16$ のタイプB符号の検査行列初期値テーブルの例を示す図である。

20

【図 3 8】 $N=17280$ ビットで、 $r=9/16$ のタイプB符号の検査行列初期値テーブルの例を示す図である。

【図 3 9】 $N=17280$ ビットで、 $r=10/16$ のタイプB符号の検査行列初期値テーブルの例を示す図である。

【図 4 0】 $N=17280$ ビットで、 $r=11/16$ のタイプB符号の検査行列初期値テーブルの例を示す図である。

【図 4 1】 $N=17280$ ビットで、 $r=12/16$ のタイプB符号の検査行列初期値テーブルの例を示す図である。

【図 4 2】 $N=17280$ ビットで、 $r=13/16$ のタイプB符号の検査行列初期値テーブルの例を示す図である。

30

【図 4 3】 $N=17280$ ビットで、 $r=14/16$ のタイプB符号の検査行列初期値テーブルの例を示す図である。

【図 4 4】列重みが3で、行重みが6であるデグリーシーケンスのアンサンブルのタナーグラフの例を示す図である。

【図 4 5】マルチエッジタイプのアンサンブルのタナーグラフの例を示す図である。

【図 4 6】タイプA方式の検査行列を説明する図である。

【図 4 7】タイプA方式の検査行列を説明する図である。

【図 4 8】タイプB方式の検査行列を説明する図である。

【図 4 9】タイプB方式の検査行列を説明する図である。

40

【図 5 0】 $N=17280$ ビットで、 $r=4/16$ の新タイプA符号の検査行列初期値テーブルを示す図である。

【図 5 1】 $r=4/16$ の新タイプA符号の検査行列Hのパラメータを示す図である。

【図 5 2】 $N=17280$ ビットで、 $r=9/16$ の新タイプB符号の検査行列初期値テーブルを示す図である。

【図 5 3】 $r=9/16$ の新タイプB符号の検査行列Hのパラメータを示す図である。

【図 5 4】変調方式がQPSKである場合のUCの信号点の座標の例を示す図である。

【図 5 5】変調方式が16QAMである場合の2D-NUCの信号点の座標の例を示す図である。

【図 5 6】変調方式が1024QAMである場合の1D-NUCの信号点の座標の例を示す図である。

50

- 【図 5 7】1024QAMのシンボル y と、位置ベクトル u との関係を示す図である。
- 【図 5 8】QPSK-UCの信号点の座標 z_q の例を示す図である。
- 【図 5 9】QPSK-UCの信号点の座標 z_q の例を示す図である。
- 【図 6 0】16QAM-UCの信号点の座標 z_q の例を示す図である。
- 【図 6 1】16QAM-UCの信号点の座標 z_q の例を示す図である。
- 【図 6 2】64QAM-UCの信号点の座標 z_q の例を示す図である。
- 【図 6 3】64QAM-UCの信号点の座標 z_q の例を示す図である。
- 【図 6 4】256QAM-UCの信号点の座標 z_q の例を示す図である。
- 【図 6 5】256QAM-UCの信号点の座標 z_q の例を示す図である。
- 【図 6 6】1024QAM-UCの信号点の座標 z_q の例を示す図である。 10
- 【図 6 7】1024QAM-UCの信号点の座標 z_q の例を示す図である。
- 【図 6 8】4096QAM-UCの信号点の座標 z_q の例を示す図である。
- 【図 6 9】4096QAM-UCの信号点の座標 z_q の例を示す図である。
- 【図 7 0】16QAM-2D-NUCの信号点の座標 z_s の例を示す図である。
- 【図 7 1】64QAM-2D-NUCの信号点の座標 z_s の例を示す図である。
- 【図 7 2】256QAM-2D-NUCの信号点の座標 z_s の例を示す図である。
- 【図 7 3】256QAM-2D-NUCの信号点の座標 z_s の例を示す図である。
- 【図 7 4】1024QAM-1D-NUCの信号点の座標 z_s の例を示す図である。
- 【図 7 5】1024QAMのシンボル y と、位置ベクトル u との関係を示す図である。
- 【図 7 6】4096QAM-1D-NUCの信号点の座標 z_s の例を示す図である。 20
- 【図 7 7】4096QAMのシンボル y と、位置ベクトル u との関係を示す図である。
- 【図 7 8】4096QAMのシンボル y と、位置ベクトル u との関係を示す図である。
- 【図 7 9】ブロックインターリーブ 2 5 で行われるブロックインターリーブを説明する図である。
- 【図 8 0】ブロックインターリーブ 2 5 で行われるブロックインターリーブを説明する図である。
- 【図 8 1】グループワイズインターリーブ 2 4 で行われるグループワイズインターリーブを説明する図である。
- 【図 8 2】符号長 N が17280ビットのLDPC符号に対するGWパターンの第 1 の例を示す図である。 30
- 【図 8 3】符号長 N が17280ビットのLDPC符号に対するGWパターンの第 2 の例を示す図である。
- 【図 8 4】符号長 N が17280ビットのLDPC符号に対するGWパターンの第 3 の例を示す図である。
- 【図 8 5】符号長 N が17280ビットのLDPC符号に対するGWパターンの第 4 の例を示す図である。
- 【図 8 6】符号長 N が17280ビットのLDPC符号に対するGWパターンの第 5 の例を示す図である。
- 【図 8 7】符号長 N が17280ビットのLDPC符号に対するGWパターンの第 6 の例を示す図である。 40
- 【図 8 8】符号長 N が17280ビットのLDPC符号に対するGWパターンの第 7 の例を示す図である。
- 【図 8 9】符号長 N が17280ビットのLDPC符号に対するGWパターンの第 8 の例を示す図である。
- 【図 9 0】符号長 N が17280ビットのLDPC符号に対するGWパターンの第 9 の例を示す図である。
- 【図 9 1】符号長 N が17280ビットのLDPC符号に対するGWパターンの第 1 0 の例を示す図である。
- 【図 9 2】符号長 N が17280ビットのLDPC符号に対するGWパターンの第 1 1 の例を示す図である。 50

【図 9 3】符号長Nが17280ビットのLDPC符号に対するGWパターンの第 1 2 の例を示す図である。

【図 9 4】符号長Nが17280ビットのLDPC符号に対するGWパターンの第 1 3 の例を示す図である。

【図 9 5】符号長Nが17280ビットのLDPC符号に対するGWパターンの第 1 4 例を示す図である。

【図 9 6】符号長Nが17280ビットのLDPC符号に対するGWパターンの第 1 5 例を示す図である。

【図 9 7】符号長Nが17280ビットのLDPC符号に対するGWパターンの第 1 6 の例を示す図である。

10

【図 9 8】符号長Nが17280ビットのLDPC符号に対するGWパターンの第 1 7 の例を示す図である。

【図 9 9】符号長Nが17280ビットのLDPC符号に対するGWパターンの第 1 8 の例を示す図である。

【図 1 0 0】符号長Nが17280ビットのLDPC符号に対するGWパターンの第 1 9 の例を示す図である。

【図 1 0 1】符号長Nが17280ビットのLDPC符号に対するGWパターンの第 2 0 の例を示す図である。

【図 1 0 2】符号長Nが17280ビットのLDPC符号に対するGWパターンの第 2 1 の例を示す図である。

20

【図 1 0 3】符号長Nが17280ビットのLDPC符号に対するGWパターンの第 2 2 の例を示す図である。

【図 1 0 4】符号長Nが17280ビットのLDPC符号に対するGWパターンの第 2 3 の例を示す図である。

【図 1 0 5】符号長Nが17280ビットのLDPC符号に対するGWパターンの第 2 4 の例を示す図である。

【図 1 0 6】符号長Nが17280ビットのLDPC符号に対するGWパターンの第 2 5 の例を示す図である。

【図 1 0 7】符号長Nが17280ビットのLDPC符号に対するGWパターンの第 2 6 の例を示す図である。

30

【図 1 0 8】符号長Nが17280ビットのLDPC符号に対するGWパターンの第 2 7 の例を示す図である。

【図 1 0 9】符号長Nが17280ビットのLDPC符号に対するGWパターンの第 2 8 の例を示す図である。

【図 1 1 0】符号長Nが17280ビットのLDPC符号に対するGWパターンの第 2 9 の例を示す図である。

【図 1 1 1】符号長Nが17280ビットのLDPC符号に対するGWパターンの第 3 0 の例を示す図である。

【図 1 1 2】符号長Nが17280ビットのLDPC符号に対するGWパターンの第 3 1 の例を示す図である。

40

【図 1 1 3】符号長Nが17280ビットのLDPC符号に対するGWパターンの第 3 2 の例を示す図である。

【図 1 1 4】符号長Nが17280ビットのLDPC符号に対するGWパターンの第 3 3 の例を示す図である。

【図 1 1 5】符号長Nが17280ビットのLDPC符号に対するGWパターンの第 3 4 の例を示す図である。

【図 1 1 6】符号長Nが17280ビットのLDPC符号に対するGWパターンの第 3 5 の例を示す図である。

【図 1 1 7】符号長Nが17280ビットのLDPC符号に対するGWパターンの第 3 6 の例を示す図である。

50

【図 1 1 8】符号長Nが17280ビットのLDPC符号に対するGWパターンの第 3 7 の例を示す図である。

【図 1 1 9】符号長Nが17280ビットのLDPC符号に対するGWパターンの第 3 8 の例を示す図である。

【図 1 2 0】符号長Nが17280ビットのLDPC符号に対するGWパターンの第 3 9 の例を示す図である。

【図 1 2 1】符号長Nが17280ビットのLDPC符号に対するGWパターンの第 4 0 の例を示す図である。

【図 1 2 2】符号長Nが17280ビットのLDPC符号に対するGWパターンの第 4 1 の例を示す図である。

10

【図 1 2 3】符号長Nが17280ビットのLDPC符号に対するGWパターンの第 4 2 の例を示す図である。

【図 1 2 4】符号長Nが17280ビットのLDPC符号に対するGWパターンの第 4 3 の例を示す図である。

【図 1 2 5】符号長Nが17280ビットのLDPC符号に対するGWパターンの第 4 4 の例を示す図である。

【図 1 2 6】符号長Nが17280ビットのLDPC符号に対するGWパターンの第 4 5 の例を示す図である。

【図 1 2 7】受信装置 1 2 の構成例を示すブロック図である。

【図 1 2 8】ビットデインターリーバ 1 6 5 の構成例を示すブロック図である。

20

【図 1 2 9】デマッパ 1 6 4、ビットデインターリーバ 1 6 5、及び、LDPCデコーダ 1 6 6 が行う処理の例を説明するフローチャートである。

【図 1 3 0】LDPC符号の検査行列の例を示す図である。

【図 1 3 1】検査行列に行置換と列置換を施した行列（変換検査行列）の例を示す図である。

【図 1 3 2】5 × 5 単位に分割した変換検査行列の例を示す図である。

【図 1 3 3】ノード演算をP個まとめて行う復号装置の構成例を示すブロック図である。

【図 1 3 4】LDPCデコーダ 1 6 6 の構成例を示すブロック図である。

【図 1 3 5】ブロックデインターリーバ 5 4 で行われるブロックデインターリーブを説明する図である。

30

【図 1 3 6】ビットデインターリーバ 1 6 5 の他の構成例を示すブロック図である。

【図 1 3 7】受信装置 1 2 を適用可能な受信システムの第 1 の構成例を示すブロック図である。

【図 1 3 8】受信装置 1 2 を適用可能な受信システムの第 2 の構成例を示すブロック図である。

【図 1 3 9】受信装置 1 2 を適用可能な受信システムの第 3 の構成例を示すブロック図である。

【図 1 4 0】本技術を適用したコンピュータの一実施の形態の構成例を示すブロック図である。

【発明を実施するための形態】

40

【 0 0 3 6 】

以下、本技術の実施の形態について説明するが、その前に、LDPC符号について説明する。

【 0 0 3 7 】

< LDPC符号 >

【 0 0 3 8 】

なお、LDPC符号は、線形符号であり、必ずしも2元である必要はないが、ここでは、2元であるものとして説明する。

【 0 0 3 9 】

LDPC符号は、そのLDPC符号を定義する検査行列(parity check matrix)が疎なものであることを最大の特徴とする。ここで、疎な行列とは、行列の要素の"1"の個数が非常に少な

50

い行列（ほとんどの要素が0の行列）である。

【0 0 4 0】

図1は、LDPC符号の検査行列Hの例を示す図である。

【0 0 4 1】

図1の検査行列Hでは、各列の重み（列重み）（"1"の数）(weight)が"3"であり、且つ、各行の重み（行重み）が"6"になっている。

【0 0 4 2】

LDPC符号による符号化（LDPC符号化）では、例えば、検査行列Hに基づいて生成行列Gを生成し、この生成行列Gを2元の情報ビットに対して乗算することで、符号語（LDPC符号）が生成される。

【0 0 4 3】

具体的には、LDPC符号化を行う符号化装置は、まず、検査行列Hの転置行列 H^T との間に、式 $GH^T = 0$ が成立する生成行列Gを算出する。ここで、生成行列Gが、 $K \times N$ 行列である場合には、符号化装置は、生成行列Gに対してKビットからなる情報ビットのビット列（ベクトル u ）を乗算し、Nビットからなる符号語 $c (= uG)$ を生成する。この符号化装置によって生成された符号語（LDPC符号）は、所定の通信路を介して受信側において受信される。

【0 0 4 4】

LDPC符号の復号は、Gallagerが確率復号(Probabilistic Decoding)と称して提案したアルゴリズムであって、バリエブルノード(variable node (メッセージノード(message node)とも呼ばれる))と、チェックノード(check node)とからなる、いわゆるタナーグラフ(Tanner graph)上での確率伝播(belief propagation)によるメッセージ・パッシング・アルゴリズムによって行うことが可能である。ここで、以下、適宜、バリエブルノードとチェックノードを、単に、ノードともいう。

【0 0 4 5】

図2は、LDPC符号の復号の手順を示すフローチャートである。

【0 0 4 6】

なお、以下、適宜、受信側で受信したLDPC符号（1符号語）のi番目の符号ビットの、値の"0"らしさを対数尤度比(log likelihood ratio)で表現した実数値（受信LLR）を、受信値 u_{0i} ともいう。また、チェックノードから出力されるメッセージを u_j とし、バリエブルノードから出力されるメッセージを v_i とする。

【0 0 4 7】

まず、LDPC符号の復号においては、図2に示すように、ステップS11において、LDPC符号が受信され、メッセージ（チェックノードメッセージ） u_j が"0"に初期化されるとともに、繰り返し処理のカウンタとしての整数をとる変数kが"0"に初期化され、ステップS12に進む。ステップS12において、LDPC符号を受信して得られる受信値 u_{0i} に基づいて、式(1)に示す演算（バリエブルノード演算）を行うことによってメッセージ（バリエブルノードメッセージ） v_i が求められ、さらに、このメッセージ v_i に基づいて、式(2)に示す演算（チェックノード演算）を行うことによってメッセージ u_j が求められる。

【0 0 4 8】

【数1】

$$v_i = u_{0i} + \sum_{j=1}^{d_v-1} u_j$$

・・・(1)

【0 0 4 9】

【数2】

$$\tanh\left(\frac{u_j}{2}\right) = \prod_{i=1}^{d_c-1} \tanh\left(\frac{v_i}{2}\right)$$

10

20

30

40

50

・・・ (2)

【 0 0 5 0 】

ここで、式 (1) と式 (2) における d_v と d_c は、それぞれ、検査行列 H の縦方向 (列) と横方向 (行) の "1" の個数を示す任意に選択可能とされるパラメータである。例えば、図 1 に示したような列重みが 3 で、行重みが 6 の検査行列 H に対する LDPC 符号 ((3, 6) LDPC 符号) の場合には、 $d_v = 3$, $d_c = 6$ となる。

【 0 0 5 1 】

なお、式 (1) のバリエブルノード演算、及び (2) のチェックノード演算においては、それぞれ、メッセージを出力しようとする枝 (edge) (バリエブルノードとチェックノードとを結ぶ線) から入力されたメッセージを、演算の対象としないことから、演算の範囲が、1 ないし $d_v - 1$ 又は 1 ないし $d_c - 1$ となっている。また、式 (2) のチェックノード演算は、実際には、2 入力 v_1 , v_2 に対する 1 出力で定義される式 (3) に示す関数 $R(v_1, v_2)$ のテーブルを予め作成しておき、これを式 (4) に示すように連続的 (再帰的) に用いることによって行われる。

【 0 0 5 2 】

【 数 3 】

$$x = 2 \tanh^{-1} \{ \tanh (v_1/2) \tanh (v_2/2) \} = R(v_1, v_2)$$

・・・ (3)

【 0 0 5 3 】

【 数 4 】

$$u_j = R(v_1, R(v_2, R(v_3, \dots R(v_{d_c-2}, v_{d_c-1})))$$

・・・ (4)

【 0 0 5 4 】

ステップ S 1 2 では、さらに、変数 k が "1" だけインクリメントされ、ステップ S 1 3 に進む。ステップ S 1 3 では、変数 k が所定の繰り返し復号回数 C よりも大きいかが判定される。ステップ S 1 3 において、変数 k が C よりも大きくないと判定された場合、ステップ S 1 2 に戻り、以下、同様の処理が繰り返される。

【 0 0 5 5 】

また、ステップ S 1 3 において、変数 k が C よりも大きいと判定された場合、ステップ S 1 4 に進み、式 (5) に示す演算を行うことによって最終的に出力する復号結果としてのメッセージ v_i が求められて出力され、LDPC 符号の復号処理が終了する。

【 0 0 5 6 】

【 数 5 】

$$v_i = u_{0i} + \sum_{j=1}^{d_v} u_j$$

・・・ (5)

【 0 0 5 7 】

ここで、式 (5) の演算は、式 (1) のバリエブルノード演算とは異なり、バリエブルノードに接続している全ての枝からのメッセージ u_j を用いて行われる。

【 0 0 5 8 】

図 3 は、(3, 6) LDPC 符号 (符号化率 1/2、符号長 12) の検査行列 H の例を示す図である。

【 0 0 5 9 】

図 3 の検査行列 H では、図 1 と同様に、列の重みが 3 に、行の重みが 6 に、それぞれなっている。

10

20

30

40

50

【 0 0 6 0 】

図 4 は、図 3 の検査行列 H のタナーグラフを示す図である。

【 0 0 6 1 】

ここで、図 4 において、プラス "+" で表わされるのが、チェックノードであり、イコール "=" で表わされるのが、バリエブルノードである。チェックノードとバリエブルノードは、それぞれ、検査行列 H の行と列に対応する。チェックノードとバリエブルノードとの間の結線は、枝 (edge) であり、検査行列の要素の "1" に相当する。

【 0 0 6 2 】

すなわち、検査行列の第 j 行第 i 列の要素が 1 である場合には、図 4 において、上から i 番目のバリエブルノード ("=" のノード) と、上から j 番目のチェックノード ("+" のノード) とが、枝により接続される。枝は、バリエブルノードに対応する符号ビットが、チェックノードに対応する拘束条件を持つことを表す。

10

【 0 0 6 3 】

LDPC 符号の復号方法であるサムプロダクトアルゴリズム (Sum Product Algorithm) では、バリエブルノード演算とチェックノード演算とが繰り返し行われる。

【 0 0 6 4 】

図 5 は、バリエブルノードで行われるバリエブルノード演算を示す図である。

【 0 0 6 5 】

バリエブルノードでは、計算しようとしている枝に対応するメッセージ v_i は、バリエブルノードに繋がっている残りの枝からのメッセージ u_1 および u_2 と、受信値 u_{0i} を用いた式 (1) のバリエブルノード演算により求められる。他の枝に対応するメッセージも同様に求められる。

20

【 0 0 6 6 】

図 6 は、チェックノードで行われるチェックノード演算を示す図である。

【 0 0 6 7 】

ここで、式 (2) のチェックノード演算は、式 $a \times b = \exp\{\ln(|a|) + \ln(|b|)\} \times \text{sign}(a) \times \text{sign}(b)$ の関係を用いて、式 (6) に書き直すことができる。但し、 $\text{sign}(x)$ は、 $x \geq 0$ のとき 1 であり、 $x < 0$ のとき -1 である。

【 0 0 6 8 】

【数 6】

30

$$\begin{aligned}
 u_j &= 2 \tanh^{-1} \left(\prod_{i=1}^{d_c-1} \tanh \left(\frac{v_i}{2} \right) \right) \\
 &= 2 \tanh^{-1} \left[\exp \left\{ \sum_{i=1}^{d_c-1} \ln \left(\left| \tanh \left(\frac{v_i}{2} \right) \right| \right) \right\} \times \prod_{i=1}^{d_c-1} \text{sign} \left(\tanh \left(\frac{v_i}{2} \right) \right) \right] \\
 &= 2 \tanh^{-1} \left[\exp \left\{ - \left(\sum_{i=1}^{d_c-1} - \ln \left(\tanh \left(\frac{|v_i|}{2} \right) \right) \right) \right\} \times \prod_{i=1}^{d_c-1} \text{sign}(v_i) \right]
 \end{aligned}$$

40

・・・ (6)

【 0 0 6 9 】

$x \geq 0$ において、関数 $\psi(x)$ を、式 $\psi(x) = \ln(\tanh(x/2))$ と定義すると、式 $\psi^{-1}(x) = 2 \tanh^{-1}(e^{-x})$ が成り立つから、式 (6) は、式 (7) に変形することができる。

【 0 0 7 0 】

【数 7】

50

$$u_j = \phi^{-1} \left(\sum_{i=1}^{d_c-1} \phi(|v_i|) \right) \times \prod_{i=1}^{d_c-1} \text{sign}(v_i)$$

．．．(7)

【0071】

チェックノードでは、式(2)のチェックノード演算が、式(7)に従って行われる。

【0072】

すなわち、チェックノードでは、図6のように、計算しようとしている枝に対応するメッセージ u_j は、チェックノードに繋がっている残りの枝からのメッセージ v_1, v_2, v_3, v_4, v_5 を用いた式(7)のチェックノード演算によって求められる。他の枝に対応するメッセージも同様に求められる。

10

【0073】

なお、式(7)の関数 $\phi(x)$ は、式 $\phi(x) = \ln((e^x+1)/(e^x-1))$ で表すことができ、 $x > 0$ において、 $\phi(x) = -\phi(-x)$ である。関数 $\phi(x)$ および $-\phi(-x)$ をハードウェアに実装する際には、LUT(Look Up Table)を用いて実装される場合があるが、両者共に同一のLUTとなる。

【0074】

<本技術を適用した伝送システムの構成例>

【0075】

図7は、本技術を適用した伝送システム(システムとは、複数の装置が論理的に集合した物をいい、各構成の装置が同一筐体中にあるか否かは、問わない)の一実施の形態の構成例を示す図である。

20

【0076】

図7において、伝送システムは、送信装置11と受信装置12とから構成される。

【0077】

送信装置11は、例えば、テレビジョン放送の番組等の送信(放送)(伝送)を行う。すなわち、送信装置11は、例えば、番組としての画像データや音声データ等の、送信の対象である対象データをLDPC符号に符号化し、例えば、衛星回線や、地上波、ケーブル(有線回線)等の通信路13を介して送信する。

30

【0078】

受信装置12は、送信装置11から通信路13を介して送信されてくるLDPC符号を受信し、対象データに復号して出力する。

【0079】

ここで、図7の伝送システムで使用されるLDPC符号は、AWGN(Additive White Gaussian Noise)通信路で極めて高い能力を発揮することが知られている。

【0080】

一方、通信路13では、バースト(burst)誤りやイレージャ(erasure)を発生することがある。例えば、特に、通信路13が地上波である場合、OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing)システムでは、D/U(Desired to Undesired Ratio)が0dB(Undesired = echoのパワーがDesired = メインパスのパワーと等しい)のマルチパス環境において、エコー(echo)(メインパス以外のパス)の遅延(delay)に応じて、特定のシンボルのパワーが0になってしまう(erasure)ことがある。

40

【0081】

また、フラッタ(flutter)(遅延が0でドップラ(doppler)周波数の掛かったechoが加算される通信路)でも、D/Uが0dBである場合には、ドップラ周波数によって、特定の時刻のOFDMのシンボル全体のパワーが0になる(erasure)場合が生じる。

【0082】

さらに、受信装置12側の、送信装置11からの信号を受信するアンテナ等の受信部(図示せず)から受信装置12までの配線の状況や、受信装置12の電源の不安定性により、

50

バースト誤りが発生することがある。

【 0 0 8 3 】

一方、LDPC符号の復号においては、検査行列Hの列、ひいては、LDPC符号の符号ビットに対応するバリエブルノードにおいて、図5に示したように、LDPC符号の符号ビット（の受信値 u_{0j} ）の加算を伴う式（1）のバリエブルノード演算が行われるため、そのバリエブルノード演算に用いられる符号ビットにエラーが生じると、求められるメッセージの精度が低下する。

【 0 0 8 4 】

そして、LDPC符号の復号では、チェックノードにおいて、そのチェックノードに繋がっているバリエブルノードで求められるメッセージを用いて、式（7）のチェックノード演算が行われるため、繋がっている複数のバリエブルノード（に対応するLDPC符号の符号ビット）が同時にエラー（イレージャを含む）となるチェックノードの数が増えると、復号の性能が劣化する。

10

【 0 0 8 5 】

すなわち、例えば、チェックノードは、そのチェックノードに繋がっているバリエブルノードの2個以上が同時にイレージャになると、全バリエブルノードに、値が0である確率と1である確率とが等確率のメッセージを戻す。この場合、等確率のメッセージを戻すチェックノードは、1回の復号処理（1セットのバリエブルノード演算及びチェックノード演算）に寄与しないこととなり、その結果、復号処理の繰り返し回数を多く必要とすることになって、復号の性能が劣化し、さらに、LDPC符号の復号を行う受信装置12の消費電力が増大する。

20

【 0 0 8 6 】

そこで、図7の伝送システムでは、AWGN通信路（AWGNチャネル）での性能を維持しつつ、バースト誤りやイレージャへの耐性を向上させることが可能になっている。

【 0 0 8 7 】

< 送信装置11の構成例 >

【 0 0 8 8 】

図8は、図7の送信装置11の構成例を示すブロック図である。

【 0 0 8 9 】

送信装置11では、対象データとしての1以上のインプットストリーム(Input Streams)が、モードアダプテーション/マルチプレクサ(Mode Adaptation/Multiplexer)111に供給される。

30

【 0 0 9 0 】

モードアダプテーション/マルチプレクサ111は、モード選択、及び、そこに供給される1以上のインプットストリームの多重化等の処理を必要に応じて行い、その結果得られるデータを、パダー(padder)112に供給する。

【 0 0 9 1 】

パダー112は、モードアダプテーション/マルチプレクサ111からのデータに対して、必要なゼロ詰め（Nullの挿入）を行い、その結果得られるデータを、BBスクランブラ(BB Scrambler)113に供給する。

40

【 0 0 9 2 】

BBスクランブラ113は、パダー112からのデータに、BBスクランブル(Base-Band Scrambling)を施し、その結果得られるデータを、BCHエンコーダ(BCH encoder)114に供給する。

【 0 0 9 3 】

BCHエンコーダ114は、BBスクランブラ113からのデータをBCH符号化し、その結果得られるデータを、LDPC符号化の対象であるLDPC対象データとして、LDPCエンコーダ(LDPC encoder)115に供給する。

【 0 0 9 4 】

LDPCエンコーダ115（符号化部）は、BCHエンコーダ114からのLDPC対象データに

50

ついて、例えば、LDPC符号のパリティビットに対応する部分であるパリティ行列が階段(dual diagonal)構造になっている検査行列等に従ったLDPC符号化を行い、LDPC対象データを情報ビットとするLDPC符号を出力する。

【0095】

すなわち、LDPCエンコーダ115は、LDPC対象データを、例えば、DVB-S.2や、DVB-T.2、DVB-C.2、ATSC3.0等の所定の規格に規定されている(検査行列に対応する)LDPC符号、その他のLDPC符号に符号化するLDPC符号化を行い、その結果得られるLDPC符号を出力する。

【0096】

ここで、DVB-S.2やATSC3.0の規格に規定されているLDPC符号は、IRA(Irregular Repeat Accumulate)符号であり、そのLDPC符号の検査行列におけるパリティ行列(の一部又は全部)は、階段構造になっている。パリティ行列、及び、階段構造については、後述する。また、IRA符号については、例えば、"Irregular Repeat-Accumulate Codes," H. Jin, A. Khandekar, and R. J. McEliece, in Proceedings of 2nd International Symposium on Turbo codes and Related Topics, pp. 1-8, Sept. 2000に記載されている。

10

【0097】

LDPCエンコーダ115が出力するLDPC符号は、ビットインターリーバ(Bit Interleaver)116に供給される。

【0098】

ビットインターリーバ116は、LDPCエンコーダ115からのLDPC符号について、後述するビットインターリーブを行い、そのビットインターリーブ後のLDPC符号を、マップ(Mapper)117に供給する。

20

【0099】

マップ117は、ビットインターリーバ116からのLDPC符号を、そのLDPC符号の1ビット以上の符号ビットの単位(シンボル単位)で、直交変調の1つのシンボルを表す信号点にマッピングして直交変調(多値変調)を行う。

【0100】

すなわち、マップ117は、ビットインターリーバ116からのLDPC符号を、搬送波と同相のI成分を表すI軸と、搬送波と直交するQ成分を表すQ軸とで規定されるIQ平面であるコンスタレーション上の、LDPC符号の直交変調を行う変調方式で定める信号点にマッピングして直交変調を行う。

30

【0101】

マップ117で行われる直交変調の変調方式で使用するコンスタレーションの信号点の数が、 2^m 個である場合、LDPC符号のmビットの符号ビットを、シンボル(1シンボル)として、マップ117では、ビットインターリーバ116からのLDPC符号が、シンボル単位で、 2^m 個の信号点のうち、シンボルを表す信号点にマッピングされる。

【0102】

ここで、マップ117で行われる直交変調の変調方式としては、例えば、DVB-S.2やATSC3.0の規格等に規定されている変調方式、その他の変調方式、すなわち、例えば、BPSK(Binary Phase Shift Keying)や、QPSK(Quadrature Phase Shift Keying)、8PSK(Phase-Shift Keying)、16APSK(Amplitude Phase-Shift Keying)、32APSK、16QAM(Quadrature Amplitude Modulation)、16QAM、64QAM、256QAM、1024QAM、4096QAM、4PAM(Pulse Amplitude Modulation)等がある。マップ117において、いずれの変調方式による直交変調が行われるかは、例えば、送信装置11のオペレータの操作等に従って、あらかじめ設定される。

40

【0103】

マップ117での処理により得られるデータ(シンボルを信号点にマッピングしたマッピング結果)は、時間インターリーバ(Time Interleaver)118に供給される。

【0104】

時間インターリーバ118は、マップ117からのデータについて、シンボル単位での時

50

間インターリーブ(時間方向のインターリーブ)を行い、その結果得られるデータを、SISO/MISOエンコーダ(SISO/MISO(Single Input Single Output / Multiple Input Single Output) encoder) 119に供給する。

【0105】

SISO/MISOエンコーダ119は、時間インターリーバ118からのデータに、時空間符号化を施し、周波数インターリーバ(Frequency Interleaver) 120に供給する。

【0106】

周波数インターリーバ120は、SISO/MISOエンコーダ119からのデータについて、シンボル単位での周波数インターリーブ(周波数方向のインターリーブ)を行い、フレームビルダ/リソースアロケーション部(Frame Builder & Resource Allocation) 131に供給する。

10

【0107】

一方、BCHエンコーダ121には、例えば、BBシグナリング(Base Band Signalling)(BB Header)等の伝送制御用の制御データ(signalling)が供給される。

【0108】

BCHエンコーダ121は、そこに供給される制御データを、BCHエンコーダ114と同様にBCH符号化し、その結果得られるデータを、LDPCエンコーダ122に供給する。

【0109】

LDPCエンコーダ122は、BCHエンコーダ121からのデータを、LDPC対象データとして、LDPCエンコーダ115と同様にLDPC符号化し、その結果得られるLDPC符号を、マップ123に供給する。

20

【0110】

マップ123は、マップ117と同様に、LDPCエンコーダ122からのLDPC符号を、そのLDPC符号の1ビット以上の符号ビットの単位(シンボル単位)で、直交変調の1つのシンボルを表す信号点にマッピングして直交変調を行い、その結果得られるデータを、周波数インターリーバ124に供給する。

【0111】

周波数インターリーバ124は、周波数インターリーバ120と同様に、マップ123からのデータについて、シンボル単位での周波数インターリーブを行い、フレームビルダ/リソースアロケーション部131に供給する。

30

【0112】

フレームビルダ/リソースアロケーション部131は、周波数インターリーバ120、及び、124からのデータ(シンボル)の必要な位置に、パイロット(Pilot)のシンボルを挿入し、その結果得られるデータ(シンボル)から、所定の数のシンボルで構成されるフレーム(例えば、PL(Physical Layer)フレームや、T2フレーム、C2フレーム等)を構成して、OFDM生成部(OFDM generation) 132に供給する。

【0113】

OFDM生成部132は、フレームビルダ/リソースアロケーション部131からのフレームから、そのフレームに対応するOFDM信号を生成し、通信路13(図7)を介して送信する。

40

【0114】

なお、送信装置11は、例えば、時間インターリーバ118、SISO/MISOエンコーダ119、周波数インターリーバ120、及び、周波数インターリーバ124等の、図8に図示したブロックの一部を設けずに構成することができる。

【0115】

<ビットインターリーバ116の構成例>

【0116】

図9は、図8のビットインターリーバ116の構成例を示すブロック図である。

【0117】

ビットインターリーバ116は、データをインターリーブする機能を有し、パリティイン

50

ターリーバ(Parity Interleaver) 2 3、グループワイズインターリーバ(Group-Wise Interleaver) 2 4、及びブロックインターリーバ(Block Interleaver) 2 5 から構成される。

【 0 1 1 8 】

パリティインターリーバ 2 3 は、LDPCエンコーダ 1 1 5 からのLDPC符号のパリティビットを、他のパリティビットの位置にインターリーブするパリティインターリーブを行い、そのパリティインターリーブ後のLDPC符号を、グループワイズインターリーバ 2 4 に供給する。

【 0 1 1 9 】

グループワイズインターリーバ 2 4 は、パリティインターリーバ 2 3 からのLDPC符号について、グループワイズインターリーブを行い、そのグループワイズインターリーブ後のLDPC符号を、ブロックインターリーバ 2 5 に供給する。

10

【 0 1 2 0 】

ここで、グループワイズインターリーブでは、1符号分のLDPC符号を、その先頭から、後述するパラレルファクタPに等しい360ビット単位に区分した、その1区分の360ビットを、ビットグループとして、パリティインターリーバ 2 3 からのLDPC符号が、ビットグループ単位でインターリーブされる。

【 0 1 2 1 】

グループワイズインターリーブを行う場合には、グループワイズインターリーブを行わない場合に比較して、エラーレートを改善させることができ、その結果、データ伝送において、良好な通信品質を確保することができる。

20

【 0 1 2 2 】

ブロックインターリーバ 2 5 は、グループワイズインターリーバ 2 4 からのLDPC符号を逆多重化するためのブロックインターリーブを行うことで、例えば、1符号分のLDPC符号を、マッピングの単位であるmビットのシンボルにシンボル化し、マップ 1 1 7 (図 8) に供給する。

【 0 1 2 3 】

ここで、ブロックインターリーブでは、例えば、カラム(column) (縦) 方向に所定のビット数を記憶する記憶領域としてのカラムが、ロウ(row) (横) 方向に、シンボルのビット数mに等しい数だけ並んだ記憶領域に対して、グループワイズインターリーバ 2 4 からのLDPC符号が、カラム方向に書き込まれ、ロウ方向に読み出されることで、LDPC符号が、mビットのシンボルにシンボル化される。

30

【 0 1 2 4 】

< LDPC符号の検査行列 >

【 0 1 2 5 】

図 1 0 は、図 8 のLDPCエンコーダ 1 1 5 でLDPC符号化に用いられる検査行列Hの例を示す図である。

【 0 1 2 6 】

検査行列Hは、LDGM(Low-Density Generation Matrix)構造になっており、LDPC符号の符号ビットのうちの、情報ビットに対応する部分の情報行列 H_A と、パリティビットに対応するパリティ行列 H_T とによって、式 $H = [H_A | H_T]$ (情報行列 H_A の要素を左側の要素とし、パリティ行列 H_T の要素を右側の要素とする行列) で表すことができる。

40

【 0 1 2 7 】

ここで、1符号のLDPC符号 (1符号語) の符号ビットのうちの情報ビットのビット数と、パリティビットのビット数を、それぞれ、情報長Kと、パリティ長Mというとともに、1個 (1符号語) のLDPC符号の符号ビットのビット数を、符号長 $N (= K + M)$ という。

【 0 1 2 8 】

ある符号長NのLDPC符号についての情報長Kとパリティ長Mは、符号化率によって決まる。また、検査行列Hは、行×列が $M \times N$ の行列 (M行N列の行列) となる。そして、情報行列 H_A は、 $M \times K$ の行列となり、パリティ行列 H_T は、 $M \times M$ の行列となる。

【 0 1 2 9 】

50

図 1 1 は、図 8 の LDPC エンコーダ 1 1 5 で LDPC 符号化に用いられる検査行列 H のパリティ行列 H_T の例を示す図である。

【 0 1 3 0 】

LDPC エンコーダ 1 1 5 で LDPC 符号化に用いられる検査行列 H のパリティ行列 H_T としては、例えば、DVB-T.2 等の規格に規定されている LDPC 符号の検査行列 H と同様のパリティ行列 H_T を採用することができる。

【 0 1 3 1 】

DVB-T.2 等の規格に規定されている LDPC 符号の検査行列 H のパリティ行列 H_T は、図 1 1 に示すように、1 の要素が、いわば階段状に並ぶ階段構造の行列 (lower bidiagonal matrix) になっている。パリティ行列 H_T の行重みは、1 行目については 1 で、残りの全ての行については 2 になっている。また、列重みは、最後の 1 列については 1 で、残りの全ての列で 2 になっている。

10

【 0 1 3 2 】

以上のように、パリティ行列 H_T が階段構造になっている検査行列 H の LDPC 符号は、その検査行列 H を用いて、容易に生成することができる。

【 0 1 3 3 】

すなわち、LDPC 符号 (1 符号語) を、行ベクトル c で表すとともに、その行ベクトルを転置して得られる列ベクトルを、 c^T と表す。また、LDPC 符号である行ベクトル c のうちの、情報ビットの部分、行ベクトル A で表すとともに、パリティビットの部分、行ベクトル T で表すこととする。

20

【 0 1 3 4 】

この場合、行ベクトル c は、情報ビットとしての行ベクトル A と、パリティビットとしての行ベクトル T とによって、式 $c = [A | T]$ (行ベクトル A の要素を左側の要素とし、行ベクトル T の要素を右側の要素とする行ベクトル) で表すことができる。

【 0 1 3 5 】

検査行列 H と、LDPC 符号としての行ベクトル $c = [A | T]$ とは、式 $Hc^T = 0$ を満たす必要があり、かかる式 $Hc^T = 0$ を満たす行ベクトル $c = [A | T]$ を構成するパリティビットとしての行ベクトル T は、検査行列 $H = [H_A | H_T]$ のパリティ行列 H_T が、図 1 1 に示した階段構造になっている場合には、式 $Hc^T = 0$ における列ベクトル Hc^T の 1 行目の要素から順に、各行の要素を 0 にしていくようにすることで、逐次的 (順番) に求めることができる。

30

【 0 1 3 6 】

図 1 2 は、DVB-T.2 等の規格に規定されている LDPC 符号の検査行列 H を説明する図である。

【 0 1 3 7 】

DVB-T.2 等の規格に規定されている LDPC 符号の検査行列 H の 1 列目からの KX 列については、列重みが X に、その後の $K3$ 列については、列重みが 3 に、その後の $M-1$ 列については、列重みが 2 に、最後の 1 列については、列重みが 1 に、それぞれなっている。

【 0 1 3 8 】

ここで、 $KX+K3+M-1+1$ は、符号長 N に等しい。

【 0 1 3 9 】

40

図 1 3 は、DVB-T.2 等の規格に規定されている LDPC 符号の各符号化率 r についての、列数 KX 、 $K3$ 、及び M 、並びに、列重み X を示す図である。

【 0 1 4 0 】

DVB-T.2 等の規格では、64800 ビットと 16200 ビットの符号長 N の LDPC 符号が規定されている。

【 0 1 4 1 】

そして、符号長 N が 64800 ビットの LDPC 符号については、11 個の符号化率 (nominal rate) $1/4, 1/3, 2/5, 1/2, 3/5, 2/3, 3/4, 4/5, 5/6, 8/9$ 、及び $9/10$ が規定されており、符号長 N が 16200 ビットの LDPC 符号については、10 個の符号化率 $1/4, 1/3, 2/5, 1/2, 3/5, 2/3, 3/4, 4/5, 5/6$ 、及び $8/9$ が規定されている。

50

【 0 1 4 2 】

ここで、以下、64800ビットの符号長Nを、64kビットともいい、16200ビットの符号長Nを、16kビットともいう。

【 0 1 4 3 】

LDPC符号については、検査行列Hの列重みが大の列に対応する符号ビットほど、エラーレートが低い傾向がある。

【 0 1 4 4 】

図 1 2 及び図 1 3 に示した、DVB-T.2等の規格に規定されている検査行列Hでは、先頭側（左側）の列ほど、列重みが大の傾向にあり、したがって、その検査行列Hに対応するLDPC符号については、先頭の符号ビットほど、エラーに強く（エラーに対する耐性があり）、終わりの符号ビットほど、エラーに弱い傾向がある。

10

【 0 1 4 5 】

<パリティインターリーブ>

【 0 1 4 6 】

図 1 4 ないし図 1 6 を参照して、図 9 のパリティインターリーブ 2 3 によるパリティインターリーブについて説明する。

【 0 1 4 7 】

図 1 4 は、LDPC符号の検査行列のタナーグラフ（の一部）の例を示す図である。

【 0 1 4 8 】

チェックノードは、図 1 4 に示すように、そのチェックノードに繋がっているバリエブルノード（に対応する符号ビット）の2個等の複数が同時にイレージャ等のエラーになると、そのチェックノードに繋がっている全バリエブルノードに、値が0である確率と1である確率とが等確率のメッセージを戻す。このため、同一のチェックノードに繋がっている複数のバリエブルノードが同時にイレージャ等になると、復号の性能が劣化する。

20

【 0 1 4 9 】

ところで、図 8 のLDPCエンコーダ 1 1 5 が出力するLDPC符号は、例えば、DVB-T.2等の規格に規定されているLDPC符号と同様に、IRA符号であり、検査行列Hのパリティ行列 H_T は、図 1 1 に示したように、階段構造になっている。

【 0 1 5 0 】

図 1 5 は、図 1 1 に示したように、階段構造になっているパリティ行列 H_T と、そのパリティ行列 H_T に対応するタナーグラフの例を示す図である。

30

【 0 1 5 1 】

図 1 5 の A は、階段構造になっているパリティ行列 H_T の例を示しており、図 1 5 の B は、図 1 5 の A のパリティ行列 H_T に対応するタナーグラフを示している。

【 0 1 5 2 】

階段構造になっているパリティ行列 H_T では、各行において、1の要素が隣接する（1行目を除く）。このため、パリティ行列 H_T のタナーグラフにおいて、パリティ行列 H_T の値が1になっている隣接する2つの要素の列に対応する、隣接する2つのバリエブルノードは、同一のチェックノードに繋がっている。

【 0 1 5 3 】

したがって、バースト誤りやイレージャ等によって、上述の隣接する2つのバリエブルノードに対応するパリティビットが同時にエラーとなると、そのエラーとなった2つのパリティビットに対応する2つのバリエブルノード（パリティビットを用いてメッセージを求めるバリエブルノード）に繋がっているチェックノードは、値が0である確率と1である確率とが等確率のメッセージを、そのチェックノードに繋がっているバリエブルノードに戻すため、復号の性能が劣化する。そして、バースト長（連続してエラーとなるパリティビットのビット数）が大になると、等確率のメッセージを戻すチェックノードが増加し、復号の性能は、さらに劣化する。

40

【 0 1 5 4 】

そこで、パリティインターリーブ 2 3（図 9）は、上述した復号の性能の劣化を防止する

50

ため、LDPCエンコーダ115からの、LDPC符号のパリティビットを、他のパリティビットの位置にインターリーブするパリティインターリーブを行う。

【0155】

図16は、図9のパリティインターリーブ23が行うパリティインターリーブ後のLDPC符号に対応する検査行列Hのパリティ行列 H_T を示す図である。

【0156】

ここで、LDPCエンコーダ115が出力するLDPC符号に対応する検査行列Hの情報行列 H_A は、DVB-T.2等の規格に規定されているLDPC符号に対応する検査行列Hの情報行列と同様に、巡回構造になっている。

【0157】

巡回構造とは、ある列が、他の列をサイクリックシフトしたものと一致している構造をいい、例えば、P列ごとに、そのP列の各行の1の位置が、そのP列の最初の列を、パリティ長Mを除算して得られる値qに比例する値等の所定の値だけ、列方向にサイクリックシフトした位置になっている構造も含まれる。以下、適宜、巡回構造におけるP列を、パラレルファクタという。

【0158】

DVB-T.2等の規格に規定されているLDPC符号としては、図12及び図13で説明したように、符号長Nが64800ビットと16200ビットとの、2種類のLDPC符号があり、その2種類のLDPC符号のいずれについても、パラレルファクタPが、パリティ長Mの約数のうちの、1とMを除く約数の1つである360に規定されている。

【0159】

また、パリティ長Mは、符号化率によって異なる値qを用いて、式 $M = q \times P = q \times 360$ で表される素数以外の値になっている。したがって、値qも、パラレルファクタPと同様に、パリティ長Mの約数のうちの、1とMを除く約数の他の1つであり、パリティ長Mを、パラレルファクタPで除算することにより得られる（パリティ長Mの約数であるP及びqの積は、パリティ長Mとなる）。

【0160】

パリティインターリーブ23は、上述したように、情報長をKとし、また、0以上P未満の整数をxとするとともに、0以上q未満の整数をyとすると、パリティインターリーブとして、NビットのLDPC符号の符号ビットのうちの、 $K+qx+y+1$ 番目の符号ビットを、 $K+Py+x+1$ 番目の符号ビットの位置にインターリーブする。

【0161】

$K+qx+y+1$ 番目の符号ビット、及び、 $K+Py+x+1$ 番目の符号ビットは、いずれも、 $K+1$ 番目以降の符号ビットであるから、パリティビットであり、したがって、パリティインターリーブによれば、LDPC符号のパリティビットの位置が移動される。

【0162】

このようなパリティインターリーブによれば、同一のチェックノードに繋がれるバリエブルノード（に対応するパリティビット）が、パラレルファクタP、すなわち、ここでは、360ビットだけ離れるので、バースト長が360ビット未満である場合には、同一のチェックノードに繋がっているバリエブルノードの複数が同時にエラーになる事態を避けることができ、その結果、バースト誤りに対する耐性を改善することができる。

【0163】

なお、 $K+qx+y+1$ 番目の符号ビットを、 $K+Py+x+1$ 番目の符号ビットの位置にインターリーブするパリティインターリーブ後のLDPC符号は、元の検査行列Hの、 $K+qx+y+1$ 番目の列を、 $K+Py+x+1$ 番目の列に置換する列置換を行って得られる検査行列（以下、変換検査行列ともいう）のLDPC符号に一致する。

【0164】

また、変換検査行列のパリティ行列には、図16に示すように、P列（図16では、360列）を単位とする擬似巡回構造が現れる。

【0165】

10

20

30

40

50

ここで、擬似巡回構造とは、一部を除く部分が巡回構造になっている構造を意味する。

【0166】

DVB-T.2等の規格に規定されているLDPC符号の検査行列に対して、パリティインターリーブに相当する列置換を施して得られる変換検査行列は、変換検査行列の右上隅部分の360行×360列の部分（後述するシフト行列）に、1の要素が1つだけならず（0の要素になっており）、その点で、（完全な）巡回構造ではなく、いわば、擬似巡回構造になっている。

【0167】

LDPCエンコーダ115が出力するLDPC符号の検査行列に対する変換検査行列は、例えば、DVB-T.2等の規格に規定されているLDPC符号の検査行列に対する変換検査行列と同様に、擬似巡回構造になっている。

10

【0168】

なお、図16の変換検査行列は、元の検査行列Hに対して、パリティインターリーブに相当する列置換の他、変換検査行列が、後述する構成行列で構成されるようにするための行の置換（行置換）も施された行列になっている。

【0169】

図17は、図8のLDPCエンコーダ115、ビットインターリーブ116、及び、マップ117で行われる処理を説明するフローチャートである。

【0170】

LDPCエンコーダ115は、BCHエンコーダ114から、LDPC対象データが供給されるのを待って、ステップS101において、検査行列に基づいて、LDPC対象データを、LDPC符号に符号化し、そのLDPC符号を、ビットインターリーブ116に供給して、処理は、ステップS102に進む。

20

【0171】

ビットインターリーブ116は、ステップS102において、LDPCエンコーダ115からのLDPC符号を対象として、ビットインターリーブを行い、そのビットインターリーブによって得られるシンボルを、マップ117に供給して、処理は、ステップS103に進む。

【0172】

すなわち、ステップS102では、ビットインターリーブ116（図9）において、パリティインターリーブ23が、LDPCエンコーダ115からのLDPC符号を対象として、パリティインターリーブを行い、そのパリティインターリーブ後のLDPC符号を、グループワイズインターリーブ24に供給する。

30

【0173】

グループワイズインターリーブ24は、パリティインターリーブ23からのLDPC符号を対象として、グループワイズインターリーブを行い、ブロックインターリーブ25に供給する。

【0174】

ブロックインターリーブ25は、グループワイズインターリーブ24によるグループワイズインターリーブ後のLDPC符号を対象として、ブロックインターリーブを行い、その結果得られるmビットのシンボルを、マップ117に供給する。

40

【0175】

マップ117は、ステップS103において、ブロックインターリーブ25からのシンボルを、マップ117で行われる直交変調の変調方式で定める 2^m 個の信号点のいずれかにマッピングして直交変調し、その結果得られるデータを、時間インターリーブ118に供給する。

【0176】

以上のように、パリティインターリーブや、グループワイズインターリーブを行うことで、LDPC符号の複数の符号ビットを1個のシンボルとして送信する場合のエラーレートを改善することができる。

50

【0177】

ここで、図9では、説明の便宜のため、パリティインターリーブを行うブロックであるパリティインターリーバ23と、グループワイズインターリーブを行うブロックであるグループワイズインターリーバ24とを、別個に構成するようにしたが、パリティインターリーバ23とグループワイズインターリーバ24とは、一体的に構成することができる。

【0178】

すなわち、パリティインターリーブと、グループワイズインターリーブとは、いずれも、メモリに対する符号ビットの書き込み、及び読み出しによって行うことができ、符号ビットの書き込みを行うアドレス（書き込みアドレス）を、符号ビットの読み出しを行うアドレス（読み出しアドレス）に変換する行列によって表すことができる。

10

【0179】

したがって、パリティインターリーブを表す行列と、グループワイズインターリーブを表す行列とを乗算して得られる行列を求めておけば、それらの行列によって、符号ビットを変換することで、パリティインターリーブを行い、さらに、そのパリティインターリーブ後のLDPC符号をグループワイズインターリーブした結果を得ることができる。

【0180】

また、パリティインターリーバ23とグループワイズインターリーバ24に加えて、ブロックインターリーバ25も、一体的に構成することが可能である。

【0181】

すなわち、ブロックインターリーバ25で行われるブロックインターリーブも、LDPC符号を記憶するメモリの書き込みアドレスを、読み出しアドレスに変換する行列によって表すことができる。

20

【0182】

したがって、パリティインターリーブを表す行列、グループワイズインターリーブを表す行列、及び、ブロックインターリーブを表す行列を乗算して得られる行列を求めておけば、それらの行列によって、パリティインターリーブ、グループワイズインターリーブ、及び、ブロックインターリーブを、一括して行うことができる。

【0183】

なお、パリティインターリーブ及びグループワイズインターリーブのうち的一方又は量は、行わないこととすることができる。

30

【0184】

<LDPCエンコーダ115の構成例>

【0185】

図18は、図8のLDPCエンコーダ115の構成例を示すブロック図である。

【0186】

なお、図8のLDPCエンコーダ122も、同様に構成される。

【0187】

図12及び図13で説明したように、DVB-T.2等の規格では、64800ビットと16200ビットとの2通りの符号長NのLDPC符号が規定されている。

【0188】

そして、符号長Nが64800ビットのLDPC符号については、11個の符号化率 $1/4, 1/3, 2/5, 1/2, 3/5, 2/3, 3/4, 4/5, 5/6, 8/9$ 、及び $9/10$ が規定されており、符号長Nが16200ビットのLDPC符号については、10個の符号化率 $1/4, 1/3, 2/5, 1/2, 3/5, 2/3, 3/4, 4/5, 5/6$ 、及び $8/9$ が規定されている（図12及び図13）。

40

【0189】

LDPCエンコーダ115は、例えば、このような、符号長Nが64800ビットや16200ビットの各符号化率のLDPC符号による符号化（誤り訂正符号化）を、符号長Nごと、及び符号化率ごとに用意された検査行列Hに基づいて行うことができる。

【0190】

また、LDPCエンコーダ115は、符号長Nが17280ビットその他の任意の符号長Nの、符

50

号化率が $2/16$, $3/16$, $4/16$, $5/16$, $6/16$, $7/16$, $8/16$, $9/16$, $10/16$, $11/16$, $12/16$, $13/16$, $14/16$ その他の任意の符号化率 r のLDPC符号の検査行列 H に基づいて、LDPC符号化を行うことができる。

【0191】

LDPCエンコーダ115は、符号化処理部601と記憶部602とから構成される。

【0192】

符号化処理部601は、符号化率設定部611、初期値テーブル読み出し部612、検査行列生成部613、情報ビット読み出し部614、符号化パリティ演算部615、及び制御部616から構成され、LDPCエンコーダ115に供給されるLDPC対象データのLDPC符号化を行い、その結果得られるLDPC符号を、ビットインターリーブ116(図8)に供給する。

10

【0193】

すなわち、符号化率設定部611は、例えば、オペレータの操作等に応じて、LDPC符号の符号長 N や符号化率 r 、その他、LDPC符号を特定する特定情報を設定する。

【0194】

初期値テーブル読み出し部612は、符号化率設定部611が設定した特定情報によって特定されるLDPC符号の検査行列を表す、後述する検査行列初期値テーブルを、記憶部602から読み出す。

【0195】

検査行列生成部613は、初期値テーブル読み出し部612が読み出した検査行列初期値テーブルに基づいて、検査行列 H を生成し、記憶部602に格納する。例えば、検査行列生成部613は、符号化率設定部611が設定した符号長 N 及び符号化率 r に応じた情報長 K (=符号長 N -パリティ長 M)に対応する情報行列 H_A の1の要素を列方向に360列(パラレルファクタ P)ごとの周期で配置して検査行列 H を生成し、記憶部602に格納する。

20

【0196】

情報ビット読み出し部614は、LDPCエンコーダ115に供給されるLDPC対象データから、情報長 K 分の情報ビットを読み出す(抽出する)。

【0197】

符号化パリティ演算部615は、検査行列生成部613が生成した検査行列 H を記憶部602から読み出し、その検査行列 H を用いて、情報ビット読み出し部614が読み出した情報ビットに対するパリティビットを所定の式に基づいて算出することにより、符号語(LDPC符号)を生成する。

30

【0198】

制御部616は、符号化処理部601を構成する各ブロックを制御する。

【0199】

記憶部602には、例えば、64800ビットや16200ビット等の符号長 N それぞれについての、図12及び図13に示した複数の符号化率等それぞれに対応する複数の検査行列初期値テーブルや、符号長 N が17280ビットについての、符号化率が $2/16$, $3/16$, $4/16$, $5/16$, $6/16$, $7/16$, $8/16$, $9/16$, $10/16$, $11/16$, $12/16$, $13/16$, $14/16$ それぞれに対応する検査行列初期値テーブル、その他任意の符号長 N で、任意の符号化率 r のLDPC符号の検査行列 H の検査行列初期値テーブルが記憶される。また、記憶部602は、符号化処理部601の処理上必要なデータを一時記憶する。

40

【0200】

図19は、図18のLDPCエンコーダ115の処理の例を説明するフローチャートである。

【0201】

ステップS201において、符号化率設定部611は、LDPC符号化を行う符号長 N 及び符号化率 r 、その他のLDPC符号を特定する特定情報を設定する。

【0202】

ステップS202において、初期値テーブル読み出し部612は、符号化率設定部611により設定された特定情報としての符号長 N 及び符号化率 r 等により特定される、予め定め

50

られた検査行列初期値テーブルを、記憶部 602 から読み出す。

【0203】

ステップ S203 において、検査行列生成部 613 は、初期値テーブル読み出し部 612 が記憶部 602 から読み出した検査行列初期値テーブルを用いて、符号化率設定部 611 により設定された符号長 N 及び符号化率 r の LDPC 符号の検査行列 H を求め（生成し）、記憶部 602 に供給して格納する。

【0204】

ステップ S204 において、情報ビット読み出し部 614 は、LDPC エンコーダ 115 に供給される LDPC 対象データから、符号化率設定部 611 により設定された符号長 N 及び符号化率 r に対応する情報長 $K (= N \times r)$ の情報ビットを読み出すとともに、検査行列生成部 613 が求めた検査行列 H を、記憶部 602 から読み出し、符号化パリティ演算部 615 に供給する。

10

【0205】

ステップ S205 において、符号化パリティ演算部 615 は、情報ビット読み出し部 614 からの情報ビットと検査行列 H とを用い、式 (8) を満たす符号語 c のパリティビットを順次演算する。

【0206】

$$Hc^T = 0$$

・・・ (8)

【0207】

式 (8) において、 c は、符号語 (LDPC 符号) としての行ベクトルを表し、 c^T は、行ベクトル c の転置を表す。

20

【0208】

ここで、上述したように、LDPC 符号 (1 符号語) としての行ベクトル c のうちの、情報ビットの部分、行ベクトル A で表すとともに、パリティビットの部分、行ベクトル T で表す場合には、行ベクトル c は、情報ビットとしての行ベクトル A と、パリティビットとしての行ベクトル T とによって、式 $c = [A | T]$ で表すことができる。

【0209】

検査行列 H と、LDPC 符号としての行ベクトル $c = [A | T]$ とは、式 $Hc^T = 0$ を満たす必要があり、かかる式 $Hc^T = 0$ を満たす行ベクトル $c = [A | T]$ を構成するパリティビットとしての行ベクトル T は、検査行列 $H = [H_A | H_T]$ のパリティ行列 H_T が、図 11 に示した階段構造になっている場合には、式 $Hc^T = 0$ における列ベクトル Hc^T の 1 行目の要素から順に、各行の要素を 0 にしていくようにすることで、逐次的に求めることができる。

30

【0210】

符号化パリティ演算部 615 は、情報ビット読み出し部 614 からの情報ビット A に対して、パリティビット T を求め、その情報ビット A とパリティビット T とによって表される符号語 $c = [A | T]$ を、情報ビット A の LDPC 符号化結果として出力する。

【0211】

その後、ステップ S206 において、制御部 616 は、LDPC 符号化を終了するかどうかを判定する。ステップ S206 において、LDPC 符号化を終了しないと判定された場合、すなわち、例えば、LDPC 符号化すべき LDPC 対象データが、まだある場合、処理は、ステップ S201 (又は、ステップ S204) に戻り、以下、ステップ S201 (又は、ステップ S204) ないし S206 の処理が繰り返される。

40

【0212】

また、ステップ S206 において、LDPC 符号化を終了すると判定された場合、すなわち、例えば、LDPC 符号化すべき LDPC 対象データがない場合、LDPC エンコーダ 115 は、処理を終了する。

【0213】

LDPC エンコーダ 115 については、様々な符号長 N や符号化率 r の LDPC 符号の (検査行列を表す) 検査行列初期値テーブルをあらかじめ用意することができる。LDPC エンコー

50

ダ 1 1 5 では、あらかじめ用意された検査行列初期値テーブルから生成される検査行列Hを用いて、様々な符号長Nや符号化率rのLDPC符号へのLDPC符号化を行うことができる。

【 0 2 1 4 】

< 検査行列初期値テーブルの例 >

【 0 2 1 5 】

検査行列初期値テーブルは、例えば、検査行列Hの、LDPC符号（検査行列Hによって定義されるLDPC符号）の符号長N及び符号化率rに応じた情報長Kに対応する情報行列 H_A （図 1 0）の1の要素の位置を360列（パラレルファクタP）ごとに表すテーブルであり、各符号長N及び各符号化率rの検査行列Hごとに、あらかじめ作成される。

【 0 2 1 6 】

すなわち、検査行列初期値テーブルは、少なくとも、情報行列 H_A の1の要素の位置を360列（パラレルファクタP）ごとに表す。

【 0 2 1 7 】

また、検査行列Hには、パリティ行列 H_T の全部が階段構造になっている検査行列や、パリティ行列 H_T の一部が階段構造になっており、残りの部分対角行列（単位行列）になっている検査行列がある。

【 0 2 1 8 】

以下、パリティ行列 H_T の一部が階段構造になっており、残りの部分対角行列になっている検査行列を表す検査行列初期値テーブルの表現方式を、タイプA方式ともいう。また、パリティ行列 H_T の全部が階段構造になっている検査行列を表す検査行列初期値テーブルの表現方式を、タイプB方式ともいう。

【 0 2 1 9 】

また、タイプA方式の検査行列初期値テーブルが表す検査行列に対するLDPC符号を、タイプA符号ともいい、タイプB方式の検査行列初期値テーブルが表す検査行列に対するLDPC符号を、タイプB符号ともいう。

【 0 2 2 0 】

「タイプA」及び「タイプB」の呼称は、ATSC 3.0の規格に準じた呼称である。例えば、ATSC3.0では、タイプA符号及びタイプB符号の両方が採用されている。

【 0 2 2 1 】

なお、DVB-T.2等では、タイプB符号が採用されている。

【 0 2 2 2 】

図 2 0 は、タイプB方式の検査行列初期値テーブルの例を示す図である。

【 0 2 2 3 】

すなわち、図 2 0 は、DVB-T.2の規格に規定されている、符号長Nが16200ビットの、符号化率（DVB-T.2の表記上の符号化率）rが1/4のタイプB符号の（検査行列Hを表す）検査行列初期値テーブルを示している。

【 0 2 2 4 】

検査行列生成部 6 1 3（図 1 8）は、タイプB方式の検査行列初期値テーブルを用いて、以下のように、検査行列Hを求める。

【 0 2 2 5 】

図 2 1 は、タイプB方式の検査行列初期値テーブルから検査行列Hを求める方法を説明する図である。

【 0 2 2 6 】

すなわち、図 2 1 は、DVB-T.2の規格に規定されている、符号長Nが16200ビットの、符号化率rが2/3のタイプB符号の検査行列初期値テーブルを示している。

【 0 2 2 7 】

タイプB方式の検査行列初期値テーブルは、LDPC符号の符号長N及び符号化率rに応じた情報長Kに対応する情報行列 H_A の全体の1の要素の位置を、360列（パラレルファクタP）ごとに表すテーブルであり、そのi行目には、検査行列Hの $1+360 \times (i-1)$ 列目の1の要素の行番号（検査行列Hの1行目の行番号を0とする行番号）が、その $1+360 \times (i-1)$ 列目の

10

20

30

40

50

列が持つ列重みの数だけ並んでいる。

【 0 2 2 8 】

ここで、タイプB方式の検査行列Hの、パリティ長Mに対応するパリティ行列 H_T (図 1 0) は、図 1 5 に示したように階段構造に決まっているので、検査行列初期値テーブルにより、情報長Kに対応する情報行列 H_A (図 1 0) を求めることができれば、検査行列Hを求めることができる。

【 0 2 2 9 】

タイプB方式の検査行列初期値テーブルの行数 $k+1$ は、情報長Kによって異なる。

【 0 2 3 0 】

情報長Kと、検査行列初期値テーブルの行数 $k+1$ の間には、式 (9) の関係が成り立つ。

【 0 2 3 1 】

$$K = (k+1) \times 360$$

・・・ (9)

【 0 2 3 2 】

ここで、式 (9) の360は、図 1 6 で説明したパラレルファクタPである。

【 0 2 3 3 】

図 2 1 の検査行列初期値テーブルでは、1行目から3行目までに、13個の数値が並び、4行目から $k+1$ 行目 (図 2 1 では、30行目) までに、3個の数値が並んでいる。

【 0 2 3 4 】

したがって、図 2 1 の検査行列初期値テーブルから求められる検査行列Hの列重みは、1列目から、 $1+360 \times (3-1)-1$ 列目までは、13であり、 $1+360 \times (3-1)$ 列目から、K列目までは、3である。

【 0 2 3 5 】

図 2 1 の検査行列初期値テーブルの1行目は、0,2084,1613,1548,1286,1460,3196,4297,2481,3369,3451,4620,2622となっており、これは、検査行列Hの1列目において、行番号が、0,2084,1613,1548,1286,1460,3196,4297,2481,3369,3451,4620,2622の行の要素が1であること (かつ、他の要素が0であること) を示している。

【 0 2 3 6 】

また、図 2 1 の検査行列初期値テーブルの2行目は、1,122,1516,3448,2880,1407,1847,3799,3529,373,971,4358,3108となっており、これは、検査行列Hの361 (= $1 + 360 \times (2 - 1)$) 列目において、行番号が、1,122,1516,3448,2880,1407,1847,3799,3529,373,971,4358,3108の行の要素が1であることを示している。

【 0 2 3 7 】

以上のように、検査行列初期値テーブルは、検査行列Hの情報行列 H_A の1の要素の位置を360列ごとに表す。

【 0 2 3 8 】

検査行列Hの $1+360 \times (i-1)$ 列目以外の列、つまり、 $2+360 \times (i-1)$ 列目から、 $360 \times i$ 列目までの各列は、検査行列初期値テーブルによって定まる $1+360 \times (i-1)$ 列目の1の要素を、パリティ長Mに従って下方向 (列の下方向) に、周期的にサイクリックシフトして配置したのになっている。

【 0 2 3 9 】

すなわち、例えば、 $2+360 \times (i-1)$ 列目は、 $1+360 \times (i-1)$ 列目を、 $M/360 (= q)$ だけ下方向にサイクリックシフトしたのとなっており、次の $3+360 \times (i-1)$ 列目は、 $1+360 \times (i-1)$ 列目を、 $2 \times M/360 (= 2 \times q)$ だけ下方向にサイクリックシフトしたもの ($2+360 \times (i-1)$ 列目を、 $M/360 (= q)$ だけ下方向にサイクリックシフトしたもの) となっている。

【 0 2 4 0 】

いま、検査行列初期値テーブルの i 行目 (上から i 番目) の j 列目 (左から j 番目) の数値を、 $h_{i,j}$ と表すとともに、検査行列Hの w 列目の、 j 個目の1の要素の行番号を、 H_{w-j} と表すこととすると、検査行列Hの $1+360 \times (i-1)$ 列目以外の列である w 列目の、1の要素の行番号 H_{w-j} は、式 (1 0) で求めることができる。

10

20

30

40

50

【 0 2 4 1 】

$H_{w-j} = \text{mod}(h_{i,j} + \text{mod}((w-1),P) \times q, M)$

・ ・ ・ (1 0)

【 0 2 4 2 】

ここで、 $\text{mod}(x, y)$ は x を y で割った余りを意味する。

【 0 2 4 3 】

また、 P は、上述したパラレルファクタであり、本実施の形態では、例えば、DVB-T.2等やATSC3.0の規格と同様に、360である。さらに、 q は、パリティ長 M を、パラレルファクタ $P (= 360)$ で除算することにより得られる値 $M/360$ である。

【 0 2 4 4 】

検査行列生成部 6 1 3 (図 1 8) は、検査行列初期値テーブルによって、検査行列 H の $1 + 360 \times (i-1)$ 列目の 1 の要素の行番号を特定する。

【 0 2 4 5 】

さらに、検査行列生成部 6 1 3 (図 1 8) は、検査行列 H の $1 + 360 \times (i-1)$ 列目以外の列である w 列目の、1 の要素の行番号 H_{w-j} を、式 (1 0) に従って求め、以上により得られた行番号の要素を 1 とする検査行列 H を生成する。

【 0 2 4 6 】

図 2 2 は、タイプ A 方式の検査行列 H の構造を示す図である。

【 0 2 4 7 】

タイプ A 方式の検査行列は、A 行列、B 行列、C 行列、D 行列、及び、Z 行列で構成される。

【 0 2 4 8 】

A 行列は、所定値 $M1$ と、LDPC 符号の情報長 $K = \text{符号長} N \times \text{符号化率} r$ とで表される $M1$ 行 K 列の、検査行列 H の左上の行列である。

【 0 2 4 9 】

B 行列は、 $M1$ 行 $M1$ 列の、A 行列の右に隣接する階段構造の行列である。

【 0 2 5 0 】

C 行列は、 $N-K-M1$ 行 $K+M1$ 列の、A 行列及び B 行列の下に隣接する行列である。

【 0 2 5 1 】

D 行列は、 $N-K-M1$ 行 $N-K-M1$ 列の、C 行列の右に隣接する単位行列である。

【 0 2 5 2 】

Z 行列は、 $M1$ 行 $N-K-M1$ 列の、B 行列の右に隣接するゼロ行列 (0 行列) である。

【 0 2 5 3 】

以上のような A 行列ないし D 行列、及び、Z 行列で構成されるタイプ A 方式の検査行列 H では、A 行列、及び、C 行列の一部が、情報行列を構成しており、B 行列、C 行列の残りの部分、D 行列、及び、Z 行列が、パリティ行列を構成している。

【 0 2 5 4 】

なお、B 行列は、階段構造の行列であり、D 行列は、単位行列であるので、タイプ A 方式の検査行列 H のパリティ行列は、一部 (B 行列の部分) が階段構造になっており、残りの部分 (D 行列の部分) が対角行列 (単位行列) になっている。

【 0 2 5 5 】

A 行列及び C 行列は、タイプ B 方式の検査行列 H の情報行列と同様に、パラレルファクタ P の列 (例えば、360 列) ごとの巡回構造になっており、タイプ A 方式の検査行列初期値テーブルは、A 行列及び C 行列の 1 の要素の位置を 360 列ごとに表す。

【 0 2 5 6 】

ここで、上述したように、A 行列、及び、C 行列の一部は、情報行列を構成するから、A 行列及び C 行列の 1 の要素の位置を 360 列ごとに表すタイプ A 方式の検査行列初期値テーブルは、少なくとも、情報行列の 1 の要素の位置を 360 列ごとに表している、ということが出来る。

【 0 2 5 7 】

なお、タイプ A 方式の検査行列初期値テーブルは、A 行列及び C 行列の 1 の要素の位置を 36

10

20

30

40

50

0列ごとに表すから、検査行列の一部（C行列の残りの部分）の1の要素の位置を360列ごとに表している、ということもできる。

【0258】

図23は、タイプA方式の検査行列初期値テーブルの例を示す図である。

【0259】

すなわち、図23は、符号長Nが35ビットの、符号化率rが2/7の検査行列Hを表す検査行列初期値テーブルの例を示している。

【0260】

タイプA方式の検査行列初期値テーブルは、A行列及びC行列の1の要素の位置を、パラレルファクタPごとに表すテーブルであり、そのi行目には、検査行列Hの $1+P \times (i-1)$ 列目の1の要素の行番号（検査行列Hの1行目の行番号を0とする行番号）が、その $1+P \times (i-1)$ 列目の列が持つ列重みの数だけ並んでいる。

10

【0261】

なお、ここでは、説明を簡単にするため、パラレルファクタPは、例えば、5であるとする。

【0262】

タイプA方式の検査行列Hについては、パラメータとして、 M_1 、 M_2 、 Q_1 、及び、 Q_2 がある。

【0263】

M_1 （図22）は、B行列のサイズを決めるパラメータであり、パラレルファクタPの倍数の値をとる。 M_1 を調整することで、LDPC符号の性能は変化し、検査行列Hを決定するときに、所定の値に調整される。ここでは、 M_1 として、パラレルファクタP=5の3倍の15が採用されていることとする。

20

【0264】

M_2 （図22）は、パリティ長Mから、 M_1 を減算した値 $M-M_1$ をとる。

【0265】

ここでは、情報長Kは、 $N \times r = 35 \times 2/7 = 10$ であり、パリティ長Mは、 $N-K = 35-10 = 25$ であるので、 M_2 は、 $M-M_1 = 25-15 = 10$ となる。

【0266】

Q_1 は、式 $Q_1 = M_1/P$ に従って求められ、A行列におけるサイクリックシフトのシフト数（行数）を表す。

30

【0267】

すなわち、タイプA方式の検査行列HのA行列の $1+P \times (i-1)$ 列目以外の列、つまり、 $2+P \times (i-1)$ 列目から、 $P \times i$ 列目までの各列は、検査行列初期値テーブルによって定まる $1+P \times (i-1)$ 列目の1の要素を下方向（列の下方向）に、周期的にサイクリックシフトして配置したものになっており、 Q_1 は、A行列における、そのサイクリックシフトのシフト数を表す。

【0268】

Q_2 は、式 $Q_2 = M_2/P$ に従って求められ、C行列におけるサイクリックシフトのシフト数（行数）を表す。

【0269】

すなわち、タイプA方式の検査行列HのC行列の $1+P \times (i-1)$ 列目以外の列、つまり、 $2+P \times (i-1)$ 列目から、 $P \times i$ 列目までの各列は、検査行列初期値テーブルによって定まる $1+P \times (i-1)$ 列目の1の要素を下方向（列の下方向）に、周期的にサイクリックシフトして配置したものになっており、 Q_2 は、C行列における、そのサイクリックシフトのシフト数を表す。

40

【0270】

ここでは、 Q_1 は、 $M_1/P = 15/5 = 3$ であり、 Q_2 は、 $M_2/P = 10/5 = 2$ である。

【0271】

図23の検査行列初期値テーブルでは、1行目と2行目に、3個の数値が並び、3行目から5行目までに、1個の数値が並んでおり、かかる数値の並びによれば、図23の検査行列初期値テーブルから求められる検査行列HのA行列及びC行列の部分の列重みは、 $1=1+5$

50

$\times (1-1)$ 列目から、 $10=5 \times 2$ 列目までは、3であり、 $11=1+5 \times (3-1)$ 列目から、 $25=5 \times 5$ 列目までは、1である。

【0272】

すなわち、図23の検査行列初期値テーブルの1行目は、2,6,18となっており、これは、検査行列Hの1列目において、行番号が、2,6,18の行の要素が1であること（かつ、他の要素が0であること）を示している。

【0273】

ここで、いまの場合、A行列（図22）は、15行10列（M1行K列）の行列であり、C行列（図22）は、10行25列（N-K-M1行K+M1列）の行列であるから、検査行列Hの行番号0ないし14の行は、A行列の行であり、検査行列Hの行番号15ないし24の行は、C行列の行である。

10

【0274】

したがって、行番号が2,6,18の行（以下、行#2,#6,#18のように記載する）のうちの、行#2及び#6は、A行列の行であり、行#18は、C行列の行である。

【0275】

図23の検査行列初期値テーブルの2行目は、2,10,19となっており、これは、検査行列Hの6(=1+5×(2-1))列目において、行#2,#10,#19の要素が1であることを示している。

【0276】

ここで、検査行列Hの6(=1+5×(2-1))列目において、行#2,#10,#19のうちの、行#2及び#10は、A行列の行であり、行#19は、C行列の行である。

20

【0277】

図23の検査行列初期値テーブルの3行目は、22となっており、これは、検査行列Hの11(=1+5×(3-1))列目において、行#22の要素が1であることを示している。

【0278】

ここで、検査行列Hの11(=1+5×(3-1))列目において、行#22は、C行列の行である。

【0279】

以下同様に、図23の検査行列初期値テーブルの4行目の19は、検査行列Hの16(=1+5×(4-1))列目において、行#19の要素が1であることを示しており、図23の検査行列初期値テーブルの5行目の15は、検査行列Hの21(=1+5×(5-1))列目において、行#15の要素が1であることを示している。

30

【0280】

以上のように、検査行列初期値テーブルは、検査行列HのA行列及びC行列の1の要素の位置をパラレルファクタP=5列ごとに表す。

【0281】

検査行列HのA行列及びC行列の $1+5 \times (i-1)$ 列目以外の列、つまり、 $2+5 \times (i-1)$ 列目から、 $5 \times i$ 列目までの各列は、検査行列初期値テーブルによって定まる $1+5 \times (i-1)$ 列目の1の要素を、パラメータQ1及びQ2に従って下方向（列の下方向）に、周期的にサイクリックシフトして配置したものになっている。

【0282】

すなわち、例えば、A行列の、 $2+5 \times (i-1)$ 列目は、 $1+5 \times (i-1)$ 列目を、Q1(=3)だけ下方向にサイクリックシフトしたものとなっており、次の $3+5 \times (i-1)$ 列目は、 $1+5 \times (i-1)$ 列目を、 $2 \times Q1(=2 \times 3)$ だけ下方向にサイクリックシフトしたもの（ $2+5 \times (i-1)$ 列目を、Q1だけ下方向にサイクリックシフトしたもの）となっている。

40

【0283】

また、例えば、C行列の、 $2+5 \times (i-1)$ 列目は、 $1+5 \times (i-1)$ 列目を、Q2(=2)だけ下方向にサイクリックシフトしたものとなっており、次の $3+5 \times (i-1)$ 列目は、 $1+5 \times (i-1)$ 列目を、 $2 \times Q2(=2 \times 2)$ だけ下方向にサイクリックシフトしたもの（ $2+5 \times (i-1)$ 列目を、Q2だけ下方向にサイクリックシフトしたもの）となっている。

【0284】

図24は、図23の検査行列初期値テーブルから生成されるA行列を示す図である。

50

【 0 2 8 5 】

図 2 4 の A 行列では、図 2 3 の検査行列初期値テーブルの 1 行目にしたがい、 $1 (= 1 + 5 \times (1 - 1))$ 列目の行 #2 及び #6 の要素が 1 になっている。

【 0 2 8 6 】

そして、 $2 (= 2 + 5 \times (1 - 1))$ 列目から $5 (= 5 + 5 \times (1 - 1))$ 列目までの各列は、直前の列を、 $Q1 = 3$ だけ下方向にサイクリックシフトしたものになっている。

【 0 2 8 7 】

さらに、図 2 4 の A 行列では、図 2 3 の検査行列初期値テーブルの 2 行目にしたがい、 $6 (= 1 + 5 \times (2 - 1))$ 列目の行 #2 及び #10 の要素が 1 になっている。

【 0 2 8 8 】

そして、 $7 (= 2 + 5 \times (2 - 1))$ 列目から $10 (= 5 + 5 \times (2 - 1))$ 列目までの各列は、直前の列を、 $Q1 = 3$ だけ下方向にサイクリックシフトしたものになっている。

【 0 2 8 9 】

図 2 5 は、B 行列のパリティインターリーブを示す図である。

【 0 2 9 0 】

検査行列生成部 6 1 3 (図 1 8) は、検査行列初期値テーブルを用いて、A 行列を生成し、その A 行列の右隣に、階段構造の B 行列を配置する。そして、検査行列生成部 6 1 3 は、B 行列をパリティ行列とみなして、階段構造の B 行列の隣接する 1 の要素が、行方向に、パラレルファクタ $P = 5$ だけ離れるように、パリティインターリーブを行う。

【 0 2 9 1 】

図 2 5 は、図 2 4 の B 行列のパリティインターリーブ後の A 行列及び B 行列を示している。

【 0 2 9 2 】

図 2 6 は、図 2 3 の検査行列初期値テーブルから生成される C 行列を示す図である。

【 0 2 9 3 】

図 2 6 の C 行列では、図 2 3 の検査行列初期値テーブルの 1 行目にしたがい、検査行列 H の $1 (= 1 + 5 \times (1 - 1))$ 列目の行 #18 の要素が 1 になっている。

【 0 2 9 4 】

そして、C 行列の $2 (= 2 + 5 \times (1 - 1))$ 列目から $5 (= 5 + 5 \times (1 - 1))$ 列目までの各列は、直前の列を、 $Q2 = 2$ だけ下方向にサイクリックシフトしたものになっている。

【 0 2 9 5 】

さらに、図 2 6 の C 行列では、図 2 3 の検査行列初期値テーブルの 2 行目ないし 5 行目にしたがい、検査行列 H の $6 (= 1 + 5 \times (2 - 1))$ 列目の行 #19、 $11 (= 1 + 5 \times (3 - 1))$ 列目の行 #22、 $16 (= 1 + 5 \times (4 - 1))$ 列目の行 #19、及び、 $21 (= 1 + 5 \times (5 - 1))$ 列目の行 #15 の要素が 1 になっている。

【 0 2 9 6 】

そして、 $7 (= 2 + 5 \times (2 - 1))$ 列目から $10 (= 5 + 5 \times (2 - 1))$ 列目までの各列、 $12 (= 2 + 5 \times (3 - 1))$ 列目から $15 (= 5 + 5 \times (3 - 1))$ 列目までの各列、 $17 (= 2 + 5 \times (4 - 1))$ 列目から $20 (= 5 + 5 \times (4 - 1))$ 列目までの各列、及び、 $22 (= 2 + 5 \times (5 - 1))$ 列目から $25 (= 5 + 5 \times (5 - 1))$ 列目までの各列は、直前の列を、 $Q2 = 2$ だけ下方向にサイクリックシフトしたものになっている。

【 0 2 9 7 】

検査行列生成部 6 1 3 (図 1 8) は、検査行列初期値テーブルを用いて、C 行列を生成し、その C 行列を、A 行列及び (パリティインターリーブ後の) B 行列の下に配置する。

【 0 2 9 8 】

さらに、検査行列生成部 6 1 3 は、B 行列の右隣に、Z 行列を配置するとともに、C 行列の右隣に、D 行列を配置し、図 2 6 に示す検査行列 H を生成する。

【 0 2 9 9 】

図 2 7 は、D 行列のパリティインターリーブを示す図である。

【 0 3 0 0 】

検査行列生成部 6 1 3 は、図 2 6 の検査行列 H を生成した後、D 行列をパリティ行列とみなして、単位行列の D 行列の奇数行と次の偶数行との 1 の要素が、行方向に、パラレルファク

10

20

30

40

50

タ $P = 5$ だけ離れるように、(D行列のみの)パリティインターリーブを行う。

【0301】

図27は、図26の検査行列Hについて、D行列のパリティインターリーブを行った後の検査行列Hを示している。

【0302】

LDPCエンコーダ115(の符号化パリティ演算部615(図18))は、例えば、図27の検査行列Hを用いて、LDPC符号化(LDPC符号の生成)を行う。

【0303】

ここで、図27の検査行列Hを用いて生成されるLDPC符号は、パリティインターリーブを行ったLDPC符号になっており、したがって、図27の検査行列Hを用いて生成されるLDPC符号については、パリティインターリーブ23(図9)において、パリティインターリーブを行う必要はない。すなわち、D行列のパリティインターリーブを行った後の検査行列Hを用いて生成されるLDPC符号は、パリティインターリーブを行ったLDPC符号になるため、かかるLDPC符号については、パリティインターリーブ23でのパリティインターリーブは、スキップされる。

10

【0304】

図28は、図27の検査行列HのB行列、C行列の一部(C行列のうちの、B行列の下に配置されている部分)、及び、D行列に、パリティインターリーブを元に戻すパリティデインターリーブとしての列置換(column permutation)を行った検査行列Hを示す図である。

【0305】

LDPCエンコーダ115では、図28の検査行列Hを用いて、LDPC符号化(LDPC符号の生成)を行うことができる。

20

【0306】

図28の検査行列Hを用いて、LDPC符号化を行う場合、そのLDPC符号化によれば、パリティインターリーブを行っていないLDPC符号が得られる。したがって、図28の検査行列Hを用いて、LDPC符号化を行う場合には、パリティインターリーブ23(図9)において、パリティインターリーブが行われる。

【0307】

図29は、図27の検査行列Hに、行置換(row permutation)を行うことにより得られる変換検査行列Hを示す図である。

30

【0308】

変換検査行列は、後述するように、 $P \times P$ の単位行列、その単位行列の1のうち1個以上が0になった準単位行列、単位行列又は準単位行列をサイクリックシフトしたシフト行列、単位行列、準単位行列、又はシフト行列のうちの2以上の和である和行列、及び、 $P \times P$ の0行列の組合わせで表される行列になっている。

【0309】

変換検査行列を、LDPC符号の復号に用いることにより、LDPC符号の復号において、後述するように、チェックノード演算、及びバリアブルノード演算を、P個同時に行うアーキテクチャを採用することができる。

【0310】

<新LDPC符号>

40

【0311】

LDPC符号を用いたデータ伝送において、良好な通信品質を確保する方法の1つとして、性能の良いLDPC符号を用いる方法がある。

【0312】

以下では、性能の良い新たなLDPC符号(以下、新LDPC符号ともいう)について説明する。

【0313】

新LDPC符号としては、例えば、パラレルファクタ P が、DVB-T.2やATSC3.0等と同様の360で、巡回構造の検査行列Hに対応するタイプA符号やタイプB符号を採用することができ

50

る。

【 0 3 1 4 】

LDPCエンコーダ 1 1 5 (図 8、図 1 8) は、符号長 N が、64kビットよりも長い、例えば、69120ビットで、符号化率 r が、例えば、 $2/16$ 、 $3/16$ 、 $4/16$ 、 $5/16$ 、 $6/16$ 、 $7/16$ 、 $8/16$ 、 $9/16$ 、 $10/16$ 、 $11/16$ 、 $12/16$ 、 $13/16$ 、又は、 $14/16$ のうちのいずれかのLDPC符号の検査行列初期値テーブル(から求められる検査行列 H)を用いて、LDPC符号へのLDPC符号化を行うことができる。

【 0 3 1 5 】

また、LDPCエンコーダ 1 1 5 は、以下のような、符号長 N が、64kビットよりも短い、例えば、17280ビット(17kビット)で、符号化率 r が、例えば、 $2/16$ 、 $3/16$ 、 $4/16$ 、 $5/16$ 、 $6/16$ 、 $7/16$ 、 $8/16$ 、 $9/16$ 、 $10/16$ 、 $11/16$ 、 $12/16$ 、 $13/16$ 、又は、 $14/16$ のうちのいずれかの新LDPC符号の検査行列初期値テーブル(から求められる検査行列 H)に基づいて、新LDPC符号へのLDPC符号化を行うことができる。

10

【 0 3 1 6 】

符号長 N が17280ビットの新LDPC符号へのLDPC符号化を行う場合、LDPCエンコーダ 1 1 5 (図 8) の記憶部 6 0 2 には、新LDPC符号の検査行列初期値テーブルが記憶される。

【 0 3 1 7 】

図 3 0 は、符号長 N が17280ビットで、符号化率 r が $2/16$ の新LDPC符号としてのタイプA符号(以下、 $r=2/16$ のタイプA符号ともいう)の検査行列 H を表す(タイプA方式の)検査行列初期値テーブルの例を示す図である。

20

【 0 3 1 8 】

図 3 1 は、符号長 N が17280ビットで、符号化率 r が $3/16$ の新LDPC符号としてのタイプA符号(以下、 $r=3/16$ のタイプA符号ともいう)の検査行列 H を表す検査行列初期値テーブルの例を示す図である。

【 0 3 1 9 】

図 3 2 は、符号長 N が17280ビットで、符号化率 r が $4/16$ の新LDPC符号としてのタイプA符号(以下、 $r=4/16$ のタイプA符号ともいう)の検査行列 H を表す検査行列初期値テーブルの例を示す図である。

【 0 3 2 0 】

図 3 3 は、符号長 N が17280ビットで、符号化率 r が $5/16$ の新LDPC符号としてのタイプA符号(以下、 $r=5/16$ のタイプA符号ともいう)の検査行列 H を表す検査行列初期値テーブルの例を示す図である。

30

【 0 3 2 1 】

図 3 4 は、符号長 N が17280ビットで、符号化率 r が $6/16$ の新LDPC符号としてのタイプA符号(以下、 $r=6/16$ のタイプA符号ともいう)の検査行列 H を表す検査行列初期値テーブルの例を示す図である。

【 0 3 2 2 】

図 3 5 は、符号長 N が17280ビットで、符号化率 r が $7/16$ の新LDPC符号としてのタイプA符号(以下、 $r=7/16$ のタイプA符号ともいう)の検査行列 H を表す検査行列初期値テーブルの例を示す図である。

40

【 0 3 2 3 】

図 3 6 は、符号長 N が17280ビットで、符号化率 r が $7/16$ の新LDPC符号としてのタイプB符号(以下、 $r=7/16$ のタイプB符号ともいう)の検査行列 H を表す(タイプB方式の)検査行列初期値テーブルの例を示す図である。

【 0 3 2 4 】

図 3 7 は、符号長 N が17280ビットで、符号化率 r が $8/16$ の新LDPC符号としてのタイプB符号(以下、 $r=8/16$ のタイプB符号ともいう)の検査行列 H を表す検査行列初期値テーブルの例を示す図である。

【 0 3 2 5 】

図 3 8 は、符号長 N が17280ビットで、符号化率 r が $9/16$ の新LDPC符号としてのタイプB

50

符号（以下、 $r=9/16$ のタイプB符号ともいう）の検査行列Hを表す検査行列初期値テーブルの例を示す図である。

【0326】

図39は、符号長Nが17280ビットで、符号化率rが $10/16$ の新LDPC符号としてのタイプB符号（以下、 $r=10/16$ のタイプB符号ともいう）の検査行列Hを表す検査行列初期値テーブルの例を示す図である。

【0327】

図40は、符号長Nが17280ビットで、符号化率rが $11/16$ の新LDPC符号としてのタイプB符号（以下、 $r=11/16$ のタイプB符号ともいう）の検査行列Hを表す検査行列初期値テーブルの例を示す図である。

10

【0328】

図41は、符号長Nが17280ビットで、符号化率rが $12/16$ の新LDPC符号としてのタイプB符号（以下、 $r=12/16$ のタイプB符号ともいう）の検査行列Hを表す検査行列初期値テーブルの例を示す図である。

【0329】

図42は、符号長Nが17280ビットで、符号化率rが $13/16$ の新LDPC符号としてのタイプB符号（以下、 $r=13/16$ のタイプB符号ともいう）の検査行列Hを表す検査行列初期値テーブルの例を示す図である。

【0330】

図43は、符号長Nが17280ビットで、符号化率rが $14/16$ の新LDPC符号としてのタイプB符号（以下、 $r=14/16$ のタイプB符号ともいう）の検査行列Hを表す検査行列初期値テーブルの例を示す図である。

20

【0331】

新LDPC符号は、性能の良いLDPC符号になっている。

【0332】

ここで、性能の良いLDPC符号とは、適切な検査行列Hから得られるLDPC符号である。

【0333】

適切な検査行列Hとは、例えば、検査行列Hから得られるLDPC符号を、低い E_s/N_0 、又は E_b/N_0 （1ビットあたりの信号電力対雑音電力比）で送信したときに、BER(bit error rate)（及びFER(frame error rate)）をより小にする、所定の条件を満たす検査行列である。

30

【0334】

適切な検査行列Hは、例えば、所定の条件を満たす様々な検査行列から得られるLDPC符号を、低い E_s/N_0 で送信したときのBERを計測するシミュレーションを行うことにより求めることができる。

【0335】

適切な検査行列Hが満たすべき所定の条件としては、例えば、デンシティエボリューション(Density Evolution)と呼ばれる符号の性能の解析法で得られる解析結果が良好であること、サイクル4と呼ばれる、1の要素のループが存在しないこと、等がある。

【0336】

ここで、情報行列 H_A において、サイクル4のように、1の要素が密集していると、LDPC符号の復号性能が劣化することが知られており、このため、検査行列Hには、サイクル4が存在しないことが望ましい。

40

【0337】

検査行列Hにおいて、1の要素によって構成されるループの長さ（ループ長）の最小値は、ガース(girth)と呼ばれる。サイクル4が存在しないこととは、ガースが4より大であることを意味する。

【0338】

なお、適切な検査行列Hが満たすべき所定の条件は、LDPC符号の復号性能の向上や、LDPC符号の復号処理の容易化（単純化）等の観点から適宜決定することができる。

50

【0339】

図44及び図45は、適切な検査行列Hが満たすべき所定の条件としての解析結果が得られるデンシティエボリューションを説明する図である。

【0340】

デンシティエボリューションとは、後述するデグリーシーケンス (degree sequence) で特徴付けられる符号長Nが のLDPC符号全体 (アンサンブル(ensemble)) に対して、そのエラー確率の期待値を計算する、符号の解析法である。

【0341】

例えば、AWGNチャネル上で、ノイズの分散値を0からどんどん大きくしていくと、あるアンサンブルのエラー確率の期待値は、最初は0であるが、ノイズの分散値が、ある閾値(threshold)以上となると、0ではなくなる。

10

【0342】

デンシティエボリューションによれば、そのエラー確率の期待値が0ではなくなる、ノイズの分散値の閾値 (以下、性能閾値ともいう) を比較することで、アンサンブルの性能 (検査行列の適切さ) の良し悪しを決めることができる。

【0343】

なお、具体的なLDPC符号に対して、そのLDPC符号が属するアンサンブルを決定し、そのアンサンブルに対してデンシティエボリューションを行うと、そのLDPC符号のおおまかな性能を予想することができる。

【0344】

したがって、性能の良いLDPC符号は、性能の良いアンサンブルを見つければ、そのアンサンブルに属するLDPC符号の中から見つけることができる。

20

【0345】

ここで、上述のデグリーシーケンスとは、LDPC符号の符号長Nに対して、各値の重みをもつバリエブルノードやチェックノードがどれくらいの割合だけあるかを表す。

【0346】

例えば、符号化率が1/2のregular(3,6)LDPC符号は、すべてのバリエブルノードの重み (列重み) が3で、すべてのチェックノードの重み (行重み) が6であるというデグリーシーケンスによって特徴付けられるアンサンブルに属する。

【0347】

図44は、そのようなアンサンブルのタナーグラフ(Tanner graph)を示している。

30

【0348】

図44のタナーグラフでは、図中丸印 (印) で示すバリエブルノードが、符号長Nに等しいN個だけ存在し、図中四角形 (印) で示すチェックノードが、符号長Nに符号化率1/2を乗算した乗算値に等しいN/2個だけ存在する。

【0349】

各バリエブルノードには、列重みに等しい3本の枝(edge)が接続されており、したがって、N個のバリエブルノードに接続している枝は、全部で、3N本だけ存在する。

【0350】

また、各チェックノードには、行重みに等しい6本の枝が接続されており、したがって、N/2個のチェックノードに接続している枝は、全部で、3N本だけ存在する。

40

【0351】

さらに、図44のタナーグラフでは、1つのインターリーバが存在する。

【0352】

インターリーバは、N個のバリエブルノードに接続している3N本の枝をランダムに並べ替え、その並べ替え後の各枝を、N/2個のチェックノードに接続している3N本の枝のうちのいずれかに繋げる。

【0353】

インターリーバでの、N個のバリエブルノードに接続している3N本の枝を並べ替える並べ替えパターンは、 $(3N)!$ ($= (3N) \times (3N-1) \times \dots \times 1$) 通りだけある。したがって、す

50

すべてのバリエブルノードの重みが3で、すべてのチェックノードの重みが6であるというデグリーリーケンスによって特徴付けられるアンサンブルは、 $(3N)!$ 個のLDPC符号の集合となる。

【0354】

性能の良いLDPC符号(適切な検査行列)を求めるシミュレーションでは、デンシティエボリューションにおいて、マルチエッジタイプ(multi-edge type)のアンサンブルを用いた。

【0355】

マルチエッジタイプでは、バリエブルノードに接続している枝と、チェックノードに接続している枝とが經由するインターリーブが、複数(multi edge)に分割され、これにより、アンサンブルの特徴付けが、より厳密に行われる。

10

【0356】

図45は、マルチエッジタイプのアンサンブルのタナーグラフの例を示している。

【0357】

図45のタナーグラフでは、第1インターリーブと第2インターリーブとの2つのインターリーブが存在する。

【0358】

また、図45のタナーグラフでは、第1インターリーブに繋がる枝が1本で、第2インターリーブに繋がる枝が0本のバリエブルノードが v_1 個だけ、第1インターリーブに繋がる枝が1本で、第2インターリーブに繋がる枝が2本のバリエブルノードが v_2 個だけ、第1インターリーブに繋がる枝が0本で、第2インターリーブに繋がる枝が2本のバリエブルノードが v_3 個だけ、それぞれ存在する。

20

【0359】

さらに、図45のタナーグラフでは、第1インターリーブに繋がる枝が2本で、第2インターリーブに繋がる枝が0本のチェックノードが c_1 個だけ、第1インターリーブに繋がる枝が2本で、第2インターリーブに繋がる枝が2本のチェックノードが c_2 個だけ、第1インターリーブに繋がる枝が0本で、第2インターリーブに繋がる枝が3本のチェックノードが c_3 個だけ、それぞれ存在する。

【0360】

ここで、デンシティエボリューションと、その実装については、例えば、"On the Design of Low-Density Parity-Check Codes within 0.0045 dB of the Shannon Limit", S.Y.Chung, G.D.Forney, T.J.Richardson, R.Urbanke, IEEE Communications Letters, VOL.5, NO.2, Feb 2001に記載されている。

30

【0361】

新LDPC符号(の検査行列)を求めるシミュレーションでは、マルチエッジタイプのデンシティエボリューションによって、BERが落ち始める(小さくなっていく) E_b/N_0 (1ビットあたりの信号電力対雑音電力比)である性能閾値が、所定値以下になるアンサンブルを見つけ、そのアンサンブルに属するLDPC符号の中から、QPSK等の1以上の直交変調を用いた場合のBERを小さくするLDPC符号を、性能の良いLDPC符号として選択した。

【0362】

新LDPC符号(の検査行列を表す検査行列初期値テーブル)は、以上のようなシミュレーションにより求められた。

40

【0363】

したがって、新LDPC符号によれば、データ伝送において、良好な通信品質を確保することができる。

【0364】

図46は、新LDPC符号としてのタイプA符号の検査行列Hの列重みを説明する図である。

【0365】

タイプA符号の検査行列Hについては、図46に示すように、A行列及びC行列の1列目から K_1 列の列重みを X_1 と、A行列及びC行列のその後の K_2 列の列重みを X_2 と、A行列及びC行

50

列のさらにその後のK3列の列重みをX3と、C行列のさらにその後のM1列の列重みをXM1と、それぞれ表すこととする。

【0366】

なお、 $K1+K2+K3$ は、情報長Kに等しく、 $M1+M2$ は、パリティ長Mに等しい。したがって、 $K1+K2+K3+M1+M2$ は、符号長 $N=17280$ ビットに等しい。

【0367】

また、タイプA符号の検査行列Hについては、B行列の1列目からM1-1列の列重みは2であり、B行列のM1列目（最後の列）の列重みは1である。さらに、D行列の列重みは1であり、Z行列の列重みは0である。

【0368】

図47は、図30ないし図35の（検査行列初期値テーブルが表す）タイプA符号の検査行列Hのパラメータを示す図である。

【0369】

$r=2/16, 3/16, 4/16, 5/16, 6/16, 7/16$ のタイプA符号の検査行列HのパラメータとしてのK, X1, K1, X2, K2, X3, K3, XM1, M1, M2は、図47に示す通りになっている。

【0370】

パラメータX1, K1, X2, K2, X3, K3, XM1, M1（又はM2）は、LDPC符号の性能（例えば、エラーレート等）がより向上するように設定される。

【0371】

図48は、新LDPC符号としてのタイプB符号の検査行列Hの列重みを説明する図である。

【0372】

タイプB符号の検査行列Hについては、図48に示すように、1列目からKX1列の列重みをX1と、その後のKX2列の列重みをX2と、その後のKX3列の列重みをX3と、その後のKX4列の列重みをX4と、その後のKY1列の列重みをY1と、それぞれ表すこととする。

【0373】

なお、 $KX1+KX2+KX3+KX4+KY1$ は、情報長Kに等しく、 $KX1+KX2+KX3+KX4+KY1+M$ は、符号長 $N=17280$ ビットに等しい。

【0374】

また、タイプB符号の検査行列Hについては、最後のM列のうちの、最後の1列を除くM-1列の列重みは2であり、最後の1列の列重みは1である。

【0375】

図49は、図36ないし図43の（検査行列初期値テーブルが表す）タイプB符号の検査行列Hのパラメータを示す図である。

【0376】

$r=7/16, 8/16, 9/16, 10/16, 11/16, 12/16, 13/16, 14/16$ のタイプB符号の検査行列HのパラメータとしてのK, X1, KX1, X2, KX2, X3, KX3, X4, KX4, Y1, KY1, Mは、図49に示す通りになっている。

【0377】

パラメータX1, KX1, X2, KX2, X3, KX3, X4, KX4, Y1, KY1は、LDPC符号の性能がより向上するように設定される。

【0378】

新LDPC符号によれば、良好なBER/FERが実現されるとともに、シャノン限界に近いキャパシティ（通信路容量）が実現される。

【0379】

図50ないし図53は、新LDPC符号の他の例を説明する図である。

【0380】

すなわち、図50は、符号長Nが17280ビットで、符号化率rが4/16の新LDPC符号としての、日本放送協会から提供されたタイプA符号（以下、 $r=4/16$ の新タイプA符号ともいう）の検査行列Hを表す検査行列初期値テーブルの例を示す図である。

10

20

30

40

50

【0381】

図51は、日本放送協会から提供された $r=7/16$ の新タイプA符号の検査行列Hのパラメータを示す図である。

【0382】

パラメータ $K, X1, K1, X2, K2, X3, K3, XM1, M1, M2$ は、図46で説明したパラメータであり、 $r=4/16$ の新タイプA符号の検査行列Hのパラメータ $K, X1, K1, X2, K2, X3, K3, XM1, M1, M2$ は、図51に示す通りになっている。

【0383】

図52は、符号長 N が17280ビットで、符号化率 r が $9/16$ の新LDPC符号としての、日本放送協会から提供されたタイプB符号(以下、 $r=9/16$ の新タイプB符号ともいう)の検査行列Hを表す検査行列初期値テーブルの例を示す図である。

10

【0384】

図53は、日本放送協会から提供された $r=9/16$ の新タイプB符号の検査行列Hのパラメータを示す図である。

【0385】

パラメータ $K, X1, KX1, X2, KX2, X3, KX3, X4, KX4, Y1, KY1, M$ は、図48で説明したパラメータであり、 $r=9/16$ の新タイプB符号の検査行列Hのパラメータ $K, X1, KX1, X2, KX2, X3, KX3, X4, KX4, Y1, KY1, M$ は、図52に示す通りになっている。

【0386】

<コンスタレーション>

20

【0387】

図54ないし図78は、図7の伝送システムで採用し得るコンスタレーションの例を示す図である。

【0388】

図7の伝送システムでは、例えば、変調方式(MODulation)とLDPC符号(CODE)との組み合わせであるMODCODに対して、そのMODCODで使用するコンスタレーションを設定することができる。

【0389】

1のMODCODに対しては、1以上のコンスタレーションを設定することができる。

30

【0390】

コンスタレーションには、信号点の配置が一様になっているUC(Uniform Constellation)と、一様になっていないNUC(Non Uniform Constellation)とがある。

【0391】

また、NUCには、例えば、1D-NUC(1-dimensional (M^2 -QAM) non-uniform constellation)と呼ばれるコンスタレーションや、2D-NUC(2-dimensional (QQAM) non-uniform constellation)と呼ばれるコンスタレーション等がある。

【0392】

一般に、UCよりも1D-NUCの方が、BERが改善し、さらに、1D-NUCよりも2D-NUCの方が、BERが改善する。

40

【0393】

変調方式がQPSKのコンスタレーションは、UCになる。変調方式が16QAMや、64QAM, 256QAM等のコンスタレーションとしては、例えば、UCや、2D-NUCを採用することができる。変調方式が1024QAMや4096QAM等のコンスタレーションとしては、例えば、UCや、1D-NUCを採用することができる。

【0394】

図7の伝送システムでは、例えば、ATSC3.0や、DVB-C.2等で規定されているコンスタレーション、その他、エラーレートを良好にする様々なコンスタレーションを使用することができる。

【0395】

50

すなわち、変調方式がQPSKである場合には、LDPC符号の各符号化率 r について、例えば、同一のUCを使用することができる。

【0396】

また、変調方式が、16QAM、64QAM、又は、256QAMである場合には、LDPC符号の各符号化率 r について、例えば、同一のUCを使用することができる。さらに、変調方式が、16QAM、64QAM、又は、256QAMである場合には、例えば、LDPC符号の符号化率 r それぞれごとに異なる2D-NUCを使用することができる。

【0397】

また、変調方式が、1024QAM又は4096QAMである場合には、LDPC符号の各符号化率 r について、例えば、同一のUCを使用することができる。さらに、変調方式が、1024QAM又は4096QAMである場合には、例えば、LDPC符号の符号化率 r それぞれごとに異なる1D-NUCを使用することができる。

10

【0398】

ここで、QPSKのUCを、QPSK-UCとも記載し、 2^m QAMのUCを、 2^m QAM-UCとも記載する。また、 2^m QAMの1D-NUC及び2D-NUCを、それぞれ、 2^m QAM-1D-NUC及び 2^m QAM-2D-NUCとも記載する。

【0399】

以下、ATSC3.0で規定されているコンスタレーションの幾つかについて説明する。

【0400】

図54は、変調方式がQPSKである場合に、ATSC3.0で規定されているLDPC符号のすべての符号化率について使用されるQPSK-UCの信号点の座標を示す図である。

20

【0401】

図54において、“Input Data cell y ”は、QPSK-UCにマッピングする2ビットのシンボルを表し、“Constellation point z_s ”は、信号点 z_s の座標を表す。なお、信号点 z_s のインデクス s は（後述する信号点 z_q のインデクス q も同様）、シンボルの離散時間（あるシンボルと次のシンボルとの間の時間間隔）を表す。

【0402】

図54では、信号点 z_s の座標は、複素数の形で表されており、 j は、虚数単位（ -1 ）を表す。

【0403】

図55は、変調方式が16QAMである場合に、ATSC3.0で規定されているLDPC符号の符号化率 $r(CR) = 2/15, 3/15, 4/15, 5/15, 6/15, 7/15, 8/15, 9/15, 10/15, 11/15, 12/15, 13/15$ について使用される16QAM-2D-NUCの信号点の座標を示す図である。

30

【0404】

図55では、図54と同様に、信号点 z_s の座標は、複素数の形で表されており、 j は、虚数単位を表す。

【0405】

図55において、 $w_{\#k}$ は、コンスタレーションの第1象限の信号点の座標を表す。

【0406】

2D-NUCにおいて、コンスタレーションの第2象限の信号点は、第1象限の信号点を、 Q 軸に対して対称に移動した位置に配置され、コンスタレーションの第3象限の信号点は、第1象限の信号点を、原点に対して対称に移動した位置に配置される。そして、コンスタレーションの第4象限の信号点は、第1象限の信号点を、 I 軸に対して対称に移動した位置に配置される。

40

【0407】

ここで、変調方式が 2^m QAMである場合には、 m ビットを1個のシンボルとして、その1個のシンボルが、そのシンボルに対応する信号点にマッピングされる。

【0408】

m ビットのシンボルは、例えば、0ないし 2^m-1 の整数値で表現することができるが、いま

50

、 $b = 2^m/4$ とすると、0ないし 2^m-1 の整数値で表現されるシンボル $y(0), y(1), \dots, y(2^m-1)$ は、シンボル $y(0)$ ないし $y(b-1)$ 、 $y(b)$ ないし $y(2b-1)$ 、 $y(2b)$ ないし $y(3b-1)$ 、及び、 $y(3b)$ ないし $y(4b-1)$ の4つに分類することができる。

【0409】

図55において、 $w\#k$ のサフィックス k は、0ないし $b-1$ の範囲の整数値をとり、 $w\#k$ は、シンボル $y(0)$ ないし $y(b-1)$ の範囲のシンボル $y(k)$ に対応する信号点の座標を表す。

【0410】

そして、シンボル $y(b)$ ないし $y(2b-1)$ の範囲のシンボル $y(k+b)$ に対応する信号点の座標は、 $-\text{conj}(w\#k)$ で表され、シンボル $y(2b)$ ないし $y(3b-1)$ の範囲のシンボル $y(k+2b)$ に対応する信号点の座標は、 $\text{conj}(w\#k)$ で表される。また、シンボル $y(3b)$ ないし $y(4b-1)$ の範囲のシンボル $y(k+3b)$ に対応する信号点の座標は、 $-w\#k$ で表される。

10

【0411】

ここで、 $\text{conj}(w\#k)$ は、 $w\#k$ の複素共役を表す。

【0412】

例えば、変調方式が16QAMである場合には、 $m = 4$ ビットのシンボル $y(0), y(1), \dots, y(15)$ は、 $b = 2^4/4 = 4$ として、シンボル $y(0)$ ないし $y(3)$ 、 $y(4)$ ないし $y(7)$ 、 $y(8)$ ないし $y(11)$ 、及び、 $y(12)$ ないし $y(15)$ の4つに分類される。

【0413】

そして、シンボル $y(0)$ ないし $y(15)$ のうちの、例えば、シンボル $y(12)$ は、シンボル $y(3b)$ ないし $y(4b-1)$ の範囲のシンボル $y(k+3b) = y(0+3 \times 4)$ であり、 $k = 0$ であるから、シンボル $y(12)$ に対応する信号点の座標は、 $-w\#k = -w_0$ となる。

20

【0414】

いま、LDPC符号の符号化率 $r(\text{CR})$ が、例えば、 $9/15$ であるとする、図55によれば、変調方式が16QAMで、符号化率 r が、 $9/15$ である場合の w_0 は、 $0.2386 + j0.5296$ であるので、シンボル $y(12)$ に対応する信号点の座標 $-w_0$ は、 $-(0.2386 + j0.5296)$ となる。

【0415】

図56は、変調方式が1024QAMである場合に、ATSC3.0で規定されているLDPC符号の符号化率 $r(\text{CR}) = 2/15, 3/15, 4/15, 5/15, 6/15, 7/15, 8/15, 9/15, 10/15, 11/15, 12/15, 13/15$ について使用される1024QAM-1D-NUCの信号点の座標の例を示す図である。

30

【0416】

図56において、 $u\#k$ は、1D-NUCの信号点 z_s の座標としての複素数のリアルパート $\text{Re}(z_s)$ 及びイマジナリパート $\text{Im}(z_s)$ を表し、位置ベクトルと呼ばれるベクトル $u = (u_0, u_1, \dots, u_{\#V-1})$ のコンポーネントである。位置ベクトル u のコンポーネント $u\#k$ の数 V は、式 $V = (2m)/2$ で与えられる。

【0417】

図57は、1024QAMのシンボル y と、位置ベクトル u (のコンポーネント $u\#k$) との関係を示す図である。

【0418】

いま、1024QAMの10ビットのシンボル y を、その先頭のビット (最上位ビット) から、 $y_{0,s}, y_{1,s}, y_{2,s}, y_{3,s}, y_{4,s}, y_{5,s}, y_{6,s}, y_{7,s}, y_{8,s}, y_{9,s}$ と表すこととする。

40

【0419】

図57のAは、シンボル y の偶数番目の5ビット $y_{1,s}, y_{3,s}, y_{5,s}, y_{7,s}, y_{9,s}$ と、そのシンボル y に対応する信号点 z_s の (座標の) リアルパート $\text{Re}(z_s)$ を表す $u\#k$ との対応関係を表している。

【0420】

図57のBは、シンボル y の奇数番目の5ビット $y_{0,s}, y_{2,s}, y_{4,s}, y_{6,s}, y_{8,s}$ と、そのシンボル y に対応する信号点 z_s のイマジナリパート $\text{Im}(z_s)$ を表す $u\#k$ との対応関係を表している。

【0421】

50

1024QAMの10ビットのシンボル $y = (y_{0,s}, y_{1,s}, y_{2,s}, y_{3,s}, y_{4,s}, y_{5,s}, y_{6,s}, y_{7,s}, y_{8,s}, y_{9,s})$ が、例えば、 $(0, 0, 1, 0, 0, 1, 1, 1, 0, 0)$ である場合、奇数番目の5ビット $(y_{0,s}, y_{2,s}, y_{4,s}, y_{6,s}, y_{8,s})$ は、 $(0, 1, 0, 1, 0)$ であり、偶数番目の5ビット $(y_{1,s}, y_{3,s}, y_{5,s}, y_{7,s}, y_{9,s})$ は、 $(0, 0, 1, 1, 0)$ である。

【0422】

図57のAでは、偶数番目の5ビット $(0, 0, 1, 1, 0)$ は、 u_{11} に対応付けられており、したがって、シンボル $y = (0, 0, 1, 0, 0, 1, 1, 1, 0, 0)$ に対応する信号点 z_s のリアルパート $\text{Re}(z_s)$ は、 u_{11} になる。

【0423】

図57のBでは、奇数番目の5ビット $(0, 1, 0, 1, 0)$ は、 u_3 に対応付けられており、したがって、シンボル $y = (0, 0, 1, 0, 0, 1, 1, 1, 0, 0)$ に対応する信号点 z_s のイマジナリパート $\text{Im}(z_s)$ は、 u_3 になる。

10

【0424】

一方、LDPC符号の符号化率 r が、例えば、 $6/15$ であるとすると、上述の図56によれば、変調方式が1024QAMで、LDPC符号の符号化率 $r(\text{CR}) = 6/15$ である場合に使用される1D-NUCについては、 u_3 は、 0.1295 であり、 u_{11} は、 0.7196 である。

【0425】

したがって、シンボル $y = (0, 0, 1, 0, 0, 1, 1, 1, 0, 0)$ に対応する信号点 z_s のリアルパート $\text{Re}(z_s)$ は、 $u_{11} = 0.7196$ になり、イマジナリパート $\text{Im}(z_s)$ は、 $u_3 = 0.1295$ になる。その結果、シンボル $y = (0, 0, 1, 0, 0, 1, 1, 1, 0, 0)$ に対応する信号点 z_s の座標は、 $0.7196 + j0.1295$ で表される。

20

【0426】

なお、1D-NUCの信号点は、コンスタレーションにおいて、I軸に平行な直線上やQ軸に平行な直線上に、格子状に並ぶ。但し、信号点どうしの間隔は、一定にはならない。また、信号点(にマッピングされたデータ)の送信にあたって、コンスタレーション上の信号点の平均電力は正規化することができる。正規化は、コンスタレーション上の信号点(の座標)のすべてについての絶対値の自乗平均値を P_{ave} と表すこととすると、その自乗平均値 P_{ave} の平方根 P_{ave} の逆数 $1/(P_{\text{ave}})$ を、コンスタレーション上の各信号点 z_s に乗算することによって行うことができる。

【0427】

図7の伝送システムでは、以上のようなATSC3.0で規定されているコンスタレーションを使用することができる。

30

【0428】

図58ないし図69は、DVB-C.2で規定されているUCの信号点の座標を示す図である。

【0429】

すなわち、図58は、DVB-C.2で規定されているQPSK-UC(QPSKのUC)の信号点の座標 z_q のリアルパート $\text{Re}(z_q)$ を示す図である。図59は、DVB-C.2で規定されているQPSK-UCの信号点の座標 z_q のイマジナリパート $\text{Im}(z_q)$ を示す図である。

【0430】

図60は、DVB-C.2で規定されている16QAM-UC(16QAMのUC)の信号点の座標 z_q のリアルパート $\text{Re}(z_q)$ を示す図である。図61は、DVB-C.2で規定されている16QAM-UCの信号点の座標 z_q のイマジナリパート $\text{Im}(z_q)$ を示す図である。

40

【0431】

図62は、DVB-C.2で規定されている64QAM-UC(64QAMのUC)の信号点の座標 z_q のリアルパート $\text{Re}(z_q)$ を示す図である。図63は、DVB-C.2で規定されている64QAM-UCの信号点の座標 z_q のイマジナリパート $\text{Im}(z_q)$ を示す図である。

【0432】

図64は、DVB-C.2で規定されている256QAM-UC(256QAMのUC)の信号点の座標 z_q のリアルパート $\text{Re}(z_q)$ を示す図である。図65は、DVB-C.2で規定されている256QAM-UCの信号点の座標 z_q のイマジナリパート $\text{Im}(z_q)$ を示す図である。

50

【0433】

図66は、DVB-C.2で規定されている1024QAM-UC(1024QAMのUC)の信号点の座標 z_q のリアルパート $\text{Re}(z_q)$ を示す図である。図67は、DVB-C.2で規定されている1024QAM-UCの信号点の座標 z_q のイマジナリパート $\text{Im}(z_q)$ を示す図である。

【0434】

図68は、DVB-C.2で規定されている4096QAM-UC(4096QAMのUC)の信号点の座標 z_q のリアルパート $\text{Re}(z_q)$ を示す図である。図69は、DVB-C.2で規定されている4096QAM-UCの信号点の座標 z_q のイマジナリパート $\text{Im}(z_q)$ を示す図である。

【0435】

なお、図58ないし図69において、 $y_{i,q}$ は、 2^m QAMの m ビット(例えば、QPSKでは2ビット)のシンボルの先頭から、 $i+1$ ビット目を表す。また、UCの信号点(にマッピングされたデータ)の送信にあたって、コンスタレーション上の信号点の平均電力は正規化することができる。正規化は、コンスタレーション上の信号点(の座標)のすべてについての絶対値の自乗平均値を P_{ave} と表すこととすると、その自乗平均値 P_{ave} の平方根 $\sqrt{P_{\text{ave}}}$ の逆数 $1/\sqrt{P_{\text{ave}}}$ を、コンスタレーション上の各信号点 z_q に乘算することによって行うことができる。

10

【0436】

図7の伝送システムでは、以上のようなDVB-C.2で規定されているUCを使用することができる。

【0437】

すなわち、図30ないし図43、図50、及び、図52の、符号長 N が17280ビットで、符号化率 r が $2/16$ 、 $3/16$ 、 $4/16$ 、 $5/16$ 、 $6/16$ 、 $7/16$ 、 $8/16$ 、 $9/16$ 、 $10/16$ 、 $11/16$ 、 $12/16$ 、 $13/16$ 、及び、 $14/16$ それぞれの(検査行列初期値テーブルに対応する)新LDPC符号については、図58ないし図69に示したUCを使用することができる。

20

【0438】

図70ないし図78は、図30ないし図43、図50、及び、図52の、符号長 N が17280ビットで、符号化率 r が $2/16$ 、 $3/16$ 、 $4/16$ 、 $5/16$ 、 $6/16$ 、 $7/16$ 、 $8/16$ 、 $9/16$ 、 $10/16$ 、 $11/16$ 、 $12/16$ 、 $13/16$ 、及び、 $14/16$ それぞれの新LDPC符号について使用し得るNUCの信号点の座標の例を示す図である。

【0439】

すなわち、図70は、新LDPC符号について使用し得る16QAM-2D-NUCの信号点の座標の例を示す図である。

30

【0440】

図71は、新LDPC符号について使用し得る64QAM-2D-NUCの信号点の座標の例を示す図である。

【0441】

図72及び図73は、新LDPC符号について使用し得る256QAM-2D-NUCの信号点の座標の例を示す図である。

【0442】

なお、図73は、図72に続く図である。

40

【0443】

図70ないし図73では、図55と同様に、信号点 z_s の座標は、複素数の形で表されており、 j は、虚数単位を表す。

【0444】

図70ないし図73において、 $w\#k$ は、図55と同様に、コンスタレーションの第1象限の信号点の座標を表す。

【0445】

ここで、図55で説明したように、 m ビットのシンボルを、0ないし 2^m-1 の整数値で表現することとし、 $b=2^m/4$ とすると、0ないし 2^m-1 の整数値で表現されるシンボル $y(0)$ 、 $y(1)$ 、 \dots 、 $y(2^m-1)$ は、シンボル $y(0)$ ないし $y(b-1)$ 、 $y(b)$ ないし $y(2b-1)$ 、 $y(2b)$ ない

50

$y(3b-1)$ 、及び、 $y(3b)$ ないし $y(4b-1)$ の4つに分類することができる。

【0446】

図70ないし図73では、図55と同様に、 $w\#k$ のサフィックス k は、0ないし $b-1$ の範囲の整数値をとり、 $w\#k$ は、シンボル $y(0)$ ないし $y(b-1)$ の範囲のシンボル $y(k)$ に対応する信号点の座標を表す。

【0447】

さらに、図70ないし図73では、図55と同様に、シンボル $y(3b)$ ないし $y(4b-1)$ の範囲のシンボル $y(k+3b)$ に対応する信号点の座標は、 $-w\#k$ で表される。

【0448】

但し、図55では、シンボル $y(b)$ ないし $y(2b-1)$ の範囲のシンボル $y(k+b)$ に対応する信号点の座標は、 $-\text{conj}(w\#k)$ で表され、シンボル $y(2b)$ ないし $y(3b-1)$ の範囲のシンボル $y(k+2b)$ に対応する信号点の座標は、 $\text{conj}(w\#k)$ で表されるが、図70ないし図73では、 conj の符号が逆になる。

10

【0449】

すなわち、図70ないし図73では、シンボル $y(b)$ ないし $y(2b-1)$ の範囲のシンボル $y(k+b)$ に対応する信号点の座標は、 $\text{conj}(w\#k)$ で表され、シンボル $y(2b)$ ないし $y(3b-1)$ の範囲のシンボル $y(k+2b)$ に対応する信号点の座標は、 $-\text{conj}(w\#k)$ で表される。

【0450】

図74は、新LDPC符号について使用し得る1024QAM-1D-NUCの信号点の座標の例を示す図である。

20

【0451】

すなわち、図74は、1024QAM-1D-NUCの信号点 z_s の座標としての複素数のリアルパート $\text{Re}(z_s)$ 及びイマジナリパート $\text{Im}(z_s)$ と、位置ベクトル u (のコンポーネント $u\#k$)との関係を示す図である。

【0452】

図75は、1024QAMのシンボル y と、図74の位置ベクトル u (のコンポーネント $u\#k$)との関係を示す図である。

【0453】

すなわち、いま、1024QAMの10ビットのシンボル y を、その先頭のビット (最上位ビット) から、 $y_{0,s}, y_{1,s}, y_{2,s}, y_{3,s}, y_{4,s}, y_{5,s}, y_{6,s}, y_{7,s}, y_{8,s}, y_{9,s}$ と表すこととする。

30

【0454】

図75のAは、10ビットのシンボル y の (先頭から) 奇数番目の5ビット $y_{0,s}, y_{2,s}, y_{4,s}, y_{6,s}, y_{8,s}$ と、そのシンボル y に対応する信号点 z_s (の座標) のリアルパート $\text{Re}(z_s)$ を表す位置ベクトル $u\#k$ との対応関係を表している。

【0455】

図75のBは、10ビットのシンボル y の偶数番目の5ビット $y_{1,s}, y_{3,s}, y_{5,s}, y_{7,s}, y_{9,s}$ と、そのシンボル y に対応する信号点 z_s のイマジナリパート $\text{Im}(z_s)$ を表す位置ベクトル $u\#k$ との対応関係を表している。

【0456】

1024QAMの10ビットのシンボル y が、図74及び図75で規定される1024QAM-1D-NUCの信号点 z_s にマッピングされるとき、その信号点 z_s の座標の求め方は、図56及び図57で説明した場合と同様であるため、説明を省略する。

40

【0457】

図76は、新LDPC符号について使用し得る4096QAM-1D-NUCの信号点の座標の例を示す図である。

【0458】

すなわち、図76は、4096QAM-1D-NUCの信号点 z_s の座標としての複素数のリアルパート $\text{Re}(z_s)$ 及びイマジナリパート $\text{Im}(z_s)$ と、位置ベクトル $u(u\#k)$ との関係を示す図である。

【0459】

50

図 7 7 及び図 7 8 は、4096QAM のシンボル y と、図 7 6 の位置ベクトル u (のコンポーネント $u\#k$) との関係を示す図である。

【 0 4 6 0 】

すなわち、いま、4096QAM の 12 ビットのシンボル y を、その先頭のビット (最上位ビット) から、 $y_{0,s}, y_{1,s}, y_{2,s}, y_{3,s}, y_{4,s}, y_{5,s}, y_{6,s}, y_{7,s}, y_{8,s}, y_{9,s}, y_{10,s}, y_{11,s}$ と表すこととする。

【 0 4 6 1 】

図 7 7 は、12 ビットのシンボル y の奇数番目の 6 ビット $y_{0,s}, y_{2,s}, y_{4,s}, y_{6,s}, y_{8,s}, y_{10,s}$ と、そのシンボル y に対応する信号点 z_s のリアルパート $\text{Re}(z_s)$ を表す位置ベクトル $u\#k$ との対応関係を表している。

10

【 0 4 6 2 】

図 7 8 は、12 ビットのシンボル y の偶数番目の 6 ビット $y_{1,s}, y_{3,s}, y_{5,s}, y_{7,s}, y_{9,s}, y_{11,s}$ と、そのシンボル y に対応する信号点 z_s のイマジナリパート $\text{Im}(z_s)$ を表す位置ベクトル $u\#k$ との対応関係を表している。

【 0 4 6 3 】

4096QAM の 12 ビットのシンボル y が、図 7 6 ないし図 7 8 で規定される 4096QAM-1D-NUC の信号点 z_s にマッピングされる際の、その信号点 z_s の座標の求め方は、図 5 6 及び図 5 7 で説明した場合と同様であるため、説明を省略する。

【 0 4 6 4 】

なお、図 7 0 ないし図 7 8 の NUC の信号点 (にマッピングされたデータ) の送信にあたって、コンスタレーション上の信号点の平均電力は正規化することができる。正規化は、コンスタレーション上の信号点 (の座標) のすべてについての絶対値の自乗平均値を P_{ave} と表すこととすると、その自乗平均値 P_{ave} の平方根 P_{ave} の逆数 $1/(P_{ave})$ を、コンスタレーション上の各信号点 z_s に乗算することによって行うことができる。また、上述の図 5 7 では、シンボル y の奇数番目のビットが信号点 z_s のイマジナリパート $\text{Im}(z_s)$ を表す位置ベクトル $u\#k$ に対応付けられているとともに、シンボル y の偶数番目のビットが信号点 z_s のリアルパート $\text{Re}(z_s)$ を表す位置ベクトル $u\#k$ に対応付けられているが、図 7 5、並びに、図 7 7 及び図 7 8 では、逆に、シンボル y の奇数番目のビットが信号点 z_s のリアルパート $\text{Re}(z_s)$ を表す位置ベクトル $u\#k$ に対応付けられているとともに、シンボル y の偶数番目のビットが信号点 z_s のイマジナリパート $\text{Im}(z_s)$ を表す位置ベクトル $u\#k$ に対応付けられている。

20

30

【 0 4 6 5 】

< ブロックインターリーブ 2 5 >

【 0 4 6 6 】

図 7 9 は、図 9 のブロックインターリーブ 2 5 で行われるブロックインターリーブを説明する図である。

【 0 4 6 7 】

ブロックインターリーブは、1 符号語の LDPC 符号を、その先頭から、パート 1 (part 1) と呼ばれる部分と、パート 2 (part 2) と呼ばれる部分とに分けて行われる。

【 0 4 6 8 】

パート 1 の長さ (ビット数) を、 N_{part1} を表すとともに、パート 2 の長さを、 N_{part2} と表すこととすると、 $N_{part1} + N_{part2}$ は、符号長 N に等しい。

40

【 0 4 6 9 】

観念的には、ブロックインターリーブでは、1 方向としてのカラム (縦) 方向に、 N_{part1}/m ビットを記憶する記憶領域としてのカラム (column) が、カラム方向と直交するロウ方向に、シンボルのビット数 m に等しい数 m だけ並べられ、各カラムが、上から、パラレルファクタ P である 360 ビットの小単位に区切られる。この、カラムの小単位を、カラムユニットともいう。

【 0 4 7 0 】

ブロックインターリーブでは、図 7 9 に示すように、1 符号語の LDPC 符号のパート 1 を、

50

カラムの1番目のカラムユニットの上から下方向（カラム方向）に書き込むことが、左から右方向のカラムに向かって行われる。

【0471】

そして、右端のカラムの1番目のカラムユニットへの書き込みが終了すると、図79に示すように、左端のカラムに戻り、カラムの2番目のカラムユニットの上から下方向に書き込むことが、左から右方向のカラムに向かって行われ、以下、同様にして、1符号語のLDPC符号のパート1の書き込みが行われる。

【0472】

1符号語のLDPC符号のパート1の書き込みが終了すると、図79に示すように、 m 個すべてのカラムの1行目から、ロウ方向に、 m ビット単位で、LDPC符号のパート1が読み出される。

10

【0473】

このパート1の m ビット単位は、 m ビットのシンボルとして、ブロックインターリーブ25からマップ117（図8）に供給される。

【0474】

m ビット単位でのパート1の読み出しは、 m 個のカラムの下の行に向かって順次行われ、パート1の読み出しが終了すると、パート2は、先頭から、 m ビット単位に分割され、 m ビットのシンボルとして、ブロックインターリーブ25からマップ117に供給される。

【0475】

したがって、パート1は、インターリーブされながら、シンボル化され、パート2は、インターリーブされることなく、順次、 m ビットに区切って、シンボル化される。

20

【0476】

カラムの長さである N_{part1}/m は、パラレルファクタ P である360の倍数であり、そのように N_{part1}/m が360の倍数になるように、1符号語のLDPC符号は、パート1とパート2とに分けられる。

【0477】

図80は、変調方式が、QPSK、16QAM、64QAM、及び、256QAMである場合それぞれの、符号長 N が17280ビットのLDPC符号のパート1及びパート2の例を示す図である。

【0478】

変調方式が、QPSK、16QAM、64QAM、及び、256QAMである場合、いずれの場合も、パート1が17280ビットで、パート2が0ビットになる。

30

【0479】

<グループワイズインターリーブ>

【0480】

図81は、図9のグループワイズインターリーブ24で行われるグループワイズインターリーブを説明する図である。

【0481】

グループワイズインターリーブでは、図81に示すように、1符号語のLDPC符号を、その先頭から、パラレルファクタ P に等しい360ビット単位に区分した、その1区分の360ビットを、ビットグループとして、1符号語のLDPC符号が、ビットグループ単位で、所定のパターン（以下、GWパターンともいう）に従ってインターリーブされる。

40

【0482】

ここで、1符号語のLDPC符号をビットグループに区分したときの先頭から $i+1$ 番目のビットグループを、以下、ビットグループ i とも記載する。

【0483】

パラレルファクタ P が360である場合、例えば、符号長 N が1800ビットのLDPC符号は、ビットグループ0,1,2,3,4の5(=1800/360)個のビットグループに区分される。さらに、例えば、符号長 N が69120ビットのLDPC符号は、ビットグループ0,1,・・・,191の192(=69120/360)個のビットグループに区分される。また、例えば、符号長 N が17280ビットのLDPC符号は、ビットグループ0,1,・・・,47の48(=17280/360)個のビットグルー

50

ブに区分される。

【0484】

以下では、GWパターンを、ビットグループを表す数字の並びで表すこととする。例えば、符号長 N が1800ビットの、5個のビットグループ0,1,2,3,4のLDPC符号について、例えば、GWパターン4,2,0,3,1は、ビットグループ0,1,2,3,4の並びを、ビットグループ4,2,0,3,1の並びにインターリーブする（並び替える）ことを表す。なお、ビットグループの並びやGWパターンについては、ビットグループを表す番号のコンマ区切りの並び（例えば、4,2,0,3,1）で表す他、ビットグループを表す番号のスペース区切りの並び（例えば、4 2 0 3 1）で表す。

【0485】

例えば、いま、符号長 N が1800ビットのLDPC符号の先頭から $i+1$ 番目の符号ビットを、 x_i で表すこととする。

【0486】

この場合、GWパターン4,2,0,3,1のグループサイズインターリーブによれば、1800ビットのLDPC符号 $\{x_0, x_1, \dots, x_{1799}\}$ は、 $\{x_{1440}, x_{1441}, \dots, x_{1799}\}$, $\{x_{720}, x_{721}, \dots, x_{1079}\}$, $\{x_0, x_1, \dots, x_{359}\}$, $\{x_{1080}, x_{1081}, \dots, x_{1439}\}$, $\{x_{360}, x_{361}, \dots, x_{719}\}$ の並びにインターリーブされる。

【0487】

GWパターンは、LDPC符号の符号長 N ごとや、符号化率 r ごと、変調方式ごと、コンスタレーションごと、さらには、符号長 N 、符号化率 r 、変調方式、及び、コンスタレーションの2以上の組み合わせごとに設定することができる。

【0488】

< LDPC符号に対するGWパターンの例 >

【0489】

図82は、符号長 N が17280ビットのLDPC符号に対するGWパターンの第1の例を示す図である。

【0490】

図82のGWパターンによれば、17280ビットのLDPC符号のビットグループ0ないし47の並びが、ビットグループ

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47

の並びにインターリーブされる。

【0491】

図83は、符号長 N が17280ビットのLDPC符号に対するGWパターンの第2の例を示す図である。

【0492】

図83のGWパターンによれば、17280ビットのLDPC符号のビットグループ0ないし47の並びが、ビットグループ

19 33 45 22 43 23 46 32 11 40 13 34 14 47 0 12 6 26 37 4 5 17 25 30 39 29 27 28 10 21 36 9 3 20 24 42 7 41 44 38 15 8 31 16 2 1 35 18

の並びにインターリーブされる。

【0493】

図84は、符号長 N が17280ビットのLDPC符号に対するGWパターンの第3の例を示す図である。

【0494】

図84のGWパターンによれば、17280ビットのLDPC符号のビットグループ0ないし47の並びが、ビットグループ

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47

の並びにインターリーブされる。

10

20

30

40

50

【 0 4 9 5 】

図 8 5 は、符号長Nが17280ビットのLDPC符号に対するGWパターンの第 4 の例を示す図である。

【 0 4 9 6 】

図 8 5 のGWパターンによれば、17280ビットのLDPC符号のビットグループ0ないし47の並びが、ビットグループ

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47

の並びにインターリーブされる。

【 0 4 9 7 】

図 8 6 は、符号長Nが17280ビットのLDPC符号に対するGWパターンの第 5 の例を示す図である。

【 0 4 9 8 】

図 8 6 のGWパターンによれば、17280ビットのLDPC符号のビットグループ0ないし47の並びが、ビットグループ

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47

の並びにインターリーブされる。

【 0 4 9 9 】

図 8 7 は、符号長Nが17280ビットのLDPC符号に対するGWパターンの第 6 の例を示す図である。

【 0 5 0 0 】

図 8 7 のGWパターンによれば、17280ビットのLDPC符号のビットグループ0ないし47の並びが、ビットグループ

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47

の並びにインターリーブされる。

【 0 5 0 1 】

図 8 8 は、符号長Nが17280ビットのLDPC符号に対するGWパターンの第 7 の例を示す図である。

【 0 5 0 2 】

図 8 8 のGWパターンによれば、17280ビットのLDPC符号のビットグループ0ないし47の並びが、ビットグループ

0 34 30 6 11 35 5 24 4 13 15 16 3 31 39 40 37 47 28 12 36 42 33 22 20 8 9 44 29 18 25 21 23 10 14 26 45 7 27 46 1 2 17 41 19 43 38 32

の並びにインターリーブされる。

【 0 5 0 3 】

図 8 9 は、符号長Nが17280ビットのLDPC符号に対するGWパターンの第 8 の例を示す図である。

【 0 5 0 4 】

図 8 9 のGWパターンによれば、17280ビットのLDPC符号のビットグループ0ないし47の並びが、ビットグループ

33 16 0 26 35 31 21 34 42 43 32 29 7 47 37 28 5 9 30 25 3 17 23 24 41 4 5 20 12 27 39 8 4 1 6 2 38 10 40 18 19 46 11 36 13 22 14 15 44

の並びにインターリーブされる。

【 0 5 0 5 】

図 9 0 は、符号長Nが17280ビットのLDPC符号に対するGWパターンの第 9 の例を示す図である。

【 0 5 0 6 】

図 9 0 のGWパターンによれば、17280ビットのLDPC符号のビットグループ0ないし47

10

20

30

40

50

の並びが、ビットグループ

41 10 21 37 9 8 11 27 16 23 25 2 34 7 29 28 5 15 31 45 4 43 33 22 18 13
35 30 6 12 44 1 20 40 42 39 19 17 36 38 26 0 32 3 47 14 24 46

の並びにインターリーブされる。

【0507】

図91は、符号長Nが17280ビットのLDPC符号に対するGWパターンの第10の例を示す図である。

【0508】

図91のGWパターンによれば、17280ビットのLDPC符号のビットグループ0ないし47の並びが、ビットグループ

15 21 29 10 12 32 1 9 31 47 23 30 26 18 0 28 7 20 43 44 3 45 5 17 16 46
40 39 6 38 34 36 22 33 27 24 25 13 14 37 19 8 42 11 4 2 35 41

の並びにインターリーブされる。

【0509】

図92は、符号長Nが17280ビットのLDPC符号に対するGWパターンの第11の例を示す図である。

【0510】

図92のGWパターンによれば、17280ビットのLDPC符号のビットグループ0ないし47の並びが、ビットグループ

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 2
7 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47

の並びにインターリーブされる。

【0511】

図93は、符号長Nが17280ビットのLDPC符号に対するGWパターンの第12の例を示す図である。

【0512】

図93のGWパターンによれば、17280ビットのLDPC符号のビットグループ0ないし47の並びが、ビットグループ

31 23 1 42 36 25 47 3 12 30 32 8 11 27 21 40 16 13 34 4 26 35 46 20 29
28 5 43 18 39 24 14 0 10 7 41 37 9 38 33 2 6 19 45 17 15 22 44

の並びにインターリーブされる。

【0513】

図94は、符号長Nが17280ビットのLDPC符号に対するGWパターンの第13の例を示す図である。

【0514】

図94のGWパターンによれば、17280ビットのLDPC符号のビットグループ0ないし47の並びが、ビットグループ

46 11 23 33 10 0 17 47 20 5 38 29 28 16 41 27 2 31 43 37 34 12 35 24 21
44 40 36 32 39 4 19 26 6 30 9 42 1 22 8 3 45 14 15 13 7 25 18

の並びにインターリーブされる。

【0515】

図95は、符号長Nが17280ビットのLDPC符号に対するGWパターンの第14の例を示す図である。

【0516】

図95のGWパターンによれば、17280ビットのLDPC符号のビットグループ0ないし47の並びが、ビットグループ

16 32 33 43 3 29 0 22 40 24 44 8 20 13 15 45 7 34 39 42 25 28 18 26 38
10 11 41 47 23 6 1 14 4 12 31 21 19 37 36 30 5 46 27 35 2 9 17

の並びにインターリーブされる。

【0517】

10

20

30

40

50

図 9 6 は、符号長Nが17280ビットのLDPC符号に対するGWパターンの第 1 5 の例を示す図である。

【 0 5 1 8 】

図 9 6 のGWパターンによれば、17280ビットのLDPC符号のビットグループ0ないし47の並びが、ビットグループ
23 42 33 17 37 2 22 14 21 0 12 44 30 1 25 35 46 13 10 24 20 15 45 31 41
43 28 36 16 4 32 18 3 6 34 11 40 5 38 27 29 8 26 7 39 9 47 19
の並びにインターリーブされる。

【 0 5 1 9 】

図 9 7 は、符号長Nが17280ビットのLDPC符号に対するGWパターンの第 1 6 の例を示す図である。

【 0 5 2 0 】

図 9 7 のGWパターンによれば、17280ビットのLDPC符号のビットグループ0ないし47の並びが、ビットグループ
7 0 8 39 17 3 32 2 13 19 16 14 5 10 27 35 45 26 44 43 11 24 28 34 20 29
22 41 18 9 37 12 21 4 46 33 15 36 42 1 40 25 23 30 6 38 31 47
の並びにインターリーブされる。

【 0 5 2 1 】

図 9 8 は、符号長Nが17280ビットのLDPC符号に対するGWパターンの第 1 7 の例を示す図である。

【 0 5 2 2 】

図 9 8 のGWパターンによれば、17280ビットのLDPC符号のビットグループ0ないし47の並びが、ビットグループ
1 28 12 35 23 36 24 17 10 14 15 37 18 13 41 38 33 29 16 21 27 4 9 31 45
40 0 46 7 43 30 34 8 44 47 2 20 6 42 3 22 39 5 32 11 19 25 26
の並びにインターリーブされる。

【 0 5 2 3 】

図 9 9 は、符号長Nが17280ビットのLDPC符号に対するGWパターンの第 1 8 の例を示す図である。

【 0 5 2 4 】

図 9 9 のGWパターンによれば、17280ビットのLDPC符号のビットグループ0ないし47の並びが、ビットグループ
9 8 3 40 27 4 7 45 28 29 14 41 20 6 21 5 36 12 31 39 30 15 37 10 34 25 1
47 26 13 32 43 44 24 33 16 42 2 22 19 18 35 23 46 11 17 38 0
の並びにインターリーブされる。

【 0 5 2 5 】

図 1 0 0 は、符号長Nが17280ビットのLDPC符号に対するGWパターンの第 1 9 の例を示す図である。

【 0 5 2 6 】

図 1 0 0 のGWパターンによれば、17280ビットのLDPC符号のビットグループ0ないし47の並びが、ビットグループ
12 42 40 41 20 18 27 24 39 6 0 15 8 31 10 3 13 46 4 37 33 25 44 2 16 23
28 14 17 43 45 1 35 38 26 21 36 22 47 11 34 29 30 32 19 7 5 9
の並びにインターリーブされる。

【 0 5 2 7 】

図 1 0 1 は、符号長Nが17280ビットのLDPC符号に対するGWパターンの第 2 0 の例を示す図である。

【 0 5 2 8 】

図 1 0 1 のGWパターンによれば、17280ビットのLDPC符号のビットグループ0ないし47の並びが、ビットグループ

10

20

30

40

50

33 18 21 29 14 4 35 32 26 15 11 6 1 47 38 17 45 27 2 5 16 12 23 25 3 0
42 13 41 46 9 24 40 43 7 31 39 34 30 20 8 36 22 10 19 28 37 44

の並びにインターリーブされる。

【0529】

図102は、符号長Nが17280ビットのLDPC符号に対するGWパターンの第21の例を示す図である。

【0530】

図102のGWパターンによれば、17280ビットのLDPC符号のビットグループ0ないし47の並びが、ビットグループ

7 28 41 8 6 12 14 47 4 38 32 37 23 33 15 46 22 0 34 24 40 45 27 19 43 1
1 36 9 17 21 31 44 2 1 26 13 42 30 35 5 29 25 16 20 39 10 18 3

10

の並びにインターリーブされる。

【0531】

図103は、符号長Nが17280ビットのLDPC符号に対するGWパターンの第22の例を示す図である。

【0532】

図103のGWパターンによれば、17280ビットのLDPC符号のビットグループ0ないし47の並びが、ビットグループ

30 14 40 26 21 5 12 3 18 17 11 38 4 46 7 31 0 1 27 36 8 10 2 22 13 9 37
42 41 32 15 39 23 25 34 24 35 28 20 16 19 33 6 43 29 45 47 44

20

の並びにインターリーブされる。

【0533】

図104は、符号長Nが17280ビットのLDPC符号に対するGWパターンの第23の例を示す図である。

【0534】

図104のGWパターンによれば、17280ビットのLDPC符号のビットグループ0ないし47の並びが、ビットグループ

23 20 14 9 44 41 19 36 38 13 16 28 0 8 2 39 31 29 21 10 11 33 32 27 46
7 5 35 26 1 43 40 37 17 47 30 6 18 15 42 3 25 4 22 24 12 45 34

30

の並びにインターリーブされる。

【0535】

図105は、符号長Nが17280ビットのLDPC符号に対するGWパターンの第24の例を示す図である。

【0536】

図105のGWパターンによれば、17280ビットのLDPC符号のビットグループ0ないし47の並びが、ビットグループ

37 30 14 13 2 31 27 9 46 41 47 18 23 28 43 10 39 42 16 22 36 8 33 32 4
1 45 19 12 6 35 0 24 25 15 38 44 7 26 21 34 40 29 20 11 5 17 3

の並びにインターリーブされる。

【0537】

40

図106は、符号長Nが17280ビットのLDPC符号に対するGWパターンの第25の例を示す図である。

【0538】

図106のGWパターンによれば、17280ビットのLDPC符号のビットグループ0ないし47の並びが、ビットグループ

6 28 25 38 43 11 21 31 47 8 17 39 23 27 30 32 3 35 12 7 1 16 18 36 10 2
4 41 4 44 22 5 33 46 29 0 26 9 42 37 45 15 40 2 19 14 20 34 13

の並びにインターリーブされる。

【0539】

図107は、符号長Nが17280ビットのLDPC符号に対するGWパターンの第26の例を示す

50

す図である。

【0540】

図107のGWパターンによれば、17280ビットのLDPC符号のビットグループ0ないし47の並びが、ビットグループ

39 11 12 7 3 1 40 31 27 0 45 42 6 5 24 36 46 19 34 22 29 13 35 2 17 33
20 14 15 25 38 9 41 30 44 18 8 28 37 4 32 47 16 43 21 23 26 10

の並びにインターリーブされる。

【0541】

図108は、符号長Nが17280ビットのLDPC符号に対するGWパターンの第27の例を示す図である。

【0542】

図108のGWパターンによれば、17280ビットのLDPC符号のビットグループ0ないし47の並びが、ビットグループ

7 19 31 20 36 35 2 4 46 12 28 21 39 43 26 23 32 5 37 3 11 34 18 45 24 1
13 47 10 27 0 9 33 25 8 40 6 16 22 29 42 38 14 44 41 17 30 15

の並びにインターリーブされる。

【0543】

図109は、符号長Nが17280ビットのLDPC符号に対するGWパターンの第28例を示す図である。

【0544】

図109のGWパターンによれば、17280ビットのLDPC符号のビットグループ0ないし47の並びが、ビットグループ

12 7 39 31 30 44 14 33 35 17 37 27 2 28 9 26 32 3 46 0 34 6 43 25 21 47
18 45 5 20 13 38 11 29 16 36 8 40 15 41 10 23 1 19 4 22 42 24

の並びにインターリーブされる。

【0545】

図110は、符号長Nが17280ビットのLDPC符号に対するGWパターンの第29の例を示す図である。

【0546】

図110のGWパターンによれば、17280ビットのLDPC符号のビットグループ0ないし47の並びが、ビットグループ

20 19 13 25 32 9 5 24 39 4 29 40 14 18 43 46 21 44 10 15 35 3 23 47 37
12 30 33 27 36 8 28 38 7 42 22 2 0 6 16 45 26 17 11 31 34 41 1

の並びにインターリーブされる。

【0547】

図111は、符号長Nが17280ビットのLDPC符号に対するGWパターンの第30の例を示す図である。

【0548】

図111のGWパターンによれば、17280ビットのLDPC符号のビットグループ0ないし47の並びが、ビットグループ

19 20 44 3 6 28 13 15 16 24 9 34 39 8 17 40 29 31 22 10 11 7 35 42 23 2
14 37 33 1 26 45 38 12 47 30 5 18 46 0 41 27 4 21 43 25 36 32

の並びにインターリーブされる。

【0549】

図112は、符号長Nが17280ビットのLDPC符号に対するGWパターンの第31の例を示す図である。

【0550】

図112のGWパターンによれば、17280ビットのLDPC符号のビットグループ0ないし47の並びが、ビットグループ

4 26 7 21 43 42 33 17 35 19 10 39 27 13 18 34 38 3 28 36 1 5 44 37 16 3

10

20

30

40

50

0 14 9 32 47 29 2 31 23 0 24 11 8 6 46 40 45 15 22 25 20 12 41
の並びにインターリーブされる。

【0551】

図113は、符号長Nが17280ビットのLDPC符号に対するGWパターンの第32の例を示す図である。

【0552】

図113のGWパターンによれば、17280ビットのLDPC符号のビットグループ0ないし47の並びが、ビットグループ

8 28 33 21 1 39 34 7 0 17 5 41 23 2 14 10 29 25 13 18 35 38 27 44 20 32
31 11 40 30 24 3 36 22 15 37 16 6 42 45 19 47 12 26 43 9 46 4

10

の並びにインターリーブされる。

【0553】

図114は、符号長Nが17280ビットのLDPC符号に対するGWパターンの第33の例を示す図である。

【0554】

図114のGWパターンによれば、17280ビットのLDPC符号のビットグループ0ないし47の並びが、ビットグループ

0 39 23 44 19 21 35 13 36 27 47 3 31 11 9 41 43 8 14 26 6 5 15 16 38 7
32 22 30 33 37 40 28 45 12 24 17 42 20 29 1 4 10 2 25 18 46 34

20

の並びにインターリーブされる。

【0555】

図115は、符号長Nが17280ビットのLDPC符号に対するGWパターンの第34の例を示す図である。

【0556】

図115のGWパターンによれば、17280ビットのLDPC符号のビットグループ0ないし47の並びが、ビットグループ

11 0 42 24 46 27 25 3 1 41 22 40 19 18 14 36 33 4 47 12 39 30 13 5 2 7
31 9 38 35 15 43 45 44 28 20 32 21 26 23 6 10 8 37 17 34 29 16

の並びにインターリーブされる。

【0557】

30

図116は、符号長Nが17280ビットのLDPC符号に対するGWパターンの第35の例を示す図である。

【0558】

図116のGWパターンによれば、17280ビットのLDPC符号のビットグループ0ないし47の並びが、ビットグループ

5 45 42 35 13 41 2 29 15 11 16 0 8 1 33 34 44 7 43 22 24 19 9 38 18 12
26 20 28 21 10 30 40 6 46 37 47 17 3 32 4 39 23 25 36 14 31 27

の並びにインターリーブされる。

【0559】

図117は、符号長Nが17280ビットのLDPC符号に対するGWパターンの第36の例を示す図である。

40

【0560】

図117のGWパターンによれば、17280ビットのLDPC符号のビットグループ0ないし47の並びが、ビットグループ

18 16 21 2 43 10 44 42 19 15 20 26 1 38 46 28 17 29 6 22 7 32 31 30 24
3 8 9 12 37 47 40 39 5 35 11 25 45 34 33 23 4 14 27 13 41 36 0

の並びにインターリーブされる。

【0561】

図118は、符号長Nが17280ビットのLDPC符号に対するGWパターンの第37の例を示す図である。

50

【 0 5 6 2 】

図 1 1 8 のGWパターンによれば、17280ビットのLDPC符号のビットグループ0ないし47の並びが、ビットグループ

28 9 4 27 17 10 12 6 19 30 1 23 39 14 38 34 46 8 15 43 13 47 0 44 7 24
45 18 25 29 37 42 22 31 11 36 20 32 41 33 2 26 21 5 3 16 40 35

の並びにインターリーブされる。

【 0 5 6 3 】

図 1 1 9 は、符号長Nが17280ビットのLDPC符号に対するGWパターンの第 3 8 の例を示す図である。

【 0 5 6 4 】

図 1 1 9 のGWパターンによれば、17280ビットのLDPC符号のビットグループ0ないし47の並びが、ビットグループ

5 37 36 38 16 21 41 44 10 18 26 27 15 1 43 2 33 14 9 30 8 12 23 4 13 35
31 3 34 19 42 47 46 29 0 25 20 17 39 45 28 6 22 11 32 40 24 7

の並びにインターリーブされる。

【 0 5 6 5 】

図 1 2 0 は、符号長Nが17280ビットのLDPC符号に対するGWパターンの第 3 9 の例を示す図である。

【 0 5 6 6 】

図 1 2 0 のGWパターンによれば、17280ビットのLDPC符号のビットグループ0ないし47の並びが、ビットグループ

11 1 12 21 13 15 24 36 34 0 37 9 14 39 19 16 17 28 40 29 23 46 30 38 33
3 6 18 26 7 27 45 10 25 4 42 31 43 35 32 5 8 44 41 47 22 20 2

の並びにインターリーブされる。

【 0 5 6 7 】

図 1 2 1 は、符号長Nが17280ビットのLDPC符号に対するGWパターンの第 4 0 の例を示す図である。

【 0 5 6 8 】

図 1 2 1 のGWパターンによれば、17280ビットのLDPC符号のビットグループ0ないし47の並びが、ビットグループ

3 41 6 42 21 2 25 45 8 39 34 26 47 43 23 20 13 16 38 24 5 40 0 11 7 31
32 15 36 33 9 12 10 30 29 14 18 35 46 4 28 19 1 44 37 27 17 22

の並びにインターリーブされる。

【 0 5 6 9 】

図 1 2 2 は、符号長Nが17280ビットのLDPC符号に対するGWパターンの第 4 1 の例を示す図である。

【 0 5 7 0 】

図 1 2 2 のGWパターンによれば、17280ビットのLDPC符号のビットグループ0ないし47の並びが、ビットグループ

40 42 11 10 15 6 34 37 16 45 25 47 32 8 17 26 29 7 18 21 46 44 28 27 20
38 43 36 33 5 24 9 13 2 0 4 39 31 1 22 30 12 14 41 23 3 19 35

の並びにインターリーブされる。

【 0 5 7 1 】

図 1 2 3 は、符号長Nが17280ビットのLDPC符号に対するGWパターンの第 4 2 の例を示す図である。

【 0 5 7 2 】

図 1 2 3 のGWパターンによれば、17280ビットのLDPC符号のビットグループ0ないし47の並びが、ビットグループ

6 0 20 18 37 27 39 3 1 2 46 11 24 36 14 15 4 16 10 13 35 23 26 30 19 42
7 9 33 40 12 34 22 5 28 21 32 38 44 25 17 41 29 45 8 47 31 43

10

20

30

40

50

の並びにインターリーブされる。

【0573】

図124は、符号長Nが17280ビットのLDPC符号に対するGWパターンの第43の例を示す図である。

【0574】

図124のGWパターンによれば、17280ビットのLDPC符号のビットグループ0ないし47の並びが、ビットグループ

8 25 12 9 26 37 35 28 14 5 6 2 29 38 22 31 11 21 17 33 42 43 36 45 20 2
7 44 13 16 46 10 30 3 32 19 1 15 4 18 40 47 7 34 24 41 23 39 0

の並びにインターリーブされる。

10

【0575】

図125は、符号長Nが17280ビットのLDPC符号に対するGWパターンの第44の例を示す図である。

【0576】

図125のGWパターンによれば、17280ビットのLDPC符号のビットグループ0ないし47の並びが、ビットグループ

7 17 26 27 9 39 46 47 32 12 35 25 14 11 22 23 16 29 38 33 34 4 40 10 5
18 37 1 24 44 30 3 0 45 28 13 15 20 6 21 31 19 2 8 41 36 42 43

の並びにインターリーブされる。

【0577】

図126は、符号長Nが17280ビットのLDPC符号に対するGWパターンの第45の例を示す図である。

【0578】

図126のGWパターンによれば、17280ビットのLDPC符号のビットグループ0ないし47の並びが、ビットグループ

11 14 32 27 44 43 0 47 1 8 35 33 7 2 41 15 13 4 23 30 16 42 46 24 9 17
21 20 18 5 19 12 3 34 28 40 39 37 31 38 45 36 6 22 26 10 25 29

の並びにインターリーブされる。

【0579】

以上の、符号長Nが17280ビットのLDPC符号に対するGWパターンの第1ないし第45の例は、符号長Nが17280ビットの、任意の符号化率rのLDPC符号、任意の変調方式、及び、任意のコンスタレーションの組み合わせのいずれにも適用することができる。

30

【0580】

但し、グループワイズインターリーブについては、適用するGWパターンを、LDPC符号の符号長N、LDPC符号の符号化率r、変調方式、及び、コンスタレーションの組み合わせごとに設定することで、各組み合わせについて、エラーレートをより改善することができる。

【0581】

図82のGWパターンは、例えば、図31の(検査行列初期値テーブルに対応する) $r=3/16$ のタイプA符号、QPSK、並びに、図58及び図59のQPSK-UCの組み合わせに適用することにより、特に、良好なエラーレートを達成することができる。

40

【0582】

図83のGWパターンは、例えば、図33の $r=5/16$ のタイプA符号、QPSK、並びに、図58及び図59のQPSK-UCの組み合わせに適用することにより、特に、良好なエラーレートを達成することができる。

【0583】

図84のGWパターンは、例えば、図36の $r=7/16$ のタイプB符号、QPSK、並びに、図58及び図59のQPSK-UCの組み合わせに適用することにより、特に、良好なエラーレートを達成することができる。

【0584】

図85のGWパターンは、例えば、図52の $r=9/16$ の新タイプB符号、QPSK、並びに、

50

図58及び図59のQPSK-UCの組み合わせに適用することにより、特に、良好なエラーレートを達成することができる。

【0585】

図86のGWパターンは、例えば、図40の $r=11/16$ のタイプB符号、QPSK、並びに、図58及び図59のQPSK-UCの組み合わせに適用することにより、特に、良好なエラーレートを達成することができる。

【0586】

図87のGWパターンは、例えば、図42の $r=13/16$ のタイプB符号、QPSK、並びに、図58及び図59のQPSK-UCの組み合わせに適用することにより、特に、良好なエラーレートを達成することができる。

【0587】

図88のGWパターンは、例えば、図31の $r=3/16$ のタイプA符号、16QAM、並びに、図60及び図61の16QAM-UCの組み合わせに適用することにより、特に、良好なエラーレートを達成することができる。

【0588】

図89のGWパターンは、例えば、図33の $r=5/16$ のタイプA符号、16QAM、並びに、図60及び図61の16QAM-UCの組み合わせに適用することにより、特に、良好なエラーレートを達成することができる。

【0589】

図90のGWパターンは、例えば、図36の $r=7/16$ のタイプB符号、16QAM、並びに、図60及び図61の16QAM-UCの組み合わせに適用することにより、特に、良好なエラーレートを達成することができる。

【0590】

図91のGWパターンは、例えば、図52の $r=9/16$ の新タイプB符号、16QAM、並びに、図60及び図61の16QAM-UCの組み合わせに適用することにより、特に、良好なエラーレートを達成することができる。

【0591】

図92のGWパターンは、例えば、図40の $r=11/16$ のタイプB符号、16QAM、並びに、図60及び図61の16QAM-UCの組み合わせに適用することにより、特に、良好なエラーレートを達成することができる。

【0592】

図93のGWパターンは、例えば、図42の $r=13/16$ のタイプB符号、16QAM、並びに、図60及び図61の16QAM-UCの組み合わせに適用することにより、特に、良好なエラーレートを達成することができる。

【0593】

図94のGWパターンは、例えば、図30の $r=2/16$ のタイプA符号、16QAM、並びに、図70の16QAM-2D-NUCの組み合わせに適用することにより、特に、良好なエラーレートを達成することができる。

【0594】

図95のGWパターンは、例えば、図50の $r=4/16$ の新タイプA符号、16QAM、並びに、図70の16QAM-2D-NUCの組み合わせに適用することにより、特に、良好なエラーレートを達成することができる。

【0595】

図96のGWパターンは、例えば、図34の $r=6/16$ のタイプA符号、16QAM、並びに、図70の16QAM-2D-NUCの組み合わせに適用することにより、特に、良好なエラーレートを達成することができる。

【0596】

図97のGWパターンは、例えば、図37の $r=8/16$ のタイプB符号、16QAM、並びに、図70の16QAM-2D-NUCの組み合わせに適用することにより、特に、良好なエラーレートを達成することができる。

10

20

30

40

50

【0597】

図98のGWパターンは、例えば、図39の $r=10/16$ のタイプB符号、16QAM、並びに、図70の16QAM-2D-NUCの組み合わせに適用することにより、特に、良好なエラーレートを達成することができる。

【0598】

図99のGWパターンは、例えば、図41の $r=12/16$ のタイプB符号、16QAM、並びに、図70の16QAM-2D-NUCの組み合わせに適用することにより、特に、良好なエラーレートを達成することができる。

【0599】

図100のGWパターンは、例えば、図43の $r=14/16$ のタイプB符号、16QAM、並びに、図70の16QAM-2D-NUCの組み合わせに適用することにより、特に、良好なエラーレートを達成することができる。

10

【0600】

図101のGWパターンは、例えば、図30の $r=2/16$ のタイプA符号、64QAM、並びに、図62及び図63の64QAM-UCの組み合わせに適用することにより、特に、良好なエラーレートを達成することができる。

【0601】

図102のGWパターンは、例えば、図50の $r=4/16$ の新タイプA符号、64QAM、並びに、図62及び図63の64QAM-UCの組み合わせに適用することにより、特に、良好なエラーレートを達成することができる。

20

【0602】

図103のGWパターンは、例えば、図34の $r=6/16$ のタイプA符号、64QAM、並びに、図62及び図63の64QAM-UCの組み合わせに適用することにより、特に、良好なエラーレートを達成することができる。

【0603】

図104のGWパターンは、例えば、図37の $r=8/16$ のタイプB符号、64QAM、並びに、図62及び図63の64QAM-UCの組み合わせに適用することにより、特に、良好なエラーレートを達成することができる。

【0604】

図105のGWパターンは、例えば、図39の $r=10/16$ のタイプB符号、64QAM、並びに、図62及び図63の64QAM-UCの組み合わせに適用することにより、特に、良好なエラーレートを達成することができる。

30

【0605】

図106のGWパターンは、例えば、図41の $r=12/16$ のタイプB符号、64QAM、並びに、図62及び図63の64QAM-UCの組み合わせに適用することにより、特に、良好なエラーレートを達成することができる。

【0606】

図107のGWパターンは、例えば、図43の $r=14/16$ のタイプB符号、64QAM、並びに、図62及び図63の64QAM-UCの組み合わせに適用することにより、特に、良好なエラーレートを達成することができる。

40

【0607】

図108のGWパターンは、例えば、図31の $r=3/16$ のタイプA符号、64QAM、並びに、図71の64QAM-2D-NUCの組み合わせに適用することにより、特に、良好なエラーレートを達成することができる。

【0608】

図109のGWパターンは、例えば、図33の $r=5/16$ のタイプA符号、64QAM、並びに、図71の64QAM-2D-NUCの組み合わせに適用することにより、特に、良好なエラーレートを達成することができる。

【0609】

図110のGWパターンは、例えば、図36の $r=7/16$ のタイプB符号、64QAM、並びに

50

、図 7 1 の 64QAM-2D-NUC の組み合わせに適用することにより、特に、良好なエラーレートを達成することができる。

【 0 6 1 0 】

図 1 1 1 の GW パターンは、例えば、図 5 2 の $r=9/16$ の新タイプ B 符号、64QAM、並びに、図 7 1 の 64QAM-2D-NUC の組み合わせに適用することにより、特に、良好なエラーレートを達成することができる。

【 0 6 1 1 】

図 1 1 2 の GW パターンは、例えば、図 4 0 の $r=11/16$ のタイプ B 符号、64QAM、並びに、図 7 1 の 64QAM-2D-NUC の組み合わせに適用することにより、特に、良好なエラーレートを達成することができる。

10

【 0 6 1 2 】

図 1 1 3 の GW パターンは、例えば、図 4 2 の $r=13/16$ のタイプ B 符号、64QAM、並びに、図 7 1 の 64QAM-2D-NUC の組み合わせに適用することにより、特に、良好なエラーレートを達成することができる。

【 0 6 1 3 】

図 1 1 4 の GW パターンは、例えば、図 3 1 の $r=3/16$ のタイプ A 符号、256QAM、並びに、図 6 4 及び図 6 5 の 256QAM-UC の組み合わせに適用することにより、特に、良好なエラーレートを達成することができる。

【 0 6 1 4 】

図 1 1 5 の GW パターンは、例えば、図 3 3 の $r=5/16$ のタイプ A 符号、256QAM、並びに、図 6 4 及び図 6 5 の 256QAM-UC の組み合わせに適用することにより、特に、良好なエラーレートを達成することができる。

20

【 0 6 1 5 】

図 1 1 6 の GW パターンは、例えば、図 3 6 の $r=7/16$ のタイプ B 符号、256QAM、並びに、図 6 4 及び図 6 5 の 256QAM-UC の組み合わせに適用することにより、特に、良好なエラーレートを達成することができる。

【 0 6 1 6 】

図 1 1 7 の GW パターンは、例えば、図 5 2 の $r=9/16$ の新タイプ B 符号、256QAM、並びに、図 6 4 及び図 6 5 の 256QAM-UC の組み合わせに適用することにより、特に、良好なエラーレートを達成することができる。

30

【 0 6 1 7 】

図 1 1 8 の GW パターンは、例えば、図 4 0 の $r=11/16$ のタイプ B 符号、256QAM、並びに、図 6 4 及び図 6 5 の 256QAM-UC の組み合わせに適用することにより、特に、良好なエラーレートを達成することができる。

【 0 6 1 8 】

図 1 1 9 の GW パターンは、例えば、図 4 2 の $r=13/16$ のタイプ B 符号、256QAM、並びに、図 6 4 及び図 6 5 の 256QAM-UC の組み合わせに適用することにより、特に、良好なエラーレートを達成することができる。

【 0 6 1 9 】

図 1 2 0 の GW パターンは、例えば、図 3 0 の $r=2/16$ のタイプ A 符号、256QAM、並びに、図 7 2 及び図 7 3 の 256QAM-2D-NUC の組み合わせに適用することにより、特に、良好なエラーレートを達成することができる。

40

【 0 6 2 0 】

図 1 2 1 の GW パターンは、例えば、図 5 0 の $r=4/16$ の新タイプ A 符号、256QAM、並びに、図 7 2 及び図 7 3 の 256QAM-2D-NUC の組み合わせに適用することにより、特に、良好なエラーレートを達成することができる。

【 0 6 2 1 】

図 1 2 2 の GW パターンは、例えば、図 3 4 の $r=6/16$ のタイプ A 符号、256QAM、並びに、図 7 2 及び図 7 3 の 256QAM-2D-NUC の組み合わせに適用することにより、特に、良好なエラーレートを達成することができる。

50

【0622】

図123のGWパターンは、例えば、図37の $r=8/16$ のタイプB符号、256QAM、並びに、図72及び図73の256QAM-2D-NUCの組み合わせに適用することにより、特に、良好なエラーレートを達成することができる。

【0623】

図124のGWパターンは、例えば、図39の $r=10/16$ のタイプB符号、256QAM、並びに、図72及び図73の256QAM-2D-NUCの組み合わせに適用することにより、特に、良好なエラーレートを達成することができる。

【0624】

図125のGWパターンは、例えば、図41の $r=12/16$ のタイプB符号、256QAM、並びに、図72及び図73の256QAM-2D-NUCの組み合わせに適用することにより、特に、良好なエラーレートを達成することができる。

10

【0625】

図126のGWパターンは、例えば、図43の $r=14/16$ のタイプB符号、256QAM、並びに、図72及び図73の256QAM-2D-NUCの組み合わせに適用することにより、特に、良好なエラーレートを達成することができる。

【0626】

<受信装置12の構成例>

【0627】

図127は、図7の受信装置12の構成例を示すブロック図である。

20

【0628】

OFDM処理部(OFDM operation)151は、送信装置11(図7)からのOFDM信号を受信し、そのOFDM信号の信号処理を行う。OFDM処理部151が信号処理を行うことにより得られるデータは、フレーム管理部(Frame Management)152に供給される。

【0629】

フレーム管理部152は、OFDM処理部151から供給されるデータで構成されるフレームの処理(フレーム解釈)を行い、その結果得られる対象データの信号と、制御データの信号とを、周波数デインターリーバ(Frequency Deinterleaver)161と153とに、それぞれ供給する。

【0630】

周波数デインターリーバ153は、フレーム管理部152からのデータについて、シンボル単位での周波数デインターリーブを行い、デマッパ(Demapper)154に供給する。

30

【0631】

デマッパ154は、周波数デインターリーバ153からのデータ(コンスタレーション上のデータ)を、送信装置11側で行われる直交変調で定められる信号点の配置(コンスタレーション)に基づいてデマッピング(信号点配置復号)して直交復調し、その結果得られるデータ(LDPC符号(の尤度))を、LDPCデコーダ(LDPC decoder)155に供給する。

【0632】

LDPCデコーダ155(復号部)は、デマッパ154からのLDPC符号のLDPC復号を行い、その結果得られるLDPC対象データ(ここでは、BCH符号)を、BCHデコーダ(BCH decoder)156に供給する。

40

【0633】

BCHデコーダ156は、LDPCデコーダ155からのLDPC対象データのBCH復号を行い、その結果得られる制御データ(シグナリング)を出力する。

【0634】

一方、周波数デインターリーバ161は、フレーム管理部152からのデータについて、シンボル単位での周波数デインターリーブを行い、SISO/MISOデコーダ(SISO/MISO decoder)162に供給する。

【0635】

50

SISO/MISOデコーダ162は、周波数インターリーバ161からのデータの時空間復号を行い、時間インターリーバ(Time Deinterleaver)163に供給する。

【0636】

時間インターリーバ163は、SISO/MISOデコーダ162からのデータについて、シンボル単位での時間インターリーブを行い、デマッパ(Demapper)164に供給する。

【0637】

デマッパ164は、時間インターリーバ163からのデータ(コンスタレーション上のデータ)を、送信装置11側で行われる直交変調で定められる信号点の配置(コンスタレーション)に基づいてデマッピング(信号点配置復号)して直交復調し、その結果得られるデータを、ビットインターリーバ(Bit Deinterleaver)165に供給する。

10

【0638】

ビットインターリーバ165は、デマッパ164からのデータのビットインターリーブを行い、そのビットインターリーブ後のデータであるLDPC符号(の尤度)を、LDPCデコーダ166に供給する。

【0639】

LDPCデコーダ166は、ビットインターリーバ165からのLDPC符号のLDPC復号を行い、その結果得られるLDPC対象データ(ここでは、BCH符号)を、BCHデコーダ167に供給する。

【0640】

BCHデコーダ167は、LDPCデコーダ155からのLDPC対象データのBCH復号を行い、その結果得られるデータを、BBデスクランブラ(BB DeScrambler)168に供給する。

20

【0641】

BBデスクランブラ168は、BCHデコーダ167からのデータに、BBデスクランブルを施し、その結果得られるデータを、ヌル削除部(Null Deletion)169に供給する。

【0642】

ヌル削除部169は、BBデスクランブラ168からのデータから、図8のパダー112で挿入されたNullを削除し、デマルチプレクサ(Demultiplexer)170に供給する。

【0643】

デマルチプレクサ170は、ヌル削除部169からのデータに多重化されている1以上のストリーム(対象データ)それぞれを分離し、必要な処理を施して、アウトプットストリーム(Output stream)として出力する。

30

【0644】

なお、受信装置12は、図127に図示したブロックの一部を設けずに構成することができる。すなわち、例えば、送信装置11(図8)を、時間インターリーバ118、SISO/MISOエンコーダ119、周波数インターリーバ120、及び、周波数インターリーバ124を設けずに構成する場合には、受信装置12は、送信装置11の時間インターリーバ118、SISO/MISOエンコーダ119、周波数インターリーバ120、及び、周波数インターリーバ124にそれぞれ対応するブロックである時間インターリーバ163、SISO/MISOデコーダ162、周波数インターリーバ161、及び、周波数インターリーバ153を設けずに構成することができる。

40

【0645】

<ビットインターリーバ165の構成例>

【0646】

図128は、図127のビットインターリーバ165の構成例を示すブロック図である。

【0647】

ビットインターリーバ165は、ブロックインターリーバ54、及びグループワイズインターリーバ55から構成され、デマッパ164(図127)からのデータであるシンボルのシンボルビットの(ビット)インターリーブを行う。

【0648】

すなわち、ブロックインターリーバ54は、デマッパ164からのシンボルのシンボル

50

ビットを対象として、図9のブロックインターリーブ25が行うブロックインターリーブに対応するブロックデインターリーブ（ブロックインターリーブの逆の処理）、すなわち、ブロックインターリーブによって並び替えられたLDPC符号の符号ビット（の尤度）の位置を元の位置に戻すブロックデインターリーブを行い、その結果得られるLDPC符号を、グループワイズデインターリーブ55に供給する。

【0649】

グループワイズデインターリーブ55は、ブロックデインターリーブ54からのLDPC符号を対象として、図9のグループワイズインターリーブ24が行うグループワイズインターリーブに対応するグループワイズデインターリーブ（グループワイズインターリーブの逆の処理）、すなわち、例えば、図81で説明したグループワイズインターリーブによってビットグループ単位で並びが変更されたLDPC符号の符号ビットを、ビットグループ単位で並び替えることにより、元の並びに戻すグループワイズデインターリーブを行う。

10

【0650】

ここで、デマップ164から、ビットデインターリーブ165に供給されるLDPC符号に、パリティインターリーブ、グループワイズインターリーブ、及びブロックインターリーブが施されている場合、ビットデインターリーブ165では、パリティインターリーブに対応するパリティデインターリーブ（パリティインターリーブの逆の処理、すなわち、パリティインターリーブによって並びが変更されたLDPC符号の符号ビットを、元の並びに戻すパリティデインターリーブ）、ブロックインターリーブに対応するブロックデインターリーブ、及び、グループワイズインターリーブに対応するグループワイズデインターリーブのすべてを行うことができる。

20

【0651】

但し、図128のビットデインターリーブ165では、ブロックインターリーブに対応するブロックデインターリーブを行うブロックデインターリーブ54、及び、グループワイズインターリーブに対応するグループワイズデインターリーブを行うグループワイズデインターリーブ55は、設けられているが、パリティインターリーブに対応するパリティデインターリーブを行うブロックは、設けられておらず、パリティデインターリーブは、行われない。

【0652】

したがって、ビットデインターリーブ165（のグループワイズデインターリーブ55）から、LDPCデコーダ166には、ブロックデインターリーブ、及び、グループワイズデインターリーブが行われ、かつ、パリティデインターリーブが行われていないLDPC符号が供給される。

30

【0653】

LDPCデコーダ166は、ビットデインターリーブ165からのLDPC符号のLDPC復号を、図8のLDPCエンコーダ115がLDPC符号化に用いたタイプB方式の検査行列Hに対して、パリティインターリーブに相当する列置換を少なくとも行って得られる変換検査行列や、タイプA方式の検査行列（図27）に行置換を行って得られる変換検査行列（図29）に基づいて行い、その結果得られるデータを、LDPC対象データの復号結果として出力する。

40

【0654】

図129は、図128のデマップ164、ビットデインターリーブ165、及び、LDPCデコーダ166が行う処理を説明するフローチャートである。

【0655】

ステップS111において、デマップ164は、時間デインターリーブ163からのデータ（信号点にマッピングされたコンスタレーション上のデータ）をデマッピングして直交復調し、ビットデインターリーブ165に供給して、処理は、ステップS112に進む。

【0656】

ステップS112では、ビットデインターリーブ165は、デマップ164からのデータのデインターリーブ（ビットデインターリーブ）を行って、処理は、ステップS113に

50

進む。

【0657】

すなわち、ステップS112では、ビットデインターリーブ165において、ブロックデインターリーブ54が、デマップ164からのデータ(シンボル)を対象として、ブロックデインターリーブを行い、その結果得られるLDPC符号の符号ビットを、グループワイズデインターリーブ55に供給する。

【0658】

グループワイズデインターリーブ55は、ブロックデインターリーブ54からのLDPC符号を対象として、グループワイズデインターリーブを行い、その結果得られるLDPC符号(の尤度)を、LDPCデコーダ166に供給する。

10

【0659】

ステップS113では、LDPCデコーダ166が、グループワイズデインターリーブ55からのLDPC符号のLDPC復号を、図8のLDPCエンコーダ115がLDPC符号化に用いた検査行列Hに基づいて行い、すなわち、例えば、検査行列Hから得られる変換検査行列に基づいて行い、その結果得られるデータを、LDPC対象データの復号結果として、BCHデコーダ167に出力する。

【0660】

なお、図128でも、図9の場合と同様に、説明の便宜のため、ブロックデインターリーブを行うブロックデインターリーブ54と、グループワイズデインターリーブを行うグループワイズデインターリーブ55とを、別個に構成するようにしたが、ブロックデインターリーブ54とグループワイズデインターリーブ55とは、一体的に構成することができる。

20

【0661】

また、送信装置11において、グループワイズインターリーブを行わない場合には、受信装置12は、グループワイズデインターリーブを行うグループワイズデインターリーブ55を設けずに構成することができる。

【0662】

<LDPC復号>

【0663】

図127のLDPCデコーダ166で行われるLDPC復号について、さらに説明する。

30

【0664】

図127のLDPCデコーダ166では、上述したように、グループワイズデインターリーブ55からの、ブロックデインターリーブ、及び、グループワイズデインターリーブが行われ、かつ、パリティデインターリーブが行われていないLDPC符号のLDPC復号が、図8のLDPCエンコーダ115がLDPC符号化に用いたタイプB方式の検査行列Hに対して、パリティインターリーブに相当する列置換を少なくとも行って得られる変換検査行列や、タイプA方式の検査行列(図27)に行置換を行って得られる変換検査行列(図29)を用いて行われる。

【0665】

ここで、LDPC復号を、変換検査行列を用いて行うことで、回路規模を抑制しつつ、動作周波数を十分実現可能な範囲に抑えることが可能となるLDPC復号が先に提案されている(例えば、特許第4224777号を参照)。

40

【0666】

そこで、まず、図130ないし図133を参照して、先に提案されている、変換検査行列を用いたLDPC復号について説明する。

【0667】

図130は、符号長Nが90で、符号化率が2/3のLDPC符号の検査行列Hの例を示す図である。

【0668】

なお、図130では(後述する図131及び図132においても同様)、0を、ピリオド(.)

50

)で表現している。

【0669】

図130の検査行列Hでは、パリティ行列が階段構造になっている。

【0670】

図131は、図130の検査行列Hに、式(11)の行置換と、式(12)の列置換を施して得られる検査行列H'を示す図である。

【0671】

行置換: $6s+t+1$ 行目 $5t+s+1$ 行目

・・・(11)

【0672】

列置換: $6x+y+61$ 列目 $5y+x+61$ 列目

・・・(12)

【0673】

但し、式(11)及び(12)において、 s, t, x, y は、それぞれ、 $0 \leq s < 5, 0 \leq t < 6, 0 \leq x < 5, 0 \leq y < 6$ の範囲の整数である。

【0674】

式(11)の行置換によれば、6で割って余りが1になる1, 7, 13, 19, 25行目を、それぞれ、1, 2, 3, 4, 5行目に、6で割って余りが2になる2, 8, 14, 20, 26行目を、それぞれ、6, 7, 8, 9, 10行目に、という具合に置換が行われる。

【0675】

また、式(12)の列置換によれば、61列目以降(パリティ行列)に対して、6で割って余りが1になる61, 67, 73, 79, 85列目を、それぞれ、61, 62, 63, 64, 65列目に、6で割って余りが2になる62, 68, 74, 80, 86列目を、それぞれ、66, 67, 68, 69, 70列目に、という具合に置換が行われる。

【0676】

このようにして、図130の検査行列Hに対して、行と列の置換を行って得られた行列(matrix)が、図131の検査行列H'である。

【0677】

ここで、検査行列Hの行置換を行っても、LDPC符号の符号ビットの並びには影響しない。

【0678】

また、式(12)の列置換は、上述の、 $K+qx+y+1$ 番目の符号ビットを、 $K+py+x+1$ 番目の符号ビットの位置にインターリーブするパリティインターリーブの、情報長Kを60と、パラレルファクタPを5と、パリティ長M(ここでは、30)の約数 $q(=M/P)$ を6と、それぞれしたときのパリティインターリーブに相当する。

【0679】

したがって、図131の検査行列H'は、図130の検査行列(以下、適宜、元の検査行列という)Hの、 $K+qx+y+1$ 番目の列を、 $K+py+x+1$ 番目の列に置換する列置換を、少なくとも行って得られる変換検査行列である。

【0680】

図131の変換検査行列H'に対して、図130の元の検査行列HのLDPC符号に、式(12)と同一の置換を行ったものを乗じると、0ベクトルが出力される。すなわち、元の検査行列HのLDPC符号(1符号語)としての行ベクトルcに、式(12)の列置換を施して得られる行ベクトルをc'と表すこととすると、検査行列の性質から、 Hc^T は、0ベクトルとなるから、 $H'c'^T$ も、当然、0ベクトルとなる。

【0681】

以上から、図131の変換検査行列H'は、元の検査行列HのLDPC符号cに、式(12)の列置換を行って得られるLDPC符号c'の検査行列になっている。

【0682】

したがって、元の検査行列HのLDPC符号cに、式(12)の列置換を行い、その列置換後のLDPC符号c'を、図131の変換検査行列H'を用いて復号(LDPC復号)し、その復号結

10

20

30

40

50

果に、式(12)の列置換の逆置換を施すことで、元の検査行列HのLDPC符号を、その検査行列Hを用いて復号する場合と同様の復号結果を得ることができる。

【0683】

図132は、 5×5 の行列の単位に間隔を空けた、図131の変換検査行列H'を示す図である。

【0684】

図132においては、変換検査行列H'は、パラレルファクタPである $5 \times 5 (= P \times P)$ の単位行列、その単位行列の1のうち1個以上が0になった行列(以下、適宜、準単位行列という)、単位行列または準単位行列をサイクリックシフト(cyclic shift)した行列(以下、適宜、シフト行列という)、単位行列、準単位行列、またはシフト行列のうちの2以上の和(以下、適宜、和行列という)、 5×5 の0行列の組み合わせで表されている。

10

【0685】

図132の変換検査行列H'は、 5×5 の単位行列、準単位行列、シフト行列、和行列、0行列で構成されているということが出来る。そこで、変換検査行列H'を構成する、これらの 5×5 の行列(単位行列、準単位行列、シフト行列、和行列、0行列)を、以下、適宜、構成行列という。

【0686】

$P \times P$ の構成行列で表される検査行列のLDPC符号の復号には、チェックノード演算、及びバリエブルノード演算を、P個同時に行うアーキテクチャ(architecture)を用いることができる。

20

【0687】

図133は、そのような復号を行う復号装置の構成例を示すブロック図である。

【0688】

すなわち、図133は、図130の元の検査行列Hに対して、少なくとも、式(12)の列置換を行って得られる図132の変換検査行列H'を用いて、LDPC符号の復号を行う復号装置の構成例を示している。

【0689】

図133の復号装置は、6つのFIFO300₁ないし300₆からなる枝データ格納用メモリ300、FIFO300₁ないし300₆を選択するセレクタ301、チェックノード計算部302、2つのサイクリックシフト回路303及び308、18個のFIFO304₁ないし304₁₈からなる枝データ格納用メモリ304、FIFO304₁ないし304₁₈を選択するセレクタ305、受信データを格納する受信データ用メモリ306、バリエブルノード計算部307、復号語計算部309、受信データ並べ替え部310、復号データ並べ替え部311からなる。

30

【0690】

まず、枝データ格納用メモリ300と304へのデータの格納方法について説明する。

【0691】

枝データ格納用メモリ300は、図132の変換検査行列H'の行数30を構成行列の行数(パラレルファクタP)5で除算した数である6つのFIFO300₁ないし300₆から構成されている。FIFO300_y($y = 1, 2, \dots, 6$)は、複数の段数の記憶領域からなり、各段の記憶領域については、構成行列の行数及び列数(パラレルファクタP)である5つの枝に対応するメッセージを同時に読み出すこと、及び、書き込むことができるようになっている。また、FIFO300_yの記憶領域の段数は、図132の変換検査行列の行方向の1の数(ハミング重み)の最大数である9になっている。

40

【0692】

FIFO300₁には、図132の変換検査行列H'の第1行目から第5行目までの1の位置に対応するデータ(バリエブルノードからのメッセージ v_i)が、各行共に横方向に詰めた形に(0を無視した形で)格納される。すなわち、第j行第i列を、(j,i)と表すこととすると、FIFO300₁の第1段の記憶領域には、変換検査行列H'の(1,1)から(5,5)の 5×5 の単位行列の1の位置に対応するデータが格納される。第2段の記憶領域には、変換検査行

50

列H'の(1,21)から(5,25)のシフト行列(5×5の単位行列を右方向に3つだけサイクリックシフトしたシフト行列)の1の位置に対応するデータが格納される。第3から第8段の記憶領域も同様に、変換検査行列H'に対応付けてデータが格納される。そして、第9段の記憶領域には、変換検査行列H'の(1,86)から(5,90)のシフト行列(5×5の単位行列のうちの1行目の1を0に置き換えて1つだけ左にサイクリックシフトしたシフト行列)の1の位置に対応するデータが格納される。

【0693】

FIFO300₂には、図132の変換検査行列H'の第6行目から第10行目までの1の位置に対応するデータが格納される。すなわち、FIFO300₂の第1段の記憶領域には、変換検査行列H'の(6,1)から(10,5)の和行列(5×5の単位行列を右に1つだけサイクリックシフトした第1のシフト行列と、右に2つだけサイクリックシフトした第2のシフト行列の和である和行列)を構成する第1のシフト行列の1の位置に対応するデータが格納される。また、第2段の記憶領域には、変換検査行列H'の(6,1)から(10,5)の和行列を構成する第2のシフト行列の1の位置に対応するデータが格納される。

10

【0694】

すなわち、重みが2以上の構成行列については、その構成行列を、重みが1であるP×Pの単位行列、単位行列の要素の1のうち1個以上が0になった準単位行列、又は単位行列もしくは準単位行列をサイクリックシフトしたシフト行列のうちの複数の和の形で表現したときの、その重みが1の単位行列、準単位行列、又はシフト行列の1の位置に対応するデータ(単位行列、準単位行列、又はシフト行列に属する枝に対応するメッセージ)は、同一アドレス(FIFO300₁ないし300₆のうちの同一のFIFO)に格納される。

20

【0695】

以下、第3から第9段の記憶領域についても、変換検査行列H'に対応付けてデータが格納される。

【0696】

FIFO300₃ないし300₆も同様に変換検査行列H'に対応付けてデータを格納する。

【0697】

枝データ格納用メモリ304は、変換検査行列H'の列数90を、構成行列の列数(パラレルファクタP)である5で割った18個のFIFO304₁ないし304₁₈から構成されている。FIFO304_x(x=1,2,...,18)は、複数の段数の記憶領域からなり、各段の記憶領域については、構成行列の行数及び列数(パラレルファクタP)である5つの枝に対応するメッセージを同時に読み出すこと、及び、書き込むことができるようになっている。

30

【0698】

FIFO304₁には、図132の変換検査行列H'の第1列目から第5列目までの1の位置に対応するデータ(チェックノードからのメッセージu_j)が、各列共に縦方向に詰めた形に(0を無視した形で)格納される。すなわち、FIFO304₁の第1段の記憶領域には、変換検査行列H'の(1,1)から(5,5)の5×5の単位行列の1の位置に対応するデータが格納される。第2段の記憶領域には、変換検査行列H'の(6,1)から(10,5)の和行列(5×5の単位行列を右に1つだけサイクリックシフトした第1のシフト行列と、右に2つだけサイクリックシフトした第2のシフト行列との和である和行列)を構成する第1のシフト行列の1の位置に対応するデータが格納される。また、第3段の記憶領域には、変換検査行列H'の(6,1)から(10,5)の和行列を構成する第2のシフト行列の1の位置に対応するデータが格納される。

40

【0699】

すなわち、重みが2以上の構成行列については、その構成行列を、重みが1であるP×Pの単位行列、単位行列の要素の1のうち1個以上が0になった準単位行列、又は単位行列もしくは準単位行列をサイクリックシフトしたシフト行列のうちの複数の和の形で表現したときの、その重みが1の単位行列、準単位行列、又はシフト行列の1の位置に対応するデータ(単位行列、準単位行列、又はシフト行列に属する枝に対応するメッセージ)は、同

50

ーアドレス (FIFO 3 0 4₁ないし 3 0 4₁₈のうちの同一のFIFO) に格納される。

【 0 7 0 0 】

以下、第 4 及び第 5 段の記憶領域についても、変換検査行列 H' に対応付けて、データが格納される。この FIFO 3 0 4₁ の記憶領域の段数は、変換検査行列 H' の第 1 列から第 5 列における行方向の 1 の数 (ハミング重み) の最大数である 5 になっている。

【 0 7 0 1 】

FIFO 3 0 4₂ と 3 0 4₃ も同様に変換検査行列 H' に対応付けてデータを格納し、それぞれの長さ (段数) は、5 である。FIFO 3 0 4₄ ないし 3 0 4₁₂ も同様に、変換検査行列 H' に対応付けてデータを格納し、それぞれの長さは 3 である。FIFO 3 0 4₁₃ ないし 3 0 4₁₈ も同様に、変換検査行列 H' に対応付けてデータを格納し、それぞれの長さは 2 である。

10

【 0 7 0 2 】

次に、図 1 3 3 の復号装置の動作について説明する。

【 0 7 0 3 】

枝データ格納用メモリ 3 0 0 は、6 つの FIFO 3 0 0₁ ないし 3 0 0₆ からなり、前段のサイクリックシフト回路 3 0 8 から供給される 5 つのメッセージ D311 が、図 1 3 2 の変換検査行列 H' のどの行に属するかの情報 (Matrix データ) D312 に従って、データを格納する FIFO を、FIFO 3 0 0₁ ないし 3 0 0₆ の中から選び、選んだ FIFO に 5 つのメッセージ D311 をまとめて順番に格納していく。また、枝データ格納用メモリ 3 0 0 は、データを読み出す際には、FIFO 3 0 0₁ から 5 つのメッセージ D300₁ を順番に読み出し、次段のセクタ 3 0 1 に供給する。枝データ格納用メモリ 3 0 0 は、FIFO 3 0 0₁ からのメッセージの読み出しの終了後、FIFO 3 0 0₂ ないし 3 0 0₆ からも、順番に、メッセージを読み出し、セクタ 3 0 1 に供給する。

20

【 0 7 0 4 】

セクタ 3 0 1 は、セレクト信号 D301 に従って、FIFO 3 0 0₁ ないし 3 0 0₆ のうちの、現在データが読み出されている FIFO からの 5 つのメッセージを選択し、メッセージ D302 として、チェックノード計算部 3 0 2 に供給する。

【 0 7 0 5 】

チェックノード計算部 3 0 2 は、5 つのチェックノード計算器 3 0 2₁ ないし 3 0 2₅ からなり、セクタ 3 0 1 を通して供給されるメッセージ D302 (D302₁ ないし D302₅) (式 (7) のメッセージ v_i) を用いて、式 (7) に従ってチェックノード演算を行い、そのチェックノード演算の結果得られる 5 つのメッセージ D303 (D303₁ ないし D303₅) (式 (7) のメッセージ u_j) をサイクリックシフト回路 3 0 3 に供給する。

30

【 0 7 0 6 】

サイクリックシフト回路 3 0 3 は、チェックノード計算部 3 0 2 で求められた 5 つのメッセージ D303₁ ないし D303₅ を、対応する枝が変換検査行列 H' において元となる単位行列 (又は準単位行列) を幾つサイクリックシフトしたものであるかの情報 (Matrix データ) D305 を元にサイクリックシフトし、その結果をメッセージ D304 として、枝データ格納用メモリ 3 0 4 に供給する。

【 0 7 0 7 】

枝データ格納用メモリ 3 0 4 は、18 個の FIFO 3 0 4₁ ないし 3 0 4₁₈ からなり、前段のサイクリックシフト回路 3 0 3 から供給される 5 つのメッセージ D304 が変換検査行列 H' のどの行に属するかの情報 D305 に従って、データを格納する FIFO を、FIFO 3 0 4₁ ないし 3 0 4₁₈ の中から選び、選んだ FIFO に 5 つのメッセージ D304 をまとめて順番に格納していく。また、枝データ格納用メモリ 3 0 4 は、データを読み出す際には、FIFO 3 0 4₁ から 5 つのメッセージ D306₁ を順番に読み出し、次段のセクタ 3 0 5 に供給する。枝データ格納用メモリ 3 0 4 は、FIFO 3 0 4₁ からのデータの読み出しの終了後、FIFO 3 0 4₂ ないし 3 0 4₁₈ からも、順番に、メッセージを読み出し、セクタ 3 0 5 に供給する。

40

【 0 7 0 8 】

セクタ 3 0 5 は、セレクト信号 D307 に従って、FIFO 3 0 4₁ ないし 3 0 4₁₈ のうちの、現在データが読み出されている FIFO からの 5 つのメッセージを選択し、メッセージ D30

50

8として、バリエブルノード計算部307と復号語計算部309に供給する。

【0709】

一方、受信データ並べ替え部310は、通信路13を通して受信した、図130の検査行列Hに対応するLDPC符号D313を、式(12)の列置換を行うことにより並べ替え、受信データD314として、受信データ用メモリ306に供給する。受信データ用メモリ306は、受信データ並べ替え部310から供給される受信データD314から、受信LLR(対数尤度比)を計算して記憶し、その受信LLRを5個ずつまとめて受信値D309として、バリエブルノード計算部307と復号語計算部309に供給する。

【0710】

バリエブルノード計算部307は、5つのバリエブルノード計算器307₁ないし307₅からなり、セレクタ305を通して供給されるメッセージD308(D308₁ないしD308₅)(式(1)のメッセージ u_j)と、受信データ用メモリ306から供給される5つの受信値D309(式(1)の受信値 u_{0i})を用いて、式(1)に従ってバリエブルノード演算を行い、その演算の結果得られるメッセージD310(D310₁ないしD310₅)(式(1)のメッセージ v_i)を、サイクリックシフト回路308に供給する。

10

【0711】

サイクリックシフト回路308は、バリエブルノード計算部307で計算されたメッセージD310₁ないしD310₅を、対応する枝が変換検査行列H'において元となる単位行列(又は準単位行列)を幾つサイクリックシフトしたものであるかの情報を元にサイクリックシフトし、その結果をメッセージD311として、枝データ格納用メモリ300に供給する。

20

【0712】

以上の動作を1巡することで、LDPC符号の1回の復号(バリエブルノード演算及びチェックノード演算)を行うことができる。図133の復号装置は、所定の回数だけLDPC符号を復号した後、復号語計算部309及び復号データ並べ替え部311において、最終的な復号結果を求めて出力する。

【0713】

すなわち、復号語計算部309は、5つの復号語計算器309₁ないし309₅からなり、セレクタ305が出力する5つのメッセージD308(D308₁ないしD308₅)(式(5)のメッセージ u_j)と、受信データ用メモリ306から供給される5つの受信値D309(式(5)の受信値 u_{0i})を用い、複数回の復号の最終段として、式(5)に基づいて、復号結果(復号語)を計算して、その結果得られる復号データD315を、復号データ並べ替え部311に供給する。

30

【0714】

復号データ並べ替え部311は、復号語計算部309から供給される復号データD315を対象に、式(12)の列置換の逆置換を行うことにより、その順序を並べ替え、最終的な復号結果D316として出力する。

【0715】

以上のように、検査行列(元の検査行列)に対して、行置換と列置換のうちの一方又は両方を施し、 $P \times P$ の単位行列、その要素の1のうち1個以上が0になった準単位行列、単位行列もしくは準単位行列をサイクリックシフトしたシフト行列、単位行列、準単位行列、もしくはシフト行列の複数の和である和行列、 $P \times P$ の0行列の組合せ、つまり、構成行列の組み合わせで表すことができる検査行列(変換検査行列)に変換することで、LDPC符号の復号を、チェックノード演算とバリエブルノード演算を、検査行列の行数や列数より小さい数のP個同時に行うアーキテクチャを採用することが可能となる。ノード演算(チェックノード演算とバリエブルノード演算)を、検査行列の行数や列数より小さい数のP個同時に行うアーキテクチャを採用する場合、ノード演算を、検査行列の行数や列数に等しい数だけ同時に行う場合に比較して、動作周波数を実現可能な範囲に抑えて、多数の繰り返し復号を行うことができる。

40

【0716】

図127の受信装置12を構成するLDPCデコーダ166は、例えば、図133の復号装

50

置と同様に、チェックノード演算とバリエブルノード演算をP個同時に行うことで、LDPC復号を行うようになっている。

【0717】

すなわち、いま、説明を簡単にするために、図8の送信装置11を構成するLDPCエンコーダ115が出力するLDPC符号の検査行列が、例えば、図130に示した、パリティ行列が階段構造になっている検査行列Hであるとすると、送信装置11のパリティインターリーブ23では、 $K+qx+y+1$ 番目の符号ビットを、 $K+Py+x+1$ 番目の符号ビットの位置にインターリーブするパリティインターリーブが、情報長Kを60に、パラレルファクタPを5に、パリティ長Mの約数 $q(=M/P)$ を6に、それぞれ設定して行われる。

【0718】

このパリティインターリーブは、上述したように、式(12)の列置換に相当するから、LDPCデコーダ166では、式(12)の列置換を行う必要がない。

【0719】

このため、図127の受信装置12では、上述したように、グループワイズデインターリーブ55から、LDPCデコーダ166に対して、パリティデインターリーブが行われていないLDPC符号、つまり、式(12)の列置換が行われた状態のLDPC符号が供給され、LDPCデコーダ166では、式(12)の列置換を行わないことを除けば、図133の復号装置と同様の処理が行われる。

【0720】

すなわち、図134は、図127のLDPCデコーダ166の構成例を示す図である。

【0721】

図134において、LDPCデコーダ166は、図133の受信データ並べ替え部310が設けられていないことを除けば、図133の復号装置と同様に構成されており、式(12)の列置換が行われないことを除いて、図133の復号装置と同様の処理を行うため、その説明は省略する。

【0722】

以上のように、LDPCデコーダ166は、受信データ並べ替え部310を設けずに構成することができるので、図133の復号装置よりも、規模を削減することができる。

【0723】

なお、図130ないし図134では、説明を簡単にするために、LDPC符号の符号長Nを90と、情報長Kを60と、パラレルファクタ(構成行列の行数及び列数)Pを5と、パリティ長Mの約数 $q(=M/P)$ を6と、それぞれしたが、符号長N、情報長K、パラレルファクタP、及び約数 $q(=M/P)$ のそれぞれは、上述した値に限定されるものではない。

【0724】

すなわち、図8の送信装置11において、LDPCエンコーダ115が出力するのは、例えば、符号長Nを64800や、16200、69120、17280等と、情報長Kを $N-Pq(=N-M)$ と、パラレルファクタPを360と、約数qを M/P と、それぞれするLDPC符号であるが、図134のLDPCデコーダ166は、そのようなLDPC符号を対象として、チェックノード演算とバリエブルノード演算をP個同時に行うことで、LDPC復号を行う場合に適用可能である。

【0725】

また、LDPCデコーダ166でのLDPC符号の復号後、その復号結果のパリティの部分が必要であり、復号結果の情報ビットだけを出力する場合には、復号データ並べ替え部311なしで、LDPCデコーダ166を構成することができる。

【0726】

<ブロックデインターリーブ54の構成例>

【0727】

図135は、図128のブロックデインターリーブ54で行われるブロックデインターリーブを説明する図である。

【0728】

ブロックデインターリーブでは、図79で説明したブロックインターリーブ25のプロッ

10

20

30

40

50

クインターリーブと逆の処理が行われることで、LDPC符号の符号ビットの並びが元の並びに戻される（復元される）。

【0729】

すなわち、ブロックデインターリーブでは、例えば、ブロックインターリーブと同様に、シンボルのビット数 m に等しい m 個のカラムに対して、LDPC符号を書き込んで読み出すことにより、LDPC符号の符号ビットの並びが元の並びに戻される。

【0730】

但し、ブロックデインターリーブでは、LDPC符号の書き込みは、ブロックインターリーブにおいてLDPC符号を読み出す順に行われる。さらに、ブロックデインターリーブでは、LDPC符号の読み出しは、ブロックインターリーブにおいてLDPC符号を書き込む順に行われる。

10

【0731】

すなわち、LDPC符号のパート1については、図135に示すように、 m 個すべてのカラムの1行目から、ロウ方向に、 m ビットのシンボル単位になっているLDPC符号のパート1が書き込まれる。すなわち、 m ビットのシンボルとなっているLDPC符号の符号ビットが、ロウ方向に書き込まれる。

【0732】

m ビット単位でのパート1の書き込みは、 m 個のカラムの下の方に向かって順次行われ、パート1の書き込みが終了すると、図135に示すように、カラムの1番目のカラムユニットの上から下方向に、パート1を読み出すことが、左から右方向のカラムに向かって行われ

20

る。

右端のカラムまでの読み出しが終了すると、図135に示すように、左端のカラムに戻り、カラムの2番目のカラムユニットの上から下方向にパート1を読み出すことが、左から右方向のカラムに向かって行われ、以下、同様にして、1符号語のLDPC符号のパート1の読み出しが行われる。

【0734】

1符号語のLDPC符号のパート1の読み出しが終了すると、 m ビットのシンボル単位になっているパート2については、その m ビットのシンボル単位が、パート1の後に順次連結され、これにより、シンボル単位のLDPC符号は、元の1符号語のLDPC符号（ブロックインターリーブ前のLDPC符号）の符号ビットの並びに戻される。

30

【0735】

<ビットデインターリーブ165の他の構成例>

【0736】

図136は、図127のビットデインターリーブ165の他の構成例を示すブロック図である。

【0737】

なお、図中、図128の場合と対応する部分については、同一の符号を付してあり、以下では、その説明は、適宜省略する。

【0738】

すなわち、図136のビットデインターリーブ165は、パリティデインターリーブ1011が新たに設けられている他は、図128の場合と同様に構成されている。

40

【0739】

図136では、ビットデインターリーブ165は、ブロックデインターリーブ54、グループサイズデインターリーブ55、及び、パリティデインターリーブ1011から構成され、デマップ164からのLDPC符号の符号ビットのビットデインターリーブを行う。

【0740】

すなわち、ブロックデインターリーブ54は、デマップ164からのLDPC符号を対象として、送信装置11のブロックインターリーブ25が行うブロックインターリーブに対応するブロックデインターリーブ（ブロックインターリーブの逆の処理）、すなわち、プロ

50

ックインターリーブによって入れ替えられた符号ビットの位置を元の位置に戻すブロックデインターリーブを行い、その結果得られるLDPC符号を、グループワイズデインターリーブ55に供給する。

【0741】

グループワイズデインターリーブ55は、ブロックデインターリーブ54からのLDPC符号を対象として、送信装置11のグループワイズインターリーブ24が行う並び替え処理としてのグループワイズインターリーブに対応するグループワイズデインターリーブを行う。

【0742】

グループワイズデインターリーブの結果得られるLDPC符号は、グループワイズデインターリーブ55からパリティデインターリーブ1011に供給される。

10

【0743】

パリティデインターリーブ1011は、グループワイズデインターリーブ55でのグループワイズデインターリーブ後の符号ビットを対象として、送信装置11のパリティインターリーブ23が行うパリティインターリーブに対応するパリティデインターリーブ（パリティインターリーブの逆の処理）、すなわち、パリティインターリーブによって並びが変更されたLDPC符号の符号ビットを、元の並びに戻すパリティデインターリーブを行う。

【0744】

パリティデインターリーブの結果得られるLDPC符号は、パリティデインターリーブ1011からLDPCデコーダ166に供給される。

20

【0745】

したがって、図136のビットデインターリーブ165では、LDPCデコーダ166には、ブロックデインターリーブ、グループワイズデインターリーブ、及び、パリティデインターリーブが行われたLDPC符号、すなわち、検査行列Hに従ったLDPC符号化によって得られるLDPC符号が供給される。

【0746】

LDPCデコーダ166は、ビットデインターリーブ165からのLDPC符号のLDPC復号を、送信装置11のLDPCエンコーダ115がLDPC符号化に用いた検査行列Hを用いて行う。

【0747】

すなわち、LDPCデコーダ166は、タイプB方式については、ビットデインターリーブ165からのLDPC符号のLDPC復号を、送信装置11のLDPCエンコーダ115がLDPC符号化に用いた（タイプB方式の）検査行列Hそのものを用いて、又は、その検査行列Hに対して、パリティインターリーブに相当する列置換を少なくとも行って得られる変換検査行列を用いて行う。また、LDPCデコーダ166は、タイプA方式については、ビットデインターリーブ165からのLDPC符号のLDPC復号を、送信装置11のLDPCエンコーダ115がLDPC符号化に用いた（タイプA方式の）検査行列（図27）に列置換を施して得られる検査行列（図28）、又は、LDPC符号化に用いた検査行列（図27）に行置換を施して得られる変換検査行列（図29）を用いて行う。

30

【0748】

ここで、図136では、ビットデインターリーブ165（のパリティデインターリーブ1011）からLDPCデコーダ166に対して、検査行列Hに従ったLDPC符号化によって得られるLDPC符号が供給されるため、そのLDPC符号のLDPC復号を、送信装置11のLDPCエンコーダ115がLDPC符号化に用いたタイプB方式の検査行列Hそのもの、又は、LDPC符号化に用いたタイプA方式の検査行列（図27）に列置換を施して得られる検査行列（図28）を用いて行う場合には、LDPCデコーダ166は、例えば、メッセージ（チェックノードメッセージ、バリバブルノードメッセージ）の演算を1個のノードずつ順次行うフルシリアルデコーディング(full serial decoding)方式によるLDPC復号を行う復号装置や、メッセージの演算をすべてのノードについて同時（並列）に行うフルパラレルデコーディング(full parallel decoding)方式によるLDPC復号を行う復号装置で構成する

40

50

ことができる。

【0749】

また、LDPCデコーダ166において、LDPC符号のLDPC復号を、送信装置11のLDPCエンコーダ115がLDPC符号化に用いたタイプB方式の検査行列Hに対して、パリティインターリーブに相当する列置換を少なくとも行って得られる変換検査行列、又は、LDPC符号化に用いたタイプA方式の検査行列(図27)に行置換を施して得られる変換検査行列(図29)を用いて行う場合には、LDPCデコーダ166は、チェックノード演算、及びバリエーションノード演算を、P(又はPの1以外の約数)個同時に行うアーキテクチャの復号装置であって、変換検査行列を得るための列置換(パリティインターリーブ)と同様の列置換を、LDPC符号に施すことにより、そのLDPC符号の符号ビットを並び替える受信データ並べ替え部310を有する復号装置(図133)で構成することができる。

10

【0750】

なお、図136では、説明の便宜のため、ブロックデインターリーブを行うブロックデインターリーバ54、グループワイズデインターリーブを行うグループワイズデインターリーバ55、及び、パリティデインターリーブを行うパリティデインターリーバ1011それぞれを、別個に構成するようにしたが、ブロックデインターリーバ54、グループワイズデインターリーバ55、及び、パリティデインターリーバ1011の2以上は、送信装置11のパリティインターリーバ23、グループワイズインターリーバ24、及び、ブロックインターリーバ25と同様に、一体的に構成することができる。

【0751】

<受信システムの構成例>

20

【0752】

図137は、受信装置12を適用可能な受信システムの第1の構成例を示すブロック図である。

【0753】

図137において、受信システムは、取得部1101、伝送路復号処理部1102、及び、情報源復号処理部1103から構成される。

【0754】

取得部1101は、番組の画像データや音声データ等のLDPC対象データを、少なくともLDPC符号化することで得られるLDPC符号を含む信号を、例えば、地上デジタル放送、衛星デジタル放送、CATV網、インターネットその他のネットワーク等の、図示せぬ伝送路(通信路)を介して取得し、伝送路復号処理部1102に供給する。

30

【0755】

ここで、取得部1101が取得する信号が、例えば、放送局から、地上波や、衛星波、CATV(Cable Television)網等を介して放送されてくる場合には、取得部1101は、チューナやSTB(Set Top Box)等で構成される。また、取得部1101が取得する信号が、例えば、webサーバから、IPTV(Internet Protocol Television)のようにマルチキャストで送信されてくる場合には、取得部1101は、例えば、NIC(Network Interface Card)等のネットワークI/F(Interface)で構成される。

【0756】

伝送路復号処理部1102は、受信装置12に相当する。伝送路復号処理部1102は、取得部1101が伝送路を介して取得した信号に対して、伝送路で生じる誤りを訂正する処理を少なくとも含む伝送路復号処理を施し、その結果得られる信号を、情報源復号処理部1103に供給する。

40

【0757】

すなわち、取得部1101が伝送路を介して取得した信号は、伝送路で生じる誤りを訂正するための誤り訂正符号化を、少なくとも行うことで得られた信号であり、伝送路復号処理部1102は、そのような信号に対して、例えば、誤り訂正処理等の伝送路復号処理を施す。

【0758】

50

ここで、誤り訂正符号化としては、例えば、LDPC符号化や、BCH符号化等がある。ここでは、誤り訂正符号化として、少なくとも、LDPC符号化が行われている。

【0759】

また、伝送路復号処理には、変調信号の復調等が含まれることがある。

【0760】

情報源復号処理部1103は、伝送路復号処理が施された信号に対して、圧縮された情報を元の情報に伸張する処理を少なくとも含む情報源復号処理を施す。

【0761】

すなわち、取得部1101が伝送路を介して取得した信号には、情報としての画像や音声等のデータ量を少なくするために、情報を圧縮する圧縮符号化が施されていることがあり、その場合、情報源復号処理部1103は、伝送路復号処理が施された信号に対して、圧縮された情報を元の情報に伸張する処理(伸張処理)等の情報源復号処理を施す。

10

【0762】

なお、取得部1101が伝送路を介して取得した信号に、圧縮符号化が施されていない場合には、情報源復号処理部1103では、圧縮された情報を元の情報に伸張する処理は行われない。

【0763】

ここで、伸張処理としては、例えば、MPEGデコード等がある。また、伝送路復号処理には、伸張処理の他、デスクランブル等が含まれることがある。

【0764】

以上のように構成される受信システムでは、取得部1101において、例えば、画像や音声等のデータに対して、MPEG符号化等の圧縮符号化が施され、さらに、LDPC符号化等の誤り訂正符号化が施された信号が、伝送路を介して取得され、伝送路復号処理部1102に供給される。

20

【0765】

伝送路復号処理部1102では、取得部1101からの信号に対して、例えば、受信装置12が行うのと同様の処理等が、伝送路復号処理として施され、その結果得られる信号が、情報源復号処理部1103に供給される。

【0766】

情報源復号処理部1103では、伝送路復号処理部1102からの信号に対して、MPEGデコード等の情報源復号処理が施され、その結果得られる画像、又は音声が出力される。

30

【0767】

以上のような図137の受信システムは、例えば、デジタル放送としてのテレビジョン放送を受信するテレビチューナ等に適用することができる。

【0768】

なお、取得部1101、伝送路復号処理部1102、及び、情報源復号処理部1103は、それぞれ、1つの独立した装置(ハードウェア(IC(Integrated Circuit)等)、又はソフトウェアモジュール)として構成することが可能である。

【0769】

また、取得部1101、伝送路復号処理部1102、及び、情報源復号処理部1103については、取得部1101と伝送路復号処理部1102とのセットや、伝送路復号処理部1102と情報源復号処理部1103とのセット、取得部1101、伝送路復号処理部1102、及び、情報源復号処理部1103のセットを、1つの独立した装置として構成することが可能である。

40

【0770】

図138は、受信装置12を適用可能な受信システムの第2の構成例を示すブロック図である。

【0771】

なお、図中、図137の場合と対応する部分については、同一の符号を付してあり、以下では、その説明は、適宜省略する。

50

【 0 7 7 2 】

図 1 3 8 の受信システムは、取得部 1 1 0 1、伝送路復号処理部 1 1 0 2、及び、情報源復号処理部 1 1 0 3 を有する点で、図 1 3 7 の場合と共通し、出力部 1 1 1 1 が新たに設けられている点で、図 1 3 7 の場合と相違する。

【 0 7 7 3 】

出力部 1 1 1 1 は、例えば、画像を表示する表示装置や、音声を出力するスピーカであり、情報源復号処理部 1 1 0 3 から出力される信号としての画像や音声等を入力する。すなわち、出力部 1 1 1 1 は、画像を表示し、あるいは、音声を出力する。

【 0 7 7 4 】

以上のような図 1 3 8 の受信システムは、例えば、デジタル放送としてのテレビジョン放送を受信するTV（テレビジョン受像機）や、ラジオ放送を受信するラジオ受信機等に適用することができる。

10

【 0 7 7 5 】

なお、取得部 1 1 0 1 において取得された信号に、圧縮符号化が施されていない場合には、伝送路復号処理部 1 1 0 2 が出力する信号が、出力部 1 1 1 1 に供給される。

【 0 7 7 6 】

図 1 3 9 は、受信装置 1 2 を適用可能な受信システムの第 3 の構成例を示すブロック図である。

【 0 7 7 7 】

なお、図中、図 1 3 7 の場合と対応する部分については、同一の符号を付してあり、以下では、その説明は、適宜省略する。

20

【 0 7 7 8 】

図 1 3 9 の受信システムは、取得部 1 1 0 1、及び、伝送路復号処理部 1 1 0 2 を有する点で、図 1 3 7 の場合と共通する。

【 0 7 7 9 】

但し、図 1 3 9 の受信システムは、情報源復号処理部 1 1 0 3 が設けられておらず、記録部 1 1 2 1 が新たに設けられている点で、図 1 3 7 の場合と相違する。

【 0 7 8 0 】

記録部 1 1 2 1 は、伝送路復号処理部 1 1 0 2 が出力する信号（例えば、MPEGのTSのTSパケット）を、光ディスクや、ハードディスク（磁気ディスク）、フラッシュメモリ等の記録（記憶）媒体に記録する（記憶させる）。

30

【 0 7 8 1 】

以上のような図 1 3 9 の受信システムは、テレビジョン放送を録画するレコーダ等に適用することができる。

【 0 7 8 2 】

なお、図 1 3 9 において、受信システムは、情報源復号処理部 1 1 0 3 を設けて構成し、情報源復号処理部 1 1 0 3 で、情報源復号処理が施された後の信号、すなわち、デコードによって得られる画像や音声を、記録部 1 1 2 1 で記録することができる。

【 0 7 8 3 】

< コンピュータの一実施の形態 >

40

【 0 7 8 4 】

次に、上述した一連の処理は、ハードウェアにより行うこともできるし、ソフトウェアにより行うこともできる。一連の処理をソフトウェアによって行う場合には、そのソフトウェアを構成するプログラムが、汎用のコンピュータ等にインストールされる。

【 0 7 8 5 】

そこで、図 1 4 0 は、上述した一連の処理を実行するプログラムがインストールされるコンピュータの一実施の形態の構成例を示している。

【 0 7 8 6 】

プログラムは、コンピュータに内蔵されている記録媒体としてのハードディスク 7 0 5 や ROM 7 0 3 に予め記録しておくことができる。

50

【0787】

あるいはまた、プログラムは、フレキシブルディスク、CD-ROM(Compact Disc Read Only Memory)、MO(Magneto Optical)ディスク、DVD(Digital Versatile Disc)、磁気ディスク、半導体メモリなどのリムーバブル記録媒体711に、一時的あるいは永続的に格納(記録)しておくことができる。このようなリムーバブル記録媒体711は、いわゆるパッケージソフトウエアとして提供することができる。

【0788】

なお、プログラムは、上述したようなリムーバブル記録媒体711からコンピュータにインストールする他、ダウンロードサイトから、デジタル衛星放送用の人工衛星を介して、コンピュータに無線で転送したり、LAN(Local Area Network)、インターネットといったネットワークを介して、コンピュータに有線で転送し、コンピュータでは、そのようにして転送されてくるプログラムを、通信部708で受信し、内蔵するハードディスク705にインストールすることができる。

10

【0789】

コンピュータは、CPU(Central Processing Unit)702を内蔵している。CPU702には、バス701を介して、入出力インタフェース710が接続されており、CPU702は、入出力インタフェース710を介して、ユーザによって、キーボードや、マウス、マイク等で構成される入力部707が操作等されることにより指令が入力されると、それに従って、ROM(Read Only Memory)703に格納されているプログラムを実行する。あるいは、また、CPU702は、ハードディスク705に格納されているプログラム、衛星若しくはネットワークから転送され、通信部708で受信されてハードディスク705にインストールされたプログラム、又はドライブ709に装着されたリムーバブル記録媒体711から読み出されてハードディスク705にインストールされたプログラムを、RAM(Random Access Memory)704にロードして実行する。これにより、CPU702は、上述したフローチャートに従った処理、あるいは上述したブロック図の構成により行われる処理を行う。そして、CPU702は、その処理結果を、必要に応じて、例えば、入出力インタフェース710を介して、LCD(Liquid Crystal Display)やスピーカ等で構成される出力部706から出力、あるいは、通信部708から送信、さらには、ハードディスク705に記録等させる。

20

【0790】

ここで、本明細書において、コンピュータに各種の処理を行わせるためのプログラムを記述する処理ステップは、必ずしもフローチャートとして記載された順序に沿って時系列に処理する必要はなく、並列的あるいは個別に実行される処理(例えば、並列処理あるいはオブジェクトによる処理)も含むものである。

30

【0791】

また、プログラムは、1つのコンピュータにより処理されるものであっても良いし、複数のコンピュータによって分散処理されるものであっても良い。さらに、プログラムは、遠方のコンピュータに転送されて実行されるものであっても良い。

【0792】

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

40

【0793】

例えば、上述した新LDPC符号(の検査行列初期値テーブル)やGWパターンは、衛星回線や、地上波、ケーブル(有線回線)、その他の通信路13(図7)について用いることができる。さらに、新LDPC符号やGWパターンは、デジタル放送以外のデータ伝送にも用いることができる。

【0794】

また、本明細書では、説明を分かりやすくするため、LDPCエンコーダ115(図8)が、検査行列に基づいて、LDPC符号への符号化を行うこととしたが、検査行列と、検査行列初期値テーブルとは等価な情報であり、検査行列に基づいて、LDPC符号への符号化を

50

行うことには、検査行列初期値テーブルに基づいて、LDPC符号への符号化を行うことが含まれる。同様に、LDPCデコーダ166（図127）において、検査行列に基づいて、LDPC符号の復号を行うことには、検査行列初期値テーブルに基づいて、LDPC符号の復号を行うことが含まれる。

【0795】

なお、本明細書に記載された効果はあくまで例示であって限定されるものではなく、他の効果があってもよい。

【符号の説明】

【0796】

11 送信装置, 12 受信装置, 23 パリティインターリーバ, 24 グループワイズインターリーバ, 25 ブロックインターリーバ, 54 ブロックデインターリーバ, 55 グループワイズデインターリーバ, 111 モードアダプテーション/マルチプレクサ, 112 パダー, 113 BBスクランブラ, 114 BCHエンコーダ, 115 LDPCエンコーダ, 116 ビットインターリーバ, 117 マップ, 118 時間インターリーバ, 119 SISO/MISOエンコーダ, 120 周波数インターリーバ, 121 BCHエンコーダ, 122 LDPCエンコーダ, 123 マップ, 124 周波数インターリーバ, 131 フレームビルダ/リソースアロケーション部 132 OFDM生成部, 151 OFDM処理部, 152 フレーム管理部, 153 周波数デインターリーバ, 154 デマップ, 155 LDPCデコーダ, 156 BCHデコーダ, 161 周波数デインターリーバ, 162 SISO/MISOデコーダ, 163 時間デインターリーバ, 164 デマップ, 165 ビットデインターリーバ, 166 LDPCデコーダ, 167 BCHデコーダ, 168 BBデスクランブラ, 169 ノル削除部, 170 デマルチプレクサ, 300 枝データ格納用メモリ, 301 セレクタ, 302 チェックノード計算部, 303 サイクリックシフト回路, 304 枝データ格納用メモリ, 305 セレクタ, 306 受信データ用メモリ, 307 バリアブルノード計算部, 308 サイクリックシフト回路, 309 復号語計算部, 310 受信データ並べ替え部, 311 復号データ並べ替え部, 601 符号化処理部, 602 記憶部, 611 符号化率設定部, 612 初期値テーブル読み出し部, 613 検査行列生成部, 614 情報ビット読み出し部, 615 符号化パリティ演算部, 616 制御部, 701 バス, 702 CPU, 703 ROM, 704 RAM, 705 ハードディスク, 706 出力部, 707 入力部, 708 通信部, 709 ドライブ, 710 入出力インタフェース, 711, リムーバブル記録媒体, 1001 逆入れ替え部, 1002 メモリ, 1011 パリティデインターリーバ, 1101 取得部, 1101 伝送路復号処理部, 1103 情報源復号処理部, 1111 出力部, 1121 記録部

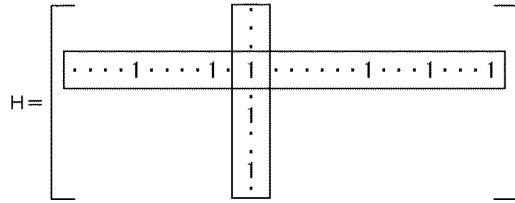
40

50

【図面】

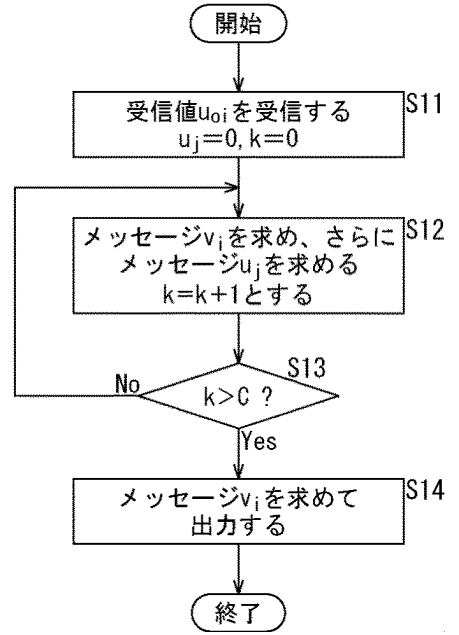
【図 1】

FIG. 1



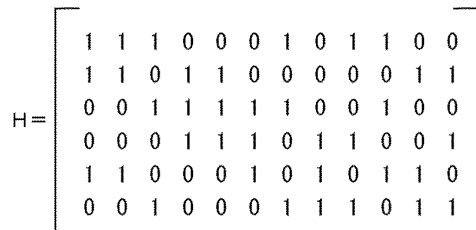
【図 2】

FIG. 2



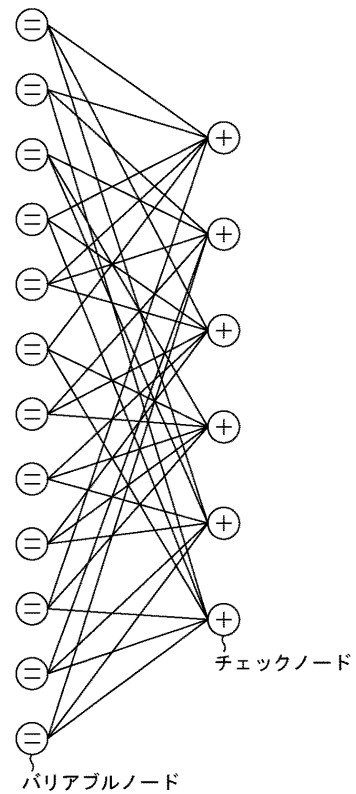
【図 3】

FIG. 3



【図 4】

FIG. 4



10

20

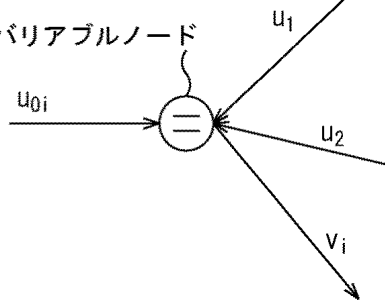
30

40

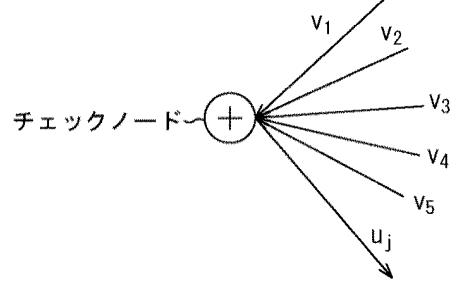
50

【図5】
FIG. 5

バリアブルノード

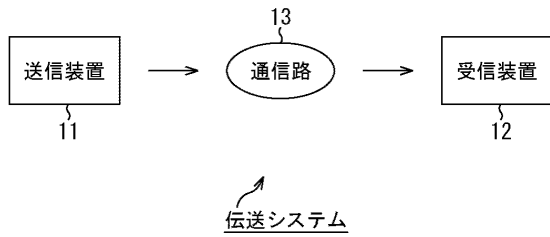


【図6】
FIG. 6

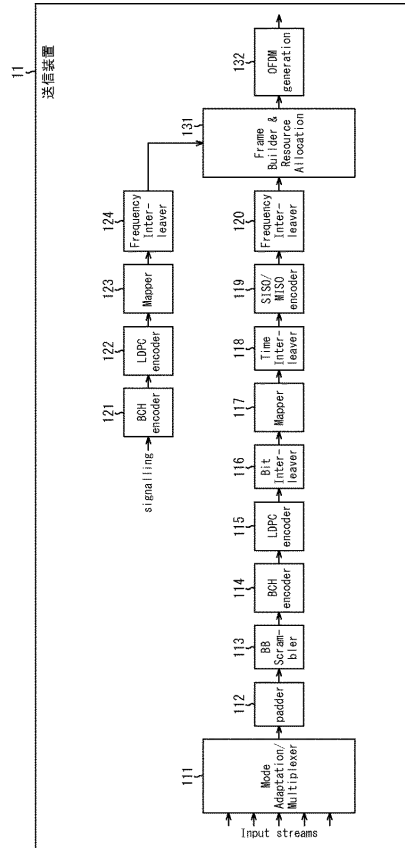


10

【図7】
FIG. 7



【図8】
FIG. 8



20

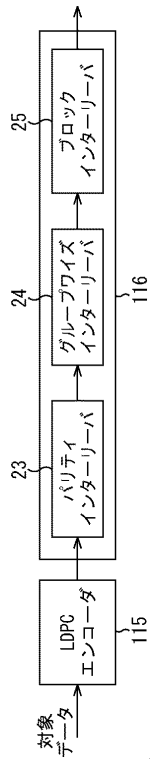
30

40

50

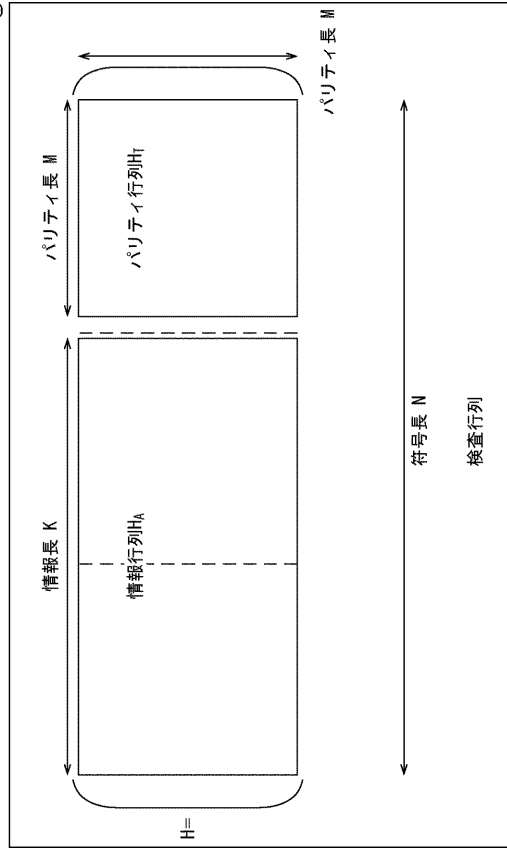
【図 9】

FIG. 9



【図 10】

FIG. 10

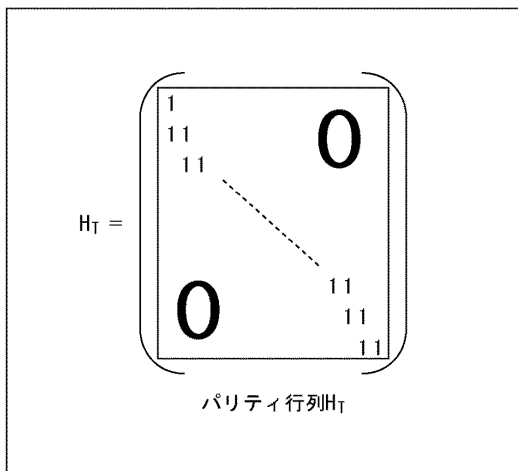


10

20

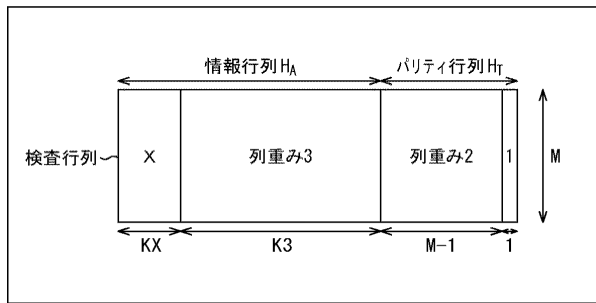
【図 11】

FIG. 11



【図 12】

FIG. 12



30

40

50

【図 13】

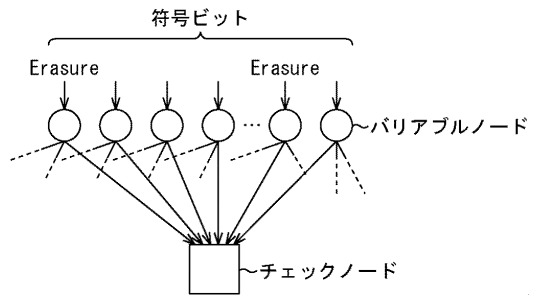
FIG.13

Nominal 符号化率	N=64800				N=16200			
	X	KX	K3	M	X	KX	K3	M
1/4	12	5400	10800	48600	12	1440	1800	12960
1/3	12	7200	14400	43200	12	1800	3600	10800
2/5	12	8640	17280	38880	12	2160	4320	9720
1/2	8	12960	19440	32400	8	1800	5400	9000
3/5	12	12960	25920	25920	12	3240	6480	6480
2/3	13	4320	38880	21600	13	1080	9720	5400
3/4	12	5400	43200	16200	12	360	11520	4320
4/5	11	6480	45360	12960	-	0	12600	3600
5/6	13	5400	48600	10800	13	360	12960	2880
8/9	4	7200	50400	7200	4	1800	12600	1800
9/10	4	6480	51840	6480	-	-	-	-

各列重みの
列数

【図 14】

FIG.14

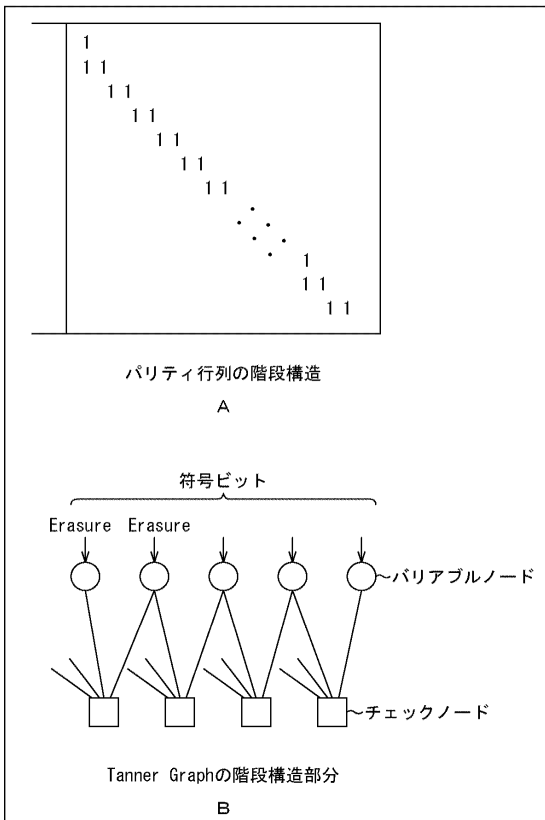


10

20

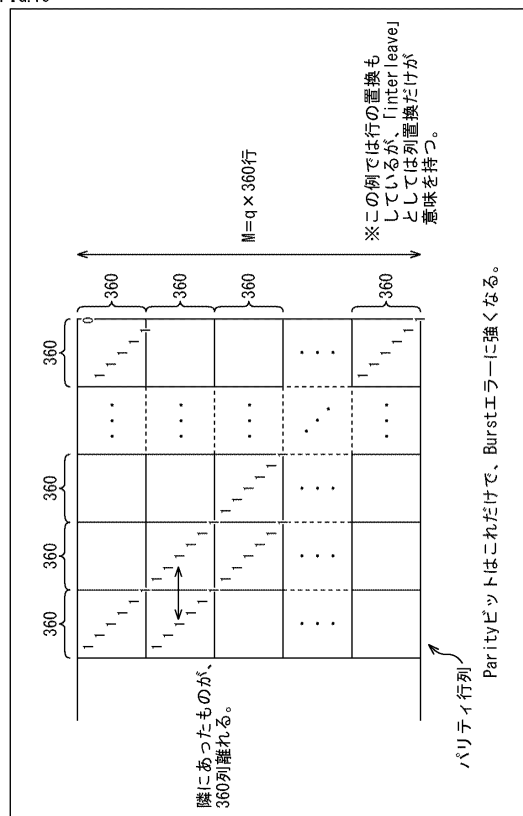
【図 15】

FIG.15



【図 16】

FIG.16



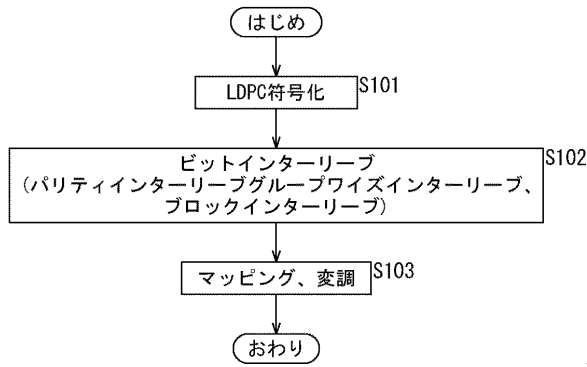
30

40

50

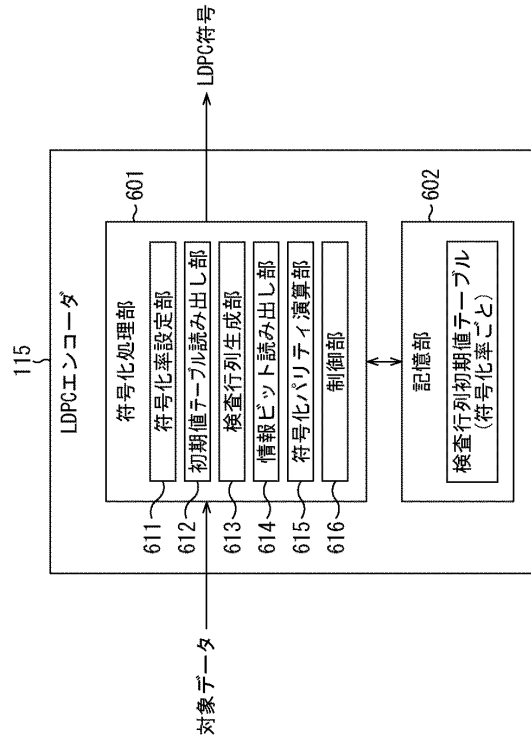
【図 17】

FIG. 17



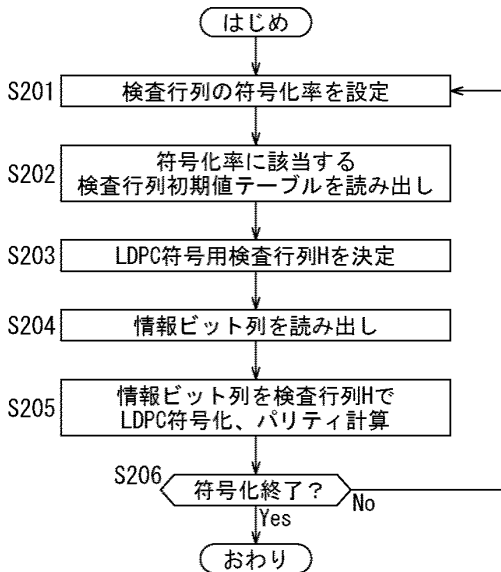
【図 18】

FIG. 18



【図 19】

FIG. 19



【図 20】

FIG. 20

r1/4 16K

6295	9626	304	7695	4839	4936	1660	144	11203	5567	6347	12557
10691	4988	3859	3734	3071	3494	7687	10313	5964	8069	8296	11090
10774	3613	5208	11177	7676	3549	8746	6583	7239	12265	2674	4292
11869	3708	5981	8718	4908	10650	6805	3334	2627	10461	9285	11120
7844	3079	10773									
3385	10854	5747									
1360	12010	12202									
6189	4241	2343									
9840	12726	4977									

10

20

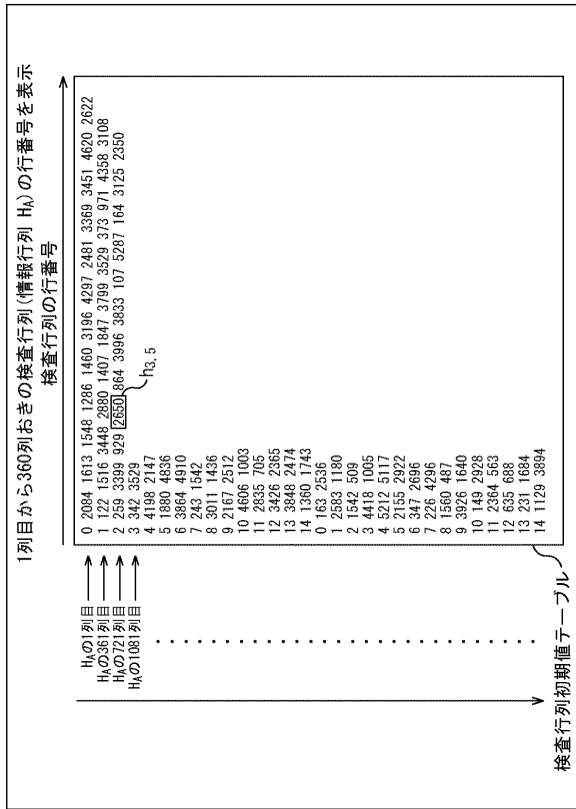
30

40

50

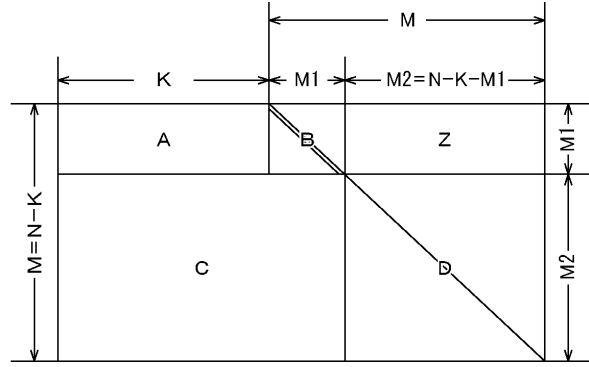
【図 2 1】

FIG. 21



【図 2 2】

FIG. 22



10

20

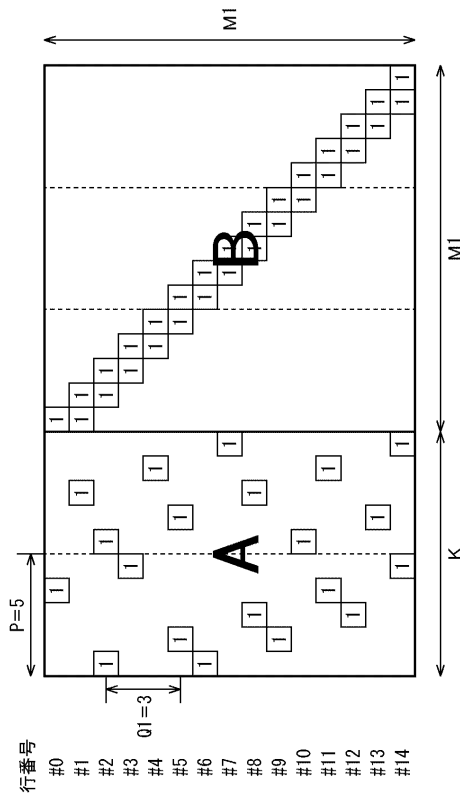
【図 2 3】

FIG. 23

2	6	18
2	10	19
22		
19		
15		

【図 2 4】

FIG. 24



30

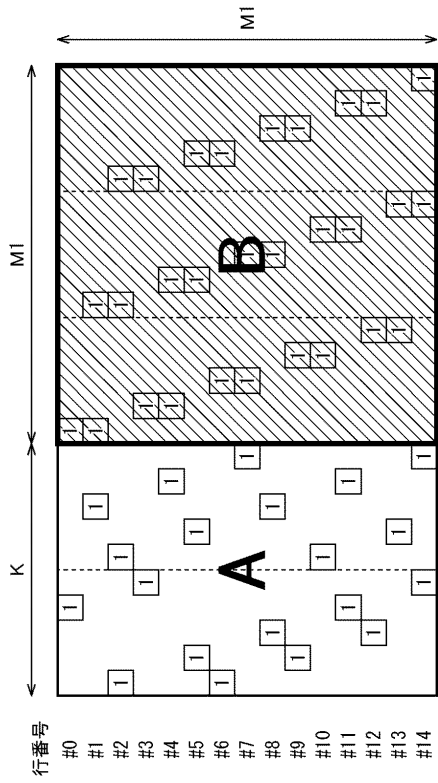
40

- 行番号 #0
- #1
- #2
- #3
- #4
- #5
- #6
- #7
- #8
- #9
- #10
- #11
- #12
- #13
- #14

50

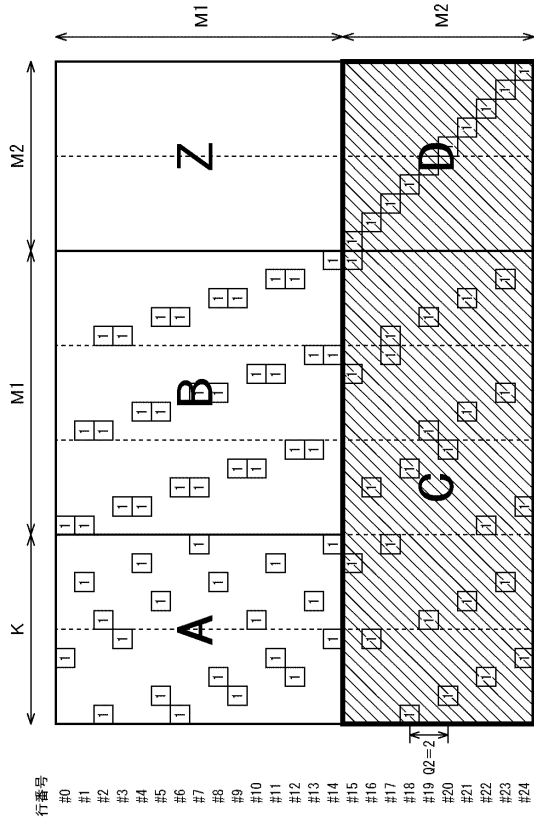
【図 25】

FIG. 25



【図 26】

FIG. 26

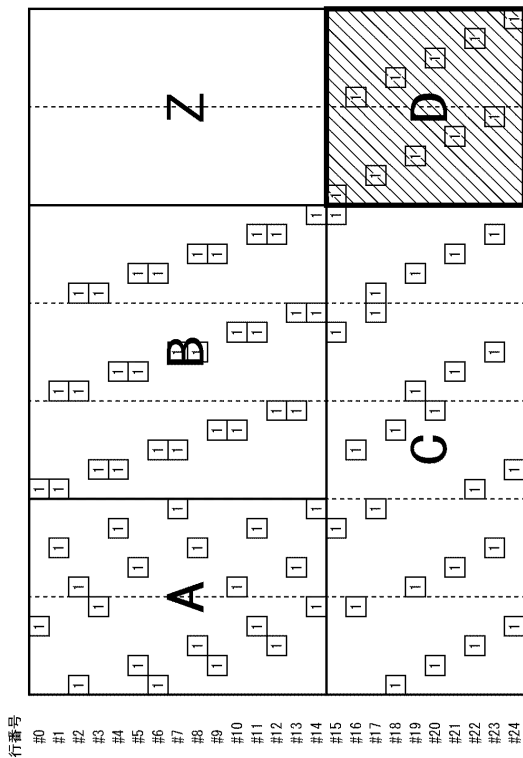


10

20

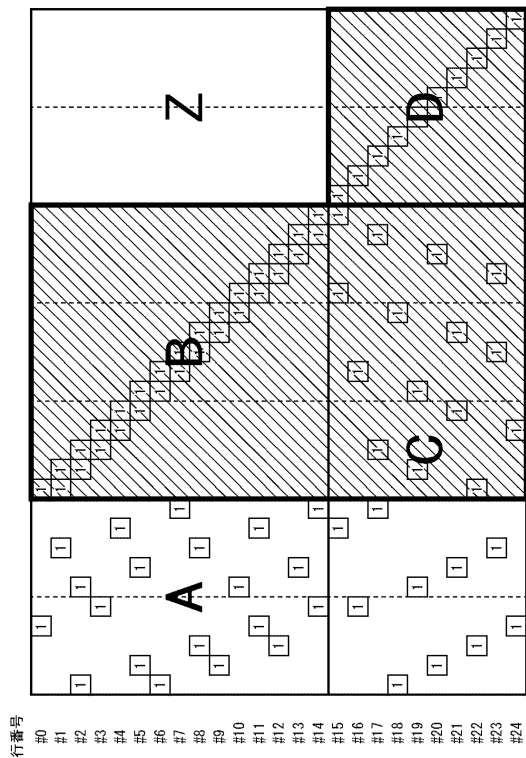
【図 27】

FIG. 27



【図 28】

FIG. 28



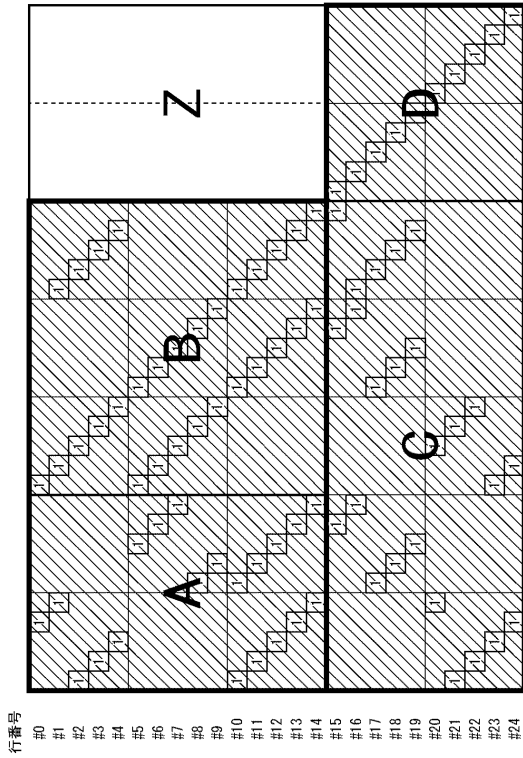
30

40

50

【図 29】

FIG. 29



【図 30】

FIG. 30

Rate 2/16 17k TypeA符号テーブル	
485	1444 1737 3762 7283 10663
181	1563 1623 3902 12647
1077	1216 1709 11264 13865
303	1225 1369 13470 14991
1067	1226 1795 2169 2507 2677 2727 2773 3609 3926 3996 4192 5004 5921 6134
6385	7419 7595 7821 8996 9413 10318 10557 10886 11307 11599 12641 13430
101	1264 1427 1860 2032 2063 3143 3156 4227 4554 4732 5165 5447 5902 6145
6721	7170 8660 8833 9081 9643 9800 10233 11723 12547 13124 14196 14723
3403	3678 5842 7967 8991 9220 9663 10299 10343 10550
1951	2354 3899 4774 7602 9120 9666 11048 14327 15089
2588	3047 4252 4831 5220 5487 5626 6380 9410 10618
2261	2295 5693 6711 6789 8342 11569 11943 12826 14312
3441	5287 7665 7864 8134 8446 10920 11625 12710 13309

10

20

【図 31】

FIG. 31

Rate 3/16 17k TypeA符号テーブル	
10	1155 1332 1608 8228 8253 11662
483	1297 1433 4678 5776 10410 13553
862	967 1036 1842 2950 10129 12042
258	872 1037 7129 9442 9491 10644
215	260 590 6003 7554 10499
197	521 1190 1670 3696 4410 4436 4686 5350 5651 7397 7503 8553 9844 10729
11421	11605 11742 11835 12338 12422
288	560 1427 1492 1932 3255 4508 4628 5259 5881 6136 8019 8152 8192 8230 8669
8880	10289 11160 11665 12374
694	1175 1205 2363 2756 2962 3097 3374 4268 4811 6072 6393 6942 9514 9733
10681	11081 11360 12386 13467 13980
25	1200 1266 3036 3441 4940 5161 5254 7231 7585 8088 9414 10217 10349 10409
11177	12151 12497 12934 13123 14029
2599	5475 6890 7755 8567 9088 11980
2708	2836 6062 6328 8890 9831 11173
2522	2634 4989 6831 9523 10731 12107
4738	5653 7862 11986 12773 12839 13045

【図 32】

FIG. 32

Rate 4/16 17k TypeA符号テーブル	
478	512 714 1103 3052 4701 6654 7690 7824 11154 11948 12493
73	155 855 1758 2467 4962 5168 5785 7323 11891 12232
41	433 636 1280 2182 2342 2768 3511 7654 8802 9938
196	434 672 5407 6013 7349 8268 8640 9257 9675 11987
23	543 562 1355 2157 3037 6464 8139 10004 10047 12628
743	900 982 3188 5095 7926 8936 10387 10419 11190 12422
102	647 1000 3957 4826 5892 8640 8655 11125 11210 12955
273	652 788 1958 2647 4003 5015 6364 9191 9966 10147
372	566 772 7093 7353 8285 8592 9651 11787 12190 12376
33	257 943 3805 5647
196	681 983 9412 11567
59	720 1009 2814 12177
1148	1691 2098 2308 2328 3860 4055 6680 6822 7271 8041 8748 9723 10748 12636
12730	12865
1827	2104 3047 3338 5151 5312 5452 6563 8783 8998 9056 10576 10679 10817
12032	12681 12822
1948	2778 3225 4292 5260 5874 6550 6773 7369 7627 8500 9799 10247 11775 12207
12324	12891

30

40

【 図 3 7 】

FIG. 37

Rate 8/16 17k TypeB符号テーブル

516	1070	1128	1352	1441	1482	2437	5049	5157	5266	5585	5716	6907	8094				
299	4342	4520	4988	5163	5453	5731	5752	6985	7155	8031	8407	8519	8618				
178	181	743	814	1188	1313	1384	1769	1838	1930	1968	2123	2487	2497	2829	2852		
3220	3245	3936	4054	4358	4397	4482	4514	4567	4711	4785	5217	6030	6747	7127	7254		
7845	8552	125	430	594	628	641	740	1895	2007	2148	2363	2790	2920	3158	3493	3768	3805
3896	5067	5103	5121	5292	5764	5857	5948	6338	6523	6578	6880	7303	7557	8242	8371	8387	8634
1631	2139	2453	2544	5442	6255	127	2676	3774	4289	5764	7450	1270	1856	2025	2065	3259	7787
645	1648	5077	6644	6650	8198	485	904	4510	624	4137	7388	724	4865	8587	1247	4729	6266
5604	6147	6898	63	4763	6319	930	6174	7453	981	2960	8486	4286	4304	8058	1460	6205	7561
2339	2998	8002	1824	6660	8286	4264	5378	7779	4145	6343	8515	5007	6959	7845	1853	6196	8289

【 図 3 8 】

FIG. 38

Rate 9/16 17k TypeB符号テーブル

291	817	1023	1118	1168	1195	1419	1763	2507	3005	3886	3952	4046	4924	5372	5586															
5742	5925	6080	6157	6301	6600	6644	7052	7093	7105	7487	133	565	957	1018	1150	1196	1210	1224	1361	1484	2330	2448	2525	2583	2639	3198				
3407	3504	4272	4383	5133	5399	5421	5545	6972	7156	129	365	541	1026	1199	1527	2467	3386	3458	4215	4438	4778	5176	5484	5521	5540					
5788	6103	6287	6360	6605	6745	6973	7251	7329	7336	996	1392	2493	2910	3048	3281	4969	5189	5632	6236	6983	165	2521	2650	2824	3493	4637	5670	6470		
266	345	390	2365	2843	3274	4321	5165	245	2173	2274	2687	3763	4284	5562	6564	2787	2970	3503	691	3718	5047	593	969	3593	331	3809	6269	1627	2886	5935
1046	2976	4457	4725	6028	6458	6172	6610	7530	1536	7102	7148	233	2463	4955	826	4319	6969	3073	6675	6774	407	4251	7087	1380	3802	4937	1911	4360	6306	
4027	6219	7292	398	1190	1936	250	830	7241	5500	5828	7478	1261	4649	7237																

10

20

【 図 3 9 】

FIG. 39

Rate 10/16 17k TypeB符号テーブル

579	608	613	760	795	839	910	1895	2239	2535	2670	2871	3127	3316	3779	3829	3936													
4454	4772	4926	6048	6166	6352	263	291	694	1172	1232	1925	2657	3037	3057	3400	3550	3812	4185	4325	5202	5441								
5479	5640	5864	5892	6154	6157	6227	527	601	1254	1476	1760	2070	2099	2725	2961	3529	3591	4324	4393	4462	4841	5070							
5480	5698	5856	5865	6087	6446	235	319	480	2036	2188	2358	2423	2510	2911	3225	3472	3677	3840	4409	4574	4892								
5119	5548	5805	5901	6290	6477	1809	2974	3464	5295	5490	5671	2148	3629	4304	4854	4876	6037	2031	2246	3358	4679	6125	6331						
874	2483	2964	3872	4509	4904	4001	4303	5079	1652	4524	5263	2551	3381	5524	713	1908	6304	2722	3347	6201	433	923	5564						
2181	4242	6202	51	2711	4435	414	708	5539	2222	5036	5974	784	3588	5125	4256	5004	5540	1761	2781	6037	1547	2266	4377	4109	5836	6337	767	2468	4764
2528	5457	5872	884	4651	4807	161	3582	5164	744	2624	4852	239	1740	5807	33	3595	5121												

【 図 4 0 】

FIG. 40

Rate 11/16 17k TypeB符号テーブル

91	382	494	654	681	695	1643	2171	2576	3027	3115	3390	3633	3644	3812	3883	4474		
4607	4674	384	396	982	988	1053	1867	2215	2345	2472	3323	3503	3573	3883	4159	4576	4917	
5104	5130	456	580	1590	1715	1786	1843	1934	2251	2261	2466	2525	2958	3467	4334	4530	4779	
4885	5021	227	381	394	502	1059	1108	1480	1508	1523	1620	1840	1996	2436	2989	3716	3957	
4072	4243	4482	4517	4717	4910	5105	5220	5238	5279	376	957	1706	2028	2228	2439	2552	4249	5234
89	676	1098	1103	1127	1449	1605	2362	4640	66	613	1692	1901	2247	3025	3244	4864	5050	
1628	2015	2596	521	802	3804	3178	4080	5057	344	3486	3948	595	2538	2964	300	1355	3476	
1292	2761	4819	462	773	3996	133	3494	4342	37	3698	4382	345	3624	4745	124	4197	4978	
873	2686	4266	989	2966	4180	1468	1932	4913	1140	4164	5060	3361	4952	5287	2584	4646	5260	
809	2481	4893	1201	1532	3877	128	2430	4279	621	4810	5249	200	717	5066	2283	2998	4164	
704	2587	4736	106	2080	3279													

30

40

50

【 図 4 1 】

FIG. 41

Rate 12/16 17k TypeB符号テーブル

137	199	292	423	527	694	798	2233	2339	2948	2986	3261	3284	3410	3612	3866	4296	
633	691	1035	1038	1250	1476	1885	2332	2871	3064	3186	3785	4114	4205	4213	4280	4291	
136	166	369	677	878	1119	1360	1401	1501	1823	1950	2492	2760	2843	3151	3168	3189	
23	27	74	90	779	1085	1204	1364	1846	2594	2971	3075	3373	3486	4030	4037	4044	
286	789	1412	1513	2388	2407	2725	2757	2790	2839	3111	3227	3292	3596	3665	3710	4147	
79	178	389	447	608	625	672	786	965	1258	1605	1677	1816	1910	3027	3815	4292	
208	2694	3685	480	770	791	261	3447	3751	1271	2122	3312	134	352	1592	517	1877	2106
173	693	1792	1975	2062	3529	734	1035	1136	546	863	4212	817	2712	3692	415	3771	4305
646	1514	3870	1481	2675	4276	454	2248	2517	1073	1754	2107	1170	1472	3699	841	2243	3804
2485	3636	3894	1961	2302	3591	225	2704	3938	487	1067	3992	2747	3054	3661	2476	2885	3456
242	487	4018	2037	2511	4232	1278	1636	3609	1099	1450	3842	1299	1632	1717	545	4160	4295

【 図 4 2 】

FIG. 42

Rate 13/16 17k TypeB符号テーブル

3183	548	602	628	928	1077	1474	1557	1598	1935	1981	2110	2472	2543	2594	2721	2884	2981																																																																																																	
59	69	518	900	1158	1325	1367	1480	1744	2069	2119	2406	2757	2883	2914	2966	3232	3232																																																																																																	
1330	1369	1712	2133	2206	2487	2596	2606	2612	2666	2726	2733	2754	2811	2948	3030	391	542	689	748	810	1716	1927	2006	2296	2340	2357	2514	2797	2887	2896	3226																																																																																			
256	410	799	1126	1377	1409	1518	1619	1829	2037	2303	2324	2472	2475	2874	2992	862	1522	1905	809	842	945	561	1001	2857	2132	2592	2905	217	401	1894	11	30	1860	210	1188	2418	1372	2273	2455	407	2537	2962	939	2401	2677	2521	3077	3173	1374	2250	2423	23	188	1320	472	714	2144	2727	2755	2887	1814	2824	2852	148	1695	1845	595	1059	2702	1879	2480	2578	17	411	559	146	783	2154	951	1391	1979	1507	1613	3106	642	882	2356	1008	1324	3125	196	1794	2474	1129	1544	2931	765	1681	2591	1550	1936	3048	1596	1607	2794	156	1053	2926	1246	1996	3179	348	752	1943

10

20

【 図 4 3 】

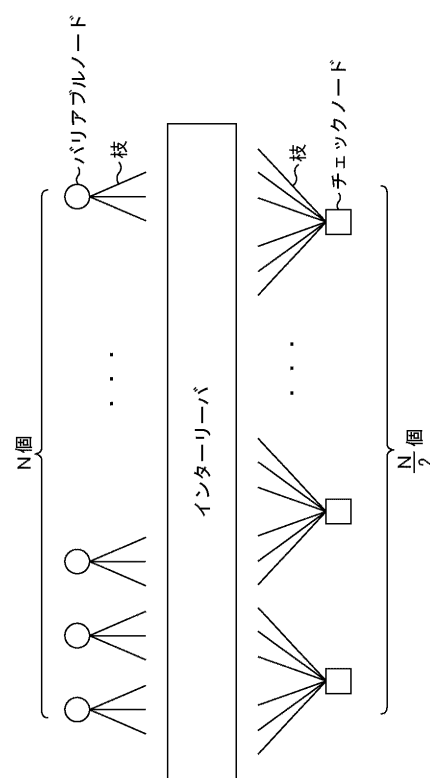
FIG. 43

Rate 14/16 17k TypeB符号テーブル

337	376	447	504	551	864	872	975	1136	1225	1254	1271	1429	1478	1870	2122	58	121	163	365	515	534	855	889	1083	1122	1190	1448	1476	1635	1691	1954	247	342	395	454	479	665	674	1033	1041	1198	1300	1484	1680	1941	2096	2121	80	487	500	513	661	970	1038	1095	1109	1133	1416	1545	1696	1992	2051	2089	32	101	205	413	568	712	714	944	1329	1669	1703	1826	1904	1908	2014	2097	142	201	491	838	860	954	960	965	997	1027	1225	1488	1502	1521	1737	1804	453	1184	1542	10	781	1709	497	903	1546	1080	1640	1861	1198	1616	1817	771	978	2089	369	1079	1348	980	1788	1987	1495	1900	2015	27	540	1070	200	1771	1962	863	988	1329	674	1321	2152	807	1458	1727	844	867	1628	227	546	1027	408	926	1413	361	982	2087	1247	1288	1392	1051	1070	1281	325	452	467	1116	1672	1833	21	236	1267	504	856	2123	398	775	1912	1056	1529	1701	143	930	1186	553	1029	1040	303	653	1308	877	992	1174	1083	1134	1355	298	404	709	970	1272	1799	296	1017	1873	105	780	1418	682	1247	1867
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------	------	------	------	------	------	------	------	----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------	------	------	------	------	------	------	------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------	------	------	------	------	------	------	------	------	----	-----	-----	-----	-----	-----	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------	------	------	------	------	------	------	------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------	------	------	------	------	------	------	-----	------	------	----	-----	------	-----	-----	------	------	------	------	------	------	------	-----	-----	------	-----	------	------	-----	------	------	------	------	------	----	-----	------	-----	------	------	-----	-----	------	-----	------	------	-----	------	------	-----	-----	------	-----	-----	------	-----	-----	------	-----	-----	------	------	------	------	------	------	------	-----	-----	-----	------	------	------	----	-----	------	-----	-----	------	-----	-----	------	------	------	------	-----	-----	------	-----	------	------	-----	-----	------	-----	-----	------	------	------	------	-----	-----	-----	-----	------	------	-----	------	------	-----	-----	------	-----	------	------

【 図 4 4 】

FIG. 44



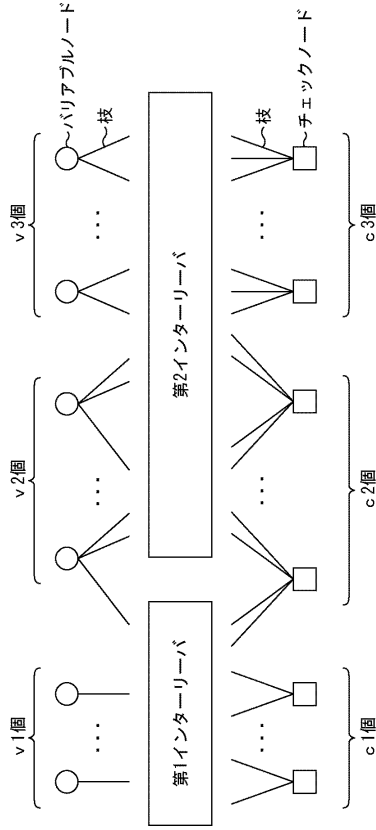
30

40

50

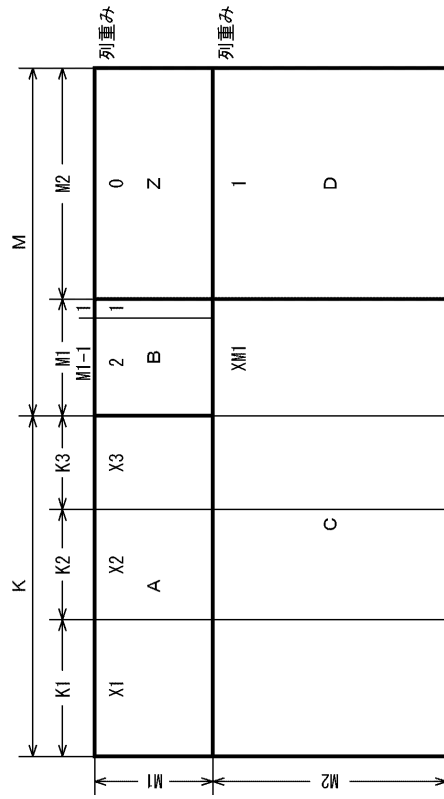
【図 45】

FIG. 45



【図 46】

FIG. 46



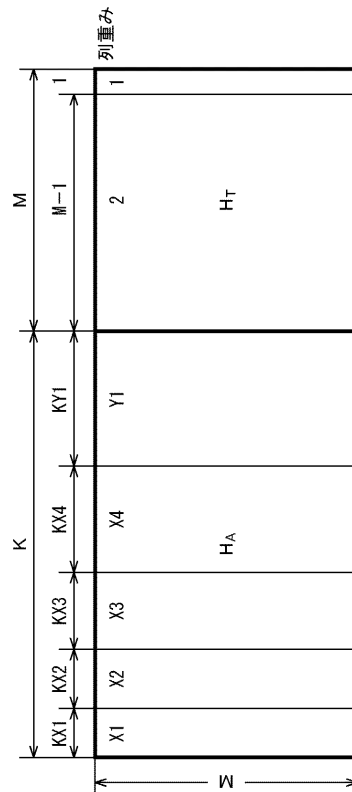
【図 47】

FIG. 47

Rate	K	X1	K1	X2	K2	X3	K3	XM1	M1	M2
2/16	2160	6	360	5	1080	28	720	10	1800	13320
3/16	3240	7	1440	6	360	21	1440	7	1440	12600
4/16	4320	12	360	11	2880	5	1080	17	1080	12240
5/16	5400	8	2880	7	360	14	2160	13	720	11160
6/16	6480	9	2520	8	3600	15	360	13	720	10080
7/16	7560	10	1080	9	5400	3	1080	4	1080	8640

【図 48】

FIG. 48



10

20

30

40

50

【 4 9 】

FIG. 49

Rate	K	X1	KX1	X2	KX2	X3	KX3	X4	KX4	Y1	KY1	M
7/16	7560	38	360	37	360	11	1080	5	1080	3	4680	9720
8/16	8640	14	720	34	720	6	1440	0	0	3	5760	8640
9/16	9720	27	360	26	720	11	360	8	1080	3	7200	7560
10/16	10800	23	720	22	720	6	1440	0	0	3	7920	6480
11/16	11880	19	360	18	720	26	360	9	1080	3	9360	5400
12/16	12960	17	2160	0	0	0	0	0	0	3	10800	4320
13/16	14040	17	1080	16	1080	0	0	0	0	3	11880	3240
14/16	15120	16	2160	0	0	0	0	0	0	3	12960	2160

【 5 0 】

FIG. 50

日本放送協会から提供

Rate 4/16 17k TypeA符号テーブル

```

159 211 356 1078 1219 1447 1562 2945 4040 4307 7300 11950 12663
163 385 518 669 2137 3537 3738 7393 7668 9235 10263 12293 12959
413 477 747 974 1995 3998 4078 4848 5642 8968 10356 10596 11451
450 538 767 1245 1354 1957 3497 5179 8925 9959 11385 11844
370 381 884 1627 2289 3654 4510 4949 5307 7959 8789 10552
9 146 1045 2160 3696 6477 6509 7297 9854 10704 12493 12533
110 136 327 4780 4841 5818 6642 7015 7594 8053 8882 9916
771 806 928 1281 2049 3065 4006 6536 6818 8041 8548 9357
256 506 939 1176 3954 4207 5143 7352 7620 8473 8534 11045
459 470 916 2393 3302 3371 3572 4732 5492 10845 12327 12767
270 302 754 1105 1430 1916 3788
144 706 1013 7424 7893 9436 10402
1899 3105 11835 12241
1400 7777 10094 10848
8098 10061 10435 12570

```

10

20

【 5 1 】

FIG. 51

日本放送協会から提供

Rate	K	X1	K1	X2	K2	X3	K3	XMI	M1	M2
4/16	4320	13	1080	12	2520	7	720	4	1080	11880

【 5 2 】

FIG. 52

日本放送協会から提供

Rate 9/16 17k TypeB符号テーブル

```

42 549 1187 1203 1694 1741 2290 2776 2839 2886 3435 3503 3697 4031 4580 4627
5176 5223 5539 5772 6368 6917 6964 7513
13 192 415 563 699 934 1176 1484 1855 2426 3147 3369 3389 4068 4380 4578 4618
4937 4989 5381 5910 6281 6831 7202
1319 1687 2423 3518 3737 4273 5242 6209 6535 6966 7397
1273 2244 2896 3018 3949 4065 4414 4763 5461 5673 7555
344 735 1706 2320 2669 3367 3800 5112 6201 6857 7248
33 1088 1439 2013 2881 3774 3936 5447 5810 6697 7368
615 1580 2410 2698 3801 4182 4991 5483 6046 6292 6538
4564 4745 6784
550 3081 7463
950 2455 2786
1218 2118 6232
3475 4980 6548
4769 5585 6837
450 1681 3707
4038 4889 7174
1432 5762 6265
60 2951 6848
2766 3597 4872
140 2141 4243
874 4142 7054
807 2368 5619
3391 6408 6657
2073 2609 6079
1558 4944 5690
276 875 4345
3273 3767 7300
2695 6102 6743

```

30

40

50

【 6 1 】

FIG. 61

$y_{1,q}$	1	1	0	0
$y_{3,q}$	0	1	1	0
$\text{Im}(z_q)$	-3	-1	1	3

【 6 2 】

FIG. 62

$y_{0,q}$	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0
$y_{2,q}$	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0
$y_{4,q}$	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0
$\text{Re}(z_q)$	-7	-5	-3	-1	1	3	5	7			

10

20

【 6 3 】

FIG. 63

$y_{1,q}$	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0
$y_{3,q}$	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0
$y_{5,q}$	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0
$\text{Im}(z_q)$	-7	-5	-3	-1	1	3	5	7			

【 6 4 】

FIG. 64

$y_{0,q}$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
$y_{2,q}$	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
$y_{4,q}$	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0
$y_{6,q}$	0	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0
$\text{Re}(z_q)$	-15	-13	-11	-9	-7	-5	-3	-1	1	3	5	7	9	11
														13
														15

30

40

50

【 図 7 3 】

FIG. 73

w33	0.637320+j0.692111	1.210202+j0.506671	0.898840+j0.548599	0.857263+j0.493450	0.865222+j0.447394	0.861166+j0.498956	0.845525+j0.420972
w34	0.637322+j0.692111	1.210202+j0.506671	1.041461+j0.244037	0.05452+j0.102113	1.126594+j0.334033	1.106160+j0.346451	1.062454+j0.293134
w35	0.637322+j0.692111	1.210202+j0.506671	1.020189+j0.244325	0.859225+j0.208138	0.658826+j0.243315	0.844892+j0.265093	0.866494+j0.255193
w36	0.637321+j0.692112	1.210202+j0.506671	0.898840+j0.548599	0.856973+j0.548549	0.860520+j0.609088	0.875494+j0.737255	0.913205+j0.685202
w37	0.637320+j0.692112	1.210202+j0.506671	0.863121+j0.533505	0.820382+j0.497652	0.787815+j0.549425	0.745110+j0.618548	0.767362+j0.579003
w38	0.637320+j0.692111	1.210202+j0.506671	1.020189+j0.244325	0.878088+j0.104900	1.176544+j0.123217	1.156122+j0.117857	1.080371+j0.088120
w39	0.637322+j0.692112	1.210202+j0.506671	0.897866+j0.243471	0.834838+j0.102358	0.864648+j0.117137	0.868858+j0.098899	0.821093+j0.085363
w40	0.637319+j0.692112	1.210202+j0.506671	1.151008+j0.765892	1.146308+j0.719300	1.215598+j0.699559	1.191952+j0.656926	1.167342+j0.538796
w41	0.637319+j0.692112	1.210202+j0.506671	1.216021+j0.808778	1.291524+j0.653771	1.470503+j0.800385	1.426402+j0.761680	1.372857+j0.669123
w42	0.637321+j0.692111	1.210202+j0.506671	1.362982+j0.269569	1.334471+j0.242969	1.245815+j0.437140	1.302908+j0.407617	1.261173+j0.232729
w43	0.637322+j0.692112	1.210202+j0.506671	1.427956+j0.282989	1.395648+j0.269207	1.641491+j0.562622	1.556455+j0.483525	1.461132+j0.407370
w44	0.637320+j0.692112	1.210202+j0.506671	1.210021+j0.808778	1.124893+j0.844081	1.038455+j0.804332	1.034030+j0.874552	1.088040+j0.742804
w45	0.637319+j0.692113	1.210202+j0.506671	1.478922+j0.989074	1.534809+j0.961645	1.216171+j0.212947	1.241878+j0.044629	1.230954+j0.816396
w46	0.637322+j0.692112	1.210202+j0.506671	1.427956+j0.282989	1.404319+j0.138223	1.412228+j0.148603	1.360208+j0.138182	1.261447+j0.109014
w47	0.637322+j0.692112	1.210202+j0.506671	1.747830+j0.343681	1.764955+j0.324115	1.729389+j0.190765	1.825172+j0.163628	1.504307+j0.138707
w48	0.692112+j0.837321	0.586671+j1.210202	0.562898+j0.915458	0.806995+j0.850637	0.520270+j0.894599	0.523910+j0.893510	0.638937+j0.977245
w49	0.692111+j0.837321	0.586671+j1.210202	0.548109+j0.898961	0.551777+j0.873592	0.493840+j0.848021	0.446217+j0.829859	0.370702+j0.852344
w50	0.692113+j0.837320	0.586671+j1.210202	0.244937+j1.041481	0.190487+j1.002774	0.233926+j0.865923	0.321208+j1.067223	0.455568+j1.085457
w51	0.692113+j0.837321	0.586671+j1.210202	0.244937+j1.041481	0.244801+j1.048792	0.257101+j0.865303	0.210744+j0.893025	0.261384+j1.059541
w52	0.692112+j0.837321	0.586671+j1.210202	0.548599+j0.898840	0.810952+j0.803862	0.694853+j0.798761	0.710545+j0.883481	0.767322+j0.832232
w53	0.692112+j0.837322	0.586671+j1.210202	0.533505+j0.863121	0.555016+j0.811074	0.623385+j0.720032	0.605159+j0.738080	0.652410+j0.724892
w54	0.692114+j0.837321	0.586671+j1.210202	0.244325+j1.020189	0.168837+j1.002744	0.107876+j0.840063	0.106348+j1.045117	0.105974+j1.274300
w55	0.692113+j0.837321	0.586671+j1.210202	0.243471+j0.987868	0.205501+j0.800310	0.122320+j0.824513	0.093567+j0.827620	0.086152+j1.088542
w56	0.692111+j0.837322	0.586671+j1.210202	0.765852+j1.151608	0.811871+j1.077058	0.634215+j1.095182	0.616510+j1.185738	0.775758+j1.108874
w57	0.692110+j0.837322	0.586671+j1.210202	0.808778+j1.215021	0.708977+j1.212442	0.655838+j1.212938	0.741488+j1.425730	0.818188+j1.233815
w58	0.692112+j0.837321	0.586671+j1.210202	0.268569+j1.352992	0.322238+j1.415900	0.134807+j1.328783	0.376428+j1.273967	0.548951+j1.233598
w59	0.692112+j0.837321	0.586671+j1.210202	0.262989+j1.427956	0.447381+j1.368138	0.343747+j1.290303	0.452484+j1.534389	0.549192+j1.472135
w60	0.692111+j0.837322	0.586671+j1.210202	0.808778+j1.215021	0.945797+j1.067622	0.642806+j0.829273	0.836818+j0.522224	0.952208+j0.936182
w61	0.692111+j0.837322	0.586671+j1.210202	0.868012+j1.478922	1.086653+j1.408274	0.867471+j1.388568	1.008623+j1.261587	1.066456+j1.143504
w62	0.692113+j0.837322	0.586671+j1.210202	0.292989+j1.427956	0.188583+j1.727023	0.174737+j1.671315	0.126520+j1.317668	0.319114+j1.324413
w63	0.692113+j0.837322	0.586671+j1.210202	0.343883+j1.747830	0.657808+j1.731517	0.648701+j0.823153	0.151888+j1.588089	0.151901+j1.531091

【 図 7 4 】

FIG. 74

u/CR	3/16	5/16	7/16	9/16	11/16	13/16
u0	0.964850	0.746358	0.682758	0.720492	0.718420	0.741203
u1	0.964851	0.724327	0.688494	0.745635	0.785950	0.837561
u2	0.964850	0.701244	0.614079	0.578601	0.566863	0.571567
u3	0.964851	0.724852	0.608604	0.578878	0.591711	0.652725
u4	0.964851	1.089143	1.229555	1.234916	1.228615	1.196834
u5	0.964851	1.487807	1.519290	1.511816	1.446265	1.354509
u6	0.964851	1.016430	0.952184	0.929933	0.919117	0.944049
u7	0.964851	0.981269	1.010198	1.008385	1.055715	1.062656
u8	0.262799	0.188668	0.119570	0.131917	0.179189	0.158838
u9	0.262799	0.187756	0.119309	0.132245	0.179229	0.216557
u10	0.262799	0.183302	0.122704	0.095129	0.060071	0.034740
u11	0.262799	0.184133	0.122966	0.094858	0.060040	0.089245
u12	0.262799	0.299163	0.361306	0.393581	0.431407	0.422770
u13	0.262799	0.295502	0.360929	0.392102	0.437930	0.493766
u14	0.262799	0.306233	0.349187	0.316988	0.303511	0.288845
u15	0.262799	0.310441	0.349698	0.317410	0.304552	0.350258

10

20

【 図 7 5 】

FIG. 75

A															
$y_{1,s}$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
$y_{2,s}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
$y_{3,s}$	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0
$y_{4,s}$	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0
$y_{5,s}$	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1
$Re(z_s)$	-0i	-0i	-0i	-0i	-0i	-0i	-0i	-0i	-0i	-0i	-0i	-0i	-0i	-0i	-0i
$y_{6,s}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$y_{7,s}$	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
$y_{8,s}$	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0
$y_{9,s}$	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0
$y_{10,s}$	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1
$Im(z_s)$	u0	u1	u2	u3	u4	u5	u6	u7	u8	u9	u10	u11	u12	u13	u14
B															
$y_{1,s}$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
$y_{2,s}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
$y_{3,s}$	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0
$y_{4,s}$	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0
$y_{5,s}$	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1
$Im(z_s)$	u0	u1	u2	u3	u4	u5	u6	u7	u8	u9	u10	u11	u12	u13	u14

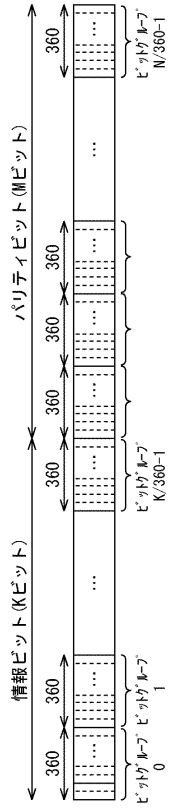
【 図 7 6 】

FIG. 76

u/CR	2/16	4/16	6/16	8/16	10/16	12/16	14/16
u0	0.951821	0.772242	0.670816	0.720040	0.687860	0.725026	0.776914
u1	0.951821	0.755105	0.671187	0.717092	0.687453	0.682522	0.731844
u2	0.951821	0.733323	0.684394	0.742371	0.784311	0.833407	0.872060
u3	0.951821	0.748492	0.683930	0.746130	0.778844	0.779595	0.823606
u4	0.951821	0.762565	0.601258	0.568017	0.529234	0.542187	0.605096
u5	0.951821	0.741006	0.601273	0.568434	0.529245	0.530376	0.565319
u6	0.951821	0.771170	0.594244	0.571550	0.587945	0.627093	0.688258
u7	0.951821	0.797312	0.594239	0.571162	0.588065	0.601059	0.646057
u8	0.951821	1.144458	1.253351	1.234492	1.288591	1.273237	1.213263
u9	0.951821	1.153922	1.197825	1.174495	1.172818	1.182640	1.148415
u10	0.951821	1.658369	1.695168	1.675628	1.610570	1.491684	1.361829
u11	0.951821	1.306308	1.431932	1.433385	1.432017	1.374447	1.283388
u12	0.951821	0.910861	0.932278	0.907903	0.905691	0.956192	0.974968
u13	0.951821	0.864684	0.935172	0.914425	0.885027	0.892801	0.922447
u14	0.951821	0.903549	0.990523	1.005079	1.064442	1.100380	1.087536
u15	0.951821	0.940034	0.989938	0.980523	1.006622	1.025215	1.029882
u16	0.306654	0.215961	0.115733	0.153556	0.169392	0.148680	0.177357
u17	0.306654	0.220732	0.115734	0.153554	0.169393	0.148677	0.145054
u18	0.306654	0.224176	0.115606	0.153573	0.172311	0.209035	0.243373
u19	0.306654	0.219360	0.115605	0.153576	0.172310	0.209018	0.210474
u20	0.306654	0.196638	0.116628	0.075094	0.056177	0.029660	0.047926
u21	0.306654	0.200750	0.116629	0.075095	0.056177	0.029660	0.016211
u22	0.306654	0.197697	0.116766	0.075098	0.057134	0.088798	0.112331
u23	0.306654	0.193649	0.116765	0.075098	0.057134	0.088798	0.080421
u24	0.306654	0.263498	0.361114	0.411488	0.400665	0.399082	0.451783
u25	0.306654	0.268956	0.361058	0.411542	0.400670	0.397734	0.415679
u26	0.306654	0.272340	0.359367	0.411127	0.427709	0.467702	0.526543
u27	0.306654	0.266958	0.359424	0.411075	0.427698	0.463378	0.488786
u28	0.306654	0.299845	0.342823	0.304005	0		

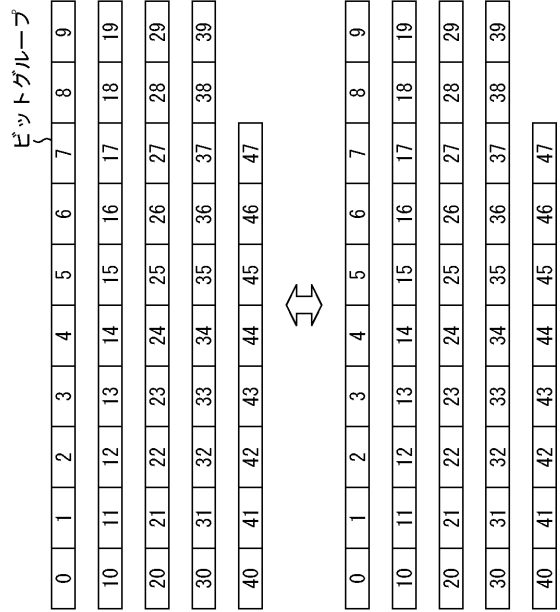
【 8 1 】

FIG. 81



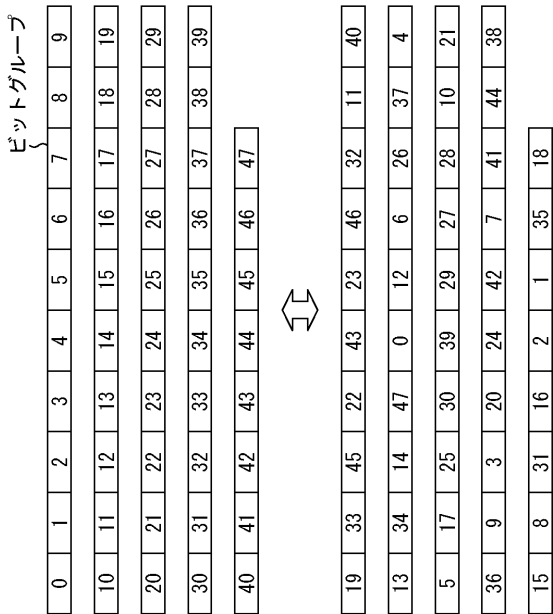
【 8 2 】

FIG. 82



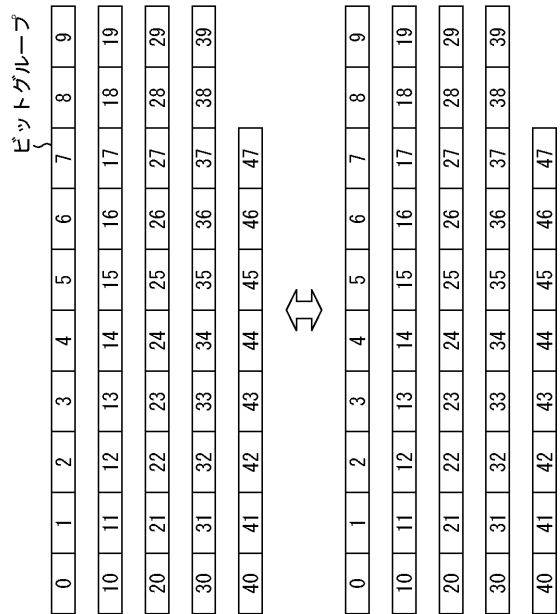
【 8 3 】

FIG. 83



【 8 4 】

FIG. 84



10

20

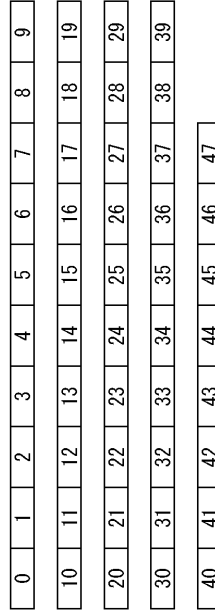
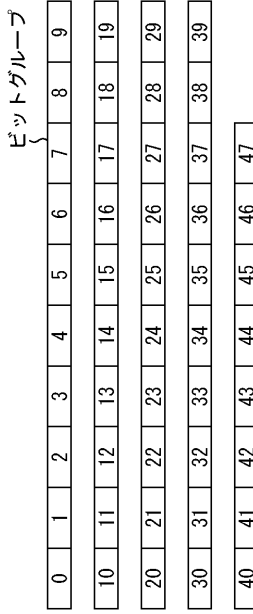
30

40

50

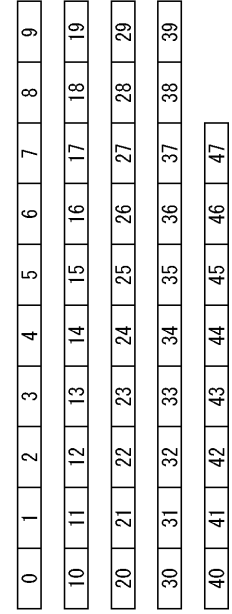
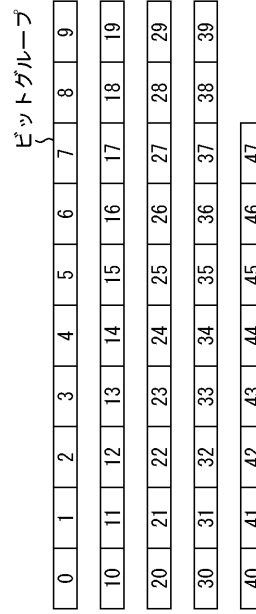
【 8 5 】

FIG. 85



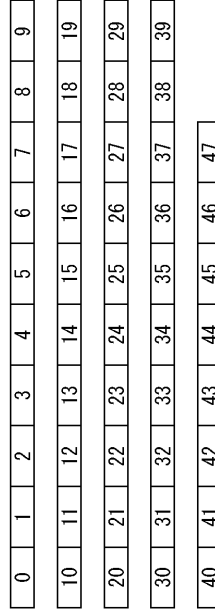
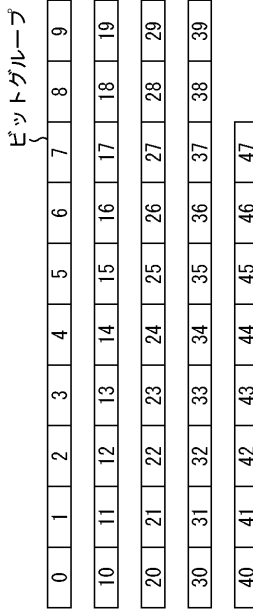
【 8 6 】

FIG. 86



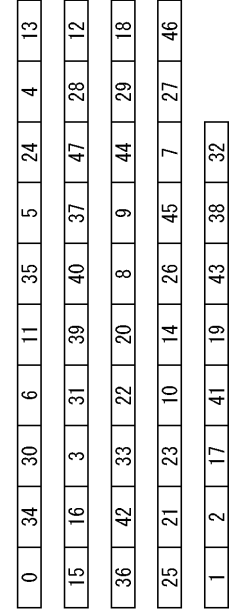
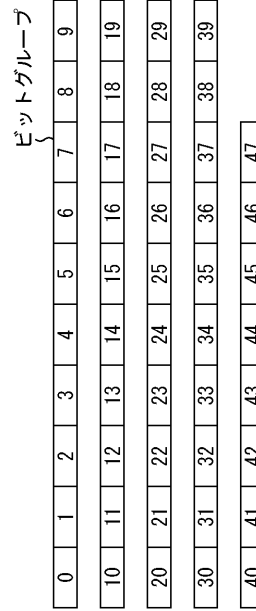
【 8 7 】

FIG. 87



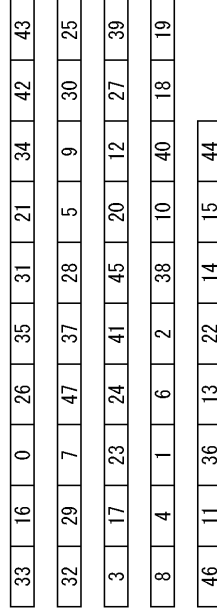
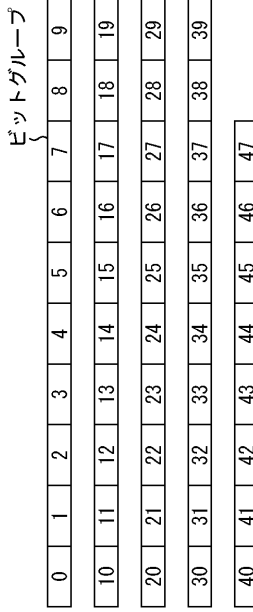
【 8 8 】

FIG. 88



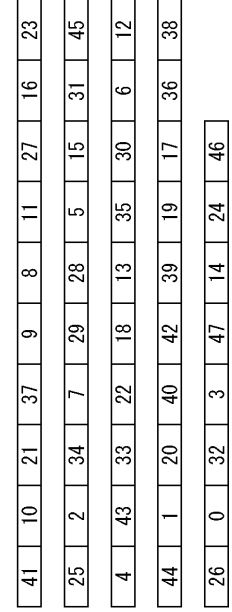
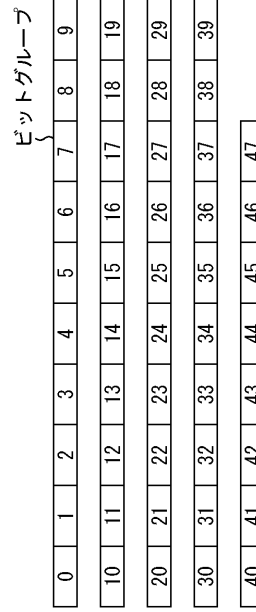
【 89 】

FIG. 89



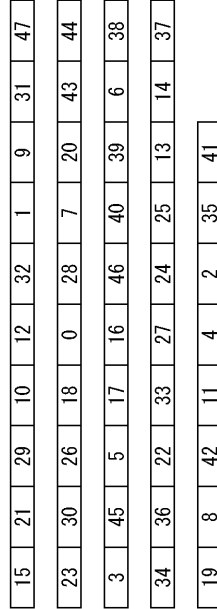
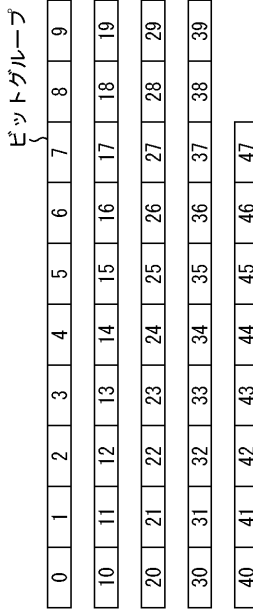
【 90 】

FIG. 90



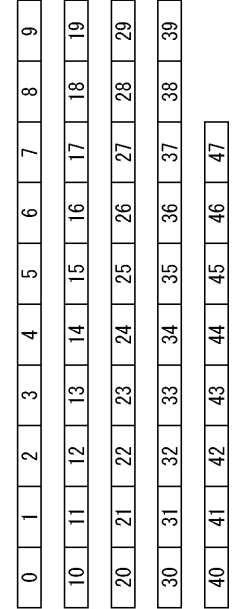
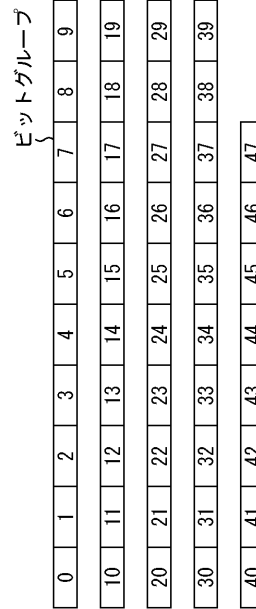
【 91 】

FIG. 91



【 92 】

FIG. 92



10

20

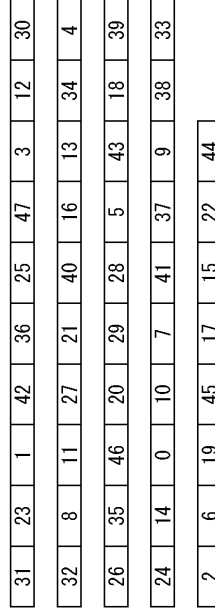
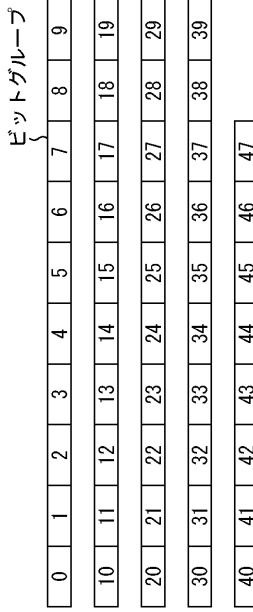
30

40

50

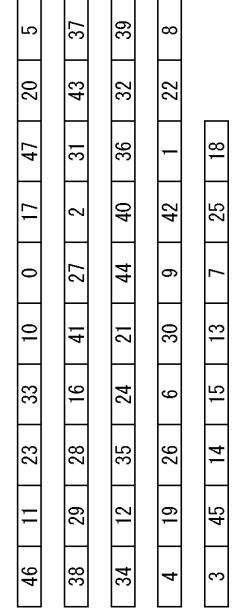
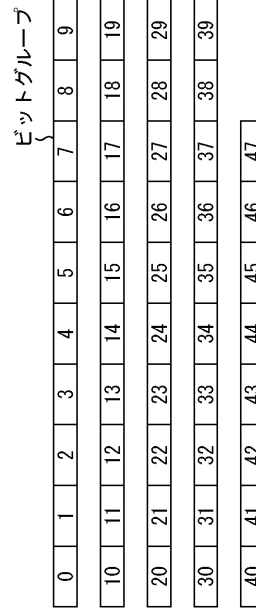
【 9 3 】

FIG. 93



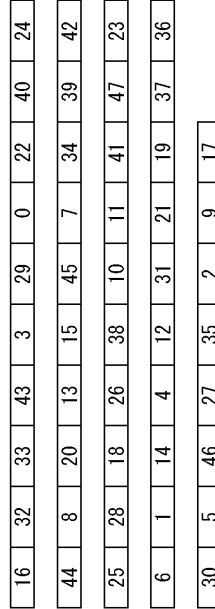
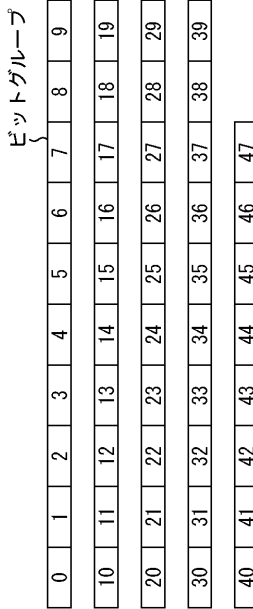
【 9 4 】

FIG. 94



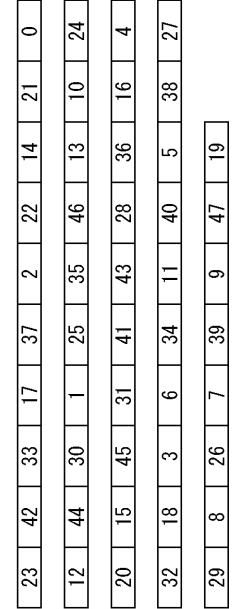
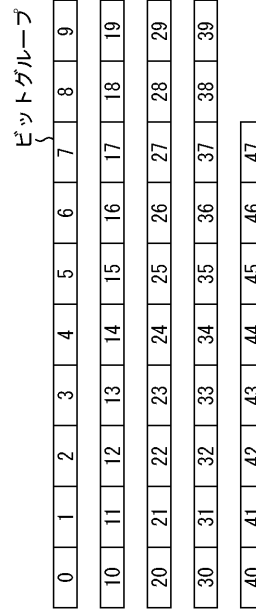
【 9 5 】

FIG. 95



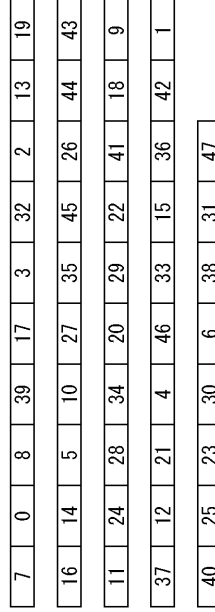
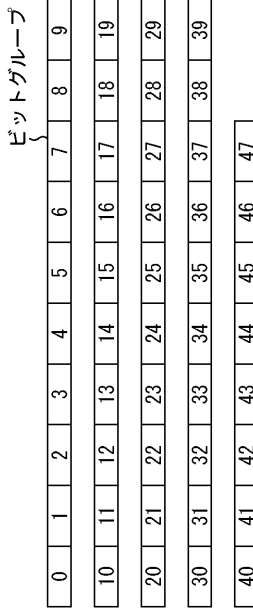
【 9 6 】

FIG. 96



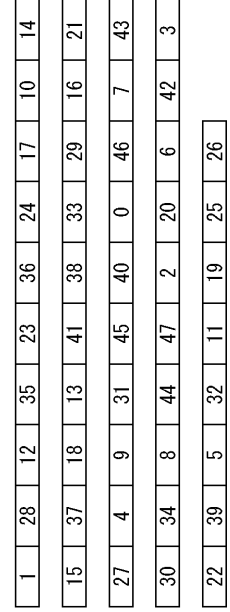
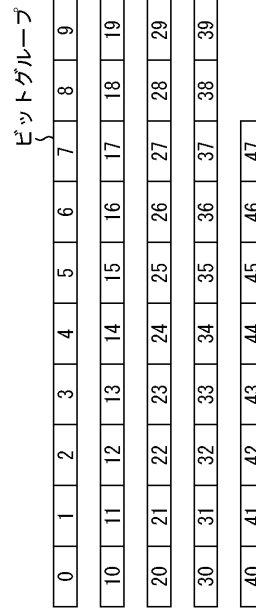
【 9 7 】

FIG. 97



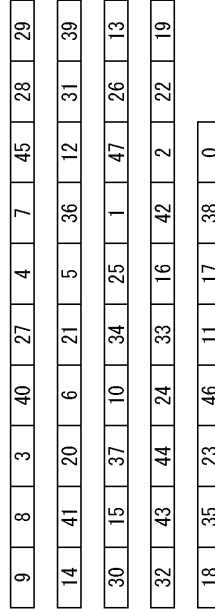
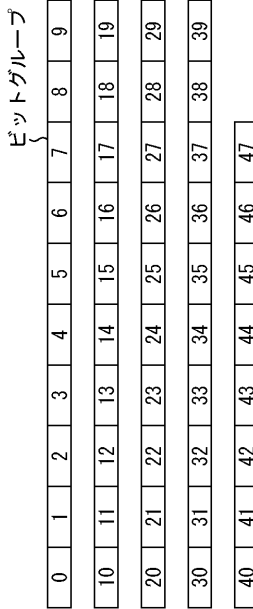
【 9 8 】

FIG. 98



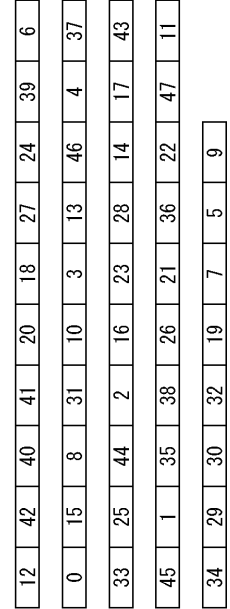
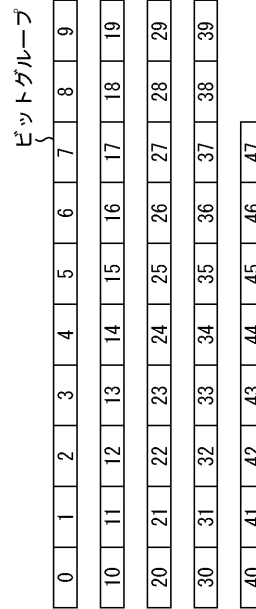
【 9 9 】

FIG. 99



【 1 0 0 】

FIG. 100



10

20

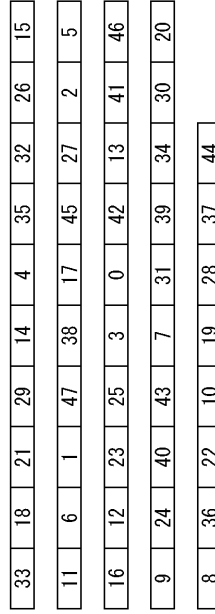
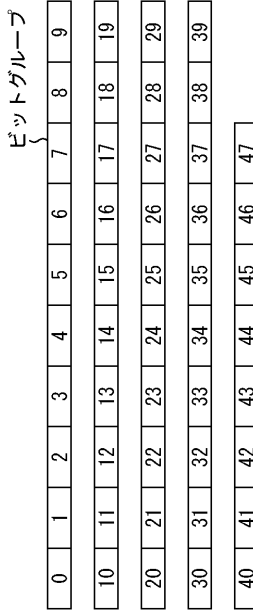
30

40

50

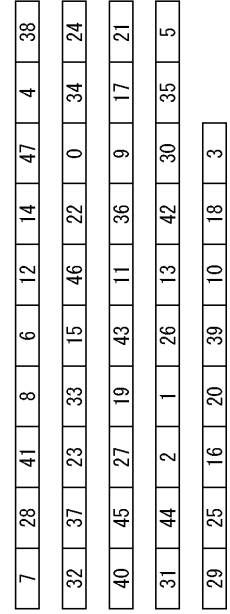
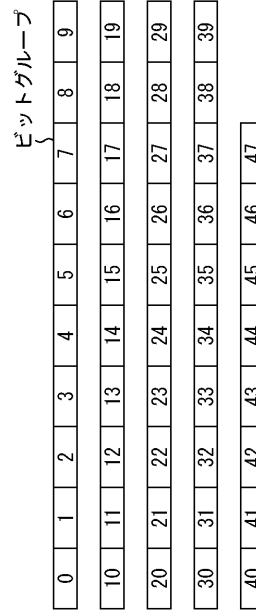
【 1 0 1】

FIG. 101



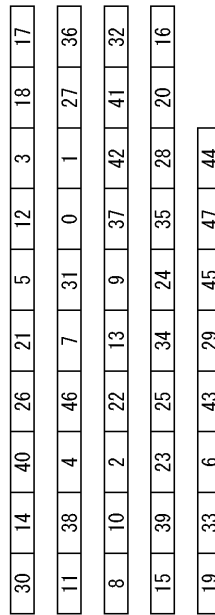
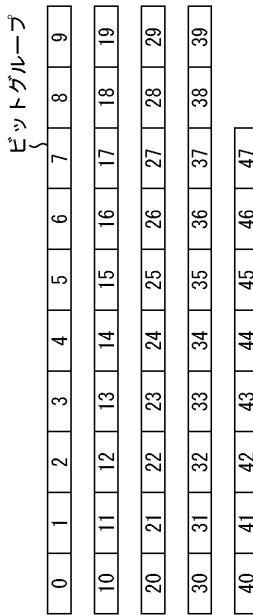
【 1 0 2】

FIG. 102



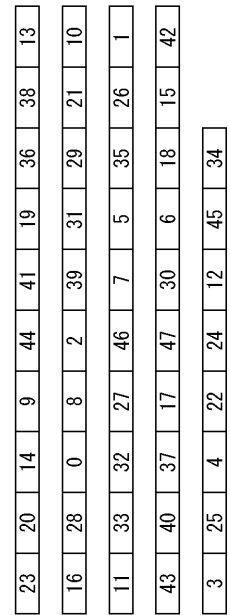
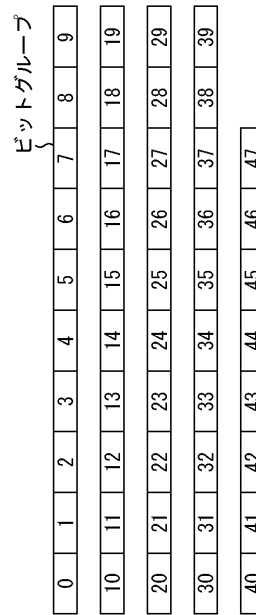
【 1 0 3】

FIG. 103



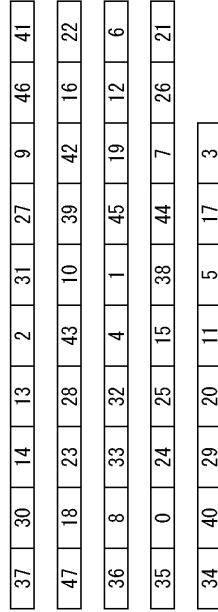
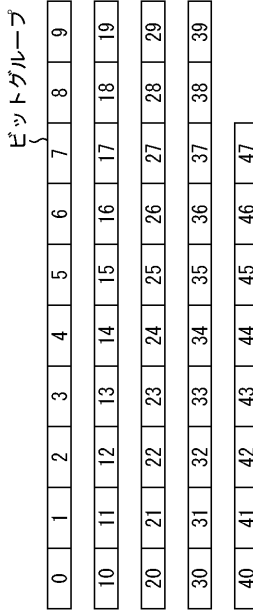
【 1 0 4】

FIG. 104



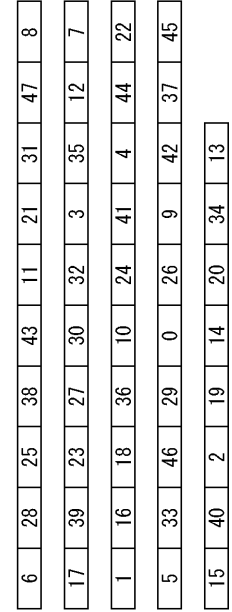
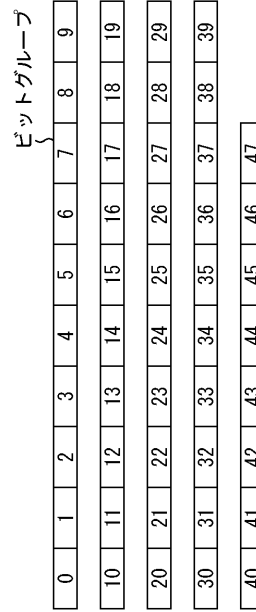
【 105 】

FIG. 105



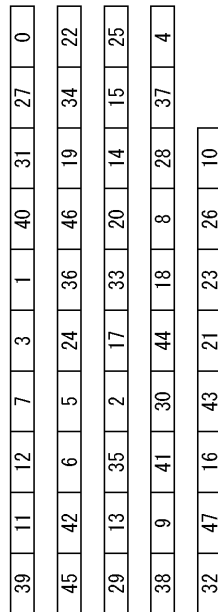
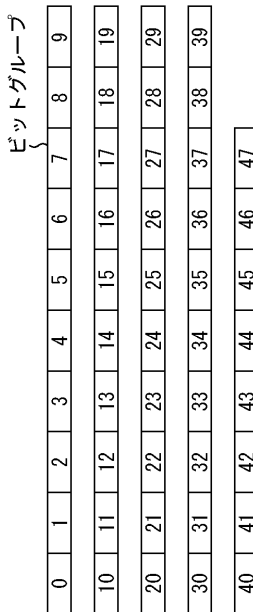
【 106 】

FIG. 106



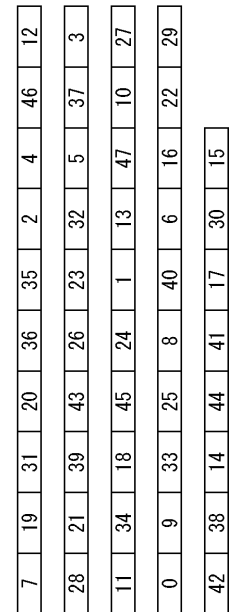
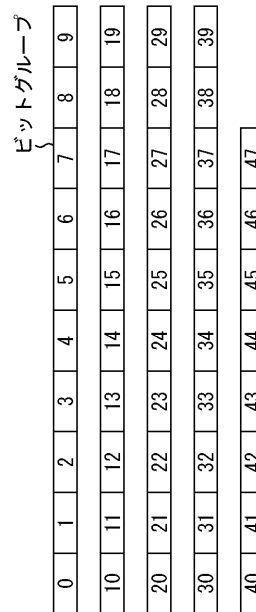
【 107 】

FIG. 107



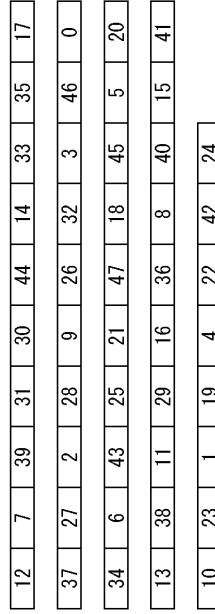
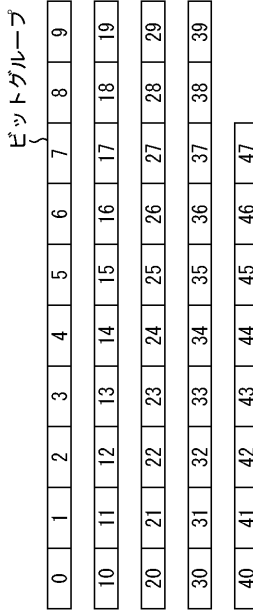
【 108 】

FIG. 108



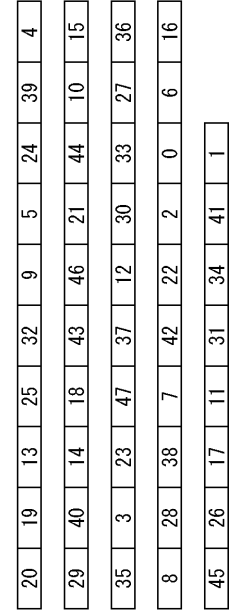
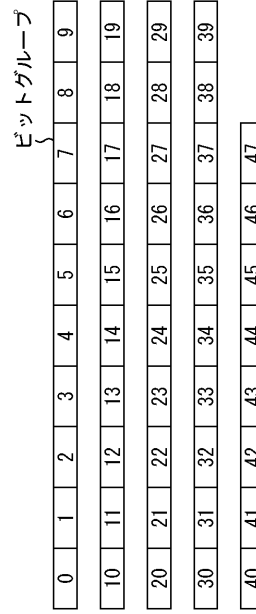
【 1 0 9】

FIG. 109



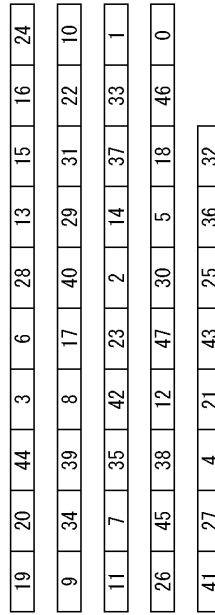
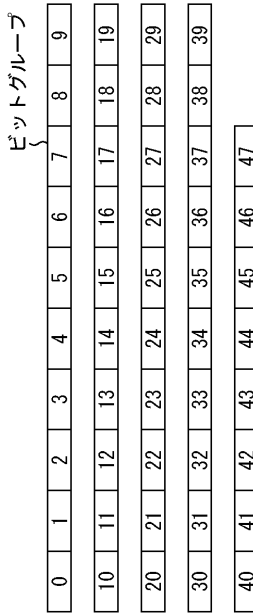
【 1 1 0】

FIG. 110



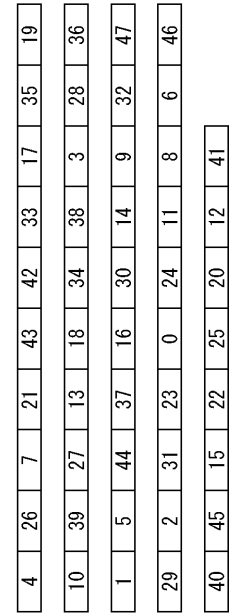
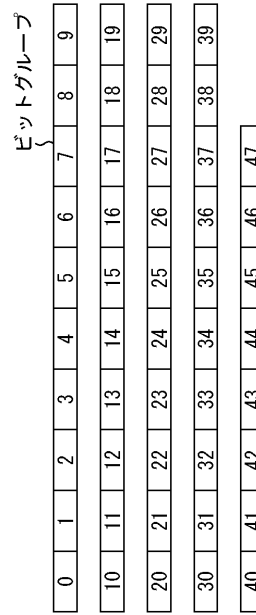
【 1 1 1】

FIG. 111



【 1 1 2】

FIG. 112



10

20

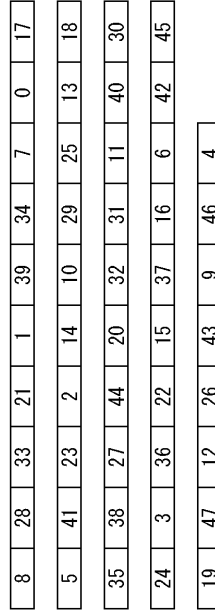
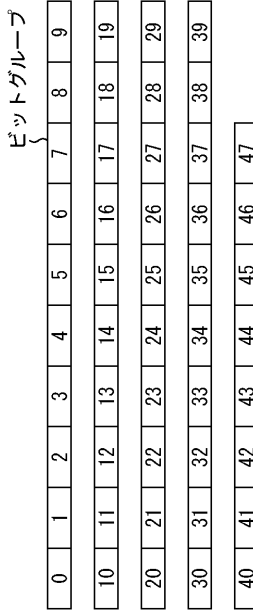
30

40

50

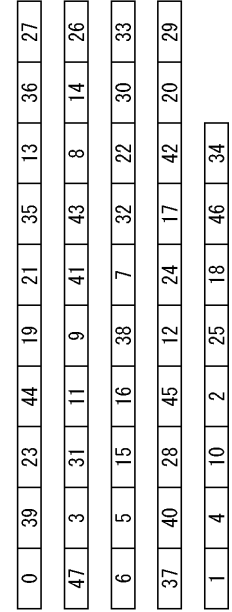
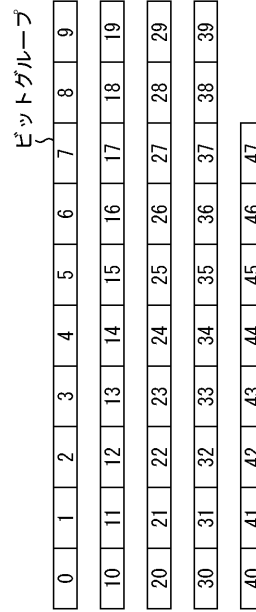
【 1 1 3】

FIG. 113



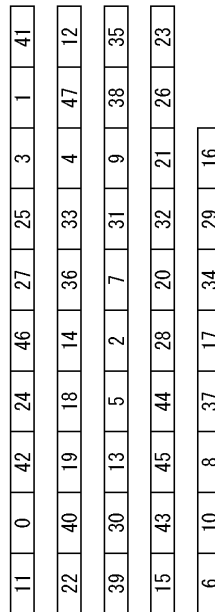
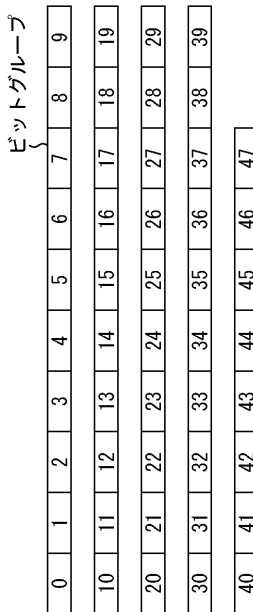
【 1 1 4】

FIG. 114



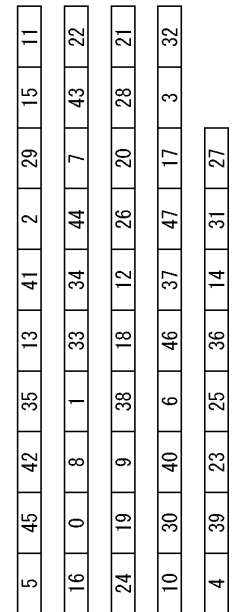
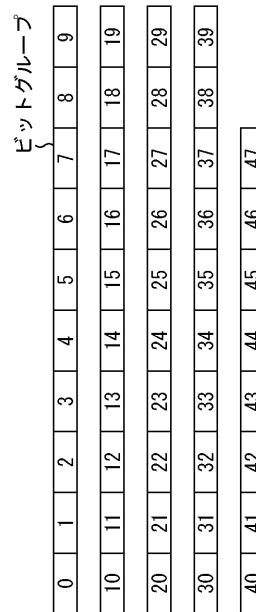
【 1 1 5】

FIG. 115



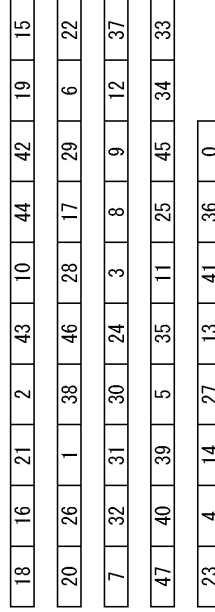
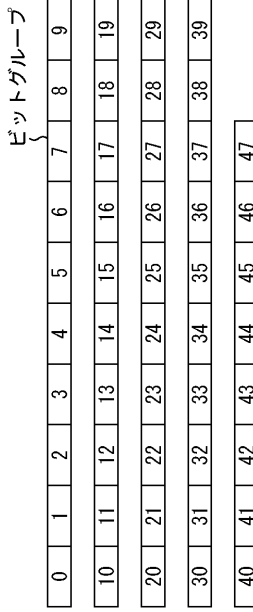
【 1 1 6】

FIG. 116



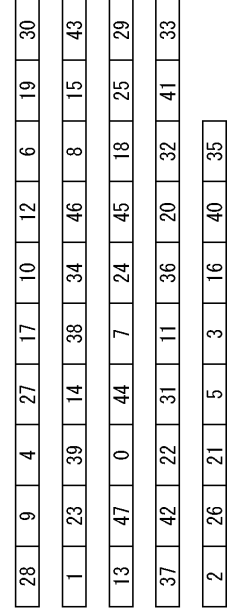
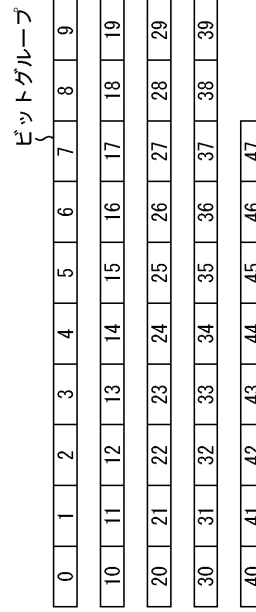
【 1 1 7 】

FIG. 117



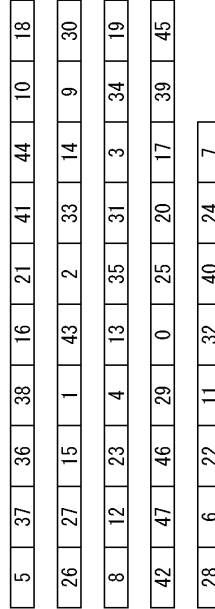
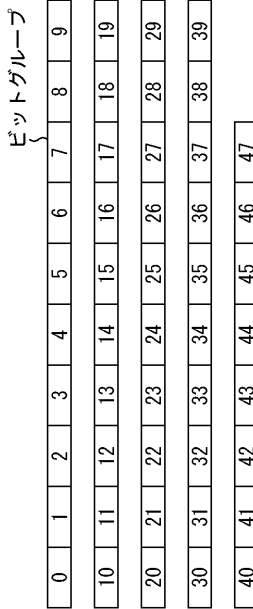
【 1 1 8 】

FIG. 118



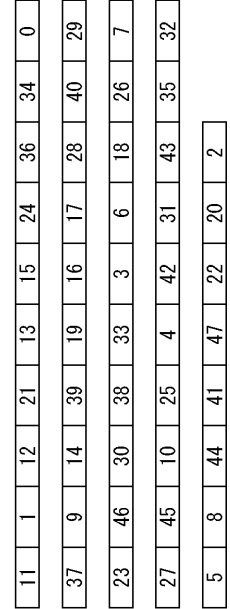
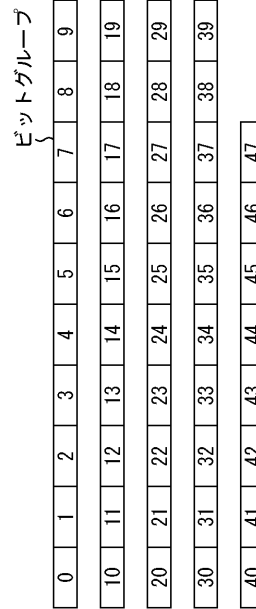
【 1 1 9 】

FIG. 119



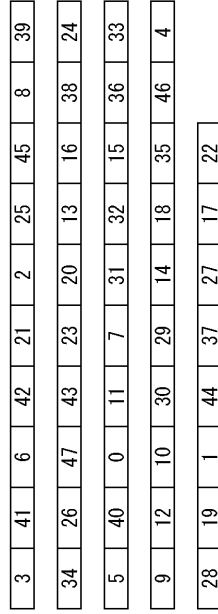
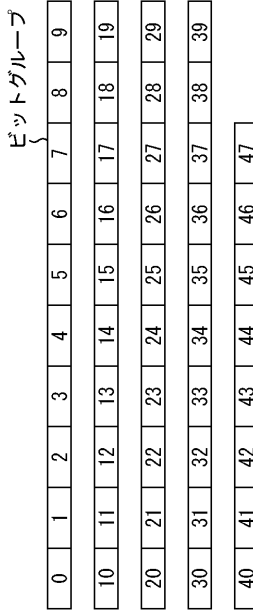
【 1 2 0 】

FIG. 120



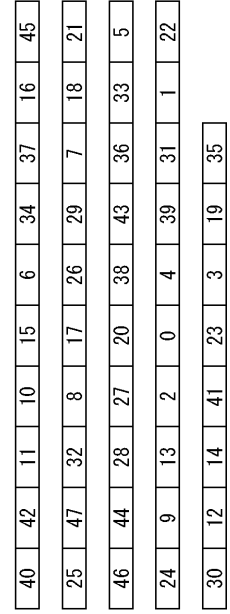
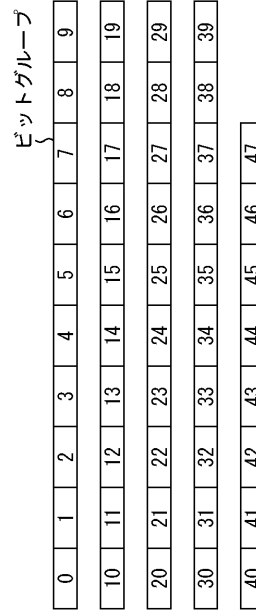
【 1 2 1】

FIG. 121



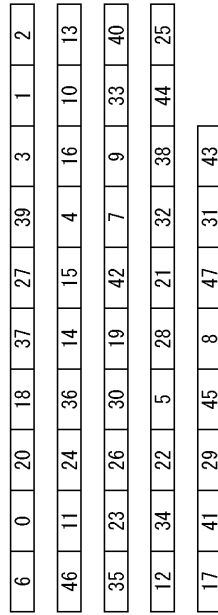
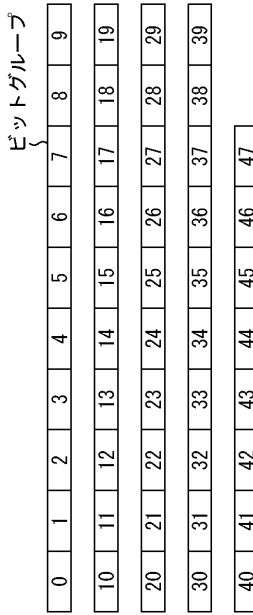
【 1 2 2】

FIG. 122



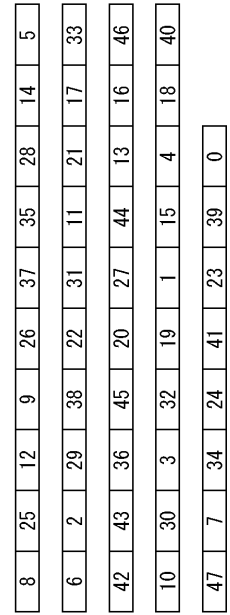
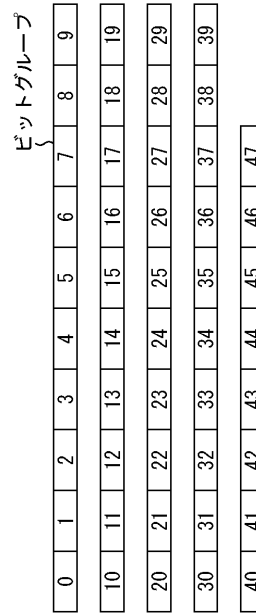
【 1 2 3】

FIG. 123



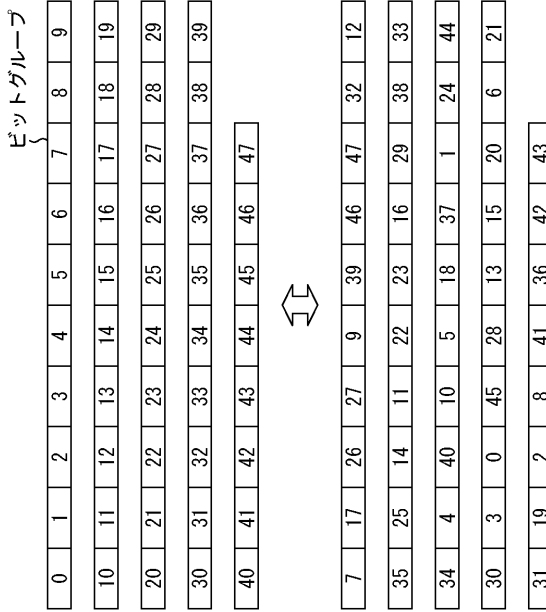
【 1 2 4】

FIG. 124



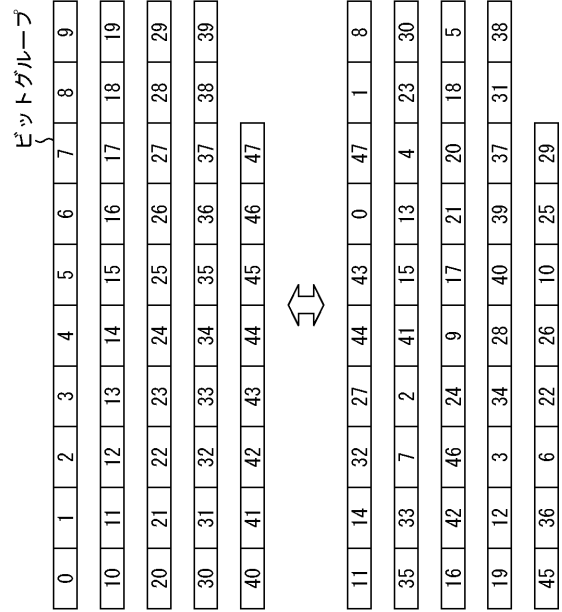
【 1 2 5 】

FIG. 125



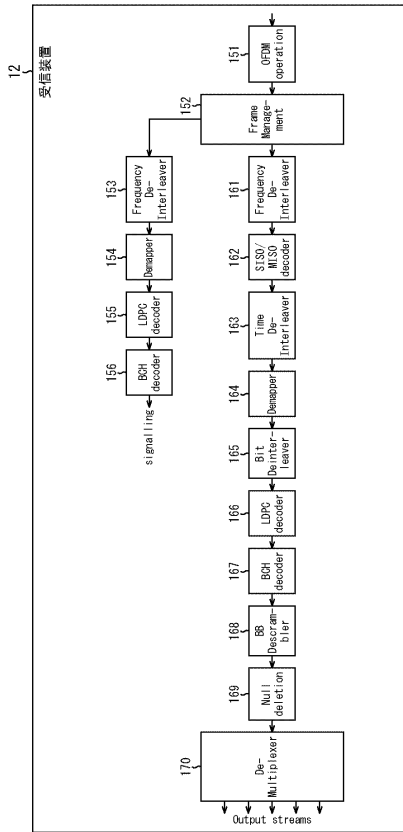
【 1 2 6 】

FIG. 126



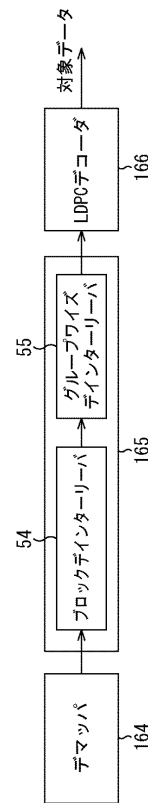
【 1 2 7 】

FIG. 127



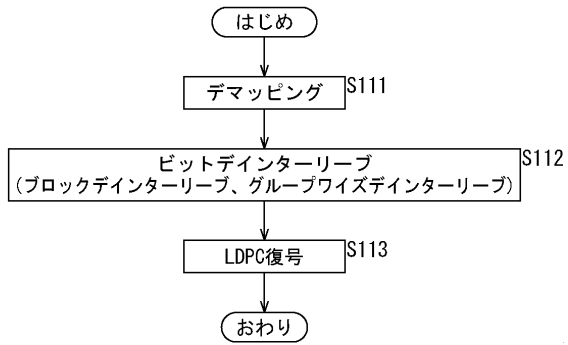
【 1 2 8 】

FIG. 128



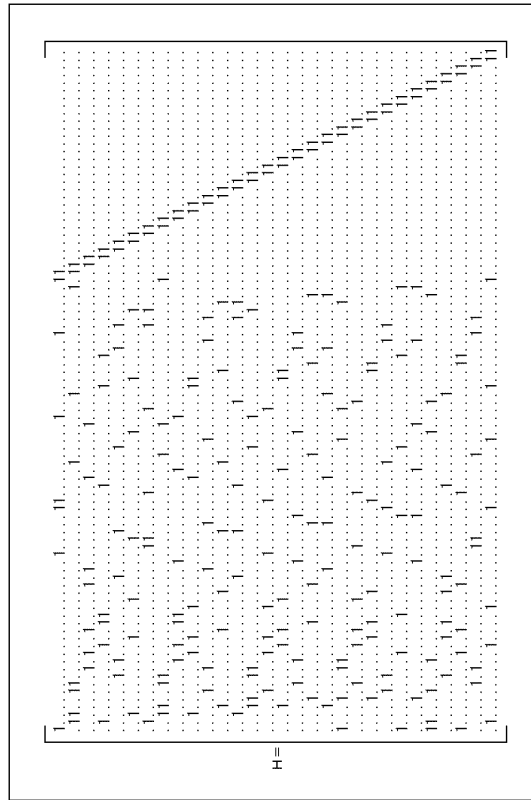
【 図 1 2 9 】

FIG. 129



【 図 1 3 0 】

FIG. 130

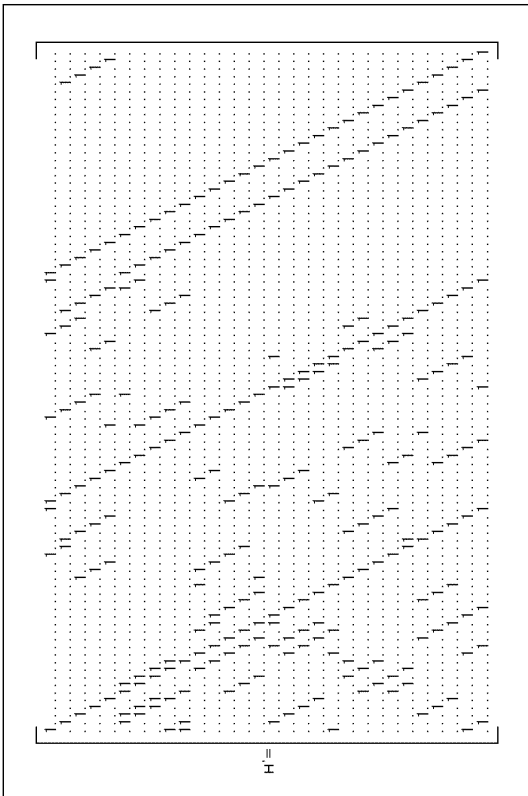


10

20

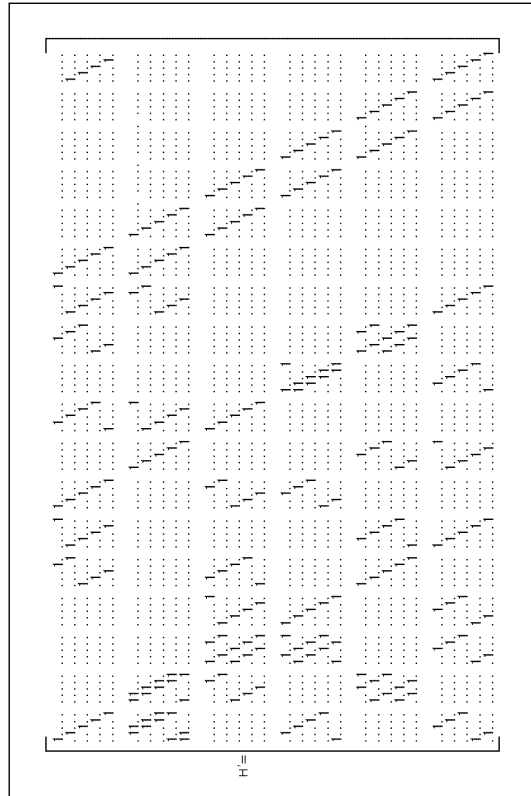
【 図 1 3 1 】

FIG. 131



【 図 1 3 2 】

FIG. 132



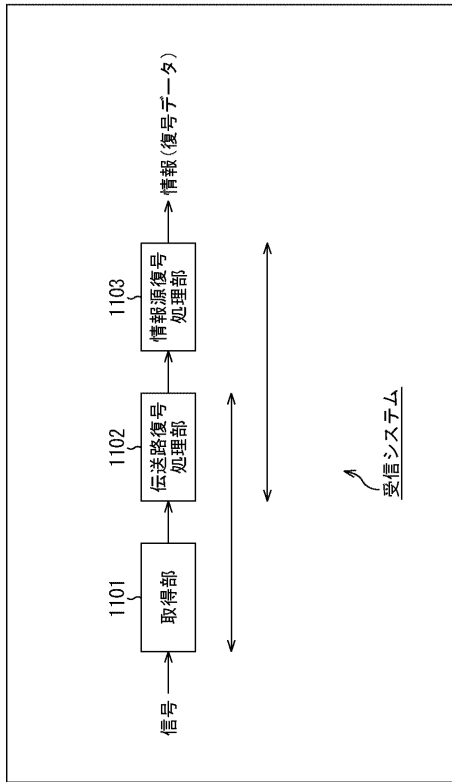
30

40

50

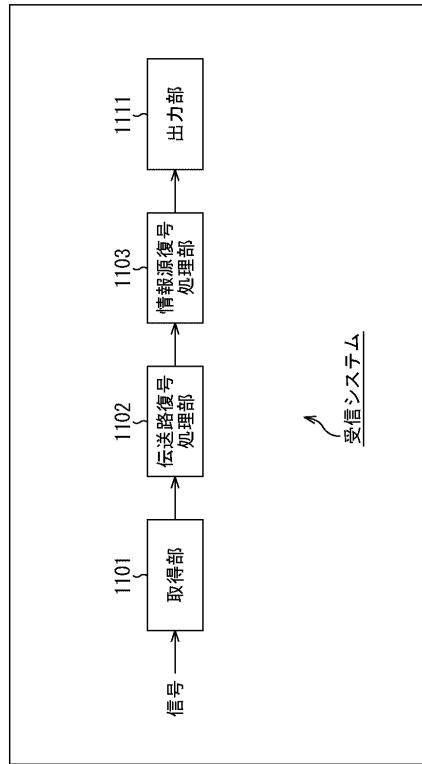
【図 137】

FIG. 137



【図 138】

FIG. 138

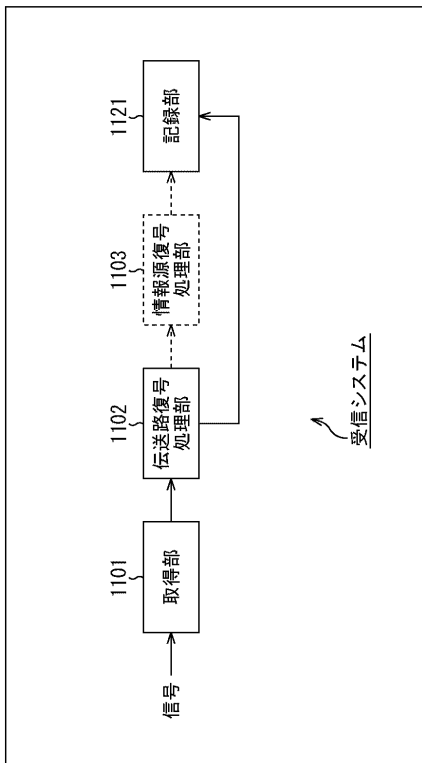


10

20

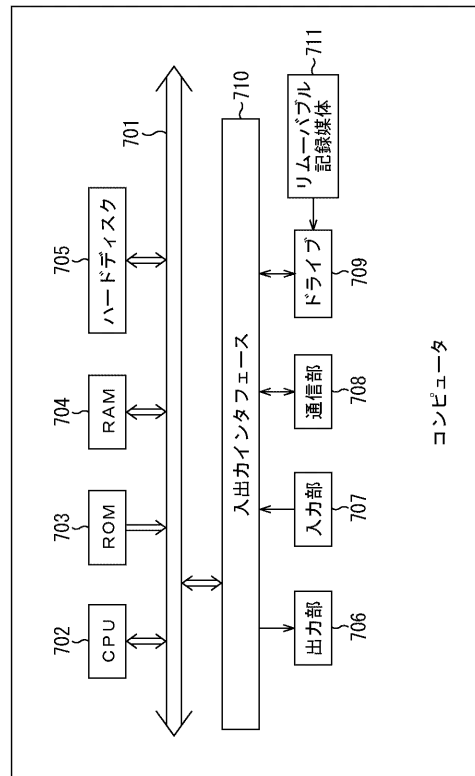
【図 139】

FIG. 139



【図 140】

FIG. 140



30

40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献 米国特許出願公開第2015/0256202 (US, A1)
特開2015-228647 (JP, A)
米国特許出願公開第2015/0236816 (US, A1)
米国特許出願公開第2010/0192044 (US, A1)
国際公開第2015/125612 (WO, A1)
ATSC Standard: Physical Layer Protocol, ATSC A/322:2017, 2017年06月06日, pp.24-25,147-163
1.9 地上放送伝送技術, 研究年報2017, 日本放送協会 放送技術研究所, 2018年05月, pp.12-13
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
H03M 13/19
H03M 13/27
IEEE Explore