

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2015-156530

(P2015-156530A)

(43) 公開日 平成27年8月27日(2015.8.27)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
<b>HO3M 13/19 (2006.01)</b>	HO3M 13/19	5J065
<b>HO3M 13/27 (2006.01)</b>	HO3M 13/27	5K004
<b>HO4L 27/34 (2006.01)</b>	HO4L 27/00	E

審査請求 未請求 請求項の数 12 O L (全 147 頁)

(21) 出願番号 特願2014-30012 (P2014-30012)  
 (22) 出願日 平成26年2月19日 (2014.2.19)

(71) 出願人 000002185  
 ソニー株式会社  
 東京都港区港南1丁目7番1号  
 (74) 代理人 100082131  
 弁理士 稲本 義雄  
 (74) 代理人 100121131  
 弁理士 西川 孝  
 (72) 発明者 池谷 亮志  
 東京都港区港南1丁目7番1号 ソニー株式会社内  
 (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

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 データ処理装置、及び、データ処理方法

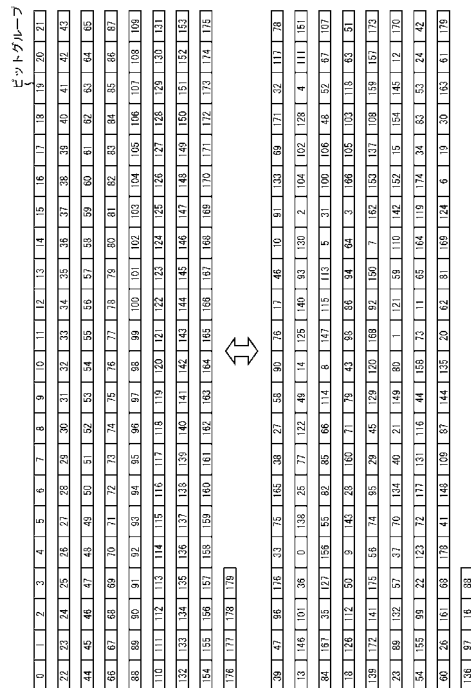
(57) 【要約】

【課題】 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。

【解決手段】 グループワイズインターリーブでは、符号長Nが64800ビットであり、符号化率rが5/15のLDPC符号が、360ビットのビットグループ単位でインターリーブされる。グループワイズデインターリーブでは、グループワイズインターリーブ後のLDPC符号の並びが元の並びに戻される。本技術は、例えば、LDPC符号を用いたデータ伝送等を行う場合に適用できる。

【選択図】 図97

図97



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項1】

符号長 $N$ が64800ビットであり、符号化率 $r$ が5/15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、変調方式で定める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

を備え、

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64800ビットのLDPC符号のビットグループ0ないし179の並びを、ビットグループ

39, 47, 96, 176, 33, 75, 165, 38, 27, 58, 90, 76, 17, 46, 10, 91, 133, 69, 171, 32, 117, 78, 13, 146, 101, 36, 0, 138, 25, 77, 122, 49, 14, 125, 140, 93, 130, 2, 104, 102, 128, 4, 111, 151, 84, 167, 35, 127, 156, 55, 82, 85, 66, 114, 8, 147, 115, 113, 5, 31, 100, 106, 48, 52, 67, 107, 18, 126, 112, 50, 9, 143, 28, 160, 71, 79, 43, 98, 86, 94, 64, 3, 166, 105, 103, 118, 63, 51, 139, 172, 141, 175, 56, 74, 95, 29, 45, 129, 120, 168, 92, 150, 7, 162, 153, 137, 108, 159, 157, 173, 23, 89, 132, 57, 37, 70, 134, 40, 21, 149, 80, 1, 121, 59, 110, 142, 152, 155, 154, 145, 12, 170, 54, 155, 99, 22, 123, 72, 177, 131, 116, 44, 158, 73, 11, 65, 164, 119, 174, 34, 83, 53, 24, 42, 60, 26, 161, 68, 178, 41, 148, 109, 87, 144, 135, 20, 62, 81, 169, 124, 6, 19, 30, 163, 61, 179, 136, 97, 16, 88

の並びにインターリーブし、

前記検査行列は、

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

$g$ 行 $g$ 列の、前記 $A$ 行列の右に隣接する階段構造の $B$ 行列と、

$g$ 行 $N-K-g$ 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、

$N-K-g$ 行 $K+g$ 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、

$N-K-g$ 行 $N-K-g$ 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 $g$ 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、

221 1011 1218 4299 7143 8728 11072 15533 17356 33909 36833  
 360 1210 1375 2313 3493 16822 21373 23588 23656 26267 34098  
 544 1347 1433 2457 9186 10945 13583 14858 19195 34606 37441  
 37 596 715 4134 8091 12106 24307 24658 34108 40591 42883  
 235 398 1204 2075 6742 11670 13512 23231 24784 27915 34752  
 204 873 890 13550 16570 19774 34012 35249 37655 39885 42890  
 221 371 514 11984 14972 15690 28827 29069 30531 31018 43121  
 280 549 1435 1889 3310 10234 11575 15243 20748 30469 36005  
 223 666 1248 13304 14433 14732 18943 21248 23127 38529 39272  
 370 819 1065 9461 10319 25294 31958 33542 37458 39681 40039  
 585 870 1028 5087 5216 12228 16216 16381 16937 27132 27893  
 164 167 1210 7386 11151 20413 22713 23134 24188 36771 38992  
 298 511 809 4620 7347 8873 19602 24162 29198 34304 41145  
 105 830 1212 2415 14759 15440 16361 16748 22123 32684 42575  
 659 665 668 6458 22130 25972 30697 31074 32048 36078 37129

10

20

30

40

50

91 808 953 8015 8988 13492 13987 15979 28355 34509 39698  
 594 983 1265 3028 4029 9366 11069 11512 27066 40939 41639  
 506 740 1321 1484 10747 16376 17384 20285 31502 38925 42606  
 338 356 975 2022 3578 18689 18772 19826 22914 24733 27431  
 709 1264 1366 4617 8893 25226 27800 29080 30277 37781 39644  
 840 1179 1338 2973 3541 7043 12712 15005 17149 19910 36795  
 1009 1267 1380 4919 12679 22889 29638 30987 34637 36232 37284  
 466 913 1247 1646 3049 5924 9014 20539 34546 35029 36540  
 374 697 984 1654 5870 10883 11684 20294 28888 31612 34031  
 117 240 635 5093 8673 11323 12456 14145 21397 39619 42559  
 122 1265 1427 13528 14282 15241 16852 17227 34723 36836 39791  
 595 1180 1310 6952 17916 24725 24971 27243 29555 32138 35987  
 140 470 1017 13222 13253 18462 20806 21117 28673 31598 37235  
 7 710 1072 8014 10804 13303 14292 16690 26676 36443 41966  
 48 189 759 12438 14523 16388 23178 27315 28656 29111 29694  
 285 387 410 4294 4467 5949 25386 27898 34880 41169 42614  
 474 545 1320 10506 13186 18126 27110 31498 35353 36193 37322  
 1075 1130 1424 11390 13312 14161 16927 25071 25844 34287 38151  
 161 396 427 5944 17281 22201 25218 30143 35566 38261 42513  
 233 247 694 1446 3180 3507 9069 20764 21940 33422 39358  
 271 508 1013 6271 21760 21858 24887 29808 31099 35475 39924  
 8 674 1329 3135 5110 14460 28108 28388 31043 31137 31863  
 1035 1222 1409 8287 16083 24450 24888 29356 30329 37834 39684  
 391 1090 1128 1866 4095 10643 13121 14499 20056 22195 30593  
 55 161 1402 6289 6837 8791 17937 21425 26602 30461 37241  
 110 377 1228 6875 13253 17032 19008 23274 32285 33452 41630  
 360 638 1355 5933 12593 13533 23377 23881 24586 26040 41663  
 535 1240 1333 3354 10860 16032 32573 34908 34957 39255 40759  
 526 936 1321 7992 10260 18527 28248 29356 32636 34666 35552  
 336 785 875 7530 13062 13075 18925 27963 28703 33688 36502  
 36 591 1062 1518 3821 7048 11197 17781 19408 22731 24783  
 214 1145 1223 1546 9475 11170 16061 21273 38688 40051 42479  
 1136 1226 1423 20227 22573 24951 26462 29586 34915 42441 43048  
 26 276 1425 6048 7224 7917 8747 27559 28515 35002 37649  
 127 294 437 4029 8585 9647 11904 24115 28514 36893 39722  
 748 1093 1403 9536 19305 20468 31049 38667 40502 40720 41949  
 96 638 743 9806 12101 17751 22732 24937 32007 32594 38504  
 649 904 1079 2770 3337 9158 20125 24619 32921 33698 35173  
 401 518 984 7372 12438 12582 18704 35874 39420 39503 39790  
 10 451 1077 8078 16320 17409 25807 28814 30613 41261 42955  
 405 592 1178 15936 18418 19585 21966 24219 30637 34536 37838  
 50 584 851 9720 11919 22544 22545 25851 35567 41587 41876  
 911 1113 1176 1806 10058 10809 14220 19044 20748 29424 36671  
 441 550 1135 1956 11254 18699 30249 33099 34587 35243 39952  
 510 1016 1281 8621 13467 13780 15170 16289 20925 26426 34479  
 4969 5223 17117 21950 22144 24043 27151 39809  
 11452 13622 18918 19670 23995 32647 37200 37399  
 6351 6426 13185 13973 16699 22524 31070 31916  
 4098 10617 14854 18004 28580 36158 37500 38552

である

10

20

30

40

50

データ処理装置。

【請求項2】

符号長 $N$ が64800ビットであり、符号化率 $r$ が5/15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、変調方式で定める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

を備え、

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64800ビットのLDPC符号のビットグループ0ないし179の並びを、ビットグループ

39, 47, 96, 176, 33, 75, 165, 38, 27, 58, 90, 76, 17, 46, 10, 91, 133, 69, 171, 32, 117, 78, 13, 146, 101, 36, 0, 138, 25, 77, 122, 49, 14, 125, 140, 93, 130, 2, 104, 102, 128, 4, 111, 151, 84, 167, 35, 127, 156, 55, 82, 85, 66, 114, 8, 147, 115, 113, 5, 31, 100, 106, 48, 52, 67, 107, 18, 126, 112, 50, 9, 143, 28, 160, 71, 79, 43, 98, 86, 94, 64, 3, 166, 105, 103, 118, 63, 51, 139, 172, 141, 175, 56, 74, 95, 29, 45, 129, 120, 168, 92, 150, 7, 162, 153, 137, 108, 159, 157, 173, 23, 89, 132, 57, 37, 70, 134, 40, 21, 149, 80, 1, 121, 59, 110, 142, 152, 155, 154, 145, 12, 170, 54, 155, 99, 22, 123, 72, 177, 131, 116, 44, 158, 73, 11, 65, 164, 119, 174, 34, 83, 53, 24, 42, 60, 26, 161, 68, 178, 41, 148, 109, 87, 144, 135, 20, 62, 81, 169, 124, 6, 19, 30, 163, 61, 179, 136, 97, 16, 88

の並びにインターリーブし、

前記検査行列は、

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

$g$ 行 $g$ 列の、前記 $A$ 行列の右に隣接する階段構造の $B$ 行列と、

$g$ 行 $N-K-g$ 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、

$N-K-g$ 行 $K+g$ 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、

$N-K-g$ 行 $N-K-g$ 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 $g$ 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、

221 1011 1218 4299 7143 8728 11072 15533 17356 33909 36833  
 360 1210 1375 2313 3493 16822 21373 23588 23656 26267 34098  
 544 1347 1433 2457 9186 10945 13583 14858 19195 34606 37441  
 37 596 715 4134 8091 12106 24307 24658 34108 40591 42883  
 235 398 1204 2075 6742 11670 13512 23231 24784 27915 34752  
 204 873 890 13550 16570 19774 34012 35249 37655 39885 42890  
 221 371 514 11984 14972 15690 28827 29069 30531 31018 43121  
 280 549 1435 1889 3310 10234 11575 15243 20748 30469 36005  
 223 666 1248 13304 14433 14732 18943 21248 23127 38529 39272  
 370 819 1065 9461 10319 25294 31958 33542 37458 39681 40039  
 585 870 1028 5087 5216 12228 16216 16381 16937 27132 27893  
 164 167 1210 7386 11151 20413 22713 23134 24188 36771 38992  
 298 511 809 4620 7347 8873 19602 24162 29198 34304 41145  
 105 830 1212 2415 14759 15440 16361 16748 22123 32684 42575  
 659 665 668 6458 22130 25972 30697 31074 32048 36078 37129

10

20

30

40

50

91 808 953 8015 8988 13492 13987 15979 28355 34509 39698  
 594 983 1265 3028 4029 9366 11069 11512 27066 40939 41639  
 506 740 1321 1484 10747 16376 17384 20285 31502 38925 42606  
 338 356 975 2022 3578 18689 18772 19826 22914 24733 27431  
 709 1264 1366 4617 8893 25226 27800 29080 30277 37781 39644  
 840 1179 1338 2973 3541 7043 12712 15005 17149 19910 36795  
 1009 1267 1380 4919 12679 22889 29638 30987 34637 36232 37284  
 466 913 1247 1646 3049 5924 9014 20539 34546 35029 36540  
 374 697 984 1654 5870 10883 11684 20294 28888 31612 34031  
 117 240 635 5093 8673 11323 12456 14145 21397 39619 42559  
 122 1265 1427 13528 14282 15241 16852 17227 34723 36836 39791  
 595 1180 1310 6952 17916 24725 24971 27243 29555 32138 35987  
 140 470 1017 13222 13253 18462 20806 21117 28673 31598 37235  
 7 710 1072 8014 10804 13303 14292 16690 26676 36443 41966  
 48 189 759 12438 14523 16388 23178 27315 28656 29111 29694  
 285 387 410 4294 4467 5949 25386 27898 34880 41169 42614  
 474 545 1320 10506 13186 18126 27110 31498 35353 36193 37322  
 1075 1130 1424 11390 13312 14161 16927 25071 25844 34287 38151  
 161 396 427 5944 17281 22201 25218 30143 35566 38261 42513  
 233 247 694 1446 3180 3507 9069 20764 21940 33422 39358  
 271 508 1013 6271 21760 21858 24887 29808 31099 35475 39924  
 8 674 1329 3135 5110 14460 28108 28388 31043 31137 31863  
 1035 1222 1409 8287 16083 24450 24888 29356 30329 37834 39684  
 391 1090 1128 1866 4095 10643 13121 14499 20056 22195 30593  
 55 161 1402 6289 6837 8791 17937 21425 26602 30461 37241  
 110 377 1228 6875 13253 17032 19008 23274 32285 33452 41630  
 360 638 1355 5933 12593 13533 23377 23881 24586 26040 41663  
 535 1240 1333 3354 10860 16032 32573 34908 34957 39255 40759  
 526 936 1321 7992 10260 18527 28248 29356 32636 34666 35552  
 336 785 875 7530 13062 13075 18925 27963 28703 33688 36502  
 36 591 1062 1518 3821 7048 11197 17781 19408 22731 24783  
 214 1145 1223 1546 9475 11170 16061 21273 38688 40051 42479  
 1136 1226 1423 20227 22573 24951 26462 29586 34915 42441 43048  
 26 276 1425 6048 7224 7917 8747 27559 28515 35002 37649  
 127 294 437 4029 8585 9647 11904 24115 28514 36893 39722  
 748 1093 1403 9536 19305 20468 31049 38667 40502 40720 41949  
 96 638 743 9806 12101 17751 22732 24937 32007 32594 38504  
 649 904 1079 2770 3337 9158 20125 24619 32921 33698 35173  
 401 518 984 7372 12438 12582 18704 35874 39420 39503 39790  
 10 451 1077 8078 16320 17409 25807 28814 30613 41261 42955  
 405 592 1178 15936 18418 19585 21966 24219 30637 34536 37838  
 50 584 851 9720 11919 22544 22545 25851 35567 41587 41876  
 911 1113 1176 1806 10058 10809 14220 19044 20748 29424 36671  
 441 550 1135 1956 11254 18699 30249 33099 34587 35243 39952  
 510 1016 1281 8621 13467 13780 15170 16289 20925 26426 34479  
 4969 5223 17117 21950 22144 24043 27151 39809  
 11452 13622 18918 19670 23995 32647 37200 37399  
 6351 6426 13185 13973 16699 22524 31070 31916  
 4098 10617 14854 18004 28580 36158 37500 38552

である

10

20

30

40

50

データ処理方法。

【請求項3】

符号長 $N$ が64800ビットであり、符号化率 $r$ が5/15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、変調方式で定める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

を備え、

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64800ビットのLDPC符号のビットグループ0ないし179の並びを、ビットグループ

39, 47, 96, 176, 33, 75, 165, 38, 27, 58, 90, 76, 17, 46, 10, 91, 133, 69, 171, 32, 117, 78, 13, 146, 101, 36, 0, 138, 25, 77, 122, 49, 14, 125, 140, 93, 130, 2, 104, 102, 128, 4, 111, 151, 84, 167, 35, 127, 156, 55, 82, 85, 66, 114, 8, 147, 115, 113, 5, 31, 100, 106, 48, 52, 67, 107, 18, 126, 112, 50, 9, 143, 28, 160, 71, 79, 43, 98, 86, 94, 64, 3, 166, 105, 103, 118, 63, 51, 139, 172, 141, 175, 56, 74, 95, 29, 45, 129, 120, 168, 92, 150, 7, 162, 153, 137, 108, 159, 157, 173, 23, 89, 132, 57, 37, 70, 134, 40, 21, 149, 80, 1, 121, 59, 110, 142, 152, 155, 154, 145, 12, 170, 54, 155, 99, 22, 123, 72, 177, 131, 116, 44, 158, 73, 11, 65, 164, 119, 174, 34, 83, 53, 24, 42, 60, 26, 161, 68, 178, 41, 148, 109, 87, 144, 135, 20, 62, 81, 169, 124, 6, 19, 30, 163, 61, 179, 136, 97, 16, 88

の並びにインターリーブし、

前記検査行列は、

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

$g$ 行 $g$ 列の、前記 $A$ 行列の右に隣接する階段構造の $B$ 行列と、

$g$ 行 $N-K-g$ 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、

$N-K-g$ 行 $K+g$ 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、

$N-K-g$ 行 $N-K-g$ 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 $g$ 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、

221 1011 1218 4299 7143 8728 11072 15533 17356 33909 36833  
 360 1210 1375 2313 3493 16822 21373 23588 23656 26267 34098  
 544 1347 1433 2457 9186 10945 13583 14858 19195 34606 37441  
 37 596 715 4134 8091 12106 24307 24658 34108 40591 42883  
 235 398 1204 2075 6742 11670 13512 23231 24784 27915 34752  
 204 873 890 13550 16570 19774 34012 35249 37655 39885 42890  
 221 371 514 11984 14972 15690 28827 29069 30531 31018 43121  
 280 549 1435 1889 3310 10234 11575 15243 20748 30469 36005  
 223 666 1248 13304 14433 14732 18943 21248 23127 38529 39272  
 370 819 1065 9461 10319 25294 31958 33542 37458 39681 40039  
 585 870 1028 5087 5216 12228 16216 16381 16937 27132 27893  
 164 167 1210 7386 11151 20413 22713 23134 24188 36771 38992  
 298 511 809 4620 7347 8873 19602 24162 29198 34304 41145  
 105 830 1212 2415 14759 15440 16361 16748 22123 32684 42575  
 659 665 668 6458 22130 25972 30697 31074 32048 36078 37129

10

20

30

40

50

91 808 953 8015 8988 13492 13987 15979 28355 34509 39698  
 594 983 1265 3028 4029 9366 11069 11512 27066 40939 41639  
 506 740 1321 1484 10747 16376 17384 20285 31502 38925 42606  
 338 356 975 2022 3578 18689 18772 19826 22914 24733 27431  
 709 1264 1366 4617 8893 25226 27800 29080 30277 37781 39644  
 840 1179 1338 2973 3541 7043 12712 15005 17149 19910 36795  
 1009 1267 1380 4919 12679 22889 29638 30987 34637 36232 37284  
 466 913 1247 1646 3049 5924 9014 20539 34546 35029 36540  
 374 697 984 1654 5870 10883 11684 20294 28888 31612 34031  
 117 240 635 5093 8673 11323 12456 14145 21397 39619 42559  
 122 1265 1427 13528 14282 15241 16852 17227 34723 36836 39791  
 595 1180 1310 6952 17916 24725 24971 27243 29555 32138 35987  
 140 470 1017 13222 13253 18462 20806 21117 28673 31598 37235  
 7 710 1072 8014 10804 13303 14292 16690 26676 36443 41966  
 48 189 759 12438 14523 16388 23178 27315 28656 29111 29694  
 285 387 410 4294 4467 5949 25386 27898 34880 41169 42614  
 474 545 1320 10506 13186 18126 27110 31498 35353 36193 37322  
 1075 1130 1424 11390 13312 14161 16927 25071 25844 34287 38151  
 161 396 427 5944 17281 22201 25218 30143 35566 38261 42513  
 233 247 694 1446 3180 3507 9069 20764 21940 33422 39358  
 271 508 1013 6271 21760 21858 24887 29808 31099 35475 39924  
 8 674 1329 3135 5110 14460 28108 28388 31043 31137 31863  
 1035 1222 1409 8287 16083 24450 24888 29356 30329 37834 39684  
 391 1090 1128 1866 4095 10643 13121 14499 20056 22195 30593  
 55 161 1402 6289 6837 8791 17937 21425 26602 30461 37241  
 110 377 1228 6875 13253 17032 19008 23274 32285 33452 41630  
 360 638 1355 5933 12593 13533 23377 23881 24586 26040 41663  
 535 1240 1333 3354 10860 16032 32573 34908 34957 39255 40759  
 526 936 1321 7992 10260 18527 28248 29356 32636 34666 35552  
 336 785 875 7530 13062 13075 18925 27963 28703 33688 36502  
 36 591 1062 1518 3821 7048 11197 17781 19408 22731 24783  
 214 1145 1223 1546 9475 11170 16061 21273 38688 40051 42479  
 1136 1226 1423 20227 22573 24951 26462 29586 34915 42441 43048  
 26 276 1425 6048 7224 7917 8747 27559 28515 35002 37649  
 127 294 437 4029 8585 9647 11904 24115 28514 36893 39722  
 748 1093 1403 9536 19305 20468 31049 38667 40502 40720 41949  
 96 638 743 9806 12101 17751 22732 24937 32007 32594 38504  
 649 904 1079 2770 3337 9158 20125 24619 32921 33698 35173  
 401 518 984 7372 12438 12582 18704 35874 39420 39503 39790  
 10 451 1077 8078 16320 17409 25807 28814 30613 41261 42955  
 405 592 1178 15936 18418 19585 21966 24219 30637 34536 37838  
 50 584 851 9720 11919 22544 22545 25851 35567 41587 41876  
 911 1113 1176 1806 10058 10809 14220 19044 20748 29424 36671  
 441 550 1135 1956 11254 18699 30249 33099 34587 35243 39952  
 510 1016 1281 8621 13467 13780 15170 16289 20925 26426 34479  
 4969 5223 17117 21950 22144 24043 27151 39809  
 11452 13622 18918 19670 23995 32647 37200 37399  
 6351 6426 13185 13973 16699 22524 31070 31916  
 4098 10617 14854 18004 28580 36158 37500 38552

10

20

30

40

である

50

## 送信装置

から送信されてくるデータから得られる、グループワイズインターリーブ後の前記LDPC符号の並びを元の並びに戻すグループワイズインターリーブ部を備える

データ処理装置。

## 【請求項4】

符号長 $N$ が64800ビットであり、符号化率 $r$ が5/15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、変調方式で定める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

10

を備え、

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64800ビットのLDPC符号のビットグループ0ないし179の並びを、ビットグループ

39, 47, 96, 176, 33, 75, 165, 38, 27, 58, 90, 76, 17, 46, 10, 91, 133, 69, 171, 32, 117, 78, 13, 146, 101, 36, 0, 138, 25, 77, 122, 49, 14, 125, 140, 93, 130, 2, 104, 102, 128, 4, 111, 151, 84, 167, 35, 127, 156, 55, 82, 85, 66, 114, 8, 147, 115, 113, 5, 31, 100, 106, 48, 52, 67, 107, 18, 126, 112, 50, 9, 143, 28, 160, 71, 79, 43, 98, 86, 94, 64, 3, 166, 105, 103, 118, 63, 51, 139, 172, 141, 175, 56, 74, 95, 29, 45, 129, 120, 168, 92, 150, 7, 162, 153, 137, 108, 159, 157, 173, 23, 89, 132, 57, 37, 70, 134, 40, 21, 149, 80, 1, 121, 59, 110, 142, 152, 15, 154, 145, 12, 170, 54, 155, 99, 22, 123, 72, 177, 131, 116, 44, 158, 73, 11, 65, 164, 119, 174, 34, 83, 53, 24, 42, 60, 26, 161, 68, 178, 41, 148, 109, 87, 144, 135, 20, 62, 81, 169, 124, 6, 19, 30, 163, 61, 179, 136, 97, 16, 88

20

の並びにインターリーブし、

前記検査行列は、

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

$g$ 行 $g$ 列の、前記 $A$ 行列の右に隣接する階段構造の $B$ 行列と、

30

$g$ 行 $N-K-g$ 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、

$N-K-g$ 行 $K+g$ 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、

$N-K-g$ 行 $N-K-g$ 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 $g$ 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、

221 1011 1218 4299 7143 8728 11072 15533 17356 33909 36833  
 360 1210 1375 2313 3493 16822 21373 23588 23656 26267 34098  
 544 1347 1433 2457 9186 10945 13583 14858 19195 34606 37441  
 37 596 715 4134 8091 12106 24307 24658 34108 40591 42883  
 235 398 1204 2075 6742 11670 13512 23231 24784 27915 34752  
 204 873 890 13550 16570 19774 34012 35249 37655 39885 42890  
 221 371 514 11984 14972 15690 28827 29069 30531 31018 43121  
 280 549 1435 1889 3310 10234 11575 15243 20748 30469 36005  
 223 666 1248 13304 14433 14732 18943 21248 23127 38529 39272  
 370 819 1065 9461 10319 25294 31958 33542 37458 39681 40039  
 585 870 1028 5087 5216 12228 16216 16381 16937 27132 27893  
 164 167 1210 7386 11151 20413 22713 23134 24188 36771 38992

40

50



298 511 809 4620 7347 8873 19602 24162 29198 34304 41145  
 105 830 1212 2415 14759 15440 16361 16748 22123 32684 42575  
 659 665 668 6458 22130 25972 30697 31074 32048 36078 37129  
 91 808 953 8015 8988 13492 13987 15979 28355 34509 39698  
 594 983 1265 3028 4029 9366 11069 11512 27066 40939 41639  
 506 740 1321 1484 10747 16376 17384 20285 31502 38925 42606  
 338 356 975 2022 3578 18689 18772 19826 22914 24733 27431  
 709 1264 1366 4617 8893 25226 27800 29080 30277 37781 39644  
 840 1179 1338 2973 3541 7043 12712 15005 17149 19910 36795  
 1009 1267 1380 4919 12679 22889 29638 30987 34637 36232 37284 10  
 466 913 1247 1646 3049 5924 9014 20539 34546 35029 36540  
 374 697 984 1654 5870 10883 11684 20294 28888 31612 34031  
 117 240 635 5093 8673 11323 12456 14145 21397 39619 42559  
 122 1265 1427 13528 14282 15241 16852 17227 34723 36836 39791  
 595 1180 1310 6952 17916 24725 24971 27243 29555 32138 35987  
 140 470 1017 13222 13253 18462 20806 21117 28673 31598 37235  
 7 710 1072 8014 10804 13303 14292 16690 26676 36443 41966  
 48 189 759 12438 14523 16388 23178 27315 28656 29111 29694  
 285 387 410 4294 4467 5949 25386 27898 34880 41169 42614  
 474 545 1320 10506 13186 18126 27110 31498 35353 36193 37322 20  
 1075 1130 1424 11390 13312 14161 16927 25071 25844 34287 38151  
 161 396 427 5944 17281 22201 25218 30143 35566 38261 42513  
 233 247 694 1446 3180 3507 9069 20764 21940 33422 39358  
 271 508 1013 6271 21760 21858 24887 29808 31099 35475 39924  
 8 674 1329 3135 5110 14460 28108 28388 31043 31137 31863  
 1035 1222 1409 8287 16083 24450 24888 29356 30329 37834 39684  
 391 1090 1128 1866 4095 10643 13121 14499 20056 22195 30593  
 55 161 1402 6289 6837 8791 17937 21425 26602 30461 37241  
 110 377 1228 6875 13253 17032 19008 23274 32285 33452 41630  
 360 638 1355 5933 12593 13533 23377 23881 24586 26040 41663 30  
 535 1240 1333 3354 10860 16032 32573 34908 34957 39255 40759  
 526 936 1321 7992 10260 18527 28248 29356 32636 34666 35552  
 336 785 875 7530 13062 13075 18925 27963 28703 33688 36502  
 36 591 1062 1518 3821 7048 11197 17781 19408 22731 24783  
 214 1145 1223 1546 9475 11170 16061 21273 38688 40051 42479  
 1136 1226 1423 20227 22573 24951 26462 29586 34915 42441 43048  
 26 276 1425 6048 7224 7917 8747 27559 28515 35002 37649  
 127 294 437 4029 8585 9647 11904 24115 28514 36893 39722  
 748 1093 1403 9536 19305 20468 31049 38667 40502 40720 41949  
 96 638 743 9806 12101 17751 22732 24937 32007 32594 38504 40  
 649 904 1079 2770 3337 9158 20125 24619 32921 33698 35173  
 401 518 984 7372 12438 12582 18704 35874 39420 39503 39790  
 10 451 1077 8078 16320 17409 25807 28814 30613 41261 42955  
 405 592 1178 15936 18418 19585 21966 24219 30637 34536 37838  
 50 584 851 9720 11919 22544 22545 25851 35567 41587 41876  
 911 1113 1176 1806 10058 10809 14220 19044 20748 29424 36671  
 441 550 1135 1956 11254 18699 30249 33099 34587 35243 39952  
 510 1016 1281 8621 13467 13780 15170 16289 20925 26426 34479  
 4969 5223 17117 21950 22144 24043 27151 39809  
 11452 13622 18918 19670 23995 32647 37200 37399 50

6351 6426 13185 13973 16699 22524 31070 31916  
4098 10617 14854 18004 28580 36158 37500 38552

である

送信装置

から送信されてくるデータから得られる、グループワイズインターリーブ後の前記LDPC符号の並びを元の並びに戻すグループワイズインターリーブステップを備えるデータ処理方法。

【請求項5】

符号長Nが64800ビットであり、符号化率rが5/15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、

10

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、4ビット単位で、変調方式で定める16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

を備え、

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64800ビットのLDPC符号のビットグループ0ないし179の並びを、ビットグループ

6, 14, 1, 127, 161, 177, 75, 123, 62, 103, 17, 18, 167, 88, 27, 34, 8, 110, 7, 78, 94, 44, 45, 166, 149, 61, 163, 145, 155, 157, 82, 130, 70, 92, 151, 139, 160, 133, 26, 2, 79, 15, 95, 122, 126, 178, 101, 24, 138, 146, 179, 30, 86, 58, 11, 121, 159, 49, 84, 132, 117, 119, 50, 52, 4, 51, 48, 74, 114, 59, 40, 131, 33, 89, 66, 136, 72, 16, 134, 37, 164, 77, 99, 173, 20, 158, 156, 90, 41, 176, 81, 42, 60, 109, 22, 150, 105, 120, 12, 64, 56, 68, 111, 21, 148, 53, 169, 97, 108, 35, 140, 91, 115, 152, 36, 106, 154, 0, 25, 54, 63, 172, 80, 168, 142, 118, 162, 135, 73, 83, 153, 141, 9, 28, 55, 31, 112, 107, 85, 100, 175, 23, 57, 47, 38, 170, 137, 76, 147, 93, 19, 98, 124, 39, 87, 174, 144, 46, 10, 129, 69, 71, 125, 96, 116, 171, 128, 65, 102, 5, 43, 143, 104, 13, 67, 29, 3, 113, 32, 165

20

の並びにインターリーブし、

前記検査行列は、

30

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

g行g列の、前記A行列の右に隣接する階段構造のB行列と、

g行N-K-g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-g行K+g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-g行N-K-g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g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、

40

221 1011 1218 4299 7143 8728 11072 15533 17356 33909 36833  
360 1210 1375 2313 3493 16822 21373 23588 23656 26267 34098  
544 1347 1433 2457 9186 10945 13583 14858 19195 34606 37441  
37 596 715 4134 8091 12106 24307 24658 34108 40591 42883  
235 398 1204 2075 6742 11670 13512 23231 24784 27915 34752  
204 873 890 13550 16570 19774 34012 35249 37655 39885 42890  
221 371 514 11984 14972 15690 28827 29069 30531 31018 43121  
280 549 1435 1889 3310 10234 11575 15243 20748 30469 36005  
223 666 1248 13304 14433 14732 18943 21248 23127 38529 39272

50

370 819 1065 9461 10319 25294 31958 33542 37458 39681 40039  
 585 870 1028 5087 5216 12228 16216 16381 16937 27132 27893  
 164 167 1210 7386 11151 20413 22713 23134 24188 36771 38992  
 298 511 809 4620 7347 8873 19602 24162 29198 34304 41145  
 105 830 1212 2415 14759 15440 16361 16748 22123 32684 42575  
 659 665 668 6458 22130 25972 30697 31074 32048 36078 37129  
 91 808 953 8015 8988 13492 13987 15979 28355 34509 39698  
 594 983 1265 3028 4029 9366 11069 11512 27066 40939 41639  
 506 740 1321 1484 10747 16376 17384 20285 31502 38925 42606  
 338 356 975 2022 3578 18689 18772 19826 22914 24733 27431 10  
 709 1264 1366 4617 8893 25226 27800 29080 30277 37781 39644  
 840 1179 1338 2973 3541 7043 12712 15005 17149 19910 36795  
 1009 1267 1380 4919 12679 22889 29638 30987 34637 36232 37284  
 466 913 1247 1646 3049 5924 9014 20539 34546 35029 36540  
 374 697 984 1654 5870 10883 11684 20294 28888 31612 34031  
 117 240 635 5093 8673 11323 12456 14145 21397 39619 42559  
 122 1265 1427 13528 14282 15241 16852 17227 34723 36836 39791  
 595 1180 1310 6952 17916 24725 24971 27243 29555 32138 35987  
 140 470 1017 13222 13253 18462 20806 21117 28673 31598 37235  
 7 710 1072 8014 10804 13303 14292 16690 26676 36443 41966 20  
 48 189 759 12438 14523 16388 23178 27315 28656 29111 29694  
 285 387 410 4294 4467 5949 25386 27898 34880 41169 42614  
 474 545 1320 10506 13186 18126 27110 31498 35353 36193 37322  
 1075 1130 1424 11390 13312 14161 16927 25071 25844 34287 38151  
 161 396 427 5944 17281 22201 25218 30143 35566 38261 42513  
 233 247 694 1446 3180 3507 9069 20764 21940 33422 39358  
 271 508 1013 6271 21760 21858 24887 29808 31099 35475 39924  
 8 674 1329 3135 5110 14460 28108 28388 31043 31137 31863  
 1035 1222 1409 8287 16083 24450 24888 29356 30329 37834 39684  
 391 1090 1128 1866 4095 10643 13121 14499 20056 22195 30593 30  
 55 161 1402 6289 6837 8791 17937 21425 26602 30461 37241  
 110 377 1228 6875 13253 17032 19008 23274 32285 33452 41630  
 360 638 1355 5933 12593 13533 23377 23881 24586 26040 41663  
 535 1240 1333 3354 10860 16032 32573 34908 34957 39255 40759  
 526 936 1321 7992 10260 18527 28248 29356 32636 34666 35552  
 336 785 875 7530 13062 13075 18925 27963 28703 33688 36502  
 36 591 1062 1518 3821 7048 11197 17781 19408 22731 24783  
 214 1145 1223 1546 9475 11170 16061 21273 38688 40051 42479  
 1136 1226 1423 20227 22573 24951 26462 29586 34915 42441 43048  
 26 276 1425 6048 7224 7917 8747 27559 28515 35002 37649 40  
 127 294 437 4029 8585 9647 11904 24115 28514 36893 39722  
 748 1093 1403 9536 19305 20468 31049 38667 40502 40720 41949  
 96 638 743 9806 12101 17751 22732 24937 32007 32594 38504  
 649 904 1079 2770 3337 9158 20125 24619 32921 33698 35173  
 401 518 984 7372 12438 12582 18704 35874 39420 39503 39790  
 10 451 1077 8078 16320 17409 25807 28814 30613 41261 42955  
 405 592 1178 15936 18418 19585 21966 24219 30637 34536 37838  
 50 584 851 9720 11919 22544 22545 25851 35567 41587 41876  
 911 1113 1176 1806 10058 10809 14220 19044 20748 29424 36671  
 441 550 1135 1956 11254 18699 30249 33099 34587 35243 39952 50

510 1016 1281 8621 13467 13780 15170 16289 20925 26426 34479  
 4969 5223 17117 21950 22144 24043 27151 39809  
 11452 13622 18918 19670 23995 32647 37200 37399  
 6351 6426 13185 13973 16699 22524 31070 31916  
 4098 10617 14854 18004 28580 36158 37500 38552

である  
 データ処理装置。

【請求項6】

符号長Nが64800ビットであり、符号化率rが5/15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、4ビット単位で、変調方式で定める16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

を備え、

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64800ビットのLDPC符号のビットグループ0ないし179の並びを、ビットグループ

6, 14, 1, 127, 161, 177, 75, 123, 62, 103, 17, 18, 167, 88, 27, 34, 8, 110, 7, 78, 94, 44, 45, 166, 149, 61, 163, 145, 155, 157, 82, 130, 70, 92, 151, 139, 160, 133, 26, 2, 79, 15, 95, 122, 126, 178, 101, 24, 138, 146, 179, 30, 86, 58, 11, 121, 159, 49, 84, 132, 117, 119, 50, 52, 4, 51, 48, 74, 114, 59, 40, 131, 33, 89, 66, 136, 72, 16, 134, 37, 164, 77, 99, 173, 20, 158, 156, 90, 41, 176, 81, 42, 60, 109, 22, 150, 105, 120, 12, 64, 56, 68, 111, 21, 148, 53, 169, 97, 108, 35, 140, 91, 115, 152, 36, 106, 154, 0, 25, 54, 63, 172, 80, 168, 142, 118, 162, 135, 73, 83, 153, 141, 9, 28, 55, 31, 112, 107, 85, 100, 175, 23, 57, 47, 38, 170, 137, 76, 147, 93, 19, 98, 124, 39, 87, 174, 144, 46, 10, 129, 69, 71, 125, 96, 116, 171, 128, 65, 102, 5, 43, 143, 104, 13, 67, 29, 3, 113, 32, 165

の並びにインターリーブし、

前記検査行列は、

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

g行g列の、前記A行列の右に隣接する階段構造のB行列と、

g行N-K-g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-g行K+g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-g行N-K-g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g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、

221 1011 1218 4299 7143 8728 11072 15533 17356 33909 36833  
 360 1210 1375 2313 3493 16822 21373 23588 23656 26267 34098  
 544 1347 1433 2457 9186 10945 13583 14858 19195 34606 37441  
 37 596 715 4134 8091 12106 24307 24658 34108 40591 42883  
 235 398 1204 2075 6742 11670 13512 23231 24784 27915 34752  
 204 873 890 13550 16570 19774 34012 35249 37655 39885 42890  
 221 371 514 11984 14972 15690 28827 29069 30531 31018 43121  
 280 549 1435 1889 3310 10234 11575 15243 20748 30469 36005  
 223 666 1248 13304 14433 14732 18943 21248 23127 38529 39272

10

20

30

40

50

370 819 1065 9461 10319 25294 31958 33542 37458 39681 40039  
 585 870 1028 5087 5216 12228 16216 16381 16937 27132 27893  
 164 167 1210 7386 11151 20413 22713 23134 24188 36771 38992  
 298 511 809 4620 7347 8873 19602 24162 29198 34304 41145  
 105 830 1212 2415 14759 15440 16361 16748 22123 32684 42575  
 659 665 668 6458 22130 25972 30697 31074 32048 36078 37129  
 91 808 953 8015 8988 13492 13987 15979 28355 34509 39698  
 594 983 1265 3028 4029 9366 11069 11512 27066 40939 41639  
 506 740 1321 1484 10747 16376 17384 20285 31502 38925 42606  
 338 356 975 2022 3578 18689 18772 19826 22914 24733 27431 10  
 709 1264 1366 4617 8893 25226 27800 29080 30277 37781 39644  
 840 1179 1338 2973 3541 7043 12712 15005 17149 19910 36795  
 1009 1267 1380 4919 12679 22889 29638 30987 34637 36232 37284  
 466 913 1247 1646 3049 5924 9014 20539 34546 35029 36540  
 374 697 984 1654 5870 10883 11684 20294 28888 31612 34031  
 117 240 635 5093 8673 11323 12456 14145 21397 39619 42559  
 122 1265 1427 13528 14282 15241 16852 17227 34723 36836 39791  
 595 1180 1310 6952 17916 24725 24971 27243 29555 32138 35987  
 140 470 1017 13222 13253 18462 20806 21117 28673 31598 37235  
 7 710 1072 8014 10804 13303 14292 16690 26676 36443 41966 20  
 48 189 759 12438 14523 16388 23178 27315 28656 29111 29694  
 285 387 410 4294 4467 5949 25386 27898 34880 41169 42614  
 474 545 1320 10506 13186 18126 27110 31498 35353 36193 37322  
 1075 1130 1424 11390 13312 14161 16927 25071 25844 34287 38151  
 161 396 427 5944 17281 22201 25218 30143 35566 38261 42513  
 233 247 694 1446 3180 3507 9069 20764 21940 33422 39358  
 271 508 1013 6271 21760 21858 24887 29808 31099 35475 39924  
 8 674 1329 3135 5110 14460 28108 28388 31043 31137 31863  
 1035 1222 1409 8287 16083 24450 24888 29356 30329 37834 39684  
 391 1090 1128 1866 4095 10643 13121 14499 20056 22195 30593 30  
 55 161 1402 6289 6837 8791 17937 21425 26602 30461 37241  
 110 377 1228 6875 13253 17032 19008 23274 32285 33452 41630  
 360 638 1355 5933 12593 13533 23377 23881 24586 26040 41663  
 535 1240 1333 3354 10860 16032 32573 34908 34957 39255 40759  
 526 936 1321 7992 10260 18527 28248 29356 32636 34666 35552  
 336 785 875 7530 13062 13075 18925 27963 28703 33688 36502  
 36 591 1062 1518 3821 7048 11197 17781 19408 22731 24783  
 214 1145 1223 1546 9475 11170 16061 21273 38688 40051 42479  
 1136 1226 1423 20227 22573 24951 26462 29586 34915 42441 43048  
 26 276 1425 6048 7224 7917 8747 27559 28515 35002 37649 40  
 127 294 437 4029 8585 9647 11904 24115 28514 36893 39722  
 748 1093 1403 9536 19305 20468 31049 38667 40502 40720 41949  
 96 638 743 9806 12101 17751 22732 24937 32007 32594 38504  
 649 904 1079 2770 3337 9158 20125 24619 32921 33698 35173  
 401 518 984 7372 12438 12582 18704 35874 39420 39503 39790  
 10 451 1077 8078 16320 17409 25807 28814 30613 41261 42955  
 405 592 1178 15936 18418 19585 21966 24219 30637 34536 37838  
 50 584 851 9720 11919 22544 22545 25851 35567 41587 41876  
 911 1113 1176 1806 10058 10809 14220 19044 20748 29424 36671  
 441 550 1135 1956 11254 18699 30249 33099 34587 35243 39952 50

510 1016 1281 8621 13467 13780 15170 16289 20925 26426 34479  
 4969 5223 17117 21950 22144 24043 27151 39809  
 11452 13622 18918 19670 23995 32647 37200 37399  
 6351 6426 13185 13973 16699 22524 31070 31916  
 4098 10617 14854 18004 28580 36158 37500 38552

である  
 データ処理方法。

【請求項7】

符号長Nが64800ビットであり、符号化率rが5/15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、

10

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、4ビット単位で、変調方式で定める16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

を備え、

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64800ビットのLDPC符号のビットグループ0ないし179の並びを、ビットグループ

6, 14, 1, 127, 161, 177, 75, 123, 62, 103, 17, 18, 167, 88, 27, 34, 8, 110, 7, 78, 94, 44, 45, 166, 149, 61, 163, 145, 155, 157, 82, 130, 70, 92, 151, 139, 160, 133, 26, 2, 79, 15, 95, 122, 126, 178, 101, 24, 138, 146, 179, 30, 86, 58, 11, 121, 159, 49, 84, 132, 117, 119, 50, 52, 4, 51, 48, 74, 114, 59, 40, 131, 33, 89, 66, 136, 72, 16, 134, 37, 164, 77, 99, 173, 20, 158, 156, 90, 41, 176, 81, 42, 60, 109, 22, 150, 105, 120, 12, 64, 56, 68, 111, 21, 148, 53, 169, 97, 108, 35, 140, 91, 115, 152, 36, 106, 154, 0, 25, 54, 63, 172, 80, 168, 142, 118, 162, 135, 73, 83, 153, 141, 9, 28, 55, 31, 112, 107, 85, 100, 175, 23, 57, 47, 38, 170, 137, 76, 147, 93, 19, 98, 124, 39, 87, 174, 144, 46, 10, 129, 69, 71, 125, 96, 116, 171, 128, 65, 102, 5, 43, 143, 104, 13, 67, 29, 3, 113, 32, 165

20

の並びにインターリーブし、

前記検査行列は、

30

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

g行g列の、前記A行列の右に隣接する階段構造のB行列と、

g行N-K-g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-g行K+g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-g行N-K-g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g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、

40

221 1011 1218 4299 7143 8728 11072 15533 17356 33909 36833  
 360 1210 1375 2313 3493 16822 21373 23588 23656 26267 34098  
 544 1347 1433 2457 9186 10945 13583 14858 19195 34606 37441  
 37 596 715 4134 8091 12106 24307 24658 34108 40591 42883  
 235 398 1204 2075 6742 11670 13512 23231 24784 27915 34752  
 204 873 890 13550 16570 19774 34012 35249 37655 39885 42890  
 221 371 514 11984 14972 15690 28827 29069 30531 31018 43121  
 280 549 1435 1889 3310 10234 11575 15243 20748 30469 36005  
 223 666 1248 13304 14433 14732 18943 21248 23127 38529 39272

50

370 819 1065 9461 10319 25294 31958 33542 37458 39681 40039  
585 870 1028 5087 5216 12228 16216 16381 16937 27132 27893  
164 167 1210 7386 11151 20413 22713 23134 24188 36771 38992  
298 511 809 4620 7347 8873 19602 24162 29198 34304 41145  
105 830 1212 2415 14759 15440 16361 16748 22123 32684 42575  
659 665 668 6458 22130 25972 30697 31074 32048 36078 37129  
91 808 953 8015 8988 13492 13987 15979 28355 34509 39698  
594 983 1265 3028 4029 9366 11069 11512 27066 40939 41639  
506 740 1321 1484 10747 16376 17384 20285 31502 38925 42606  
338 356 975 2022 3578 18689 18772 19826 22914 24733 27431  
709 1264 1366 4617 8893 25226 27800 29080 30277 37781 39644  
840 1179 1338 2973 3541 7043 12712 15005 17149 19910 36795  
1009 1267 1380 4919 12679 22889 29638 30987 34637 36232 37284  
466 913 1247 1646 3049 5924 9014 20539 34546 35029 36540  
374 697 984 1654 5870 10883 11684 20294 28888 31612 34031  
117 240 635 5093 8673 11323 12456 14145 21397 39619 42559  
122 1265 1427 13528 14282 15241 16852 17227 34723 36836 39791  
595 1180 1310 6952 17916 24725 24971 27243 29555 32138 35987  
140 470 1017 13222 13253 18462 20806 21117 28673 31598 37235  
7 710 1072 8014 10804 13303 14292 16690 26676 36443 41966  
48 189 759 12438 14523 16388 23178 27315 28656 29111 29694  
285 387 410 4294 4467 5949 25386 27898 34880 41169 42614  
474 545 1320 10506 13186 18126 27110 31498 35353 36193 37322  
1075 1130 1424 11390 13312 14161 16927 25071 25844 34287 38151  
161 396 427 5944 17281 22201 25218 30143 35566 38261 42513  
233 247 694 1446 3180 3507 9069 20764 21940 33422 39358  
271 508 1013 6271 21760 21858 24887 29808 31099 35475 39924  
8 674 1329 3135 5110 14460 28108 28388 31043 31137 31863  
1035 1222 1409 8287 16083 24450 24888 29356 30329 37834 39684  
391 1090 1128 1866 4095 10643 13121 14499 20056 22195 30593  
55 161 1402 6289 6837 8791 17937 21425 26602 30461 37241  
110 377 1228 6875 13253 17032 19008 23274 32285 33452 41630  
360 638 1355 5933 12593 13533 23377 23881 24586 26040 41663  
535 1240 1333 3354 10860 16032 32573 34908 34957 39255 40759  
526 936 1321 7992 10260 18527 28248 29356 32636 34666 35552  
336 785 875 7530 13062 13075 18925 27963 28703 33688 36502  
36 591 1062 1518 3821 7048 11197 17781 19408 22731 24783  
214 1145 1223 1546 9475 11170 16061 21273 38688 40051 42479  
1136 1226 1423 20227 22573 24951 26462 29586 34915 42441 43048  
26 276 1425 6048 7224 7917 8747 27559 28515 35002 37649  
127 294 437 4029 8585 9647 11904 24115 28514 36893 39722  
748 1093 1403 9536 19305 20468 31049 38667 40502 40720 41949  
96 638 743 9806 12101 17751 22732 24937 32007 32594 38504  
649 904 1079 2770 3337 9158 20125 24619 32921 33698 35173  
401 518 984 7372 12438 12582 18704 35874 39420 39503 39790  
10 451 1077 8078 16320 17409 25807 28814 30613 41261 42955  
405 592 1178 15936 18418 19585 21966 24219 30637 34536 37838  
50 584 851 9720 11919 22544 22545 25851 35567 41587 41876  
911 1113 1176 1806 10058 10809 14220 19044 20748 29424 36671  
441 550 1135 1956 11254 18699 30249 33099 34587 35243 39952

10

20

30

40

50

510 1016 1281 8621 13467 13780 15170 16289 20925 26426 34479  
 4969 5223 17117 21950 22144 24043 27151 39809  
 11452 13622 18918 19670 23995 32647 37200 37399  
 6351 6426 13185 13973 16699 22524 31070 31916  
 4098 10617 14854 18004 28580 36158 37500 38552

である

送信装置

から送信されてくるデータから得られる、グループワイズインターリーブ後の前記LDPC符号の並びを元の並びに戻すグループワイズインターリーブ部を備える

データ処理装置。

10

【請求項 8】

符号長Nが64800ビットであり、符号化率rが5/15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、4ビット単位で、変調方式で定める16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

を備え、

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64800ビットのLDPC符号のビットグループ0ないし179の並びを、ビットグループ

20

6, 14, 1, 127, 161, 177, 75, 123, 62, 103, 17, 18, 167, 88, 27, 34, 8, 110, 7, 78, 94, 44, 45, 166, 149, 61, 163, 145, 155, 157, 82, 130, 70, 92, 151, 139, 160, 133, 26, 2, 79, 15, 95, 122, 126, 178, 101, 24, 138, 146, 179, 30, 86, 58, 11, 121, 159, 49, 84, 132, 117, 119, 50, 52, 4, 51, 48, 74, 114, 59, 40, 131, 33, 89, 66, 136, 72, 16, 134, 37, 164, 77, 99, 173, 20, 158, 156, 90, 41, 176, 81, 42, 60, 109, 22, 150, 105, 120, 12, 64, 56, 68, 111, 21, 148, 53, 169, 97, 108, 35, 140, 91, 115, 152, 36, 106, 154, 0, 25, 54, 63, 172, 80, 168, 142, 118, 162, 135, 73, 83, 153, 141, 9, 28, 55, 31, 112, 107, 85, 100, 175, 23, 57, 47, 38, 170, 137, 76, 147, 93, 19, 98, 124, 39, 87, 174, 144, 46, 10, 129, 69, 71, 125, 96, 116, 171, 128, 65, 102, 5, 43, 143, 104, 13, 67, 29, 3, 113, 32, 165

30

の並びにインターリーブし、

前記検査行列は、

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

g行g列の、前記A行列の右に隣接する階段構造のB行列と、

g行N-K-g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-g行K+g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-g行N-K-g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、

40

前記所定値g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、

221 1011 1218 4299 7143 8728 11072 15533 17356 33909 36833  
 360 1210 1375 2313 3493 16822 21373 23588 23656 26267 34098  
 544 1347 1433 2457 9186 10945 13583 14858 19195 34606 37441  
 37 596 715 4134 8091 12106 24307 24658 34108 40591 42883  
 235 398 1204 2075 6742 11670 13512 23231 24784 27915 34752  
 204 873 890 13550 16570 19774 34012 35249 37655 39885 42890

50



221 371 514 11984 14972 15690 28827 29069 30531 31018 43121  
 280 549 1435 1889 3310 10234 11575 15243 20748 30469 36005  
 223 666 1248 13304 14433 14732 18943 21248 23127 38529 39272  
 370 819 1065 9461 10319 25294 31958 33542 37458 39681 40039  
 585 870 1028 5087 5216 12228 16216 16381 16937 27132 27893  
 164 167 1210 7386 11151 20413 22713 23134 24188 36771 38992  
 298 511 809 4620 7347 8873 19602 24162 29198 34304 41145  
 105 830 1212 2415 14759 15440 16361 16748 22123 32684 42575  
 659 665 668 6458 22130 25972 30697 31074 32048 36078 37129  
 91 808 953 8015 8988 13492 13987 15979 28355 34509 39698 10  
 594 983 1265 3028 4029 9366 11069 11512 27066 40939 41639  
 506 740 1321 1484 10747 16376 17384 20285 31502 38925 42606  
 338 356 975 2022 3578 18689 18772 19826 22914 24733 27431  
 709 1264 1366 4617 8893 25226 27800 29080 30277 37781 39644  
 840 1179 1338 2973 3541 7043 12712 15005 17149 19910 36795  
 1009 1267 1380 4919 12679 22889 29638 30987 34637 36232 37284  
 466 913 1247 1646 3049 5924 9014 20539 34546 35029 36540  
 374 697 984 1654 5870 10883 11684 20294 28888 31612 34031  
 117 240 635 5093 8673 11323 12456 14145 21397 39619 42559  
 122 1265 1427 13528 14282 15241 16852 17227 34723 36836 39791 20  
 595 1180 1310 6952 17916 24725 24971 27243 29555 32138 35987  
 140 470 1017 13222 13253 18462 20806 21117 28673 31598 37235  
 7 710 1072 8014 10804 13303 14292 16690 26676 36443 41966  
 48 189 759 12438 14523 16388 23178 27315 28656 29111 29694  
 285 387 410 4294 4467 5949 25386 27898 34880 41169 42614  
 474 545 1320 10506 13186 18126 27110 31498 35353 36193 37322  
 1075 1130 1424 11390 13312 14161 16927 25071 25844 34287 38151  
 161 396 427 5944 17281 22201 25218 30143 35566 38261 42513  
 233 247 694 1446 3180 3507 9069 20764 21940 33422 39358  
 271 508 1013 6271 21760 21858 24887 29808 31099 35475 39924 30  
 8 674 1329 3135 5110 14460 28108 28388 31043 31137 31863  
 1035 1222 1409 8287 16083 24450 24888 29356 30329 37834 39684  
 391 1090 1128 1866 4095 10643 13121 14499 20056 22195 30593  
 55 161 1402 6289 6837 8791 17937 21425 26602 30461 37241  
 110 377 1228 6875 13253 17032 19008 23274 32285 33452 41630  
 360 638 1355 5933 12593 13533 23377 23881 24586 26040 41663  
 535 1240 1333 3354 10860 16032 32573 34908 34957 39255 40759  
 526 936 1321 7992 10260 18527 28248 29356 32636 34666 35552  
 336 785 875 7530 13062 13075 18925 27963 28703 33688 36502  
 36 591 1062 1518 3821 7048 11197 17781 19408 22731 24783 40  
 214 1145 1223 1546 9475 11170 16061 21273 38688 40051 42479  
 1136 1226 1423 20227 22573 24951 26462 29586 34915 42441 43048  
 26 276 1425 6048 7224 7917 8747 27559 28515 35002 37649  
 127 294 437 4029 8585 9647 11904 24115 28514 36893 39722  
 748 1093 1403 9536 19305 20468 31049 38667 40502 40720 41949  
 96 638 743 9806 12101 17751 22732 24937 32007 32594 38504  
 649 904 1079 2770 3337 9158 20125 24619 32921 33698 35173  
 401 518 984 7372 12438 12582 18704 35874 39420 39503 39790  
 10 451 1077 8078 16320 17409 25807 28814 30613 41261 42955  
 405 592 1178 15936 18418 19585 21966 24219 30637 34536 37838 50

50 584 851 9720 11919 22544 22545 25851 35567 41587 41876  
 911 1113 1176 1806 10058 10809 14220 19044 20748 29424 36671  
 441 550 1135 1956 11254 18699 30249 33099 34587 35243 39952  
 510 1016 1281 8621 13467 13780 15170 16289 20925 26426 34479  
 4969 5223 17117 21950 22144 24043 27151 39809  
 11452 13622 18918 19670 23995 32647 37200 37399  
 6351 6426 13185 13973 16699 22524 31070 31916  
 4098 10617 14854 18004 28580 36158 37500 38552

である

送信装置

10

から送信されてくるデータから得られる、グループワイズインターリーブ後の前記LDPC符号の並びを元の並びに戻すグループワイズデインターリーブステップを備えるデータ処理方法。

【請求項9】

符号長Nが64800ビットであり、符号化率rが5/15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、6ビット単位で、変調方式で定める64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

20

を備え、

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64800ビットのLDPC符号のビットグループ0ないし179の並びを、ビットグループ

103, 116, 158, 0, 27, 73, 140, 30, 148, 36, 153, 154, 10, 174, 122, 178, 6, 10  
 6, 162, 59, 142, 112, 7, 74, 11, 51, 49, 72, 31, 65, 156, 95, 171, 105, 173, 168  
 , 1, 155, 125, 82, 86, 161, 57, 165, 54, 26, 121, 25, 157, 93, 22, 34, 33, 39, 1  
 9, 46, 150, 141, 12, 9, 79, 118, 24, 17, 85, 117, 67, 58, 129, 160, 89, 61, 146  
 , 77, 130, 102, 101, 137, 94, 69, 14, 133, 60, 149, 136, 16, 108, 41, 90, 28, 14  
 4, 13, 175, 114, 2, 18, 63, 68, 21, 109, 53, 123, 75, 81, 143, 169, 42, 119, 138  
 , 104, 4, 131, 145, 8, 5, 76, 15, 88, 177, 124, 45, 97, 64, 100, 37, 132, 38, 44  
 , 107, 35, 43, 80, 50, 91, 152, 78, 166, 55, 115, 170, 159, 147, 167, 87, 83, 29  
 , 96, 172, 48, 98, 62, 139, 70, 164, 84, 47, 151, 134, 126, 113, 179, 110, 111,  
 128, 32, 52, 66, 40, 135, 176, 99, 127, 163, 3, 120, 71, 56, 92, 23, 20

30

の並びにインターリーブし、

前記検査行列は、

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

g行g列の、前記A行列の右に隣接する階段構造のB行列と、

g行N-K-g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-g行K+g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-g行N-K-g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g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、

221 1011 1218 4299 7143 8728 11072 15533 17356 33909 36833  
 360 1210 1375 2313 3493 16822 21373 23588 23656 26267 34098  
 544 1347 1433 2457 9186 10945 13583 14858 19195 34606 37441

50

37 596 715 4134 8091 12106 24307 24658 34108 40591 42883  
235 398 1204 2075 6742 11670 13512 23231 24784 27915 34752  
204 873 890 13550 16570 19774 34012 35249 37655 39885 42890  
221 371 514 11984 14972 15690 28827 29069 30531 31018 43121  
280 549 1435 1889 3310 10234 11575 15243 20748 30469 36005  
223 666 1248 13304 14433 14732 18943 21248 23127 38529 39272  
370 819 1065 9461 10319 25294 31958 33542 37458 39681 40039  
585 870 1028 5087 5216 12228 16216 16381 16937 27132 27893  
164 167 1210 7386 11151 20413 22713 23134 24188 36771 38992  
298 511 809 4620 7347 8873 19602 24162 29198 34304 41145  
105 830 1212 2415 14759 15440 16361 16748 22123 32684 42575  
659 665 668 6458 22130 25972 30697 31074 32048 36078 37129  
91 808 953 8015 8988 13492 13987 15979 28355 34509 39698  
594 983 1265 3028 4029 9366 11069 11512 27066 40939 41639  
506 740 1321 1484 10747 16376 17384 20285 31502 38925 42606  
338 356 975 2022 3578 18689 18772 19826 22914 24733 27431  
709 1264 1366 4617 8893 25226 27800 29080 30277 37781 39644  
840 1179 1338 2973 3541 7043 12712 15005 17149 19910 36795  
1009 1267 1380 4919 12679 22889 29638 30987 34637 36232 37284  
466 913 1247 1646 3049 5924 9014 20539 34546 35029 36540  
374 697 984 1654 5870 10883 11684 20294 28888 31612 34031  
117 240 635 5093 8673 11323 12456 14145 21397 39619 42559  
122 1265 1427 13528 14282 15241 16852 17227 34723 36836 39791  
595 1180 1310 6952 17916 24725 24971 27243 29555 32138 35987  
140 470 1017 13222 13253 18462 20806 21117 28673 31598 37235  
7 710 1072 8014 10804 13303 14292 16690 26676 36443 41966  
48 189 759 12438 14523 16388 23178 27315 28656 29111 29694  
285 387 410 4294 4467 5949 25386 27898 34880 41169 42614  
474 545 1320 10506 13186 18126 27110 31498 35353 36193 37322  
1075 1130 1424 11390 13312 14161 16927 25071 25844 34287 38151  
161 396 427 5944 17281 22201 25218 30143 35566 38261 42513  
233 247 694 1446 3180 3507 9069 20764 21940 33422 39358  
271 508 1013 6271 21760 21858 24887 29808 31099 35475 39924  
8 674 1329 3135 5110 14460 28108 28388 31043 31137 31863  
1035 1222 1409 8287 16083 24450 24888 29356 30329 37834 39684  
391 1090 1128 1866 4095 10643 13121 14499 20056 22195 30593  
55 161 1402 6289 6837 8791 17937 21425 26602 30461 37241  
110 377 1228 6875 13253 17032 19008 23274 32285 33452 41630  
360 638 1355 5933 12593 13533 23377 23881 24586 26040 41663  
535 1240 1333 3354 10860 16032 32573 34908 34957 39255 40759  
526 936 1321 7992 10260 18527 28248 29356 32636 34666 35552  
336 785 875 7530 13062 13075 18925 27963 28703 33688 36502  
36 591 1062 1518 3821 7048 11197 17781 19408 22731 24783  
214 1145 1223 1546 9475 11170 16061 21273 38688 40051 42479  
1136 1226 1423 20227 22573 24951 26462 29586 34915 42441 43048  
26 276 1425 6048 7224 7917 8747 27559 28515 35002 37649  
127 294 437 4029 8585 9647 11904 24115 28514 36893 39722  
748 1093 1403 9536 19305 20468 31049 38667 40502 40720 41949  
96 638 743 9806 12101 17751 22732 24937 32007 32594 38504  
649 904 1079 2770 3337 9158 20125 24619 32921 33698 35173

10

20

30

40

50

401 518 984 7372 12438 12582 18704 35874 39420 39503 39790  
 10 451 1077 8078 16320 17409 25807 28814 30613 41261 42955  
 405 592 1178 15936 18418 19585 21966 24219 30637 34536 37838  
 50 584 851 9720 11919 22544 22545 25851 35567 41587 41876  
 911 1113 1176 1806 10058 10809 14220 19044 20748 29424 36671  
 441 550 1135 1956 11254 18699 30249 33099 34587 35243 39952  
 510 1016 1281 8621 13467 13780 15170 16289 20925 26426 34479  
 4969 5223 17117 21950 22144 24043 27151 39809  
 11452 13622 18918 19670 23995 32647 37200 37399  
 6351 6426 13185 13973 16699 22524 31070 31916  
 4098 10617 14854 18004 28580 36158 37500 38552

10

である  
 データ処理装置。

【請求項10】

符号長Nが64800ビットであり、符号化率rが5/15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、6ビット単位で、変調方式で定める64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

20

を備え、

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64800ビットのLDPC符号のビットグループ0ないし179の並びを、ビットグループ

103, 116, 158, 0, 27, 73, 140, 30, 148, 36, 153, 154, 10, 174, 122, 178, 6, 10  
 6, 162, 59, 142, 112, 7, 74, 11, 51, 49, 72, 31, 65, 156, 95, 171, 105, 173, 168  
 , 1, 155, 125, 82, 86, 161, 57, 165, 54, 26, 121, 25, 157, 93, 22, 34, 33, 39, 1  
 9, 46, 150, 141, 12, 9, 79, 118, 24, 17, 85, 117, 67, 58, 129, 160, 89, 61, 146  
 , 77, 130, 102, 101, 137, 94, 69, 14, 133, 60, 149, 136, 16, 108, 41, 90, 28, 14  
 4, 13, 175, 114, 2, 18, 63, 68, 21, 109, 53, 123, 75, 81, 143, 169, 42, 119, 138  
 , 104, 4, 131, 145, 8, 5, 76, 15, 88, 177, 124, 45, 97, 64, 100, 37, 132, 38, 44  
 , 107, 35, 43, 80, 50, 91, 152, 78, 166, 55, 115, 170, 159, 147, 167, 87, 83, 29  
 , 96, 172, 48, 98, 62, 139, 70, 164, 84, 47, 151, 134, 126, 113, 179, 110, 111,  
 128, 32, 52, 66, 40, 135, 176, 99, 127, 163, 3, 120, 71, 56, 92, 23, 20

30

の並びにインターリーブし、

前記検査行列は、

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

g行g列の、前記A行列の右に隣接する階段構造のB行列と、

g行N-K-g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-g行K+g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-g行N-K-g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g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、

221 1011 1218 4299 7143 8728 11072 15533 17356 33909 36833  
 360 1210 1375 2313 3493 16822 21373 23588 23656 26267 34098  
 544 1347 1433 2457 9186 10945 13583 14858 19195 34606 37441

50

37 596 715 4134 8091 12106 24307 24658 34108 40591 42883  
 235 398 1204 2075 6742 11670 13512 23231 24784 27915 34752  
 204 873 890 13550 16570 19774 34012 35249 37655 39885 42890  
 221 371 514 11984 14972 15690 28827 29069 30531 31018 43121  
 280 549 1435 1889 3310 10234 11575 15243 20748 30469 36005  
 223 666 1248 13304 14433 14732 18943 21248 23127 38529 39272  
 370 819 1065 9461 10319 25294 31958 33542 37458 39681 40039  
 585 870 1028 5087 5216 12228 16216 16381 16937 27132 27893  
 164 167 1210 7386 11151 20413 22713 23134 24188 36771 38992  
 298 511 809 4620 7347 8873 19602 24162 29198 34304 41145 10  
 105 830 1212 2415 14759 15440 16361 16748 22123 32684 42575  
 659 665 668 6458 22130 25972 30697 31074 32048 36078 37129  
 91 808 953 8015 8988 13492 13987 15979 28355 34509 39698  
 594 983 1265 3028 4029 9366 11069 11512 27066 40939 41639  
 506 740 1321 1484 10747 16376 17384 20285 31502 38925 42606  
 338 356 975 2022 3578 18689 18772 19826 22914 24733 27431  
 709 1264 1366 4617 8893 25226 27800 29080 30277 37781 39644  
 840 1179 1338 2973 3541 7043 12712 15005 17149 19910 36795  
 1009 1267 1380 4919 12679 22889 29638 30987 34637 36232 37284  
 466 913 1247 1646 3049 5924 9014 20539 34546 35029 36540 20  
 374 697 984 1654 5870 10883 11684 20294 28888 31612 34031  
 117 240 635 5093 8673 11323 12456 14145 21397 39619 42559  
 122 1265 1427 13528 14282 15241 16852 17227 34723 36836 39791  
 595 1180 1310 6952 17916 24725 24971 27243 29555 32138 35987  
 140 470 1017 13222 13253 18462 20806 21117 28673 31598 37235  
 7 710 1072 8014 10804 13303 14292 16690 26676 36443 41966  
 48 189 759 12438 14523 16388 23178 27315 28656 29111 29694  
 285 387 410 4294 4467 5949 25386 27898 34880 41169 42614  
 474 545 1320 10506 13186 18126 27110 31498 35353 36193 37322  
 1075 1130 1424 11390 13312 14161 16927 25071 25844 34287 38151 30  
 161 396 427 5944 17281 22201 25218 30143 35566 38261 42513  
 233 247 694 1446 3180 3507 9069 20764 21940 33422 39358  
 271 508 1013 6271 21760 21858 24887 29808 31099 35475 39924  
 8 674 1329 3135 5110 14460 28108 28388 31043 31137 31863  
 1035 1222 1409 8287 16083 24450 24888 29356 30329 37834 39684  
 391 1090 1128 1866 4095 10643 13121 14499 20056 22195 30593  
 55 161 1402 6289 6837 8791 17937 21425 26602 30461 37241  
 110 377 1228 6875 13253 17032 19008 23274 32285 33452 41630  
 360 638 1355 5933 12593 13533 23377 23881 24586 26040 41663  
 535 1240 1333 3354 10860 16032 32573 34908 34957 39255 40759 40  
 526 936 1321 7992 10260 18527 28248 29356 32636 34666 35552  
 336 785 875 7530 13062 13075 18925 27963 28703 33688 36502  
 36 591 1062 1518 3821 7048 11197 17781 19408 22731 24783  
 214 1145 1223 1546 9475 11170 16061 21273 38688 40051 42479  
 1136 1226 1423 20227 22573 24951 26462 29586 34915 42441 43048  
 26 276 1425 6048 7224 7917 8747 27559 28515 35002 37649  
 127 294 437 4029 8585 9647 11904 24115 28514 36893 39722  
 748 1093 1403 9536 19305 20468 31049 38667 40502 40720 41949  
 96 638 743 9806 12101 17751 22732 24937 32007 32594 38504  
 649 904 1079 2770 3337 9158 20125 24619 32921 33698 35173 50

401 518 984 7372 12438 12582 18704 35874 39420 39503 39790  
 10 451 1077 8078 16320 17409 25807 28814 30613 41261 42955  
 405 592 1178 15936 18418 19585 21966 24219 30637 34536 37838  
 50 584 851 9720 11919 22544 22545 25851 35567 41587 41876  
 911 1113 1176 1806 10058 10809 14220 19044 20748 29424 36671  
 441 550 1135 1956 11254 18699 30249 33099 34587 35243 39952  
 510 1016 1281 8621 13467 13780 15170 16289 20925 26426 34479  
 4969 5223 17117 21950 22144 24043 27151 39809  
 11452 13622 18918 19670 23995 32647 37200 37399  
 6351 6426 13185 13973 16699 22524 31070 31916  
 4098 10617 14854 18004 28580 36158 37500 38552

10

である  
 データ処理方法。

【請求項 1 1】

符号長Nが64800ビットであり、符号化率rが5/15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、6ビット単位で、変調方式で定める64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

20

を備え、

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64800ビットのLDPC符号のビットグループ0ないし179の並びを、ビットグループ

103, 116, 158, 0, 27, 73, 140, 30, 148, 36, 153, 154, 10, 174, 122, 178, 6, 10  
 6, 162, 59, 142, 112, 7, 74, 11, 51, 49, 72, 31, 65, 156, 95, 171, 105, 173, 168  
 , 1, 155, 125, 82, 86, 161, 57, 165, 54, 26, 121, 25, 157, 93, 22, 34, 33, 39, 1  
 9, 46, 150, 141, 12, 9, 79, 118, 24, 17, 85, 117, 67, 58, 129, 160, 89, 61, 146  
 , 77, 130, 102, 101, 137, 94, 69, 14, 133, 60, 149, 136, 16, 108, 41, 90, 28, 14  
 4, 13, 175, 114, 2, 18, 63, 68, 21, 109, 53, 123, 75, 81, 143, 169, 42, 119, 138  
 , 104, 4, 131, 145, 8, 5, 76, 15, 88, 177, 124, 45, 97, 64, 100, 37, 132, 38, 44  
 , 107, 35, 43, 80, 50, 91, 152, 78, 166, 55, 115, 170, 159, 147, 167, 87, 83, 29  
 , 96, 172, 48, 98, 62, 139, 70, 164, 84, 47, 151, 134, 126, 113, 179, 110, 111,  
 128, 32, 52, 66, 40, 135, 176, 99, 127, 163, 3, 120, 71, 56, 92, 23, 20

30

の並びにインターリーブし、

前記検査行列は、

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

g行g列の、前記A行列の右に隣接する階段構造のB行列と、

g行N-K-g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-g行K+g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-g行N-K-g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g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、

40

221 1011 1218 4299 7143 8728 11072 15533 17356 33909 36833  
 360 1210 1375 2313 3493 16822 21373 23588 23656 26267 34098  
 544 1347 1433 2457 9186 10945 13583 14858 19195 34606 37441

50

37 596 715 4134 8091 12106 24307 24658 34108 40591 42883  
 235 398 1204 2075 6742 11670 13512 23231 24784 27915 34752  
 204 873 890 13550 16570 19774 34012 35249 37655 39885 42890  
 221 371 514 11984 14972 15690 28827 29069 30531 31018 43121  
 280 549 1435 1889 3310 10234 11575 15243 20748 30469 36005  
 223 666 1248 13304 14433 14732 18943 21248 23127 38529 39272  
 370 819 1065 9461 10319 25294 31958 33542 37458 39681 40039  
 585 870 1028 5087 5216 12228 16216 16381 16937 27132 27893  
 164 167 1210 7386 11151 20413 22713 23134 24188 36771 38992  
 298 511 809 4620 7347 8873 19602 24162 29198 34304 41145 10  
 105 830 1212 2415 14759 15440 16361 16748 22123 32684 42575  
 659 665 668 6458 22130 25972 30697 31074 32048 36078 37129  
 91 808 953 8015 8988 13492 13987 15979 28355 34509 39698  
 594 983 1265 3028 4029 9366 11069 11512 27066 40939 41639  
 506 740 1321 1484 10747 16376 17384 20285 31502 38925 42606  
 338 356 975 2022 3578 18689 18772 19826 22914 24733 27431  
 709 1264 1366 4617 8893 25226 27800 29080 30277 37781 39644  
 840 1179 1338 2973 3541 7043 12712 15005 17149 19910 36795  
 1009 1267 1380 4919 12679 22889 29638 30987 34637 36232 37284  
 466 913 1247 1646 3049 5924 9014 20539 34546 35029 36540 20  
 374 697 984 1654 5870 10883 11684 20294 28888 31612 34031  
 117 240 635 5093 8673 11323 12456 14145 21397 39619 42559  
 122 1265 1427 13528 14282 15241 16852 17227 34723 36836 39791  
 595 1180 1310 6952 17916 24725 24971 27243 29555 32138 35987  
 140 470 1017 13222 13253 18462 20806 21117 28673 31598 37235  
 7 710 1072 8014 10804 13303 14292 16690 26676 36443 41966  
 48 189 759 12438 14523 16388 23178 27315 28656 29111 29694  
 285 387 410 4294 4467 5949 25386 27898 34880 41169 42614  
 474 545 1320 10506 13186 18126 27110 31498 35353 36193 37322  
 1075 1130 1424 11390 13312 14161 16927 25071 25844 34287 38151 30  
 161 396 427 5944 17281 22201 25218 30143 35566 38261 42513  
 233 247 694 1446 3180 3507 9069 20764 21940 33422 39358  
 271 508 1013 6271 21760 21858 24887 29808 31099 35475 39924  
 8 674 1329 3135 5110 14460 28108 28388 31043 31137 31863  
 1035 1222 1409 8287 16083 24450 24888 29356 30329 37834 39684  
 391 1090 1128 1866 4095 10643 13121 14499 20056 22195 30593  
 55 161 1402 6289 6837 8791 17937 21425 26602 30461 37241  
 110 377 1228 6875 13253 17032 19008 23274 32285 33452 41630  
 360 638 1355 5933 12593 13533 23377 23881 24586 26040 41663  
 535 1240 1333 3354 10860 16032 32573 34908 34957 39255 40759 40  
 526 936 1321 7992 10260 18527 28248 29356 32636 34666 35552  
 336 785 875 7530 13062 13075 18925 27963 28703 33688 36502  
 36 591 1062 1518 3821 7048 11197 17781 19408 22731 24783  
 214 1145 1223 1546 9475 11170 16061 21273 38688 40051 42479  
 1136 1226 1423 20227 22573 24951 26462 29586 34915 42441 43048  
 26 276 1425 6048 7224 7917 8747 27559 28515 35002 37649  
 127 294 437 4029 8585 9647 11904 24115 28514 36893 39722  
 748 1093 1403 9536 19305 20468 31049 38667 40502 40720 41949  
 96 638 743 9806 12101 17751 22732 24937 32007 32594 38504  
 649 904 1079 2770 3337 9158 20125 24619 32921 33698 35173 50

401 518 984 7372 12438 12582 18704 35874 39420 39503 39790  
 10 451 1077 8078 16320 17409 25807 28814 30613 41261 42955  
 405 592 1178 15936 18418 19585 21966 24219 30637 34536 37838  
 50 584 851 9720 11919 22544 22545 25851 35567 41587 41876  
 911 1113 1176 1806 10058 10809 14220 19044 20748 29424 36671  
 441 550 1135 1956 11254 18699 30249 33099 34587 35243 39952  
 510 1016 1281 8621 13467 13780 15170 16289 20925 26426 34479  
 4969 5223 17117 21950 22144 24043 27151 39809  
 11452 13622 18918 19670 23995 32647 37200 37399  
 6351 6426 13185 13973 16699 22524 31070 31916  
 4098 10617 14854 18004 28580 36158 37500 38552

10

である

送信装置

から送信されてくるデータから得られる、グループワイズインターリーブ後の前記LDPC符号の並びを元の並びに戻すグループワイズインターリーブ部を備えるデータ処理装置。

【請求項12】

符号長 $N$ が64800ビットであり、符号化率 $r$ が5/15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、6ビット単位で、変調方式で定める64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

を備え、

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64800ビットのLDPC符号のビットグループ0ないし179の並びを、ビットグループ

103, 116, 158, 0, 27, 73, 140, 30, 148, 36, 153, 154, 10, 174, 122, 178, 6, 10  
 6, 162, 59, 142, 112, 7, 74, 11, 51, 49, 72, 31, 65, 156, 95, 171, 105, 173, 168  
 , 1, 155, 125, 82, 86, 161, 57, 165, 54, 26, 121, 25, 157, 93, 22, 34, 33, 39, 1  
 9, 46, 150, 141, 12, 9, 79, 118, 24, 17, 85, 117, 67, 58, 129, 160, 89, 61, 146  
 , 77, 130, 102, 101, 137, 94, 69, 14, 133, 60, 149, 136, 16, 108, 41, 90, 28, 14  
 4, 13, 175, 114, 2, 18, 63, 68, 21, 109, 53, 123, 75, 81, 143, 169, 42, 119, 138  
 , 104, 4, 131, 145, 8, 5, 76, 15, 88, 177, 124, 45, 97, 64, 100, 37, 132, 38, 44  
 , 107, 35, 43, 80, 50, 91, 152, 78, 166, 55, 115, 170, 159, 147, 167, 87, 83, 29  
 , 96, 172, 48, 98, 62, 139, 70, 164, 84, 47, 151, 134, 126, 113, 179, 110, 111,  
 128, 32, 52, 66, 40, 135, 176, 99, 127, 163, 3, 120, 71, 56, 92, 23, 20

30

の並びにインターリーブし、

前記検査行列は、

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

$g$ 行 $g$ 列の、前記 $A$ 行列の右に隣接する階段構造の $B$ 行列と、

$g$ 行 $N-K-g$ 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、

$N-K-g$ 行 $K+g$ 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、

$N-K-g$ 行 $N-K-g$ 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 $g$ 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、

40

50



221 1011 1218 4299 7143 8728 11072 15533 17356 33909 36833  
360 1210 1375 2313 3493 16822 21373 23588 23656 26267 34098  
544 1347 1433 2457 9186 10945 13583 14858 19195 34606 37441  
37 596 715 4134 8091 12106 24307 24658 34108 40591 42883  
235 398 1204 2075 6742 11670 13512 23231 24784 27915 34752  
204 873 890 13550 16570 19774 34012 35249 37655 39885 42890  
221 371 514 11984 14972 15690 28827 29069 30531 31018 43121  
280 549 1435 1889 3310 10234 11575 15243 20748 30469 36005  
223 666 1248 13304 14433 14732 18943 21248 23127 38529 39272  
370 819 1065 9461 10319 25294 31958 33542 37458 39681 40039  
585 870 1028 5087 5216 12228 16216 16381 16937 27132 27893  
164 167 1210 7386 11151 20413 22713 23134 24188 36771 38992  
298 511 809 4620 7347 8873 19602 24162 29198 34304 41145  
105 830 1212 2415 14759 15440 16361 16748 22123 32684 42575  
659 665 668 6458 22130 25972 30697 31074 32048 36078 37129  
91 808 953 8015 8988 13492 13987 15979 28355 34509 39698  
594 983 1265 3028 4029 9366 11069 11512 27066 40939 41639  
506 740 1321 1484 10747 16376 17384 20285 31502 38925 42606  
338 356 975 2022 3578 18689 18772 19826 22914 24733 27431  
709 1264 1366 4617 8893 25226 27800 29080 30277 37781 39644  
840 1179 1338 2973 3541 7043 12712 15005 17149 19910 36795  
1009 1267 1380 4919 12679 22889 29638 30987 34637 36232 37284  
466 913 1247 1646 3049 5924 9014 20539 34546 35029 36540  
374 697 984 1654 5870 10883 11684 20294 28888 31612 34031  
117 240 635 5093 8673 11323 12456 14145 21397 39619 42559  
122 1265 1427 13528 14282 15241 16852 17227 34723 36836 39791  
595 1180 1310 6952 17916 24725 24971 27243 29555 32138 35987  
140 470 1017 13222 13253 18462 20806 21117 28673 31598 37235  
7 710 1072 8014 10804 13303 14292 16690 26676 36443 41966  
48 189 759 12438 14523 16388 23178 27315 28656 29111 29694  
285 387 410 4294 4467 5949 25386 27898 34880 41169 42614  
474 545 1320 10506 13186 18126 27110 31498 35353 36193 37322  
1075 1130 1424 11390 13312 14161 16927 25071 25844 34287 38151  
161 396 427 5944 17281 22201 25218 30143 35566 38261 42513  
233 247 694 1446 3180 3507 9069 20764 21940 33422 39358  
271 508 1013 6271 21760 21858 24887 29808 31099 35475 39924  
8 674 1329 3135 5110 14460 28108 28388 31043 31137 31863  
1035 1222 1409 8287 16083 24450 24888 29356 30329 37834 39684  
391 1090 1128 1866 4095 10643 13121 14499 20056 22195 30593  
55 161 1402 6289 6837 8791 17937 21425 26602 30461 37241  
110 377 1228 6875 13253 17032 19008 23274 32285 33452 41630  
360 638 1355 5933 12593 13533 23377 23881 24586 26040 41663  
535 1240 1333 3354 10860 16032 32573 34908 34957 39255 40759  
526 936 1321 7992 10260 18527 28248 29356 32636 34666 35552  
336 785 875 7530 13062 13075 18925 27963 28703 33688 36502  
36 591 1062 1518 3821 7048 11197 17781 19408 22731 24783  
214 1145 1223 1546 9475 11170 16061 21273 38688 40051 42479  
1136 1226 1423 20227 22573 24951 26462 29586 34915 42441 43048  
26 276 1425 6048 7224 7917 8747 27559 28515 35002 37649  
127 294 437 4029 8585 9647 11904 24115 28514 36893 39722

10

20

30

40

50

748 1093 1403 9536 19305 20468 31049 38667 40502 40720 41949  
 96 638 743 9806 12101 17751 22732 24937 32007 32594 38504  
 649 904 1079 2770 3337 9158 20125 24619 32921 33698 35173  
 401 518 984 7372 12438 12582 18704 35874 39420 39503 39790  
 10 451 1077 8078 16320 17409 25807 28814 30613 41261 42955  
 405 592 1178 15936 18418 19585 21966 24219 30637 34536 37838  
 50 584 851 9720 11919 22544 22545 25851 35567 41587 41876  
 911 1113 1176 1806 10058 10809 14220 19044 20748 29424 36671  
 441 550 1135 1956 11254 18699 30249 33099 34587 35243 39952  
 510 1016 1281 8621 13467 13780 15170 16289 20925 26426 34479  
 4969 5223 17117 21950 22144 24043 27151 39809  
 11452 13622 18918 19670 23995 32647 37200 37399  
 6351 6426 13185 13973 16699 22524 31070 31916  
 4098 10617 14854 18004 28580 36158 37500 38552

である

送信装置

から送信されてくるデータから得られる、グループワイズインターリーブ後の前記LDPC符号の並びを元の並びに戻すグループワイズデインターリーブステップを備える

データ処理方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本技術は、データ処理装置、及び、データ処理方法に関し、特に、例えば、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ようにするデータ処理装置、及び、データ処理方法に関する。

【背景技術】

【0002】

本明細書及び図面中に掲載する情報の一部は、Samsung Electronics Co., Ltd. (以下、Samsungと表記)、LGE社、NERC社、CRC/ETRI社から提供を受けたものである(図面中に明示)。

【0003】

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)。

【0004】

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。

【先行技術文献】

【非特許文献】

【0005】

【非特許文献1】DVB-S.2 : ETSI EN 302 307 V1.2.1 (2009-08)

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

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

10

20

30

40

50

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。

【 0 0 0 7 】

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。

【 0 0 0 8 】

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 】

【 0 0 0 9 】

本技術の第1のデータ処理装置/方法は、符号長Nが64800ビットであり、符号化率rが5/15のLDPC符号の検査行列に基づき、LDPC符号化を行う符号化部/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部/ステップと、前記LDPC符号を、2ビット単位で、変調方式で定める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/ステップとを備え、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64800ビットのLDPC符号のビットグループ0ないし179の並びを、ビットグループ

10

- 39, 47, 96, 176, 33, 75, 165, 38, 27, 58, 90, 76, 17, 46, 10, 91, 133, 69, 171,
- 32, 117, 78, 13, 146, 101, 36, 0, 138, 25, 77, 122, 49, 14, 125, 140, 93, 130,
- 2, 104, 102, 128, 4, 111, 151, 84, 167, 35, 127, 156, 55, 82, 85, 66, 114, 8,
- 147, 115, 113, 5, 31, 100, 106, 48, 52, 67, 107, 18, 126, 112, 50, 9, 143, 28, 1
- 60, 71, 79, 43, 98, 86, 94, 64, 3, 166, 105, 103, 118, 63, 51, 139, 172, 141, 17
- 5, 56, 74, 95, 29, 45, 129, 120, 168, 92, 150, 7, 162, 153, 137, 108, 159, 157,
- 173, 23, 89, 132, 57, 37, 70, 134, 40, 21, 149, 80, 1, 121, 59, 110, 142, 152, 1
- 5, 154, 145, 12, 170, 54, 155, 99, 22, 123, 72, 177, 131, 116, 44, 158, 73, 11,
- 65, 164, 119, 174, 34, 83, 53, 24, 42, 60, 26, 161, 68, 178, 41, 148, 109, 87, 1
- 44, 135, 20, 62, 81, 169, 124, 6, 19, 30, 163, 61, 179, 136, 97, 16, 88

20

の並びにインターリーブし、前記検査行列は、所定値gと、前記LDPC符号の情報長K=N x rとで表されるg行K列の、前記検査行列の左上のA行列と、g行g列の、前記A行列の右に隣接する階段構造のB行列と、g行N-K-g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-g行K+g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-g行N-K-g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g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、

30

- 221 1011 1218 4299 7143 8728 11072 15533 17356 33909 36833
- 360 1210 1375 2313 3493 16822 21373 23588 23656 26267 34098
- 544 1347 1433 2457 9186 10945 13583 14858 19195 34606 37441
- 37 596 715 4134 8091 12106 24307 24658 34108 40591 42883
- 235 398 1204 2075 6742 11670 13512 23231 24784 27915 34752
- 204 873 890 13550 16570 19774 34012 35249 37655 39885 42890
- 221 371 514 11984 14972 15690 28827 29069 30531 31018 43121
- 280 549 1435 1889 3310 10234 11575 15243 20748 30469 36005
- 223 666 1248 13304 14433 14732 18943 21248 23127 38529 39272
- 370 819 1065 9461 10319 25294 31958 33542 37458 39681 40039
- 585 870 1028 5087 5216 12228 16216 16381 16937 27132 27893
- 164 167 1210 7386 11151 20413 22713 23134 24188 36771 38992
- 298 511 809 4620 7347 8873 19602 24162 29198 34304 41145
- 105 830 1212 2415 14759 15440 16361 16748 22123 32684 42575
- 659 665 668 6458 22130 25972 30697 31074 32048 36078 37129

40

50

91 808 953 8015 8988 13492 13987 15979 28355 34509 39698  
594 983 1265 3028 4029 9366 11069 11512 27066 40939 41639  
506 740 1321 1484 10747 16376 17384 20285 31502 38925 42606  
338 356 975 2022 3578 18689 18772 19826 22914 24733 27431  
709 1264 1366 4617 8893 25226 27800 29080 30277 37781 39644  
840 1179 1338 2973 3541 7043 12712 15005 17149 19910 36795  
1009 1267 1380 4919 12679 22889 29638 30987 34637 36232 37284  
466 913 1247 1646 3049 5924 9014 20539 34546 35029 36540  
374 697 984 1654 5870 10883 11684 20294 28888 31612 34031  
117 240 635 5093 8673 11323 12456 14145 21397 39619 42559  
122 1265 1427 13528 14282 15241 16852 17227 34723 36836 39791  
595 1180 1310 6952 17916 24725 24971 27243 29555 32138 35987  
140 470 1017 13222 13253 18462 20806 21117 28673 31598 37235  
7 710 1072 8014 10804 13303 14292 16690 26676 36443 41966  
48 189 759 12438 14523 16388 23178 27315 28656 29111 29694  
285 387 410 4294 4467 5949 25386 27898 34880 41169 42614  
474 545 1320 10506 13186 18126 27110 31498 35353 36193 37322  
1075 1130 1424 11390 13312 14161 16927 25071 25844 34287 38151  
161 396 427 5944 17281 22201 25218 30143 35566 38261 42513  
233 247 694 1446 3180 3507 9069 20764 21940 33422 39358  
271 508 1013 6271 21760 21858 24887 29808 31099 35475 39924  
8 674 1329 3135 5110 14460 28108 28388 31043 31137 31863  
1035 1222 1409 8287 16083 24450 24888 29356 30329 37834 39684  
391 1090 1128 1866 4095 10643 13121 14499 20056 22195 30593  
55 161 1402 6289 6837 8791 17937 21425 26602 30461 37241  
110 377 1228 6875 13253 17032 19008 23274 32285 33452 41630  
360 638 1355 5933 12593 13533 23377 23881 24586 26040 41663  
535 1240 1333 3354 10860 16032 32573 34908 34957 39255 40759  
526 936 1321 7992 10260 18527 28248 29356 32636 34666 35552  
336 785 875 7530 13062 13075 18925 27963 28703 33688 36502  
36 591 1062 1518 3821 7048 11197 17781 19408 22731 24783  
214 1145 1223 1546 9475 11170 16061 21273 38688 40051 42479  
1136 1226 1423 20227 22573 24951 26462 29586 34915 42441 43048  
26 276 1425 6048 7224 7917 8747 27559 28515 35002 37649  
127 294 437 4029 8585 9647 11904 24115 28514 36893 39722  
748 1093 1403 9536 19305 20468 31049 38667 40502 40720 41949  
96 638 743 9806 12101 17751 22732 24937 32007 32594 38504  
649 904 1079 2770 3337 9158 20125 24619 32921 33698 35173  
401 518 984 7372 12438 12582 18704 35874 39420 39503 39790  
10 451 1077 8078 16320 17409 25807 28814 30613 41261 42955  
405 592 1178 15936 18418 19585 21966 24219 30637 34536 37838  
50 584 851 9720 11919 22544 22545 25851 35567 41587 41876  
911 1113 1176 1806 10058 10809 14220 19044 20748 29424 36671  
441 550 1135 1956 11254 18699 30249 33099 34587 35243 39952  
510 1016 1281 8621 13467 13780 15170 16289 20925 26426 34479  
4969 5223 17117 21950 22144 24043 27151 39809  
11452 13622 18918 19670 23995 32647 37200 37399  
6351 6426 13185 13973 16699 22524 31070 31916  
4098 10617 14854 18004 28580 36158 37500 38552

であるデータ処理装置 / 方法である。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 1 0 】

以上のような第1のデータ処理装置/方法においては、符号長Nが64800ビットであり、符号化率rが5/15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、変調方式で定める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64800ビットのLDPC符号のビットグループ0ないし179の並びが、ビットグループ

39, 47, 96, 176, 33, 75, 165, 38, 27, 58, 90, 76, 17, 46, 10, 91, 133, 69, 171, 32, 117, 78, 13, 146, 101, 36, 0, 138, 25, 77, 122, 49, 14, 125, 140, 93, 130, 2, 104, 102, 128, 4, 111, 151, 84, 167, 35, 127, 156, 55, 82, 85, 66, 114, 8, 147, 115, 113, 5, 31, 100, 106, 48, 52, 67, 107, 18, 126, 112, 50, 9, 143, 28, 160, 71, 79, 43, 98, 86, 94, 64, 3, 166, 105, 103, 118, 63, 51, 139, 172, 141, 175, 56, 74, 95, 29, 45, 129, 120, 168, 92, 150, 7, 162, 153, 137, 108, 159, 157, 173, 23, 89, 132, 57, 37, 70, 134, 40, 21, 149, 80, 1, 121, 59, 110, 142, 152, 15, 154, 145, 12, 170, 54, 155, 99, 22, 123, 72, 177, 131, 116, 44, 158, 73, 11, 65, 164, 119, 174, 34, 83, 53, 24, 42, 60, 26, 161, 68, 178, 41, 148, 109, 87, 144, 135, 20, 62, 81, 169, 124, 6, 19, 30, 163, 61, 179, 136, 97, 16, 88

の並びにインターリーブされる。前記検査行列は、所定値gと、前記LDPC符号の情報長K=N×rとで表されるg行K列の、前記検査行列の左上のA行列と、g行g列の、前記A行列の右に隣接する階段構造のB行列と、g行N-K-g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-g行K+g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-g行N-K-g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g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、

221 1011 1218 4299 7143 8728 11072 15533 17356 33909 36833  
 360 1210 1375 2313 3493 16822 21373 23588 23656 26267 34098  
 544 1347 1433 2457 9186 10945 13583 14858 19195 34606 37441  
 37 596 715 4134 8091 12106 24307 24658 34108 40591 42883  
 235 398 1204 2075 6742 11670 13512 23231 24784 27915 34752  
 204 873 890 13550 16570 19774 34012 35249 37655 39885 42890  
 221 371 514 11984 14972 15690 28827 29069 30531 31018 43121  
 280 549 1435 1889 3310 10234 11575 15243 20748 30469 36005  
 223 666 1248 13304 14433 14732 18943 21248 23127 38529 39272  
 370 819 1065 9461 10319 25294 31958 33542 37458 39681 40039  
 585 870 1028 5087 5216 12228 16216 16381 16937 27132 27893  
 164 167 1210 7386 11151 20413 22713 23134 24188 36771 38992  
 298 511 809 4620 7347 8873 19602 24162 29198 34304 41145  
 105 830 1212 2415 14759 15440 16361 16748 22123 32684 42575  
 659 665 668 6458 22130 25972 30697 31074 32048 36078 37129  
 91 808 953 8015 8988 13492 13987 15979 28355 34509 39698  
 594 983 1265 3028 4029 9366 11069 11512 27066 40939 41639  
 506 740 1321 1484 10747 16376 17384 20285 31502 38925 42606  
 338 356 975 2022 3578 18689 18772 19826 22914 24733 27431  
 709 1264 1366 4617 8893 25226 27800 29080 30277 37781 39644  
 840 1179 1338 2973 3541 7043 12712 15005 17149 19910 36795  
 1009 1267 1380 4919 12679 22889 29638 30987 34637 36232 37284  
 466 913 1247 1646 3049 5924 9014 20539 34546 35029 36540  
 374 697 984 1654 5870 10883 11684 20294 28888 31612 34031

117 240 635 5093 8673 11323 12456 14145 21397 39619 42559  
 122 1265 1427 13528 14282 15241 16852 17227 34723 36836 39791  
 595 1180 1310 6952 17916 24725 24971 27243 29555 32138 35987  
 140 470 1017 13222 13253 18462 20806 21117 28673 31598 37235  
 7 710 1072 8014 10804 13303 14292 16690 26676 36443 41966  
 48 189 759 12438 14523 16388 23178 27315 28656 29111 29694  
 285 387 410 4294 4467 5949 25386 27898 34880 41169 42614  
 474 545 1320 10506 13186 18126 27110 31498 35353 36193 37322  
 1075 1130 1424 11390 13312 14161 16927 25071 25844 34287 38151  
 161 396 427 5944 17281 22201 25218 30143 35566 38261 42513  
 233 247 694 1446 3180 3507 9069 20764 21940 33422 39358  
 271 508 1013 6271 21760 21858 24887 29808 31099 35475 39924  
 8 674 1329 3135 5110 14460 28108 28388 31043 31137 31863  
 1035 1222 1409 8287 16083 24450 24888 29356 30329 37834 39684  
 391 1090 1128 1866 4095 10643 13121 14499 20056 22195 30593  
 55 161 1402 6289 6837 8791 17937 21425 26602 30461 37241  
 110 377 1228 6875 13253 17032 19008 23274 32285 33452 41630  
 360 638 1355 5933 12593 13533 23377 23881 24586 26040 41663  
 535 1240 1333 3354 10860 16032 32573 34908 34957 39255 40759  
 526 936 1321 7992 10260 18527 28248 29356 32636 34666 35552  
 336 785 875 7530 13062 13075 18925 27963 28703 33688 36502  
 36 591 1062 1518 3821 7048 11197 17781 19408 22731 24783  
 214 1145 1223 1546 9475 11170 16061 21273 38688 40051 42479  
 1136 1226 1423 20227 22573 24951 26462 29586 34915 42441 43048  
 26 276 1425 6048 7224 7917 8747 27559 28515 35002 37649  
 127 294 437 4029 8585 9647 11904 24115 28514 36893 39722  
 748 1093 1403 9536 19305 20468 31049 38667 40502 40720 41949  
 96 638 743 9806 12101 17751 22732 24937 32007 32594 38504  
 649 904 1079 2770 3337 9158 20125 24619 32921 33698 35173  
 401 518 984 7372 12438 12582 18704 35874 39420 39503 39790  
 10 451 1077 8078 16320 17409 25807 28814 30613 41261 42955  
 405 592 1178 15936 18418 19585 21966 24219 30637 34536 37838  
 50 584 851 9720 11919 22544 22545 25851 35567 41587 41876  
 911 1113 1176 1806 10058 10809 14220 19044 20748 29424 36671  
 441 550 1135 1956 11254 18699 30249 33099 34587 35243 39952  
 510 1016 1281 8621 13467 13780 15170 16289 20925 26426 34479  
 4969 5223 17117 21950 22144 24043 27151 39809  
 11452 13622 18918 19670 23995 32647 37200 37399  
 6351 6426 13185 13973 16699 22524 31070 31916  
 4098 10617 14854 18004 28580 36158 37500 38552

10

20

30

40

になっている。

【 0 0 1 1 】

本技術の第2のデータ処理装置/方法は、符号長 $N$ が64800ビットであり、符号化率 $r$ が $5/15$ 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、変調方式で定める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を備え、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64800ビットのLDPC符号のビットグループ $0$ ないし $179$ の並びを、ビットグループ

50

39, 47, 96, 176, 33, 75, 165, 38, 27, 58, 90, 76, 17, 46, 10, 91, 133, 69, 171  
 , 32, 117, 78, 13, 146, 101, 36, 0, 138, 25, 77, 122, 49, 14, 125, 140, 93, 130  
 , 2, 104, 102, 128, 4, 111, 151, 84, 167, 35, 127, 156, 55, 82, 85, 66, 114, 8,  
 147, 115, 113, 5, 31, 100, 106, 48, 52, 67, 107, 18, 126, 112, 50, 9, 143, 28, 1  
 60, 71, 79, 43, 98, 86, 94, 64, 3, 166, 105, 103, 118, 63, 51, 139, 172, 141, 17  
 5, 56, 74, 95, 29, 45, 129, 120, 168, 92, 150, 7, 162, 153, 137, 108, 159, 157,  
 173, 23, 89, 132, 57, 37, 70, 134, 40, 21, 149, 80, 1, 121, 59, 110, 142, 152, 1  
 5, 154, 145, 12, 170, 54, 155, 99, 22, 123, 72, 177, 131, 116, 44, 158, 73, 11,  
 65, 164, 119, 174, 34, 83, 53, 24, 42, 60, 26, 161, 68, 178, 41, 148, 109, 87, 1  
 44, 135, 20, 62, 81, 169, 124, 6, 19, 30, 163, 61, 179, 136, 97, 16, 88

10

の並びにインターリーブし、前記検査行列は、所定値 $g$ と、前記LDPC符号の情報長 $K=N \times r$ とで表される $g$ 行 $K$ 列の、前記検査行列の左上の $A$ 行列と、 $g$ 行 $g$ 列の、前記 $A$ 行列の右に隣接する階段構造の $B$ 行列と、 $g$ 行 $N-K-g$ 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、 $N-K-g$ 行 $K+g$ 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、 $N-K-g$ 行 $N-K-g$ 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 $g$ 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、

221 1011 1218 4299 7143 8728 11072 15533 17356 33909 36833  
 360 1210 1375 2313 3493 16822 21373 23588 23656 26267 34098  
 544 1347 1433 2457 9186 10945 13583 14858 19195 34606 37441  
 37 596 715 4134 8091 12106 24307 24658 34108 40591 42883  
 235 398 1204 2075 6742 11670 13512 23231 24784 27915 34752  
 204 873 890 13550 16570 19774 34012 35249 37655 39885 42890  
 221 371 514 11984 14972 15690 28827 29069 30531 31018 43121  
 280 549 1435 1889 3310 10234 11575 15243 20748 30469 36005  
 223 666 1248 13304 14433 14732 18943 21248 23127 38529 39272  
 370 819 1065 9461 10319 25294 31958 33542 37458 39681 40039  
 585 870 1028 5087 5216 12228 16216 16381 16937 27132 27893  
 164 167 1210 7386 11151 20413 22713 23134 24188 36771 38992  
 298 511 809 4620 7347 8873 19602 24162 29198 34304 41145  
 105 830 1212 2415 14759 15440 16361 16748 22123 32684 42575  
 659 665 668 6458 22130 25972 30697 31074 32048 36078 37129  
 91 808 953 8015 8988 13492 13987 15979 28355 34509 39698  
 594 983 1265 3028 4029 9366 11069 11512 27066 40939 41639  
 506 740 1321 1484 10747 16376 17384 20285 31502 38925 42606  
 338 356 975 2022 3578 18689 18772 19826 22914 24733 27431  
 709 1264 1366 4617 8893 25226 27800 29080 30277 37781 39644  
 840 1179 1338 2973 3541 7043 12712 15005 17149 19910 36795  
 1009 1267 1380 4919 12679 22889 29638 30987 34637 36232 37284  
 466 913 1247 1646 3049 5924 9014 20539 34546 35029 36540  
 374 697 984 1654 5870 10883 11684 20294 28888 31612 34031  
 117 240 635 5093 8673 11323 12456 14145 21397 39619 42559  
 122 1265 1427 13528 14282 15241 16852 17227 34723 36836 39791  
 595 1180 1310 6952 17916 24725 24971 27243 29555 32138 35987  
 140 470 1017 13222 13253 18462 20806 21117 28673 31598 37235  
 7 710 1072 8014 10804 13303 14292 16690 26676 36443 41966  
 48 189 759 12438 14523 16388 23178 27315 28656 29111 29694  
 285 387 410 4294 4467 5949 25386 27898 34880 41169 42614  
 474 545 1320 10506 13186 18126 27110 31498 35353 36193 37322

20

30

40

50

1075 1130 1424 11390 13312 14161 16927 25071 25844 34287 38151  
 161 396 427 5944 17281 22201 25218 30143 35566 38261 42513  
 233 247 694 1446 3180 3507 9069 20764 21940 33422 39358  
 271 508 1013 6271 21760 21858 24887 29808 31099 35475 39924  
 8 674 1329 3135 5110 14460 28108 28388 31043 31137 31863  
 1035 1222 1409 8287 16083 24450 24888 29356 30329 37834 39684  
 391 1090 1128 1866 4095 10643 13121 14499 20056 22195 30593  
 55 161 1402 6289 6837 8791 17937 21425 26602 30461 37241  
 110 377 1228 6875 13253 17032 19008 23274 32285 33452 41630  
 360 638 1355 5933 12593 13533 23377 23881 24586 26040 41663  
 535 1240 1333 3354 10860 16032 32573 34908 34957 39255 40759  
 526 936 1321 7992 10260 18527 28248 29356 32636 34666 35552  
 336 785 875 7530 13062 13075 18925 27963 28703 33688 36502  
 36 591 1062 1518 3821 7048 11197 17781 19408 22731 24783  
 214 1145 1223 1546 9475 11170 16061 21273 38688 40051 42479  
 1136 1226 1423 20227 22573 24951 26462 29586 34915 42441 43048  
 26 276 1425 6048 7224 7917 8747 27559 28515 35002 37649  
 127 294 437 4029 8585 9647 11904 24115 28514 36893 39722  
 748 1093 1403 9536 19305 20468 31049 38667 40502 40720 41949  
 96 638 743 9806 12101 17751 22732 24937 32007 32594 38504  
 649 904 1079 2770 3337 9158 20125 24619 32921 33698 35173  
 401 518 984 7372 12438 12582 18704 35874 39420 39503 39790  
 10 451 1077 8078 16320 17409 25807 28814 30613 41261 42955  
 405 592 1178 15936 18418 19585 21966 24219 30637 34536 37838  
 50 584 851 9720 11919 22544 22545 25851 35567 41587 41876  
 911 1113 1176 1806 10058 10809 14220 19044 20748 29424 36671  
 441 550 1135 1956 11254 18699 30249 33099 34587 35243 39952  
 510 1016 1281 8621 13467 13780 15170 16289 20925 26426 34479  
 4969 5223 17117 21950 22144 24043 27151 39809  
 11452 13622 18918 19670 23995 32647 37200 37399  
 6351 6426 13185 13973 16699 22524 31070 31916  
 4098 10617 14854 18004 28580 36158 37500 38552

10

20

30

である送信装置から送信されてくるデータから得られる、グループワイズインターリーブ後の前記LDPC符号の並びを元の並びに戻すグループワイズインターリーブ部/ステップを備えるデータ処理装置/方法である。

【 0 0 1 2 】

以上のような第2のデータ処理装置/方法においては、符号長Nが64800ビットであり、符号化率rが5/15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LDP C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、変調方式で定める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を備え、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64800ビットのLDPC符号のビットグループ0ないし179の並びを、ビットグループ

40

39, 47, 96, 176, 33, 75, 165, 38, 27, 58, 90, 76, 17, 46, 10, 91, 133, 69, 171, 32, 117, 78, 13, 146, 101, 36, 0, 138, 25, 77, 122, 49, 14, 125, 140, 93, 130, 2, 104, 102, 128, 4, 111, 151, 84, 167, 35, 127, 156, 55, 82, 85, 66, 114, 8, 147, 115, 113, 5, 31, 100, 106, 48, 52, 67, 107, 18, 126, 112, 50, 9, 143, 28, 160, 71, 79, 43, 98, 86, 94, 64, 3, 166, 105, 103, 118, 63, 51, 139, 172, 141, 175, 56, 74, 95, 29, 45, 129, 120, 168, 92, 150, 7, 162, 153, 137, 108, 159, 157,

50



173, 23, 89, 132, 57, 37, 70, 134, 40, 21, 149, 80, 1, 121, 59, 110, 142, 152, 15, 154, 145, 12, 170, 54, 155, 99, 22, 123, 72, 177, 131, 116, 44, 158, 73, 11, 65, 164, 119, 174, 34, 83, 53, 24, 42, 60, 26, 161, 68, 178, 41, 148, 109, 87, 144, 135, 20, 62, 81, 169, 124, 6, 19, 30, 163, 61, 179, 136, 97, 16, 88

の並びにインターリーブし、前記検査行列は、所定値 $g$ と、前記LDPC符号の情報長 $K=N \times r$ とで表される $g$ 行 $K$ 列の、前記検査行列の左上の $A$ 行列と、 $g$ 行 $g$ 列の、前記 $A$ 行列の右に隣接する階段構造の $B$ 行列と、 $g$ 行 $N-K-g$ 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、 $N-K-g$ 行 $K+g$ 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、 $N-K-g$ 行 $N-K-g$ 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 $g$ 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、

221 1011 1218 4299 7143 8728 11072 15533 17356 33909 36833  
360 1210 1375 2313 3493 16822 21373 23588 23656 26267 34098  
544 1347 1433 2457 9186 10945 13583 14858 19195 34606 37441  
37 596 715 4134 8091 12106 24307 24658 34108 40591 42883  
235 398 1204 2075 6742 11670 13512 23231 24784 27915 34752  
204 873 890 13550 16570 19774 34012 35249 37655 39885 42890  
221 371 514 11984 14972 15690 28827 29069 30531 31018 43121  
280 549 1435 1889 3310 10234 11575 15243 20748 30469 36005  
223 666 1248 13304 14433 14732 18943 21248 23127 38529 39272  
370 819 1065 9461 10319 25294 31958 33542 37458 39681 40039  
585 870 1028 5087 5216 12228 16216 16381 16937 27132 27893  
164 167 1210 7386 11151 20413 22713 23134 24188 36771 38992  
298 511 809 4620 7347 8873 19602 24162 29198 34304 41145  
105 830 1212 2415 14759 15440 16361 16748 22123 32684 42575  
659 665 668 6458 22130 25972 30697 31074 32048 36078 37129  
91 808 953 8015 8988 13492 13987 15979 28355 34509 39698  
594 983 1265 3028 4029 9366 11069 11512 27066 40939 41639  
506 740 1321 1484 10747 16376 17384 20285 31502 38925 42606  
338 356 975 2022 3578 18689 18772 19826 22914 24733 27431  
709 1264 1366 4617 8893 25226 27800 29080 30277 37781 39644  
840 1179 1338 2973 3541 7043 12712 15005 17149 19910 36795  
1009 1267 1380 4919 12679 22889 29638 30987 34637 36232 37284  
466 913 1247 1646 3049 5924 9014 20539 34546 35029 36540  
374 697 984 1654 5870 10883 11684 20294 28888 31612 34031  
117 240 635 5093 8673 11323 12456 14145 21397 39619 42559  
122 1265 1427 13528 14282 15241 16852 17227 34723 36836 39791  
595 1180 1310 6952 17916 24725 24971 27243 29555 32138 35987  
140 470 1017 13222 13253 18462 20806 21117 28673 31598 37235  
7 710 1072 8014 10804 13303 14292 16690 26676 36443 41966  
48 189 759 12438 14523 16388 23178 27315 28656 29111 29694  
285 387 410 4294 4467 5949 25386 27898 34880 41169 42614  
474 545 1320 10506 13186 18126 27110 31498 35353 36193 37322  
1075 1130 1424 11390 13312 14161 16927 25071 25844 34287 38151  
161 396 427 5944 17281 22201 25218 30143 35566 38261 42513  
233 247 694 1446 3180 3507 9069 20764 21940 33422 39358  
271 508 1013 6271 21760 21858 24887 29808 31099 35475 39924  
8 674 1329 3135 5110 14460 28108 28388 31043 31137 31863  
1035 1222 1409 8287 16083 24450 24888 29356 30329 37834 39684

10

20

30

40

50

391 1090 1128 1866 4095 10643 13121 14499 20056 22195 30593  
 55 161 1402 6289 6837 8791 17937 21425 26602 30461 37241  
 110 377 1228 6875 13253 17032 19008 23274 32285 33452 41630  
 360 638 1355 5933 12593 13533 23377 23881 24586 26040 41663  
 535 1240 1333 3354 10860 16032 32573 34908 34957 39255 40759  
 526 936 1321 7992 10260 18527 28248 29356 32636 34666 35552  
 336 785 875 7530 13062 13075 18925 27963 28703 33688 36502  
 36 591 1062 1518 3821 7048 11197 17781 19408 22731 24783  
 214 1145 1223 1546 9475 11170 16061 21273 38688 40051 42479  
 1136 1226 1423 20227 22573 24951 26462 29586 34915 42441 43048  
 26 276 1425 6048 7224 7917 8747 27559 28515 35002 37649  
 127 294 437 4029 8585 9647 11904 24115 28514 36893 39722  
 748 1093 1403 9536 19305 20468 31049 38667 40502 40720 41949  
 96 638 743 9806 12101 17751 22732 24937 32007 32594 38504  
 649 904 1079 2770 3337 9158 20125 24619 32921 33698 35173  
 401 518 984 7372 12438 12582 18704 35874 39420 39503 39790  
 10 451 1077 8078 16320 17409 25807 28814 30613 41261 42955  
 405 592 1178 15936 18418 19585 21966 24219 30637 34536 37838  
 50 584 851 9720 11919 22544 22545 25851 35567 41587 41876  
 911 1113 1176 1806 10058 10809 14220 19044 20748 29424 36671  
 441 550 1135 1956 11254 18699 30249 33099 34587 35243 39952  
 510 1016 1281 8621 13467 13780 15170 16289 20925 26426 34479  
 4969 5223 17117 21950 22144 24043 27151 39809  
 11452 13622 18918 19670 23995 32647 37200 37399  
 6351 6426 13185 13973 16699 22524 31070 31916  
 4098 10617 14854 18004 28580 36158 37500 38552

10

20

である送信装置から送信されてくるデータから得られる、グループワイズインターリーブ後の前記LDPC符号の並びが元の並びに戻される。

【 0 0 1 3 】

本技術の第3のデータ処理装置/方法は、符号長 $N$ が64800ビットであり、符号化率 $r$ が5/15のLDPC符号の検査行列に基づき、LDPC符号化を行う符号化部/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部/ステップと、前記LDPC符号を、4ビット単位で、変調方式で定める16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/ステップとを備え、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64800ビットのLDPC符号のビットグループ $0$ ないし $179$ の並びを、ビットグループ

30

6, 14, 1, 127, 161, 177, 75, 123, 62, 103, 17, 18, 167, 88, 27, 34, 8, 110, 7  
 , 78, 94, 44, 45, 166, 149, 61, 163, 145, 155, 157, 82, 130, 70, 92, 151, 139, 1  
 60, 133, 26, 2, 79, 15, 95, 122, 126, 178, 101, 24, 138, 146, 179, 30, 86, 58, 1  
 1, 121, 159, 49, 84, 132, 117, 119, 50, 52, 4, 51, 48, 74, 114, 59, 40, 131, 33  
 , 89, 66, 136, 72, 16, 134, 37, 164, 77, 99, 173, 20, 158, 156, 90, 41, 176, 81  
 , 42, 60, 109, 22, 150, 105, 120, 12, 64, 56, 68, 111, 21, 148, 53, 169, 97, 108  
 , 35, 140, 91, 115, 152, 36, 106, 154, 0, 25, 54, 63, 172, 80, 168, 142, 118, 16  
 2, 135, 73, 83, 153, 141, 9, 28, 55, 31, 112, 107, 85, 100, 175, 23, 57, 47, 38  
 , 170, 137, 76, 147, 93, 19, 98, 124, 39, 87, 174, 144, 46, 10, 129, 69, 71, 125  
 , 96, 116, 171, 128, 65, 102, 5, 43, 143, 104, 13, 67, 29, 3, 113, 32, 165

40

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

50

列と、N-K-g行K+g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-g行N-K-g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g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、

221	1011	1218	4299	7143	8728	11072	15533	17356	33909	36833	
360	1210	1375	2313	3493	16822	21373	23588	23656	26267	34098	
544	1347	1433	2457	9186	10945	13583	14858	19195	34606	37441	
37	596	715	4134	8091	12106	24307	24658	34108	40591	42883	
235	398	1204	2075	6742	11670	13512	23231	24784	27915	34752	10
204	873	890	13550	16570	19774	34012	35249	37655	39885	42890	
221	371	514	11984	14972	15690	28827	29069	30531	31018	43121	
280	549	1435	1889	3310	10234	11575	15243	20748	30469	36005	
223	666	1248	13304	14433	14732	18943	21248	23127	38529	39272	
370	819	1065	9461	10319	25294	31958	33542	37458	39681	40039	
585	870	1028	5087	5216	12228	16216	16381	16937	27132	27893	
164	167	1210	7386	11151	20413	22713	23134	24188	36771	38992	
298	511	809	4620	7347	8873	19602	24162	29198	34304	41145	
105	830	1212	2415	14759	15440	16361	16748	22123	32684	42575	
659	665	668	6458	22130	25972	30697	31074	32048	36078	37129	20
91	808	953	8015	8988	13492	13987	15979	28355	34509	39698	
594	983	1265	3028	4029	9366	11069	11512	27066	40939	41639	
506	740	1321	1484	10747	16376	17384	20285	31502	38925	42606	
338	356	975	2022	3578	18689	18772	19826	22914	24733	27431	
709	1264	1366	4617	8893	25226	27800	29080	30277	37781	39644	
840	1179	1338	2973	3541	7043	12712	15005	17149	19910	36795	
1009	1267	1380	4919	12679	22889	29638	30987	34637	36232	37284	
466	913	1247	1646	3049	5924	9014	20539	34546	35029	36540	
374	697	984	1654	5870	10883	11684	20294	28888	31612	34031	
117	240	635	5093	8673	11323	12456	14145	21397	39619	42559	30
122	1265	1427	13528	14282	15241	16852	17227	34723	36836	39791	
595	1180	1310	6952	17916	24725	24971	27243	29555	32138	35987	
140	470	1017	13222	13253	18462	20806	21117	28673	31598	37235	
7	710	1072	8014	10804	13303	14292	16690	26676	36443	41966	
48	189	759	12438	14523	16388	23178	27315	28656	29111	29694	
285	387	410	4294	4467	5949	25386	27898	34880	41169	42614	
474	545	1320	10506	13186	18126	27110	31498	35353	36193	37322	
1075	1130	1424	11390	13312	14161	16927	25071	25844	34287	38151	
161	396	427	5944	17281	22201	25218	30143	35566	38261	42513	
233	247	694	1446	3180	3507	9069	20764	21940	33422	39358	40
271	508	1013	6271	21760	21858	24887	29808	31099	35475	39924	
8	674	1329	3135	5110	14460	28108	28388	31043	31137	31863	
1035	1222	1409	8287	16083	24450	24888	29356	30329	37834	39684	
391	1090	1128	1866	4095	10643	13121	14499	20056	22195	30593	
55	161	1402	6289	6837	8791	17937	21425	26602	30461	37241	
110	377	1228	6875	13253	17032	19008	23274	32285	33452	41630	
360	638	1355	5933	12593	13533	23377	23881	24586	26040	41663	
535	1240	1333	3354	10860	16032	32573	34908	34957	39255	40759	
526	936	1321	7992	10260	18527	28248	29356	32636	34666	35552	
336	785	875	7530	13062	13075	18925	27963	28703	33688	36502	50

36 591 1062 1518 3821 7048 11197 17781 19408 22731 24783  
 214 1145 1223 1546 9475 11170 16061 21273 38688 40051 42479  
 1136 1226 1423 20227 22573 24951 26462 29586 34915 42441 43048  
 26 276 1425 6048 7224 7917 8747 27559 28515 35002 37649  
 127 294 437 4029 8585 9647 11904 24115 28514 36893 39722  
 748 1093 1403 9536 19305 20468 31049 38667 40502 40720 41949  
 96 638 743 9806 12101 17751 22732 24937 32007 32594 38504  
 649 904 1079 2770 3337 9158 20125 24619 32921 33698 35173  
 401 518 984 7372 12438 12582 18704 35874 39420 39503 39790  
 10 451 1077 8078 16320 17409 25807 28814 30613 41261 42955  
 405 592 1178 15936 18418 19585 21966 24219 30637 34536 37838  
 50 584 851 9720 11919 22544 22545 25851 35567 41587 41876  
 911 1113 1176 1806 10058 10809 14220 19044 20748 29424 36671  
 441 550 1135 1956 11254 18699 30249 33099 34587 35243 39952  
 510 1016 1281 8621 13467 13780 15170 16289 20925 26426 34479  
 4969 5223 17117 21950 22144 24043 27151 39809  
 11452 13622 18918 19670 23995 32647 37200 37399  
 6351 6426 13185 13973 16699 22524 31070 31916  
 4098 10617 14854 18004 28580 36158 37500 38552

10

であるデータ処理装置 / 方法である。

20

【 0 0 1 4 】

以上のような第3のデータ処理装置 / 方法においては、符号長Nが64800ビットであり、符号化率rが5/15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、4ビット単位で、変調方式で定める16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64800ビットのLDPC符号のビットグループ0ないし179の並びが、ビットグループ

6, 14, 1, 127, 161, 177, 75, 123, 62, 103, 17, 18, 167, 88, 27, 34, 8, 110, 7, 78, 94, 44, 45, 166, 149, 61, 163, 145, 155, 157, 82, 130, 70, 92, 151, 139, 160, 133, 26, 2, 79, 15, 95, 122, 126, 178, 101, 24, 138, 146, 179, 30, 86, 58, 11, 121, 159, 49, 84, 132, 117, 119, 50, 52, 4, 51, 48, 74, 114, 59, 40, 131, 33, 89, 66, 136, 72, 16, 134, 37, 164, 77, 99, 173, 20, 158, 156, 90, 41, 176, 81, 42, 60, 109, 22, 150, 105, 120, 12, 64, 56, 68, 111, 21, 148, 53, 169, 97, 108, 35, 140, 91, 115, 152, 36, 106, 154, 0, 25, 54, 63, 172, 80, 168, 142, 118, 162, 135, 73, 83, 153, 141, 9, 28, 55, 31, 112, 107, 85, 100, 175, 23, 57, 47, 38, 170, 137, 76, 147, 93, 19, 98, 124, 39, 87, 174, 144, 46, 10, 129, 69, 71, 125, 96, 116, 171, 128, 65, 102, 5, 43, 143, 104, 13, 67, 29, 3, 113, 32, 165

30

の並びにインターリーブされる。前記検査行列は、所定値gと、前記LDPC符号の情報長K=N×rとで表されるg行K列の、前記検査行列の左上のA行列と、g行g列の、前記A行列の右に隣接する階段構造のB行列と、g行N-K-g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-g行K+g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-g行N-K-g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g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、

40

221 1011 1218 4299 7143 8728 11072 15533 17356 33909 36833  
 360 1210 1375 2313 3493 16822 21373 23588 23656 26267 34098  
 544 1347 1433 2457 9186 10945 13583 14858 19195 34606 37441  
 37 596 715 4134 8091 12106 24307 24658 34108 40591 42883

50

235 398 1204 2075 6742 11670 13512 23231 24784 27915 34752  
 204 873 890 13550 16570 19774 34012 35249 37655 39885 42890  
 221 371 514 11984 14972 15690 28827 29069 30531 31018 43121  
 280 549 1435 1889 3310 10234 11575 15243 20748 30469 36005  
 223 666 1248 13304 14433 14732 18943 21248 23127 38529 39272  
 370 819 1065 9461 10319 25294 31958 33542 37458 39681 40039  
 585 870 1028 5087 5216 12228 16216 16381 16937 27132 27893  
 164 167 1210 7386 11151 20413 22713 23134 24188 36771 38992  
 298 511 809 4620 7347 8873 19602 24162 29198 34304 41145  
 105 830 1212 2415 14759 15440 16361 16748 22123 32684 42575 10  
 659 665 668 6458 22130 25972 30697 31074 32048 36078 37129  
 91 808 953 8015 8988 13492 13987 15979 28355 34509 39698  
 594 983 1265 3028 4029 9366 11069 11512 27066 40939 41639  
 506 740 1321 1484 10747 16376 17384 20285 31502 38925 42606  
 338 356 975 2022 3578 18689 18772 19826 22914 24733 27431  
 709 1264 1366 4617 8893 25226 27800 29080 30277 37781 39644  
 840 1179 1338 2973 3541 7043 12712 15005 17149 19910 36795  
 1009 1267 1380 4919 12679 22889 29638 30987 34637 36232 37284  
 466 913 1247 1646 3049 5924 9014 20539 34546 35029 36540  
 374 697 984 1654 5870 10883 11684 20294 28888 31612 34031 20  
 117 240 635 5093 8673 11323 12456 14145 21397 39619 42559  
 122 1265 1427 13528 14282 15241 16852 17227 34723 36836 39791  
 595 1180 1310 6952 17916 24725 24971 27243 29555 32138 35987  
 140 470 1017 13222 13253 18462 20806 21117 28673 31598 37235  
 7 710 1072 8014 10804 13303 14292 16690 26676 36443 41966  
 48 189 759 12438 14523 16388 23178 27315 28656 29111 29694  
 285 387 410 4294 4467 5949 25386 27898 34880 41169 42614  
 474 545 1320 10506 13186 18126 27110 31498 35353 36193 37322  
 1075 1130 1424 11390 13312 14161 16927 25071 25844 34287 38151  
 161 396 427 5944 17281 22201 25218 30143 35566 38261 42513 30  
 233 247 694 1446 3180 3507 9069 20764 21940 33422 39358  
 271 508 1013 6271 21760 21858 24887 29808 31099 35475 39924  
 8 674 1329 3135 5110 14460 28108 28388 31043 31137 31863  
 1035 1222 1409 8287 16083 24450 24888 29356 30329 37834 39684  
 391 1090 1128 1866 4095 10643 13121 14499 20056 22195 30593  
 55 161 1402 6289 6837 8791 17937 21425 26602 30461 37241  
 110 377 1228 6875 13253 17032 19008 23274 32285 33452 41630  
 360 638 1355 5933 12593 13533 23377 23881 24586 26040 41663  
 535 1240 1333 3354 10860 16032 32573 34908 34957 39255 40759  
 526 936 1321 7992 10260 18527 28248 29356 32636 34666 35552 40  
 336 785 875 7530 13062 13075 18925 27963 28703 33688 36502  
 36 591 1062 1518 3821 7048 11197 17781 19408 22731 24783  
 214 1145 1223 1546 9475 11170 16061 21273 38688 40051 42479  
 1136 1226 1423 20227 22573 24951 26462 29586 34915 42441 43048  
 26 276 1425 6048 7224 7917 8747 27559 28515 35002 37649  
 127 294 437 4029 8585 9647 11904 24115 28514 36893 39722  
 748 1093 1403 9536 19305 20468 31049 38667 40502 40720 41949  
 96 638 743 9806 12101 17751 22732 24937 32007 32594 38504  
 649 904 1079 2770 3337 9158 20125 24619 32921 33698 35173  
 401 518 984 7372 12438 12582 18704 35874 39420 39503 39790 50

10 451 1077 8078 16320 17409 25807 28814 30613 41261 42955  
 405 592 1178 15936 18418 19585 21966 24219 30637 34536 37838  
 50 584 851 9720 11919 22544 22545 25851 35567 41587 41876  
 911 1113 1176 1806 10058 10809 14220 19044 20748 29424 36671  
 441 550 1135 1956 11254 18699 30249 33099 34587 35243 39952  
 510 1016 1281 8621 13467 13780 15170 16289 20925 26426 34479  
 4969 5223 17117 21950 22144 24043 27151 39809  
 11452 13622 18918 19670 23995 32647 37200 37399  
 6351 6426 13185 13973 16699 22524 31070 31916  
 4098 10617 14854 18004 28580 36158 37500 38552

10

になっている。

【 0 0 1 5 】

本技術の第4のデータ処理装置/方法は、符号長 $N$ が64800ビットであり、符号化率 $r$ が $5/15$ 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、4ビット単位で、変調方式で定める16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を備え、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64800ビットのLDPC符号のビットグループ $0$ ないし $179$ の並びを、

20

6, 14, 1, 127, 161, 177, 75, 123, 62, 103, 17, 18, 167, 88, 27, 34, 8, 110, 7,  
 78, 94, 44, 45, 166, 149, 61, 163, 145, 155, 157, 82, 130, 70, 92, 151, 139, 1  
 60, 133, 26, 2, 79, 15, 95, 122, 126, 178, 101, 24, 138, 146, 179, 30, 86, 58, 1  
 1, 121, 159, 49, 84, 132, 117, 119, 50, 52, 4, 51, 48, 74, 114, 59, 40, 131, 33  
 , 89, 66, 136, 72, 16, 134, 37, 164, 77, 99, 173, 20, 158, 156, 90, 41, 176, 81  
 , 42, 60, 109, 22, 150, 105, 120, 12, 64, 56, 68, 111, 21, 148, 53, 169, 97, 108  
 , 35, 140, 91, 115, 152, 36, 106, 154, 0, 25, 54, 63, 172, 80, 168, 142, 118, 16  
 2, 135, 73, 83, 153, 141, 9, 28, 55, 31, 112, 107, 85, 100, 175, 23, 57, 47, 38  
 , 170, 137, 76, 147, 93, 19, 98, 124, 39, 87, 174, 144, 46, 10, 129, 69, 71, 125  
 , 96, 116, 171, 128, 65, 102, 5, 43, 143, 104, 13, 67, 29, 3, 113, 32, 165

30

の並びにインターリーブし、前記検査行列は、所定値 $g$ と、前記LDPC符号の情報長 $K=N \times r$ とで表される $g$ 行 $K$ 列の、前記検査行列の左上の $A$ 行列と、 $g$ 行 $g$ 列の、前記 $A$ 行列の右に隣接する階段構造の $B$ 行列と、 $g$ 行 $N-K-g$ 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、 $N-K-g$ 行 $K+g$ 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、 $N-K-g$ 行 $N-K-g$ 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 $g$ 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、

221 1011 1218 4299 7143 8728 11072 15533 17356 33909 36833  
 360 1210 1375 2313 3493 16822 21373 23588 23656 26267 34098  
 544 1347 1433 2457 9186 10945 13583 14858 19195 34606 37441  
 37 596 715 4134 8091 12106 24307 24658 34108 40591 42883  
 235 398 1204 2075 6742 11670 13512 23231 24784 27915 34752  
 204 873 890 13550 16570 19774 34012 35249 37655 39885 42890  
 221 371 514 11984 14972 15690 28827 29069 30531 31018 43121  
 280 549 1435 1889 3310 10234 11575 15243 20748 30469 36005  
 223 666 1248 13304 14433 14732 18943 21248 23127 38529 39272  
 370 819 1065 9461 10319 25294 31958 33542 37458 39681 40039  
 585 870 1028 5087 5216 12228 16216 16381 16937 27132 27893  
 164 167 1210 7386 11151 20413 22713 23134 24188 36771 38992

40

50

298 511 809 4620 7347 8873 19602 24162 29198 34304 41145  
105 830 1212 2415 14759 15440 16361 16748 22123 32684 42575  
659 665 668 6458 22130 25972 30697 31074 32048 36078 37129  
91 808 953 8015 8988 13492 13987 15979 28355 34509 39698  
594 983 1265 3028 4029 9366 11069 11512 27066 40939 41639  
506 740 1321 1484 10747 16376 17384 20285 31502 38925 42606  
338 356 975 2022 3578 18689 18772 19826 22914 24733 27431  
709 1264 1366 4617 8893 25226 27800 29080 30277 37781 39644  
840 1179 1338 2973 3541 7043 12712 15005 17149 19910 36795  
1009 1267 1380 4919 12679 22889 29638 30987 34637 36232 37284  
466 913 1247 1646 3049 5924 9014 20539 34546 35029 36540  
374 697 984 1654 5870 10883 11684 20294 28888 31612 34031  
117 240 635 5093 8673 11323 12456 14145 21397 39619 42559  
122 1265 1427 13528 14282 15241 16852 17227 34723 36836 39791  
595 1180 1310 6952 17916 24725 24971 27243 29555 32138 35987  
140 470 1017 13222 13253 18462 20806 21117 28673 31598 37235  
7 710 1072 8014 10804 13303 14292 16690 26676 36443 41966  
48 189 759 12438 14523 16388 23178 27315 28656 29111 29694  
285 387 410 4294 4467 5949 25386 27898 34880 41169 42614  
474 545 1320 10506 13186 18126 27110 31498 35353 36193 37322  
1075 1130 1424 11390 13312 14161 16927 25071 25844 34287 38151  
161 396 427 5944 17281 22201 25218 30143 35566 38261 42513  
233 247 694 1446 3180 3507 9069 20764 21940 33422 39358  
271 508 1013 6271 21760 21858 24887 29808 31099 35475 39924  
8 674 1329 3135 5110 14460 28108 28388 31043 31137 31863  
1035 1222 1409 8287 16083 24450 24888 29356 30329 37834 39684  
391 1090 1128 1866 4095 10643 13121 14499 20056 22195 30593  
55 161 1402 6289 6837 8791 17937 21425 26602 30461 37241  
110 377 1228 6875 13253 17032 19008 23274 32285 33452 41630  
360 638 1355 5933 12593 13533 23377 23881 24586 26040 41663  
535 1240 1333 3354 10860 16032 32573 34908 34957 39255 40759  
526 936 1321 7992 10260 18527 28248 29356 32636 34666 35552  
336 785 875 7530 13062 13075 18925 27963 28703 33688 36502  
36 591 1062 1518 3821 7048 11197 17781 19408 22731 24783  
214 1145 1223 1546 9475 11170 16061 21273 38688 40051 42479  
1136 1226 1423 20227 22573 24951 26462 29586 34915 42441 43048  
26 276 1425 6048 7224 7917 8747 27559 28515 35002 37649  
127 294 437 4029 8585 9647 11904 24115 28514 36893 39722  
748 1093 1403 9536 19305 20468 31049 38667 40502 40720 41949  
96 638 743 9806 12101 17751 22732 24937 32007 32594 38504  
649 904 1079 2770 3337 9158 20125 24619 32921 33698 35173  
401 518 984 7372 12438 12582 18704 35874 39420 39503 39790  
10 451 1077 8078 16320 17409 25807 28814 30613 41261 42955  
405 592 1178 15936 18418 19585 21966 24219 30637 34536 37838  
50 584 851 9720 11919 22544 22545 25851 35567 41587 41876  
911 1113 1176 1806 10058 10809 14220 19044 20748 29424 36671  
441 550 1135 1956 11254 18699 30249 33099 34587 35243 39952  
510 1016 1281 8621 13467 13780 15170 16289 20925 26426 34479  
4969 5223 17117 21950 22144 24043 27151 39809  
11452 13622 18918 19670 23995 32647 37200 37399

10

20

30

40

50

6351 6426 13185 13973 16699 22524 31070 31916  
4098 10617 14854 18004 28580 36158 37500 38552

である送信装置から送信されてくるデータから得られる、グループワイズインターリーブ後の前記LDPC符号の並びを元の並びに戻すグループワイズデインターリーブ部/ステップを備えるデータ処理装置/方法である。

【 0 0 1 6 】

以上のような第4のデータ処理装置/方法においては、符号長Nが64800ビットであり、符号化率rが5/15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、4ビット単位で、変調方式で定める16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を備え、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64800ビットのLDPC符号のビットグループ0ないし179の並びを、ビットグループ

10

6, 14, 1, 127, 161, 177, 75, 123, 62, 103, 17, 18, 167, 88, 27, 34, 8, 110, 7, 78, 94, 44, 45, 166, 149, 61, 163, 145, 155, 157, 82, 130, 70, 92, 151, 139, 160, 133, 26, 2, 79, 15, 95, 122, 126, 178, 101, 24, 138, 146, 179, 30, 86, 58, 11, 121, 159, 49, 84, 132, 117, 119, 50, 52, 4, 51, 48, 74, 114, 59, 40, 131, 33, 89, 66, 136, 72, 16, 134, 37, 164, 77, 99, 173, 20, 158, 156, 90, 41, 176, 81, 42, 60, 109, 22, 150, 105, 120, 12, 64, 56, 68, 111, 21, 148, 53, 169, 97, 108, 35, 140, 91, 115, 152, 36, 106, 154, 0, 25, 54, 63, 172, 80, 168, 142, 118, 162, 135, 73, 83, 153, 141, 9, 28, 55, 31, 112, 107, 85, 100, 175, 23, 57, 47, 38, 170, 137, 76, 147, 93, 19, 98, 124, 39, 87, 174, 144, 46, 10, 129, 69, 71, 125, 96, 116, 171, 128, 65, 102, 5, 43, 143, 104, 13, 67, 29, 3, 113, 32, 165

20

の並びにインターリーブし、前記検査行列は、所定値gと、前記LDPC符号の情報長K=N x rとで表されるg行K列の、前記検査行列の左上のA行列と、g行g列の、前記A行列の右に隣接する階段構造のB行列と、g行N-K-g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-g行K+g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-g行N-K-g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g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、

30

221 1011 1218 4299 7143 8728 11072 15533 17356 33909 36833  
360 1210 1375 2313 3493 16822 21373 23588 23656 26267 34098  
544 1347 1433 2457 9186 10945 13583 14858 19195 34606 37441  
37 596 715 4134 8091 12106 24307 24658 34108 40591 42883  
235 398 1204 2075 6742 11670 13512 23231 24784 27915 34752  
204 873 890 13550 16570 19774 34012 35249 37655 39885 42890  
221 371 514 11984 14972 15690 28827 29069 30531 31018 43121  
280 549 1435 1889 3310 10234 11575 15243 20748 30469 36005  
223 666 1248 13304 14433 14732 18943 21248 23127 38529 39272  
370 819 1065 9461 10319 25294 31958 33542 37458 39681 40039  
585 870 1028 5087 5216 12228 16216 16381 16937 27132 27893  
164 167 1210 7386 11151 20413 22713 23134 24188 36771 38992  
298 511 809 4620 7347 8873 19602 24162 29198 34304 41145  
105 830 1212 2415 14759 15440 16361 16748 22123 32684 42575  
659 665 668 6458 22130 25972 30697 31074 32048 36078 37129  
91 808 953 8015 8988 13492 13987 15979 28355 34509 39698  
594 983 1265 3028 4029 9366 11069 11512 27066 40939 41639  
506 740 1321 1484 10747 16376 17384 20285 31502 38925 42606

40

50



338 356 975 2022 3578 18689 18772 19826 22914 24733 27431  
 709 1264 1366 4617 8893 25226 27800 29080 30277 37781 39644  
 840 1179 1338 2973 3541 7043 12712 15005 17149 19910 36795  
 1009 1267 1380 4919 12679 22889 29638 30987 34637 36232 37284  
 466 913 1247 1646 3049 5924 9014 20539 34546 35029 36540  
 374 697 984 1654 5870 10883 11684 20294 28888 31612 34031  
 117 240 635 5093 8673 11323 12456 14145 21397 39619 42559  
 122 1265 1427 13528 14282 15241 16852 17227 34723 36836 39791  
 595 1180 1310 6952 17916 24725 24971 27243 29555 32138 35987  
 140 470 1017 13222 13253 18462 20806 21117 28673 31598 37235  
 7 710 1072 8014 10804 13303 14292 16690 26676 36443 41966  
 48 189 759 12438 14523 16388 23178 27315 28656 29111 29694  
 285 387 410 4294 4467 5949 25386 27898 34880 41169 42614  
 474 545 1320 10506 13186 18126 27110 31498 35353 36193 37322  
 1075 1130 1424 11390 13312 14161 16927 25071 25844 34287 38151  
 161 396 427 5944 17281 22201 25218 30143 35566 38261 42513  
 233 247 694 1446 3180 3507 9069 20764 21940 33422 39358  
 271 508 1013 6271 21760 21858 24887 29808 31099 35475 39924  
 8 674 1329 3135 5110 14460 28108 28388 31043 31137 31863  
 1035 1222 1409 8287 16083 24450 24888 29356 30329 37834 39684  
 391 1090 1128 1866 4095 10643 13121 14499 20056 22195 30593  
 55 161 1402 6289 6837 8791 17937 21425 26602 30461 37241  
 110 377 1228 6875 13253 17032 19008 23274 32285 33452 41630  
 360 638 1355 5933 12593 13533 23377 23881 24586 26040 41663  
 535 1240 1333 3354 10860 16032 32573 34908 34957 39255 40759  
 526 936 1321 7992 10260 18527 28248 29356 32636 34666 35552  
 336 785 875 7530 13062 13075 18925 27963 28703 33688 36502  
 36 591 1062 1518 3821 7048 11197 17781 19408 22731 24783  
 214 1145 1223 1546 9475 11170 16061 21273 38688 40051 42479  
 1136 1226 1423 20227 22573 24951 26462 29586 34915 42441 43048  
 26 276 1425 6048 7224 7917 8747 27559 28515 35002 37649  
 127 294 437 4029 8585 9647 11904 24115 28514 36893 39722  
 748 1093 1403 9536 19305 20468 31049 38667 40502 40720 41949  
 96 638 743 9806 12101 17751 22732 24937 32007 32594 38504  
 649 904 1079 2770 3337 9158 20125 24619 32921 33698 35173  
 401 518 984 7372 12438 12582 18704 35874 39420 39503 39790  
 10 451 1077 8078 16320 17409 25807 28814 30613 41261 42955  
 405 592 1178 15936 18418 19585 21966 24219 30637 34536 37838  
 50 584 851 9720 11919 22544 22545 25851 35567 41587 41876  
 911 1113 1176 1806 10058 10809 14220 19044 20748 29424 36671  
 441 550 1135 1956 11254 18699 30249 33099 34587 35243 39952  
 510 1016 1281 8621 13467 13780 15170 16289 20925 26426 34479  
 4969 5223 17117 21950 22144 24043 27151 39809  
 11452 13622 18918 19670 23995 32647 37200 37399  
 6351 6426 13185 13973 16699 22524 31070 31916  
 4098 10617 14854 18004 28580 36158 37500 38552

10

20

30

40

である送信装置から送信されてくるデータから得られる、グループワイズインターリーブ後の前記LDPC符号の並びが元の並びに戻される。

【 0 0 1 7 】

本技術の第5のデータ処理装置/方法は、符号長Nが64800ビットであり、符号化率rが5

50

/15のLDPC符号の検査行列に基づき、LDPC符号化を行う符号化部/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部/ステップと、前記LDPC符号を、6ビット単位で、変調方式で定める64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/ステップとを備え、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64800ビットのLDPC符号のビットグループ0ないし179の並びを、ビットグループ

103, 116, 158, 0, 27, 73, 140, 30, 148, 36, 153, 154, 10, 174, 122, 178, 6, 10  
6, 162, 59, 142, 112, 7, 74, 11, 51, 49, 72, 31, 65, 156, 95, 171, 105, 173, 168  
, 1, 155, 125, 82, 86, 161, 57, 165, 54, 26, 121, 25, 157, 93, 22, 34, 33, 39, 1  
9, 46, 150, 141, 12, 9, 79, 118, 24, 17, 85, 117, 67, 58, 129, 160, 89, 61, 146  
, 77, 130, 102, 101, 137, 94, 69, 14, 133, 60, 149, 136, 16, 108, 41, 90, 28, 14  
4, 13, 175, 114, 2, 18, 63, 68, 21, 109, 53, 123, 75, 81, 143, 169, 42, 119, 138  
, 104, 4, 131, 145, 8, 5, 76, 15, 88, 177, 124, 45, 97, 64, 100, 37, 132, 38, 44  
, 107, 35, 43, 80, 50, 91, 152, 78, 166, 55, 115, 170, 159, 147, 167, 87, 83, 29  
, 96, 172, 48, 98, 62, 139, 70, 164, 84, 47, 151, 134, 126, 113, 179, 110, 111,  
128, 32, 52, 66, 40, 135, 176, 99, 127, 163, 3, 120, 71, 56, 92, 23, 20

の並びにインターリーブし、前記検査行列は、所定値*g*と、前記LDPC符号の情報長*K=N × r*とで表される*g*行*K*列の、前記検査行列の左上の*A*行列と、*g*行*g*列の、前記*A*行列の右に隣接する階段構造の*B*行列と、*g*行*N-K-g*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-g*行*K+g*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-g*行*N-K-g*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*g*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、

221 1011 1218 4299 7143 8728 11072 15533 17356 33909 36833  
360 1210 1375 2313 3493 16822 21373 23588 23656 26267 34098  
544 1347 1433 2457 9186 10945 13583 14858 19195 34606 37441  
37 596 715 4134 8091 12106 24307 24658 34108 40591 42883  
235 398 1204 2075 6742 11670 13512 23231 24784 27915 34752  
204 873 890 13550 16570 19774 34012 35249 37655 39885 42890  
221 371 514 11984 14972 15690 28827 29069 30531 31018 43121  
280 549 1435 1889 3310 10234 11575 15243 20748 30469 36005  
223 666 1248 13304 14433 14732 18943 21248 23127 38529 39272  
370 819 1065 9461 10319 25294 31958 33542 37458 39681 40039  
585 870 1028 5087 5216 12228 16216 16381 16937 27132 27893  
164 167 1210 7386 11151 20413 22713 23134 24188 36771 38992  
298 511 809 4620 7347 8873 19602 24162 29198 34304 41145  
105 830 1212 2415 14759 15440 16361 16748 22123 32684 42575  
659 665 668 6458 22130 25972 30697 31074 32048 36078 37129  
91 808 953 8015 8988 13492 13987 15979 28355 34509 39698  
594 983 1265 3028 4029 9366 11069 11512 27066 40939 41639  
506 740 1321 1484 10747 16376 17384 20285 31502 38925 42606  
338 356 975 2022 3578 18689 18772 19826 22914 24733 27431  
709 1264 1366 4617 8893 25226 27800 29080 30277 37781 39644  
840 1179 1338 2973 3541 7043 12712 15005 17149 19910 36795  
1009 1267 1380 4919 12679 22889 29638 30987 34637 36232 37284  
466 913 1247 1646 3049 5924 9014 20539 34546 35029 36540  
374 697 984 1654 5870 10883 11684 20294 28888 31612 34031  
117 240 635 5093 8673 11323 12456 14145 21397 39619 42559

122 1265 1427 13528 14282 15241 16852 17227 34723 36836 39791  
 595 1180 1310 6952 17916 24725 24971 27243 29555 32138 35987  
 140 470 1017 13222 13253 18462 20806 21117 28673 31598 37235  
 7 710 1072 8014 10804 13303 14292 16690 26676 36443 41966  
 48 189 759 12438 14523 16388 23178 27315 28656 29111 29694  
 285 387 410 4294 4467 5949 25386 27898 34880 41169 42614  
 474 545 1320 10506 13186 18126 27110 31498 35353 36193 37322  
 1075 1130 1424 11390 13312 14161 16927 25071 25844 34287 38151  
 161 396 427 5944 17281 22201 25218 30143 35566 38261 42513  
 233 247 694 1446 3180 3507 9069 20764 21940 33422 39358  
 271 508 1013 6271 21760 21858 24887 29808 31099 35475 39924  
 8 674 1329 3135 5110 14460 28108 28388 31043 31137 31863  
 1035 1222 1409 8287 16083 24450 24888 29356 30329 37834 39684  
 391 1090 1128 1866 4095 10643 13121 14499 20056 22195 30593  
 55 161 1402 6289 6837 8791 17937 21425 26602 30461 37241  
 110 377 1228 6875 13253 17032 19008 23274 32285 33452 41630  
 360 638 1355 5933 12593 13533 23377 23881 24586 26040 41663  
 535 1240 1333 3354 10860 16032 32573 34908 34957 39255 40759  
 526 936 1321 7992 10260 18527 28248 29356 32636 34666 35552  
 336 785 875 7530 13062 13075 18925 27963 28703 33688 36502  
 36 591 1062 1518 3821 7048 11197 17781 19408 22731 24783  
 214 1145 1223 1546 9475 11170 16061 21273 38688 40051 42479  
 1136 1226 1423 20227 22573 24951 26462 29586 34915 42441 43048  
 26 276 1425 6048 7224 7917 8747 27559 28515 35002 37649  
 127 294 437 4029 8585 9647 11904 24115 28514 36893 39722  
 748 1093 1403 9536 19305 20468 31049 38667 40502 40720 41949  
 96 638 743 9806 12101 17751 22732 24937 32007 32594 38504  
 649 904 1079 2770 3337 9158 20125 24619 32921 33698 35173  
 401 518 984 7372 12438 12582 18704 35874 39420 39503 39790  
 10 451 1077 8078 16320 17409 25807 28814 30613 41261 42955  
 405 592 1178 15936 18418 19585 21966 24219 30637 34536 37838  
 50 584 851 9720 11919 22544 22545 25851 35567 41587 41876  
 911 1113 1176 1806 10058 10809 14220 19044 20748 29424 36671  
 441 550 1135 1956 11254 18699 30249 33099 34587 35243 39952  
 510 1016 1281 8621 13467 13780 15170 16289 20925 26426 34479  
 4969 5223 17117 21950 22144 24043 27151 39809  
 11452 13622 18918 19670 23995 32647 37200 37399  
 6351 6426 13185 13973 16699 22524 31070 31916  
 4098 10617 14854 18004 28580 36158 37500 38552

10

20

30

であるデータ処理装置 / 方法である。

40

【 0 0 1 8 】

以上のような第5のデータ処理装置 / 方法においては、符号長 $N$ が64800ビットであり、符号化率 $r$ が5/15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、6ビット単位で、変調方式で定める64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64800ビットのLDPC符号のビットグループ0ないし179の並びが、ビットグループ

103, 116, 158, 0, 27, 73, 140, 30, 148, 36, 153, 154, 10, 174, 122, 178, 6, 10  
 6, 162, 59, 142, 112, 7, 74, 11, 51, 49, 72, 31, 65, 156, 95, 171, 105, 173, 168

50

, 1, 155, 125, 82, 86, 161, 57, 165, 54, 26, 121, 25, 157, 93, 22, 34, 33, 39, 1  
 9, 46, 150, 141, 12, 9, 79, 118, 24, 17, 85, 117, 67, 58, 129, 160, 89, 61, 146  
 , 77, 130, 102, 101, 137, 94, 69, 14, 133, 60, 149, 136, 16, 108, 41, 90, 28, 14  
 4, 13, 175, 114, 2, 18, 63, 68, 21, 109, 53, 123, 75, 81, 143, 169, 42, 119, 138  
 , 104, 4, 131, 145, 8, 5, 76, 15, 88, 177, 124, 45, 97, 64, 100, 37, 132, 38, 44  
 , 107, 35, 43, 80, 50, 91, 152, 78, 166, 55, 115, 170, 159, 147, 167, 87, 83, 29  
 , 96, 172, 48, 98, 62, 139, 70, 164, 84, 47, 151, 134, 126, 113, 179, 110, 111,  
 128, 32, 52, 66, 40, 135, 176, 99, 127, 163, 3, 120, 71, 56, 92, 23, 20

の並びにインターリーブされる。前記検査行列は、所定値 $g$ と、前記LDPC符号の情報長 $K=N \times r$ とで表される $g$ 行 $K$ 列の、前記検査行列の左上の $A$ 行列と、 $g$ 行 $g$ 列の、前記 $A$ 行列の右  
 に隣接する階段構造の $B$ 行列と、 $g$ 行 $N-K-g$ 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、 $N-K-g$ 行 $K+g$ 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、 $N-K-g$ 行 $N-K$   
 $-g$ 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 $g$ 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、

221 1011 1218 4299 7143 8728 11072 15533 17356 33909 36833  
 360 1210 1375 2313 3493 16822 21373 23588 23656 26267 34098  
 544 1347 1433 2457 9186 10945 13583 14858 19195 34606 37441  
 37 596 715 4134 8091 12106 24307 24658 34108 40591 42883  
 235 398 1204 2075 6742 11670 13512 23231 24784 27915 34752  
 204 873 890 13550 16570 19774 34012 35249 37655 39885 42890  
 221 371 514 11984 14972 15690 28827 29069 30531 31018 43121  
 280 549 1435 1889 3310 10234 11575 15243 20748 30469 36005  
 223 666 1248 13304 14433 14732 18943 21248 23127 38529 39272  
 370 819 1065 9461 10319 25294 31958 33542 37458 39681 40039  
 585 870 1028 5087 5216 12228 16216 16381 16937 27132 27893  
 164 167 1210 7386 11151 20413 22713 23134 24188 36771 38992  
 298 511 809 4620 7347 8873 19602 24162 29198 34304 41145  
 105 830 1212 2415 14759 15440 16361 16748 22123 32684 42575  
 659 665 668 6458 22130 25972 30697 31074 32048 36078 37129  
 91 808 953 8015 8988 13492 13987 15979 28355 34509 39698  
 594 983 1265 3028 4029 9366 11069 11512 27066 40939 41639  
 506 740 1321 1484 10747 16376 17384 20285 31502 38925 42606  
 338 356 975 2022 3578 18689 18772 19826 22914 24733 27431  
 709 1264 1366 4617 8893 25226 27800 29080 30277 37781 39644  
 840 1179 1338 2973 3541 7043 12712 15005 17149 19910 36795  
 1009 1267 1380 4919 12679 22889 29638 30987 34637 36232 37284  
 466 913 1247 1646 3049 5924 9014 20539 34546 35029 36540  
 374 697 984 1654 5870 10883 11684 20294 28888 31612 34031  
 117 240 635 5093 8673 11323 12456 14145 21397 39619 42559  
 122 1265 1427 13528 14282 15241 16852 17227 34723 36836 39791  
 595 1180 1310 6952 17916 24725 24971 27243 29555 32138 35987  
 140 470 1017 13222 13253 18462 20806 21117 28673 31598 37235  
 7 710 1072 8014 10804 13303 14292 16690 26676 36443 41966  
 48 189 759 12438 14523 16388 23178 27315 28656 29111 29694  
 285 387 410 4294 4467 5949 25386 27898 34880 41169 42614  
 474 545 1320 10506 13186 18126 27110 31498 35353 36193 37322  
 1075 1130 1424 11390 13312 14161 16927 25071 25844 34287 38151  
 161 396 427 5944 17281 22201 25218 30143 35566 38261 42513

10

20

30

40

50

233 247 694 1446 3180 3507 9069 20764 21940 33422 39358  
 271 508 1013 6271 21760 21858 24887 29808 31099 35475 39924  
 8 674 1329 3135 5110 14460 28108 28388 31043 31137 31863  
 1035 1222 1409 8287 16083 24450 24888 29356 30329 37834 39684  
 391 1090 1128 1866 4095 10643 13121 14499 20056 22195 30593  
 55 161 1402 6289 6837 8791 17937 21425 26602 30461 37241  
 110 377 1228 6875 13253 17032 19008 23274 32285 33452 41630  
 360 638 1355 5933 12593 13533 23377 23881 24586 26040 41663  
 535 1240 1333 3354 10860 16032 32573 34908 34957 39255 40759  
 526 936 1321 7992 10260 18527 28248 29356 32636 34666 35552  
 336 785 875 7530 13062 13075 18925 27963 28703 33688 36502  
 36 591 1062 1518 3821 7048 11197 17781 19408 22731 24783  
 214 1145 1223 1546 9475 11170 16061 21273 38688 40051 42479  
 1136 1226 1423 20227 22573 24951 26462 29586 34915 42441 43048  
 26 276 1425 6048 7224 7917 8747 27559 28515 35002 37649  
 127 294 437 4029 8585 9647 11904 24115 28514 36893 39722  
 748 1093 1403 9536 19305 20468 31049 38667 40502 40720 41949  
 96 638 743 9806 12101 17751 22732 24937 32007 32594 38504  
 649 904 1079 2770 3337 9158 20125 24619 32921 33698 35173  
 401 518 984 7372 12438 12582 18704 35874 39420 39503 39790  
 10 451 1077 8078 16320 17409 25807 28814 30613 41261 42955  
 405 592 1178 15936 18418 19585 21966 24219 30637 34536 37838  
 50 584 851 9720 11919 22544 22545 25851 35567 41587 41876  
 911 1113 1176 1806 10058 10809 14220 19044 20748 29424 36671  
 441 550 1135 1956 11254 18699 30249 33099 34587 35243 39952  
 510 1016 1281 8621 13467 13780 15170 16289 20925 26426 34479  
 4969 5223 17117 21950 22144 24043 27151 39809  
 11452 13622 18918 19670 23995 32647 37200 37399  
 6351 6426 13185 13973 16699 22524 31070 31916  
 4098 10617 14854 18004 28580 36158 37500 38552

10

20

30

になっている。

【 0 0 1 9 】

本技術の第6のデータ処理装置/方法は、符号長Nが64800ビットであり、符号化率rが5/15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、6ビット単位で、変調方式で定める64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部とを備え、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64800ビットのLDPC符号のビットグループ0ないし179の並びを、ビットグループ

40

103, 116, 158, 0, 27, 73, 140, 30, 148, 36, 153, 154, 10, 174, 122, 178, 6, 10  
 6, 162, 59, 142, 112, 7, 74, 11, 51, 49, 72, 31, 65, 156, 95, 171, 105, 173, 168  
 , 1, 155, 125, 82, 86, 161, 57, 165, 54, 26, 121, 25, 157, 93, 22, 34, 33, 39, 1  
 9, 46, 150, 141, 12, 9, 79, 118, 24, 17, 85, 117, 67, 58, 129, 160, 89, 61, 146  
 , 77, 130, 102, 101, 137, 94, 69, 14, 133, 60, 149, 136, 16, 108, 41, 90, 28, 14  
 4, 13, 175, 114, 2, 18, 63, 68, 21, 109, 53, 123, 75, 81, 143, 169, 42, 119, 138  
 , 104, 4, 131, 145, 8, 5, 76, 15, 88, 177, 124, 45, 97, 64, 100, 37, 132, 38, 44  
 , 107, 35, 43, 80, 50, 91, 152, 78, 166, 55, 115, 170, 159, 147, 167, 87, 83, 29  
 , 96, 172, 48, 98, 62, 139, 70, 164, 84, 47, 151, 134, 126, 113, 179, 110, 111,  
 128, 32, 52, 66, 40, 135, 176, 99, 127, 163, 3, 120, 71, 56, 92, 23, 20

50

の並びにインターリーブし、前記検査行列は、所定値 $g$ と、前記LDPC符号の情報長 $K=N \times r$ とで表される $g$ 行 $K$ 列の、前記検査行列の左上の $A$ 行列と、 $g$ 行 $g$ 列の、前記 $A$ 行列の右に隣接する階段構造の $B$ 行列と、 $g$ 行 $N-K-g$ 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、 $N-K-g$ 行 $K+g$ 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、 $N-K-g$ 行 $N-K-g$ 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 $g$ 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、

221	1011	1218	4299	7143	8728	11072	15533	17356	33909	36833	
360	1210	1375	2313	3493	16822	21373	23588	23656	26267	34098	10
544	1347	1433	2457	9186	10945	13583	14858	19195	34606	37441	
37	596	715	4134	8091	12106	24307	24658	34108	40591	42883	
235	398	1204	2075	6742	11670	13512	23231	24784	27915	34752	
204	873	890	13550	16570	19774	34012	35249	37655	39885	42890	
221	371	514	11984	14972	15690	28827	29069	30531	31018	43121	
280	549	1435	1889	3310	10234	11575	15243	20748	30469	36005	
223	666	1248	13304	14433	14732	18943	21248	23127	38529	39272	
370	819	1065	9461	10319	25294	31958	33542	37458	39681	40039	
585	870	1028	5087	5216	12228	16216	16381	16937	27132	27893	
164	167	1210	7386	11151	20413	22713	23134	24188	36771	38992	20
298	511	809	4620	7347	8873	19602	24162	29198	34304	41145	
105	830	1212	2415	14759	15440	16361	16748	22123	32684	42575	
659	665	668	6458	22130	25972	30697	31074	32048	36078	37129	
91	808	953	8015	8988	13492	13987	15979	28355	34509	39698	
594	983	1265	3028	4029	9366	11069	11512	27066	40939	41639	
506	740	1321	1484	10747	16376	17384	20285	31502	38925	42606	
338	356	975	2022	3578	18689	18772	19826	22914	24733	27431	
709	1264	1366	4617	8893	25226	27800	29080	30277	37781	39644	
840	1179	1338	2973	3541	7043	12712	15005	17149	19910	36795	
1009	1267	1380	4919	12679	22889	29638	30987	34637	36232	37284	30
466	913	1247	1646	3049	5924	9014	20539	34546	35029	36540	
374	697	984	1654	5870	10883	11684	20294	28888	31612	34031	
117	240	635	5093	8673	11323	12456	14145	21397	39619	42559	
122	1265	1427	13528	14282	15241	16852	17227	34723	36836	39791	
595	1180	1310	6952	17916	24725	24971	27243	29555	32138	35987	
140	470	1017	13222	13253	18462	20806	21117	28673	31598	37235	
7	710	1072	8014	10804	13303	14292	16690	26676	36443	41966	
48	189	759	12438	14523	16388	23178	27315	28656	29111	29694	
285	387	410	4294	4467	5949	25386	27898	34880	41169	42614	
474	545	1320	10506	13186	18126	27110	31498	35353	36193	37322	40
1075	1130	1424	11390	13312	14161	16927	25071	25844	34287	38151	
161	396	427	5944	17281	22201	25218	30143	35566	38261	42513	
233	247	694	1446	3180	3507	9069	20764	21940	33422	39358	
271	508	1013	6271	21760	21858	24887	29808	31099	35475	39924	
8	674	1329	3135	5110	14460	28108	28388	31043	31137	31863	
1035	1222	1409	8287	16083	24450	24888	29356	30329	37834	39684	
391	1090	1128	1866	4095	10643	13121	14499	20056	22195	30593	
55	161	1402	6289	6837	8791	17937	21425	26602	30461	37241	
110	377	1228	6875	13253	17032	19008	23274	32285	33452	41630	
360	638	1355	5933	12593	13533	23377	23881	24586	26040	41663	50

535 1240 1333 3354 10860 16032 32573 34908 34957 39255 40759  
 526 936 1321 7992 10260 18527 28248 29356 32636 34666 35552  
 336 785 875 7530 13062 13075 18925 27963 28703 33688 36502  
 36 591 1062 1518 3821 7048 11197 17781 19408 22731 24783  
 214 1145 1223 1546 9475 11170 16061 21273 38688 40051 42479  
 1136 1226 1423 20227 22573 24951 26462 29586 34915 42441 43048  
 26 276 1425 6048 7224 7917 8747 27559 28515 35002 37649  
 127 294 437 4029 8585 9647 11904 24115 28514 36893 39722  
 748 1093 1403 9536 19305 20468 31049 38667 40502 40720 41949  
 96 638 743 9806 12101 17751 22732 24937 32007 32594 38504  
 649 904 1079 2770 3337 9158 20125 24619 32921 33698 35173  
 401 518 984 7372 12438 12582 18704 35874 39420 39503 39790  
 10 451 1077 8078 16320 17409 25807 28814 30613 41261 42955  
 405 592 1178 15936 18418 19585 21966 24219 30637 34536 37838  
 50 584 851 9720 11919 22544 22545 25851 35567 41587 41876  
 911 1113 1176 1806 10058 10809 14220 19044 20748 29424 36671  
 441 550 1135 1956 11254 18699 30249 33099 34587 35243 39952  
 510 1016 1281 8621 13467 13780 15170 16289 20925 26426 34479  
 4969 5223 17117 21950 22144 24043 27151 39809  
 11452 13622 18918 19670 23995 32647 37200 37399  
 6351 6426 13185 13973 16699 22524 31070 31916  
 4098 10617 14854 18004 28580 36158 37500 38552

10

20

である送信装置から送信されてくるデータから得られる、グループワイズインターリーブ後の前記LDPC符号の並びを元の並びに戻すグループワイズインターリーブ部/ステップを備えるデータ処理装置/方法である。

【 0 0 2 0 】

以上のような第6のデータ処理装置/方法においては、符号長Nが64800ビットであり、符号化率rが5/15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、6ビット単位で、変調方式で定める64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を備え、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64800ビットのLDPC符号のビットグループ0ないし179の並びを、ビットグループ

30

40

103, 116, 158, 0, 27, 73, 140, 30, 148, 36, 153, 154, 10, 174, 122, 178, 6, 10  
 6, 162, 59, 142, 112, 7, 74, 11, 51, 49, 72, 31, 65, 156, 95, 171, 105, 173, 168  
 , 1, 155, 125, 82, 86, 161, 57, 165, 54, 26, 121, 25, 157, 93, 22, 34, 33, 39, 1  
 9, 46, 150, 141, 12, 9, 79, 118, 24, 17, 85, 117, 67, 58, 129, 160, 89, 61, 146  
 , 77, 130, 102, 101, 137, 94, 69, 14, 133, 60, 149, 136, 16, 108, 41, 90, 28, 14  
 4, 13, 175, 114, 2, 18, 63, 68, 21, 109, 53, 123, 75, 81, 143, 169, 42, 119, 138  
 , 104, 4, 131, 145, 8, 5, 76, 15, 88, 177, 124, 45, 97, 64, 100, 37, 132, 38, 44  
 , 107, 35, 43, 80, 50, 91, 152, 78, 166, 55, 115, 170, 159, 147, 167, 87, 83, 29  
 , 96, 172, 48, 98, 62, 139, 70, 164, 84, 47, 151, 134, 126, 113, 179, 110, 111,  
 128, 32, 52, 66, 40, 135, 176, 99, 127, 163, 3, 120, 71, 56, 92, 23, 20

の並びにインターリーブし、前記検査行列は、所定値gと、前記LDPC符号の情報長 $K=N \times r$ とで表されるg行K列の、前記検査行列の左上のA行列と、g行g列の、前記A行列の右に隣接する階段構造のB行列と、g行 $N-K-g$ 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、 $N-K-g$ 行 $K+g$ 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、 $N-K-g$ 行 $N-K-g$ 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g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

50

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、

221 1011 1218 4299 7143 8728 11072 15533 17356 33909 36833  
 360 1210 1375 2313 3493 16822 21373 23588 23656 26267 34098  
 544 1347 1433 2457 9186 10945 13583 14858 19195 34606 37441  
 37 596 715 4134 8091 12106 24307 24658 34108 40591 42883  
 235 398 1204 2075 6742 11670 13512 23231 24784 27915 34752  
 204 873 890 13550 16570 19774 34012 35249 37655 39885 42890  
 221 371 514 11984 14972 15690 28827 29069 30531 31018 43121  
 280 549 1435 1889 3310 10234 11575 15243 20748 30469 36005  
 223 666 1248 13304 14433 14732 18943 21248 23127 38529 39272  
 370 819 1065 9461 10319 25294 31958 33542 37458 39681 40039  
 585 870 1028 5087 5216 12228 16216 16381 16937 27132 27893  
 164 167 1210 7386 11151 20413 22713 23134 24188 36771 38992  
 298 511 809 4620 7347 8873 19602 24162 29198 34304 41145  
 105 830 1212 2415 14759 15440 16361 16748 22123 32684 42575  
 659 665 668 6458 22130 25972 30697 31074 32048 36078 37129  
 91 808 953 8015 8988 13492 13987 15979 28355 34509 39698  
 594 983 1265 3028 4029 9366 11069 11512 27066 40939 41639  
 506 740 1321 1484 10747 16376 17384 20285 31502 38925 42606  
 338 356 975 2022 3578 18689 18772 19826 22914 24733 27431  
 709 1264 1366 4617 8893 25226 27800 29080 30277 37781 39644  
 840 1179 1338 2973 3541 7043 12712 15005 17149 19910 36795  
 1009 1267 1380 4919 12679 22889 29638 30987 34637 36232 37284  
 466 913 1247 1646 3049 5924 9014 20539 34546 35029 36540  
 374 697 984 1654 5870 10883 11684 20294 28888 31612 34031  
 117 240 635 5093 8673 11323 12456 14145 21397 39619 42559  
 122 1265 1427 13528 14282 15241 16852 17227 34723 36836 39791  
 595 1180 1310 6952 17916 24725 24971 27243 29555 32138 35987  
 140 470 1017 13222 13253 18462 20806 21117 28673 31598 37235  
 7 710 1072 8014 10804 13303 14292 16690 26676 36443 41966  
 48 189 759 12438 14523 16388 23178 27315 28656 29111 29694  
 285 387 410 4294 4467 5949 25386 27898 34880 41169 42614  
 474 545 1320 10506 13186 18126 27110 31498 35353 36193 37322  
 1075 1130 1424 11390 13312 14161 16927 25071 25844 34287 38151  
 161 396 427 5944 17281 22201 25218 30143 35566 38261 42513  
 233 247 694 1446 3180 3507 9069 20764 21940 33422 39358  
 271 508 1013 6271 21760 21858 24887 29808 31099 35475 39924  
 8 674 1329 3135 5110 14460 28108 28388 31043 31137 31863  
 1035 1222 1409 8287 16083 24450 24888 29356 30329 37834 39684  
 391 1090 1128 1866 4095 10643 13121 14499 20056 22195 30593  
 55 161 1402 6289 6837 8791 17937 21425 26602 30461 37241  
 110 377 1228 6875 13253 17032 19008 23274 32285 33452 41630  
 360 638 1355 5933 12593 13533 23377 23881 24586 26040 41663  
 535 1240 1333 3354 10860 16032 32573 34908 34957 39255 40759  
 526 936 1321 7992 10260 18527 28248 29356 32636 34666 35552  
 336 785 875 7530 13062 13075 18925 27963 28703 33688 36502  
 36 591 1062 1518 3821 7048 11197 17781 19408 22731 24783  
 214 1145 1223 1546 9475 11170 16061 21273 38688 40051 42479  
 1136 1226 1423 20227 22573 24951 26462 29586 34915 42441 43048

10

20

30

40

50



26 276 1425 6048 7224 7917 8747 27559 28515 35002 37649  
 127 294 437 4029 8585 9647 11904 24115 28514 36893 39722  
 748 1093 1403 9536 19305 20468 31049 38667 40502 40720 41949  
 96 638 743 9806 12101 17751 22732 24937 32007 32594 38504  
 649 904 1079 2770 3337 9158 20125 24619 32921 33698 35173  
 401 518 984 7372 12438 12582 18704 35874 39420 39503 39790  
 10 451 1077 8078 16320 17409 25807 28814 30613 41261 42955  
 405 592 1178 15936 18418 19585 21966 24219 30637 34536 37838  
 50 584 851 9720 11919 22544 22545 25851 35567 41587 41876  
 911 1113 1176 1806 10058 10809 14220 19044 20748 29424 36671  
 441 550 1135 1956 11254 18699 30249 33099 34587 35243 39952  
 510 1016 1281 8621 13467 13780 15170 16289 20925 26426 34479  
 4969 5223 17117 21950 22144 24043 27151 39809  
 11452 13622 18918 19670 23995 32647 37200 37399  
 6351 6426 13185 13973 16699 22524 31070 31916  
 4098 10617 14854 18004 28580 36158 37500 38552

10

である送信装置から送信されてくるデータから得られる、グループワイズインターリーブ後の前記LDPC符号の並びが元の並びに戻される。

【0021】

なお、データ処理装置は、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。

20

【発明の効果】

【0022】

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。

【0023】

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】

【0024】

30

【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】パリア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ブ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。

40

【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ブ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。

50

- 【図 1 8】 LDPCエンコーダ 1 1 5 の構成例を示すブロック図である。
- 【図 1 9】 LDPCエンコーダ 1 1 5 の処理の例を説明するフローチャートである。
- 【図 2 0】 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 2 1】 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 2 2】 検査行列の構造を示す図である。
- 【図 2 3】 検査行列初期値テーブルの例を示す図である。
- 【図 2 4】 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 2 5】 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 2 6】 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。
- 【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。 10
- 【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】 検査行列初期値テーブルの例を示す図である。
- 【図 3 1】 検査行列初期値テーブルの例を示す図である。
- 【図 3 2】 検査行列初期値テーブルの例を示す図である。
- 【図 3 3】 検査行列初期値テーブルの例を示す図である。
- 【図 3 4】 検査行列初期値テーブルの例を示す図である。
- 【図 3 5】 検査行列初期値テーブルの例を示す図である。 20
- 【図 3 6】 検査行列初期値テーブルの例を示す図である。
- 【図 3 7】 検査行列初期値テーブルの例を示す図である。
- 【図 3 8】 検査行列初期値テーブルの例を示す図である。
- 【図 3 9】 検査行列初期値テーブルの例を示す図である。
- 【図 4 0】 検査行列初期値テーブルの例を示す図である。
- 【図 4 1】 検査行列初期値テーブルの例を示す図である。
- 【図 4 2】 検査行列初期値テーブルの例を示す図である。
- 【図 4 3】 検査行列初期値テーブルの例を示す図である。
- 【図 4 4】 検査行列初期値テーブルの例を示す図である。
- 【図 4 5】 検査行列初期値テーブルの例を示す図である。 30
- 【図 4 6】 検査行列初期値テーブルの例を示す図である。
- 【図 4 7】 検査行列初期値テーブルの例を示す図である。
- 【図 4 8】 検査行列初期値テーブルの例を示す図である。
- 【図 4 9】 検査行列初期値テーブルの例を示す図である。
- 【図 5 0】 検査行列初期値テーブルの例を示す図である。
- 【図 5 1】 検査行列初期値テーブルの例を示す図である。
- 【図 5 2】 検査行列初期値テーブルの例を示す図である。
- 【図 5 3】 検査行列初期値テーブルの例を示す図である。
- 【図 5 4】 検査行列初期値テーブルの例を示す図である。
- 【図 5 5】 検査行列初期値テーブルの例を示す図である。 40
- 【図 5 6】 検査行列初期値テーブルの例を示す図である。
- 【図 5 7】 検査行列初期値テーブルの例を示す図である。
- 【図 5 8】 検査行列初期値テーブルの例を示す図である。
- 【図 5 9】 検査行列初期値テーブルの例を示す図である。
- 【図 6 0】 検査行列初期値テーブルの例を示す図である。
- 【図 6 1】 検査行列初期値テーブルの例を示す図である。
- 【図 6 2】 検査行列初期値テーブルの例を示す図である。
- 【図 6 3】 検査行列初期値テーブルの例を示す図である。
- 【図 6 4】 検査行列初期値テーブルの例を示す図である。
- 【図 6 5】 検査行列初期値テーブルの例を示す図である。 50

- 【図 6 6】 検査行列初期値テーブルの例を示す図である。
- 【図 6 7】 検査行列初期値テーブルの例を示す図である。
- 【図 6 8】 検査行列初期値テーブルの例を示す図である。
- 【図 6 9】 検査行列初期値テーブルの例を示す図である。
- 【図 7 0】 検査行列初期値テーブルの例を示す図である。
- 【図 7 1】 検査行列初期値テーブルの例を示す図である。
- 【図 7 2】 検査行列初期値テーブルの例を示す図である。
- 【図 7 3】 列重みが3で、行重みが6であるという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 7 4】 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。 10
- 【図 7 5】 検査行列を説明する図である。
- 【図 7 6】 検査行列を説明する図である。
- 【図 7 7】 検査行列を説明する図である。
- 【図 7 8】 検査行列を説明する図である。
- 【図 7 9】 検査行列を説明する図である。
- 【図 8 0】 検査行列を説明する図である。
- 【図 8 1】 検査行列を説明する図である。
- 【図 8 2】 検査行列を説明する図である。
- 【図 8 3】 変調方式が16QAMである場合のコンスタレーションの例を示す図である。
- 【図 8 4】 変調方式が64QAMである場合のコンスタレーションの例を示す図である。 20
- 【図 8 5】 変調方式が256QAMである場合のコンスタレーションの例を示す図である。
- 【図 8 6】 変調方式が1024QAMである場合のコンスタレーションの例を示す図である。
- 【図 8 7】 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 8 8】 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 8 9】 変調方式が64QAM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 9 0】 変調方式が256QAM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 9 1】 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。
- 【図 9 2】 シンボル $y$ と、そのシンボル $y$ に対応する1D NUCの信号点 $z_q$ の座標としての複素数のリアルパート $\text{Re}(z_q)$ 及びイマジナリパート $\text{Im}(z_q)$ それぞれとの関係を示す図である。
- 【図 9 3】 ブロックインターリーブ 2 5 の構成例を示すブロック図である。 30
- 【図 9 4】 符号長 $N$ と変調方式との組み合わせに対するパート1及び2のカラム数 $C$ 、並びに、パートカラム長 $R1$ 及び $R2$ の例を示す図である。
- 【図 9 5】 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 9 6】 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 9 7】 符号長 $N$ が64k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。
- 【図 9 8】 符号長 $N$ が64k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。 40
- 【図 9 9】 符号長 $N$ が64k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 1 0 0】 符号長 $N$ が64k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 1 0 1】 符号長 $N$ が64k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 1 0 2】 符号長 $N$ が64k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。
- 【図 1 0 3】 符号長 $N$ が64k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。 50

【図 1 0 4】符号長Nが64k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 1 0 5】符号長Nが64k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 1 0 6】符号長Nが64k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 1 0 7】符号長Nが64k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。

【図 1 0 8】符号長Nが64k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 1 0 9】符号長Nが64k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 1 1 0】符号長Nが64kビットのLDPC符号に対するGWパターンの第 1 4 の例を示す図である。

【図 1 1 1】符号長Nが64k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。

【図 1 1 2】エラーレートを計測するシミュレーションのシミュレーション結果を示す図である。

【図 1 1 3】エラーレートを計測するシミュレーションのシミュレーション結果を示す図である。

【図 1 1 4】エラーレートを計測するシミュレーションのシミュレーション結果を示す図である。

【図 1 1 5】エラーレートを計測するシミュレーションのシミュレーション結果を示す図である。

【図 1 1 6】エラーレートを計測するシミュレーションのシミュレーション結果を示す図である。

【図 1 1 7】エラーレートを計測するシミュレーションのシミュレーション結果を示す図である。

【図 1 1 8】エラーレートを計測するシミュレーションのシミュレーション結果を示す図である。

【図 1 1 9】エラーレートを計測するシミュレーションのシミュレーション結果を示す図である。

【図 1 2 0】エラーレートを計測するシミュレーションのシミュレーション結果を示す図である。

【図 1 2 1】エラーレートを計測するシミュレーションのシミュレーション結果を示す図である。

【図 1 2 2】エラーレートを計測するシミュレーションのシミュレーション結果を示す図である。

【図 1 2 3】エラーレートを計測するシミュレーションのシミュレーション結果を示す図である。

【図 1 2 4】エラーレートを計測するシミュレーションのシミュレーション結果を示す図である。

【図 1 2 5】エラーレートを計測するシミュレーションのシミュレーション結果を示す図である。

【図 1 2 6】エラーレートを計測するシミュレーションのシミュレーション結果を示す図である。

【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。

【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。

10

20

30

40

50

【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 の構成例を示すブロック図である。

【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。

10

【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】

【0 0 2 5】

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。

20

【0 0 2 6】

< LDPC符号 >

【0 0 2 7】

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 2 8】

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い行列（ほとんどの要素が0の行列）である。

【0 0 2 9】

図 1 は、LDPC符号の検査行列Hの例を示す図である。

30

【0 0 3 0】

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 3 1】

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 3 2】

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。

40

【0 0 3 3】

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、バリアブルノード(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、バリアブルノードとチ

50

チェックノードを、単に、ノードともいう。

【 0 0 3 4 】

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 3 5 】

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、バリエーションノードから出力されるメッセージを $v_i$ とする。

【 0 0 3 6 】

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 S 1 1 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 S 1 2 に進む。ステップ S 1 2 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（バリエーションノード演算）を行うことによってメッセージ（バリエーションノードメッセージ） $v_i$ 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 3 7 】

【数 1】

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

【 0 0 3 8 】

【数 2】

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

【 0 0 3 9 】

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 4 0 】

なお、式（1）のバリエーションノード演算、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）（バリエーション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 4 1 】

【数 3】

$$x = 2 \tanh^{-1} \{ \tanh(v_1/2) \tanh(v_2/2) \} = R(v_1, v_2) \quad \dots (3)$$

【 0 0 4 2 】

【数 4】

$$u_j = R(v_1, R(v_2, R(v_3, \dots R(v_{d_c-2}, v_{d_c-1})))) \quad 50$$

・・・(4)

【0043】

ステップS12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S13に進む。ステップS13では、変数kが所定の繰り返し復号回数Cよりも大きいか否かが判定される。ステップS13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S12に戻り、以下、同様の処理が繰り返される。

【0044】

また、ステップS13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S14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。

【0045】

【数5】

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

・・・(5)

【0046】

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。

【0047】

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。

【0048】

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。

【0049】

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。

【0050】

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。

【0051】

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。

【0052】

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。

【0053】

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。

【0054】

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。

【0055】

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。

【0056】

ここで、式(2)のチェックノード演算は、式 $a \times b = \exp\{\ln(|a|) + \ln(|b|)\} \times \text{sign}(a) \times$

10

20

30

40

50

sign(b)の関係を用いて、式(6)に書き直すことができる。但し、sign(x)は、x ≥ 0のとき1であり、x < 0のとき-1である。

【0057】

【数6】

$$\begin{aligned}
 u_j &= 2 \tanh^{-1} \left( \prod_{i=1}^{d_c-1} \tanh \left( \frac{v_i}{2} \right) \right) \\
 &= 2 \tanh^{-1} \left[ \exp \left\{ \sum_{i=1}^{d_c-1} \ln \left( \left| \tanh \left( \frac{v_i}{2} \right) \right| \right) \right\} \times \prod_{i=1}^{d_c-1} \text{sign} \left( \tanh \left( \frac{v_i}{2} \right) \right) \right] \\
 &= 2 \tanh^{-1} \left[ \exp \left\{ - \left( \sum_{i=1}^{d_c-1} - \ln \left( \tanh \left( \frac{|v_i|}{2} \right) \right) \right) \right\} \times \prod_{i=1}^{d_c-1} \text{sign}(v_i) \right] \\
 &\dots (6)
 \end{aligned}$$

【0058】

x ≥ 0において、関数 φ(x)を、式 φ(x) = ln(tanh(x/2))と定義すると、式 φ<sup>-1</sup>(x) = 2 tanh<sup>-1</sup>(e<sup>-x</sup>)が成り立つから、式(6)は、式(7)に変形することができる。

【0059】

【数7】

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

⋯ (7)

【0060】

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。

【0061】

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<sub>j</sub>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<sub>1</sub>, v<sub>2</sub>, v<sub>3</sub>, v<sub>4</sub>, v<sub>5</sub>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。

【0062】

なお、式(7)の関数 φ(x)は、式 φ(x) = ln((e<sup>x</sup>+1)/(e<sup>x</sup>-1))で表すことができ、x > 0において、φ(x) = φ<sup>-1</sup>(x)である。関数 φ(x)および φ<sup>-1</sup>(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。

【0063】

< 本技術を適用した伝送システムの構成例 >

【0064】

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。

【0065】

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。

【0066】

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。

【0067】

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。

【0068】

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。

【0069】

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。

10

【0070】

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。

【0071】

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、バースト誤りが発生することがある。

20

【0072】

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 $u_{0,i}$ )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。

【0073】

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。

30

【0074】

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。

40

【0075】

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。

【0076】

<送信装置11の構成例>

【0077】

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。

【0078】

50

送信装置 1 1 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) 1 1 1 に供給される。

【 0 0 7 9 】

モードアダプテーション / マルチプレクサ 1 1 1 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) 1 1 2 に供給する。

【 0 0 8 0 】

パダー 1 1 2 は、モードアダプテーション / マルチプレクサ 1 1 1 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) 1 1 3 に供給する。

10

【 0 0 8 1 】

BBスクランブラ 1 1 3 は、パダー 1 1 2 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) 1 1 4 に供給する。

【 0 0 8 2 】

BCHエンコーダ 1 1 4 は、BBスクランブラ 1 1 3 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) 1 1 5 に供給する。

【 0 0 8 3 】

LDPCエンコーダ 1 1 5 は、BCHエンコーダ 1 1 4 からのLDPC対象データについて、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。

20

【 0 0 8 4 】

すなわち、LDPCエンコーダ 1 1 5 は、LDPC対象データを、例えば、DVB-S.2や、DVB-T.2、DVB-C.2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符号や、ATSC3.0で採用予定の (検査行列に対応する) LDPC符号等に符号化するLDPC符号化を行い、その結果得られるLDPC符号を出力する。

【 0 0 8 5 】

ここで、DVB-T.2の規格に規定されているLDPC符号や、ATSC3.0で採用予定の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。

30

【 0 0 8 6 】

LDPCエンコーダ 1 1 5 が出力するLDPC符号は、ビットインターリーバ (Bit Interleaver) 1 1 6 に供給される。

【 0 0 8 7 】

ビットインターリーバ 1 1 6 は、LDPCエンコーダ 1 1 5 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) 1 1 7 に供給する。

40

【 0 0 8 8 】

マップ 1 1 7 は、ビットインターリーバ 1 1 6 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。

【 0 0 8 9 】

すなわち、マップ 1 1 7 は、ビットインターリーバ 1 1 6 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 (IQ コ

50

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。

【0090】

マップ117で行われる直交変調の変調方式で定める信号点の数が、 $2^m$ 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ブ116からのLDPC符号が、シンボル単位で、 $2^m$ 個の信号点のうちの、シンボルを表す信号点にマッピングされる。

【0091】

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-T.2の規格等に規定されている変調方式や、ATSC3.0で採用予定の変調方式、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。

10

【0092】

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、時間インターリーブ(Time Interleaver)118に供給される。

【0093】

時間インターリーブ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。

20

【0094】

SISO/MISOエンコーダ119は、時間インターリーブ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ブ(Frequency Interleaver)120に供給する。

【0095】

周波数インターリーブ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。

30

【0096】

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。

【0097】

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。

【0098】

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。

40

【0099】

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ブ124に供給する。

【0100】

周波数インターリーブ124は、周波数インターリーブ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

50

ノリソースアロケーション部 1 3 1 に供給する。

【 0 1 0 1 】

フレームビルダノリソースアロケーション部 1 3 1 は、周波数インターリーバ 1 2 0、及び、1 2 4 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) 1 3 2 に供給する。

【 0 1 0 2 】

OFDM生成部 1 3 2 は、フレームビルダノリソースアロケーション部 1 3 1 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 1 3 (図 7)を介して送信する。

10

【 0 1 0 3 】

なお、送信装置 1 1 は、例えば、時間インターリーバ 1 1 8、SISO/MISOエンコーダ 1 1 9、周波数インターリーバ 1 2 0、及び、周波数インターリーバ 1 2 4 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。

【 0 1 0 4 】

<ビットインターリーバ 1 1 6 の構成例>

【 0 1 0 5 】

図 9 は、図 8 のビットインターリーバ 1 1 6 の構成例を示すブロック図である。

【 0 1 0 6 】

ビットインターリーバ 1 1 6 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。

20

【 0 1 0 7 】

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 0 8 】

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。

30

【 0 1 0 9 】

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、後述するユニットサイズ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 1 0 】

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。

40

【 0 1 1 1 】

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 1 2 】

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、シンボルのピッ

50

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24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、例えば、1符号分のLDPC符号が、 $m$ ビットのシンボルにされる。

【0113】

< LDPC符号の検査行列 >

【0114】

図10は、図8のLDPCエンコーダ115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。

【0115】

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。

10

【0116】

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。

【0117】

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 $\times$ 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。

20

【0118】

図11は、図8のLDPCエンコーダ115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。

【0119】

LDPCエンコーダ115でLDPC符号化に用いられる検査行列 $H$ のパリティ行列 $H_T$ 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 $H$ のパリティ行列 $H_T$ と同様になっている。

【0120】

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11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。

30

【0121】

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。

【0122】

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、情報ビットの部分を、行ベクトル $A$ で表すとともに、パリティビットの部分を、行ベクトル $T$ で表すこととする。

40

【0123】

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。

【0124】

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

50

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。

【0125】

図12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。

【0126】

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。

【0127】

ここで、 $KX+K3+M-1+1$ は、符号長 $N$ に等しい。

【0128】

図13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。

【0129】

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。

【0130】

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。

【0131】

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。

【0132】

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。

【0133】

図12及び図13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。

【0134】

<パリティインターリーブ>

【0135】

図14ないし図16を参照して、図9のパリティインターリーブ23によるパリティインターリーブについて説明する。

【0136】

図14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。

【0137】

チェックノードは、図14に示すように、そのチェックノードに繋がっているパリアブルノード（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パリアブルノードに、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パリア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。

【0138】

ところで、図8のLDPCエンコーダ115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11に示したように、階段構造になっている。

10

20

30

40

50

## 【 0 1 3 9 】

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。

## 【 0 1 4 0 】

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 4 1 】

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つのバリアブルノードは、同一のチェックノードに繋がっている。

10

## 【 0 1 4 2 】

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つのバリア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つのバリアブルノード（パリティビットを用いてメッセージを求めるバリアブルノード）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ア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に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。

20

## 【 0 1 4 3 】

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ため、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う。

## 【 0 1 4 4 】

図 1 6 は、図 9 のパリティインターリーブ 2 3 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。

## 【 0 1 4 5 】

ここで、LDPCエンコーダ 1 1 5 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。

30

## 【 0 1 4 6 】

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、ユニットサイズという。

## 【 0 1 4 7 】

DVB-T.2等の規格に規定されているLDPC符号としては、図 1 2 及び図 1 3 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、ユニットサイズ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。

40

## 【 0 1 4 8 】

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、ユニットサイズ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、ユニットサイズ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）。

## 【 0 1 4 9 】

パリティインターリーブ 2 3 は、上述したように、情報長をKとし、また、0以上P未満

50

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。

【0150】

$K+qx+y+1$ 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。

【0151】

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パリアブルノード（に対応するパリティビット）が、ユニットサイズ $P$ 、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パリア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。

【0152】

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。

【0153】

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。

【0154】

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。

【0155】

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 $\times$  $360$ 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。

【0156】

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。

【0157】

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。

【0158】

図17は、図8のLDPCエンコーダ115、ビットインターリーバ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。

【0159】

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、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バ116に供給して、処理は、ステップS102に進む。

【0160】

ビットインターリーバ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。

【0161】

10

20

30

40

50



すなわち、ステップ S 1 0 2 では、ビットインターリーブ 1 1 6 ( 図 9 ) において、パリティインターリーブ 2 3 が、LDPCエンコーダ 1 1 5 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 2 4 に供給する。

【 0 1 6 2 】

グループワイズインターリーブ 2 4 は、パリティインターリーブ 2 3 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 2 5 に供給する。

【 0 1 6 3 】

ブロックインターリーブ 2 5 は、グループワイズインターリーブ 2 4 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 1 1 7 に供給する。

【 0 1 6 4 】

マップ 1 1 7 は、ステップ S 1 0 3 において、ブロックインターリーブ 2 5 からのシンボルを、マップ 1 1 7 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 1 1 8 に供給する。

【 0 1 6 5 】

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。

【 0 1 6 6 】

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ブ 2 3 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ブ 2 4 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ブ 2 3 とグループワイズインターリーブ 2 4 とは、一体的に構成することができる。

【 0 1 6 7 】

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。

【 0 1 6 8 】

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。

【 0 1 6 9 】

また、パリティインターリーブ 2 3 とグループワイズインターリーブ 2 4 に加えて、ブロックインターリーブ 2 5 も、一体的に構成することが可能である。

【 0 1 7 0 】

すなわち、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。

【 0 1 7 1 】

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。

【 0 1 7 2 】

< LDPCエンコーダ 1 1 5 の構成例 >

10

20

30

40

50

## 【 0 1 7 3 】

図 1 8 は、図 8 の LDPC エンコーダ 1 1 5 の構成例を示すブロック図である。

## 【 0 1 7 4 】

なお、図 8 の LDPC エンコーダ 1 2 2 も、同様に構成される。

## 【 0 1 7 5 】

図 1 2 及び図 1 3 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。

## 【 0 1 7 6 】

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 1 2 及び図 1 3)。

## 【 0 1 7 7 】

LDPCエンコーダ 1 1 5 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に従って行うことができる。

## 【 0 1 7 8 】

LDPCエンコーダ 1 1 5 は、符号化処理部 6 0 1 と記憶部 6 0 2 とから構成される。

## 【 0 1 7 9 】

符号化処理部 6 0 1 は、符号化率設定部 6 1 1、初期値テーブル読み出し部 6 1 2、検査行列生成部 6 1 3、情報ビット読み出し部 6 1 4、符号化パリティ演算部 6 1 5、及び制御部 6 1 6 から構成され、LDPCエンコーダ 1 1 5 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 1 1 6 (図 8) に供給する。

## 【 0 1 8 0 】

すなわち、符号化率設定部 6 1 1 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と符号化率とを設定する。

## 【 0 1 8 1 】

初期値テーブル読み出し部 6 1 2 は、符号化率設定部 6 1 1 が設定した符号長N及び符号化率に対応する、後述する検査行列初期値テーブルを、記憶部 6 0 2 から読み出す。

## 【 0 1 8 2 】

検査行列生成部 6 1 3 は、初期値テーブル読み出し部 6 1 2 が読み出した検査行列初期値テーブルに基づいて、符号化率設定部 6 1 1 が設定した符号長N及び符号化率に応じた情報長 $K(=符号長N-パリティ長M)$ に対応する情報行列 $H_A$ の1の要素を列方向に360列(ユニットサイズP)ごとの周期で配置して検査行列Hを生成し、記憶部 6 0 2 に格納する。

## 【 0 1 8 3 】

情報ビット読み出し部 6 1 4 は、LDPCエンコーダ 1 1 5 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)。

## 【 0 1 8 4 】

符号化パリティ演算部 6 1 5 は、検査行列生成部 6 1 3 が生成した検査行列Hを記憶部 6 0 2 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 6 1 4 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。

## 【 0 1 8 5 】

制御部 6 1 6 は、符号化処理部 6 0 1 を構成する各ブロックを制御する。

## 【 0 1 8 6 】

記憶部 6 0 2 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 1 2 及び図 1 3 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等が格納されている。また、記憶部 6 0 2 は、符号化処理部 6 0 1 の処理上必要なデータを一時記憶する。

10

20

30

40

50

## 【 0 1 8 7 】

図 1 9 は、図 1 8 の LDPC エンコーダ 1 1 5 の処理の例を説明するフローチャートである。

## 【 0 1 8 8 】

ステップ S 2 0 1 において、符号化率設定部 6 1 1 は、LDPC 符号化を行う符号長  $N$  及び符号化率  $r$  を決定（設定）する。

## 【 0 1 8 9 】

ステップ S 2 0 2 において、初期値テーブル読み出し部 6 1 2 は、符号化率設定部 6 1 1 により決定された符号長  $N$  及び符号化率  $r$  に対応する、予め定められた検査行列初期値テーブルを、記憶部 6 0 2 から読み出す。

10

## 【 0 1 9 0 】

ステップ S 2 0 3 において、検査行列生成部 6 1 3 は、初期値テーブル読み出し部 6 1 2 が記憶部 6 0 2 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 6 1 1 により決定された符号長  $N$  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 6 0 2 に供給して格納する。

## 【 0 1 9 1 】

ステップ S 2 0 4 において、情報ビット読み出し部 6 1 4 は、LDPC エンコーダ 1 1 5 に供給される LDPC 対象データから、符号化率設定部 6 1 1 により決定された符号長  $N$  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 6 1 3 が求めた検査行列  $H$  を、記憶部 6 0 2 から読み出し、符号化パリティ演算部 6 1 5 に供給する。

20

## 【 0 1 9 2 】

ステップ S 2 0 5 において、符号化パリティ演算部 6 1 5 は、情報ビット読み出し部 6 1 4 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。

## 【 0 1 9 3 】

$$Hc^T=0$$

・・・ ( 8 )

## 【 0 1 9 4 】

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。

30

## 【 0 1 9 5 】

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。

## 【 0 1 9 6 】

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、逐次的に求めることができる。

40

## 【 0 1 9 7 】

符号化パリティ演算部 6 1 5 は、情報ビット読み出し部 6 1 4 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。

## 【 0 1 9 8 】

その後、ステップ S 2 0 6 において、制御部 6 1 6 は、LDPC 符号化を終了するかどうかを判定する。ステップ S 2 0 6 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

50

S 2 0 1 (又は、ステップ S 2 0 4) に戻り、以下、ステップ S 2 0 1 (又は、ステップ S 2 0 4) ないし S 2 0 6 の処理が繰り返される。

【 0 1 9 9 】

また、ステップ S 2 0 6 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 1 1 5 は、処理を終了する。

【 0 2 0 0 】

以上のように、各符号長 $N$ 、及び、各符号化率 $r$ に対応する検査行列初期値テーブルが用意されており、LDPCエンコーダ 1 1 5 は、所定の符号長 $N$ の、所定の符号化率 $r$ のLDPC符号化を、その所定の符号長 $N$ 、及び、所定の符号化率 $r$ に対応する検査行列初期値テーブルから生成される検査行列 $H$ を用いて行う。

10

【 0 2 0 1 】

< 検査行列初期値テーブルの例 >

【 0 2 0 2 】

検査行列初期値テーブルは、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(ユニットサイズ $P$ )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 0 3 】

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(ユニットサイズ $P$ )ごとに表す。

20

【 0 2 0 4 】

また、検査行列 $H$ には、DVB-T.2等に規定されている、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と、CRC/ETRI社が提案する、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 0 5 】

以下、DVB-T.2等に規定されている、パリティ行列 $H_T$ 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、DVB方式ともいい、CRC/ETRI社が提案す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、ETRI方式ともいう。

【 0 2 0 6 】

図 2 0 は、DVB方式の検査行列初期値テーブルの例を示す図である。

30

【 0 2 0 7 】

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 $1/4$ の検査行列 $H$ に対する検査行列初期値テーブルを示している。

【 0 2 0 8 】

検査行列生成部 6 1 3 (図 1 8) は、DVB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 0 9 】

図 2 1 は、DVB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。

40

【 0 2 1 0 】

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 $2/3$ の検査行列 $H$ に対する検査行列初期値テーブルを示している。

【 0 2 1 1 】

DVB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(ユニットサイズ $P$ )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 $1+360 \times (i-1)$ 列目の列が持つ列重みの数だけ並んでいる。

50

## 【 0 2 1 2 】

ここで、DVB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 1 3 】

DVB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 1 4 】

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 1 5 】

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

・・・ ( 9 )

## 【 0 2 1 6 】

ここで、式 ( 9 ) の360は、図 1 6 で説明したユニットサイズPである。

## 【 0 2 1 7 】

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 1 8 】

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 1 9 】

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 2 0 】

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 × ( 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 2 1 】

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 2 2 】

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 2 3 】

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 2 4 】

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 2 5 】

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

・・・ ( 1 0 )

【 0 2 2 6 】

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

【 0 2 2 7 】

また、 $P$  は、上述したユニットサイズであり、本実施の形態では、例えば、DVB-S.2、DVB-T.2、及び、DVB-C.2の規格と同様に、360である。さらに、 $q$  は、パリティ長  $M$  を、ユニットサイズ  $P (=360)$  で除算することにより得られる値  $M/360$  である。

【 0 2 2 8 】

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 2 9 】

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 3 0 】

図 2 2 は、ETRI 方式の検査行列の構造を示す図である。

【 0 2 3 1 】

ETRI 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 3 2 】

A 行列は、所定値  $g$  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  $g$  行  $K$  列の、検査行列の左上の行列である。

【 0 2 3 3 】

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

【 0 2 3 4 】

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

【 0 2 3 5 】

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

【 0 2 3 6 】

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

【 0 2 3 7 】

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 ETRI 方式の検査行列では、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 3 8 】

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、ETRI 方式の検査行列のパリティ行列は、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 3 9 】

A 行列及び C 行列は、DVB 方式の検査行列の情報行列と同様に、360 列 ( ユニットサイズ  $P$  ) ごとの巡回構造になっており、ETRI 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 4 0 】

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 ETRI 方式の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 列ごとに表している、ということができる。

【 0 2 4 1 】

図 2 3 は、ETRI 方式の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

## 【 0 2 4 2 】

すなわち、図 2 3 は、符号長 $N$ が50ビットの、符号化率 $r$ が $1/2$ の検査行列に対する検査行列初期値テーブルの例を示している。

## 【 0 2 4 3 】

ETRI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、ユニットサイズ $P$ ごとに表すテーブルであり、その $i$ 行目には、検査行列の $1+P \times (i-1)$ 列目の1の要素の行番号（検査行列の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。

## 【 0 2 4 4 】

なお、ここでは、説明を簡単にするため、ユニットサイズ $P$ は、例えば、5であるとする。

## 【 0 2 4 5 】

また、ETRI方式の検査行列については、パラメータとして、 $g=M_1$ 、 $M_2$ 、 $Q_1$ 、及び、 $Q_2$ がある。

## 【 0 2 4 6 】

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

## 【 0 2 4 7 】

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

## 【 0 2 4 8 】

ここでは、情報長 $K$ は、 $N \times r=50 \times 1/2=25$ であり、パリティ長 $M$ は、 $N-K=50-25=25$ であるので、 $M_2$ は、 $M-M_1=25-15=10$ となる。

## 【 0 2 4 9 】

$Q_1$ 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。

## 【 0 2 5 0 】

すなわち、ETRI方式の検査行列の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 $1+360 \times (i-1)$ 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。

## 【 0 2 5 1 】

$Q_2$ 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。

## 【 0 2 5 2 】

すなわち、ETRI方式の検査行列の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 $1+360 \times (i-1)$ 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。

## 【 0 2 5 3 】

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。

## 【 0 2 5 4 】

図 2 3 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 2 3 の検査行列初期値テーブルから求められる検査行列の列重みは、1列目から、 $1+5 \times (2-1)-1$ 列目までは、3であり、 $1+5 \times (2-1)$ 列目から、5列目までは、1である。

## 【 0 2 5 5 】

すなわち、図 2 3 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

10

20

30

40

50

要素が 0 であること)を示している。

【 0 2 5 6 】

ここで、いまの場合、A行列は、15行25列 (g行K列) 行列であり、C行列は、10行40列 (N-K-g行K+g列) の行列であるから、検査行列の行番号0ないし14の行は、A行列の行であり、検査行列の行番号15ないし24の行は、C行列の行である。

【 0 2 5 7 】

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。

【 0 2 5 8 】

図 2 3 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、検査行列の6( $=1+5 \times (2-1)$ )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。

10

【 0 2 5 9 】

ここで、検査行列の6( $=1+5 \times (2-1)$ )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。

【 0 2 6 0 】

図 2 3 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、検査行列の11( $=1+5 \times (3-1)$ )列目において、行#22の要素が 1 であることを示している。

【 0 2 6 1 】

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

【 0 2 6 2 】

以下同様に、図 2 3 の検査行列初期値テーブルの4行目の19は、検査行列の16( $=1+5 \times (4-1)$ )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 2 3 の検査行列初期値テーブルの5行目の15は、検査行列の21( $=1+5 \times (5-1)$ )列目において、行#15の要素が 1 であることを示している。

20

【 0 2 6 3 】

以上のように、検査行列初期値テーブルは、検査行列のA行列及びC行列の 1 の要素の位置をユニットサイズP=5列ごとに表す。

【 0 2 6 4 】

検査行列の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 $Q_1$ 及び $Q_2$ 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。

30

【 0 2 6 5 】

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、 $Q_1 (=3)$ 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、 $2 \times Q_1 (=2 \times 3)$ 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、 $Q_1$ 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 6 6 】

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、 $Q_2 (=2)$ 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、 $2 \times Q_2 (=2 \times 2)$ 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、 $Q_2$ 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

【 0 2 6 7 】

図 2 4 は、図 2 3 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。

【 0 2 6 8 】

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、 $1 (=1+5 \times (1-1))$ 列目の行#2及び#6の要素が 1 になっている。

【 0 2 6 9 】

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、 $Q_1 = 3$ 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。

50



## 【 0 2 7 0 】

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 7 1 】

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、 $Q_1=3$  だけ下方向にサイクリックシフトしたのになっている。

## 【 0 2 7 2 】

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 7 3 】

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、ユニットサイズ  $P=5$  だけ離れるように、パリティインターリーブを行う。

10

## 【 0 2 7 4 】

図 2 5 は、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 7 5 】

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 7 6 】

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、検査行列の  $1(=1+5 \times (1-1))$  列目の行#18 の要素が 1 になっている。

20

## 【 0 2 7 7 】

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、 $Q_2=2$  だけ下方向にサイクリックシフトしたのになっている。

## 【 0 2 7 8 】

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 7 9 】

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、 $Q_2=2$  だけ下方向にサイクリックシフトしたのになっている。

30

## 【 0 2 8 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、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 8 1 】

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 に示す検査行列を生成する。

## 【 0 2 8 2 】

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。

40

## 【 0 2 8 3 】

検査行列生成部 6 1 3 は、図 2 6 の検査行列を生成した後、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、ユニットサイズ  $P=5$  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。

## 【 0 2 8 4 】

図 2 7 は、図 2 6 の検査行列について、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を示している。

## 【 0 2 8 5 】

LDPC エンコーダ 1 1 5 (の符号化パリティ演算部 6 1 5 (図 1 8)) は、例えば、図 2 7 の検査行列を用いて、LDPC 符号化 (LDPC 符号の生成) を行う。

50

## 【0286】

ここで、図27の検査行列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。

## 【0287】

図28は、図27の検査行列の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)を行った検査行列を示す図である。

## 【0288】

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

## 【0289】

図28の検査行列を用いて、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。

## 【0290】

図29は、図27の検査行列に、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。

## 【0291】

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行列の組み合わせで表される行列である。

## 【0292】

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、及びパ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。

## 【0293】

<新LDPC符号>

## 【0294】

ところで、現在、ATSC3.0と呼ばれる、地上波のデジタルテレビジョン放送の規格が策定中である。

## 【0295】

そこで、ATSC3.0その他のデータ伝送において用いることができる、新たなLDPC符号(以下、新LDPC符号ともいう)について説明する。

## 【0296】

新LDPC符号としては、例えば、ユニットサイズ $P$ が、DVB-T.2等と同様の360で、巡回構造の検査行列に対応する、DVB方式のLDPC符号や、ETRI方式のLDPC符号を採用することができる。

## 【0297】

LDPCエンコーダ115(図8、図18)は、以下のような、符号長 $N$ が16kビット又は64kビットで、符号化率 $r$ が $5/15$ 、 $6/15$ 、 $7/15$ 、 $8/15$ 、 $9/15$ 、 $10/15$ 、 $11/15$ 、 $12/15$ 、若しくは、 $13/15$ 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を用いて、新LDPC符号へのLDPC符号化を行うことができる。

## 【0298】

この場合、LDPCエンコーダ115(図8)の記憶部602には、新LDPC符号の検査行列初期値テーブルが記憶される。

## 【0299】

10

20

30

40

50

図30は、符号長 $N$ が16kビットで、符号化率 $r$ が $8/15$ の、本件出願人が提案する新LDPC符号（以下、(16k,8/15)のSony符号ともいう）の検査行列に対するDVB方式の検査行列初期値テーブルの例を示す図である。

【0300】

図31は、符号長 $N$ が16kビットで、符号化率 $r$ が $10/15$ の、本件出願人が提案する新LDPC符号（以下、(16k,10/15)のSony符号ともいう）の検査行列に対するDVB方式の検査行列初期値テーブルの例を示す図である。

【0301】

図32は、符号長 $N$ が16kビットで、符号化率 $r$ が $12/15$ の、本件出願人が提案する新LDPC符号（以下、(16k,12/15)のSony符号ともいう）の検査行列に対するDVB方式の検査行列初期値テーブルの例を示す図である。

【0302】

図33、図34、及び、図35は、符号長 $N$ が64kビットで、符号化率 $r$ が $7/15$ の、本件出願人が提案する新LDPC符号（以下、(64k,7/15)のSony符号ともいう）の検査行列に対するDVB方式の検査行列初期値テーブルの例を示す図である。

【0303】

なお、図34は、図33に続く図であり、図35は、図34に続く図である。

【0304】

図36、図37、及び、図38は、符号長 $N$ が64kビットで、符号化率 $r$ が $9/15$ の、本件出願人が提案する新LDPC符号（以下、(64k,9/15)のSony符号ともいう）の検査行列に対するDVB方式の検査行列初期値テーブルの例を示す図である。

【0305】

なお、図37は、図36に続く図であり、図38は、図37に続く図である。

【0306】

図39、図40、図41、及び、図42は、符号長 $N$ が64kビットで、符号化率 $r$ が $11/15$ の、本件出願人が提案する新LDPC符号（以下、(64k,11/15)のSony符号ともいう）の検査行列に対するDVB方式の検査行列初期値テーブルの例を示す図である。

【0307】

なお、図40は、図39に続く図であり、図41は、図40に続く図であり、図42は、図41に続く図である。

【0308】

図43、図44、図45、及び、図46は、符号長 $N$ が64kビットで、符号化率 $r$ が $13/15$ の、本件出願人が提案する新LDPC符号（以下、(64k,13/15)のSony符号ともいう）の検査行列に対するDVB方式の検査行列初期値テーブルの例を示す図である。

【0309】

なお、図44は、図43に続く図であり、図45は、図44に続く図であり、図46は、図45に続く図である。

【0310】

図47、及び、図48は、符号長 $N$ が64kビットで、符号化率 $r$ が $6/15$ の、Samsung社が提案する新LDPC符号（以下、(64k,6/15)のSamsung符号ともいう）の検査行列に対するDVB方式の検査行列初期値テーブルの例を示す図である。

【0311】

なお、図48は、図47に続く図である。

【0312】

図49、図50、及び、図51は、符号長 $N$ が64kビットで、符号化率 $r$ が $8/15$ の、Samsung社が提案する新LDPC符号（以下、(64k,8/15)のSamsung符号ともいう）の検査行列に対するDVB方式の検査行列初期値テーブルの例を示す図である。

【0313】

なお、図50は、図49に続く図であり、図51は、図50に続く図である。

【0314】

10

20

30

40

50

図 5 2、図 5 3、及び、図 5 4 は、符号長 $N$ が64kビットで、符号化率 $r$ が12/15の、Samsung社が提案する新LDPC符号（以下、(64k,12/15)のSamsung符号ともいう）の検査行列に対するDVB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 1 5 】

なお、図 5 3 は、図 5 2 に続く図であり、図 5 4 は、図 5 3 に続く図である。

【 0 3 1 6 】

図 5 5 は、符号長 $N$ が16kビットで、符号化率 $r$ が6/15の、LGE社が提案する新LDPC符号（以下、(16k,6/15)のLGE符号ともいう）の検査行列に対するDVB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 1 7 】

図 5 6 は、符号長 $N$ が16kビットで、符号化率 $r$ が7/15の、LGE社が提案する新LDPC符号（以下、(16k,7/15)のLGE符号ともいう）の検査行列に対するDVB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 1 8 】

図 5 7 は、符号長 $N$ が16kビットで、符号化率 $r$ が9/15の、LGE社が提案する新LDPC符号（以下、(16k,9/15)のLGE符号ともいう）の検査行列に対するDVB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 1 9 】

図 5 8 は、符号長 $N$ が16kビットで、符号化率 $r$ が11/15の、LGE社が提案する新LDPC符号（以下、(16k,11/15)のLGE符号ともいう）の検査行列に対するDVB方式の検査行列初期値

10

20

テーブルの例を示す図である。

【 0 3 2 0 】

図 5 9 は、符号長 $N$ が16kビットで、符号化率 $r$ が13/15の、LGE社が提案する新LDPC符号（以下、(16k,13/15)のLGE符号ともいう）の検査行列に対するDVB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 1 】

図 6 0、図 6 1、及び、図 6 2 は、符号長 $N$ が64kビットで、符号化率 $r$ が10/15の、LGE社が提案する新LDPC符号（以下、(64k,10/15)のLGE符号ともいう）の検査行列に対するDVB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 2 】

なお、図 6 1 は、図 6 0 に続く図であり、図 6 2 は、図 6 1 に続く図である。

【 0 3 2 3 】

図 6 3、図 6 4、及び、図 6 5 は、符号長 $N$ が64kビットで、符号化率 $r$ が9/15の、NERC社が提案する新LDPC符号（以下、(64k,9/15)のNERC符号ともいう）の検査行列に対するDVB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 】

なお、図 6 4 は、図 6 3 に続く図であり、図 6 5 は、図 6 4 に続く図である。

【 0 3 2 5 】

図 6 6 は、符号長 $N$ が16kビットで、符号化率 $r$ が5/15の、CRC/ETRI社が提案する新LDPC符号（以下、(16k,5/15)のETRI符号ともいう）の検査行列に対するETRI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 6 】

図 6 7、及び、図 6 8 は、符号長 $N$ が64kビットで、符号化率 $r$ が5/15の、CRC/ETRI社が提案する新LDPC符号（以下、(64k,5/15)のETRI符号ともいう）の検査行列に対するETRI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 7 】

なお、図 6 8 は、図 6 7 に続く図である。

【 0 3 2 8 】

図 6 9、及び、図 7 0 は、符号長 $N$ が64kビットで、符号化率 $r$ が6/15の、CRC/ETRI社が提案する新LDPC符号（以下、(64k,6/15)のETRI符号ともいう）の検査行列に対するETRI方

30

40

50

式の検査行列初期値テーブルの例を示す図である。

【0329】

なお、図70は、図69に続く図である。

【0330】

図71、及び、図72は、符号長 $N$ が64kビットで、符号化率 $r$ が7/15の、CRC/ETRI社が提案する新LDPC符号(以下、(64k,7/15)のETRI符号ともいう)の検査行列に対するETRI方式の検査行列初期値テーブルの例を示す図である。

【0331】

なお、図72は、図71に続く図である。

【0332】

新LDPC符号のうちの、特に、Sony符号は、性能の良いLDPC符号になっている。

【0333】

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。

【0334】

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。

【0335】

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。

【0336】

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。

【0337】

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、適切な検査行列 $H$ が満たすべき所定の条件として、サイクル4が存在しないことが要求される。

【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、LDP C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。

【0339】

図73及び図74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 $N$ 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。

【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

10

20

30

40

50

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プルを見つければ、そのアンサンプルに属するLDPC符号の中から見つけることができる。

【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プルに属する。

10

【0347】

図73は、そのようなアンサンプルのタナーグラフ(Tanner graph)を示している。

【0348】

図73のタナーグラフでは、図中丸印( )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( )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。

20

【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。

【0351】

さらに、図73のタナーグラフでは、1つのインターリーブが存在する。

【0352】

インターリーブは、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】

インターリーブでの、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シーケンスによって特徴付けられるアンサンプルは、 $(3N)!$ 個のLDPC符号の集合となる。

30

【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)のアンサンプルを用いた。

【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経路するインターリーブが、複数(multi edge)に分割され、これにより、アンサンプルの特徴付けが、より厳密に行われる。

40

【0356】

図74は、マルチエッジタイプのアンサンプルのタナーグラフの例を示している。

【0357】

図74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74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

50

ターリーバに繋がる枝が0本のバリアブルノードが $v_1$ 個だけ、第1インターリーバに繋がる枝が1本で、第2インターリーバに繋がる枝が2本のバリアブルノードが $v_2$ 個だけ、第1インターリーバに繋がる枝が0本で、第2インターリーバに繋がる枝が2本のバリアブルノードが $v_3$ 個だけ、それぞれ存在する。

【0359】

さらに、図74のタナーグラフでは、第1インターリーバに繋がる枝が2本で、第2インターリーバに繋がる枝が0本のチェックノードが $c_1$ 個だけ、第1インターリーバに繋がる枝が2本で、第2インターリーバに繋がる枝が2本のチェックノードが $c_2$ 個だけ、第1インターリーバに繋がる枝が0本で、第2インターリーバに繋がる枝が3本のチェックノードが $c_3$ 個だけ、それぞれ存在する。

10

【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。

【0361】

Sony符号(の検査行列初期値テーブル)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。

20

【0362】

Sony符号の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。

【0363】

したがって、かかる検査行列初期値テーブルから得られるSony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75は、(16k,8/15)、(16k,10/15)、及び、(16k,12/15)のSony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(以下、「(16k,8/15)、(16k,10/15)、及び、(16k,12/15)のSony符号の検査行列H」のようにも記載する)を説明する図である。

30

【0365】

(16k,8/15)、(16k,10/15)、及び、(16k,12/15)のSony符号の検査行列Hの最小サイクル長は、いずれもサイクル4を超える値になっておりしたがって、サイクル4(ループ長が4の、1の要素のループ)は、存在しない。ここで、最小サイクル長(girth)とは、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)の最小値を意味する。

【0366】

また、(16k,8/15)のSony符号の性能閾値は、0.805765に、(16k,10/15)のSony符号の性能閾値は、2.471011に、(16k,12/15)のSony符号の性能閾値は、4.269922に、それぞれなっている。

40

【0367】

(16k,8/15)、(16k,10/15)、及び、(16k,12/15)のSony符号の検査行列Hの1列目からのKX1列については、列重みがX1に、その後のKX2列については、列重みがX2に、その後のKY1列については、列重みがY1に、その後のKY2列については、列重みがY2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。

【0368】

ここで、 $KX_1+KX_2+KY_1+KY_2+M-1+1$ は、(16k,8/15)、(16k,10/15)、及び、(16k,12/15)のS

50

ony符号の符号長 $N=16200$ ビットに等しい。

【0369】

(16k,8/15)、(16k,10/15)、及び、(16k,12/15)のSony符号の検査行列Hの列数 $KX1$ 、 $KX2$ 、 $KY1$ 、 $KY2$ 、及びM、並びに、列重み $X1$ 、 $X2$ 、 $Y1$ 、及び、 $Y2$ は、図75に示す通りになっている。

【0370】

(16k,8/15)、(16k,10/15)、及び、(16k,12/15)のSony符号の検査行列Hについては、図12及び図13で説明した検査行列と同様に、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、Sony符号の先頭の符号ビットほど、エラーに強い(エラーに対する耐性がある)傾向がある。

【0371】

本件出願人が行ったシミュレーションによれば、(16k,8/15)、(16k,10/15)、及び、(16k,12/15)のSony符号について、良好なBER/FERが得られており、したがって、(16k,8/15)、(16k,10/15)、及び、(16k,12/15)のSony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。

【0372】

図76は、(64k,7/15)、(64k,9/15)、(64k,11/15)、及び、(64k,13/15)のSony符号の検査行列Hを説明する図である。

【0373】

(64k,7/15)、(64k,9/15)、(64k,11/15)、及び、(64k,13/15)のSony符号の検査行列Hの最小サイクル長は、いずれもサイクル4を超える値になっておりしたがって、サイクル4は、存在しない。

【0374】

また、(64k,7/15)のSony符号の性能閾値は、-0.093751に、(64k,9/15)のSony符号の性能閾値は、1.658523に、(64k,11/15)のSony符号の性能閾値は、3.351930に、(64k,13/15)のSony符号の性能閾値は、5.301749に、それぞれなっている。

【0375】

(64k,7/15)、(64k,9/15)、(64k,11/15)、及び、(64k,13/15)のSony符号の検査行列Hの1列目からの $KX1$ 列については、列重みが $X1$ に、その後の $KX2$ 列については、列重みが $X2$ に、その後の $KY1$ 列については、列重みが $Y1$ に、その後の $KY2$ 列については、列重みが $Y2$ 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。

【0376】

ここで、 $KX1+KX2+KY1+KY2+M-1+1$ は、(64k,7/15)、(64k,9/15)、(64k,11/15)、及び、(64k,13/15)のSony符号の符号長 $N=64800$ ビットに等しい。

【0377】

(64k,7/15)、(64k,9/15)、(64k,11/15)、及び、(64k,13/15)のSony符号の検査行列Hの列数 $KX1$ 、 $KX2$ 、 $KY1$ 、 $KY2$ 、及びM、並びに、列重み $X1$ 、 $X2$ 、 $Y1$ 、及び、 $Y2$ は、図76に示す通りになっている。

【0378】

(64k,7/15)、(64k,9/15)、(64k,11/15)、及び、(64k,13/15)のSony符号の検査行列Hについては、図12及び図13で説明した検査行列と同様に、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、Sony符号の先頭の符号ビットほど、エラーに強い傾向がある。

【0379】

本件出願人が行ったシミュレーションによれば、(64k,7/15)、(64k,9/15)、(64k,11/15)、及び、(64k,13/15)のSony符号について、良好なBER/FERが得られており、したがって、(64k,7/15)、(64k,9/15)、(64k,11/15)、及び、(64k,13/15)のSony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。

【0380】

10

20

30

40

50



図 7 7 は、(64k,6/15) , (64k,8/15)、及び、(64k,12/15) のSamsung符号の検査行列Hを説明する図である。

【 0 3 8 1 】

(64k,6/15) , (64k,8/15)、及び、(64k,12/15) のSamsung符号の検査行列Hの 1 列目からのKX1列については、列重みがX1に、その後のKX2列については、列重みがX2に、その後のKY1列については、列重みがY1に、その後のKY2列については、列重みがY2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 3 8 2 】

ここで、 $KX1+KX2+KY1+KY2+M-1+1$ は、(64k,6/15) , (64k,8/15)、及び、(64k,12/15) のSamsung符号の符号長 $N=64800$ ビットに等しい。 10

【 0 3 8 3 】

(64k,6/15) , (64k,8/15)、及び、(64k,12/15) のSamsung符号の検査行列Hの列数KX1 , KX2 , KY1 , KY2、及びM、並びに、列重みX1 , X2 , Y1、及び、Y2は、図 7 7 に示す通りになっている。

【 0 3 8 4 】

図 7 8 は、(16k,6/15) , (16k,7/15) , (16k,9/15) , (16k,11/15)、及び、(16k,13/15) のLGE符号の検査行列Hを説明する図である。

【 0 3 8 5 】

(16k,6/15) , (16k,7/15) , (16k,9/15) , (16k,11/15)、及び、(16k,13/15) のLGE符号の検査行列Hの 1 列目からのKX1列については、列重みがX1に、その後のKX2列については、列重みがX2に、その後のKY1列については、列重みがY1に、その後のKY2列については、列重みがY2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。 20

【 0 3 8 6 】

ここで、 $KX1+KX2+KY1+KY2+M-1+1$ は、(16k,6/15) , (16k,7/15) , (16k,9/15) , (16k,11/15)、及び、(16k,13/15) のLGE符号の符号長 $N=16200$ ビットに等しい。

【 0 3 8 7 】

(16k,6/15) , (16k,7/15) , (16k,9/15) , (16k,11/15)、及び、(16k,13/15) のLGE符号の検査行列Hの列数KX1 , KX2 , KY1 , KY2、及びM、並びに、列重みX1 , X2 , Y1、及び、Y2は、図 7 8 に示す通りになっている。 30

【 0 3 8 8 】

図 7 9 は、(64k,10/15) のLGE符号の検査行列Hを説明する図である。

【 0 3 8 9 】

(64k,10/15) のLGE符号の検査行列Hの 1 列目からのKX1列については、列重みがX1に、その後のKX2列については、列重みがX2に、その後のKY1列については、列重みがY1に、その後のKY2列については、列重みがY2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 3 9 0 】

ここで、 $KX1+KX2+KY1+KY2+M-1+1$ は、(64k,10/15) のLGE符号の符号長 $N=64800$ ビットに等しい。 40

【 0 3 9 1 】

(64k,10/15) のLGE符号の検査行列Hの列数KX1 , KX2 , KY1 , KY2、及びM、並びに、列重みX1 , X2 , Y1、及び、Y2は、図 7 9 に示す通りになっている。

【 0 3 9 2 】

図 8 0 は、(64k,9/15) のNERC符号の検査行列Hを説明する図である。

【 0 3 9 3 】

(64k,9/15) のNERC符号の検査行列Hの 1 列目からのKX1列については、列重みがX1に、その後のKX2列については、列重みがX2に、その後のKY1列については、列重みがY1に、その後のKY2列については、列重みがY2に、その後のM-1列については、列重みが 2 に、最後の 50

1列については、列重みが1に、それぞれなっている。

【0394】

ここで、 $KX1+KX2+KY1+KY2+M-1+1$ は、(64k,9/15)のNERC符号の符号長 $N=64800$ ビットに等しい。

【0395】

(64k,9/15)のNERC符号の検査行列 $H$ の列数 $KX1$ 、 $KX2$ 、 $KY1$ 、 $KY2$ 、及び $M$ 、並びに、列重み $X1$ 、 $X2$ 、 $Y1$ 、及び、 $Y2$ は、図80に示す通りになっている。

【0396】

図81は、(16k,5/15)のETRI符号の検査行列 $H$ を説明する図である。

【0397】

(16k,5/15)のETRI符号の検査行列 $H$ については、パラメータ $g=M_1$ が720になっている。

【0398】

また、(16k,5/15)のETRI符号については、符号長 $N$ が16200で、符号化率 $r$ が5/15であるから、情報長 $K=N \times r$ は、 $16200 \times 5/15=5400$ であり、パリティ長 $M=N-K$ は、 $16200-5400=10800$ である。

【0399】

さらに、パラメータ $M_2=M-M_1=N-K-g$ は、 $10800-720=10080$ となる。

【0400】

したがって、パラメータ $Q_1=M_1/P$ は、 $720/360=2$ となり、パラメータ $Q_2=M_2/P$ は、 $10080/360=28$ となる。

【0401】

図82は、(64k,5/15)、(64k,6/15)、及び、(64k,7/15)のETRI符号の検査行列 $H$ を説明する図である。

【0402】

(64k,5/15)、(64k,6/15)、及び、(64k,7/15)のETRI符号の検査行列 $H$ についてのパラメータ $g=M_1$ 、 $M_2$ 、 $Q_1$ 、及び、 $Q_2$ は、図82に示す通りになっている。

【0403】

<コンスタレーション>

【0404】

図83ないし図92は、図7の伝送システムで採用するコンスタレーションの種類のを示す図である。

【0405】

図7の伝送システムでは、例えば、ATSC3.0で採用予定のコンスタレーションを採用することができる。

【0406】

ATSC3.0では、変調方式とLDPC符号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が設定される。

【0407】

ここで、ATSC3.0では、QPSK、16QAM、64QAM、256QAM、及び、1024QAM(1kQAM)の5種類の変調方式が採用予定である。

【0408】

また、ATSC3.0では、16kビットと64kビットとの2種類の符号長 $N$ それぞれについて、5/15、6/15、7/15、8/15、9/15、10/15、11/15、12/15、及び、13/15の9種類の符号化率 $r$ のLDPC符号、すなわち、 $9 \times 2=18$ 種類のLDPC符号の採用が予定されている。

【0409】

ATSC3.0では、18種類のLDPC符号を、符号化率 $r$ によって、(符号長 $N$ によらない)9種類に分類し、その9種類のLDPC符号(符号化率 $r$ が、5/15、6/15、7/15、8/15、9/15、10/15、11/15、12/15、及び、13/15のLDPC符号それぞれ)と、5種類の変調方式との45(=9×5)種類の組み合わせを、MODCODとして採用することが予定されている。

【0410】

10

20

30

40

50

また、ATSC3.0では、1のMODCODに対して、1以上のコンスタレーションの採用が予定されている。

【0411】

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。

【0412】

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 QAM non-uniform constellation)と呼ばれるコンスタレーション等がある。

【0413】

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。

【0414】

QPSKのコンスタレーションとしては、UCが採用される。また、16QAM、64QAM、及び、256QAMのコンスタレーションとしては、例えば、2D NUCが採用され、1024QAMのコンスタレーションとしては、例えば、1D NUC、及び、2D NUCが採用される。

【0415】

以下、変調方式が、 $m$ ビットのシンボルを、 $2^m$ 個の信号点のうちのいずれかにマッピングする変調方式であり、LDPC符号の符号化率が $r$ のMODCODで使用するNUCのコンスタレーションを、 $NUC\_2^m\_r$ とも記載する(ここでは、 $m=2,4,6,8,10$ )。

【0416】

例えば、" $NUC\_16\_6/15$ "は、変調方式が16QAMであり、LDPC符号の符号化率 $r$ が $6/15$ のMODCODで使用するNUCのコンスタレーションを表す。

【0417】

ATSC3.0では、変調方式がQPSKである場合には、LDPC符号の9種類の符号化率 $r$ について、同一のコンスタレーションの使用が予定されている。

【0418】

また、ATSC3.0では、変調方式が、16QAM、64QAM、又は、256QAMである場合には、LDPC符号の9種類の符号化率 $r$ それぞれごとに異なる2D NUCのコンスタレーションの使用が予定されている。

【0419】

さらに、ATSC3.0では、変調方式が、1024QAMである場合には、LDPC符号の9種類の符号化率 $r$ それぞれごとに異なる1D NUCと2D NUCのコンスタレーションの使用が予定されている。

【0420】

したがって、ATSC3.0では、QPSKについては、1種類のコンスタレーションを用意し、16QAM、64QAM、及び、256QAMについては、それぞれ、9種類の2D NUCのコンスタレーションを用意し、1024QAMについては、9種類の1D NUCのコンスタレーションと9種類の2D NUCのコンスタレーションとの合計で、18種類のコンスタレーションを用意することが予定されている。

【0421】

図83は、変調方式が16QAMである場合のLDPC符号の9種類の符号化率 $r(=5/15, 6/15, 7/15, 8/15, 9/15, 10/15, 11/15, 12/15, 13/15)$ それぞれに対するコンスタレーションの例を示す図である。

【0422】

図84は、変調方式が64QAMである場合のLDPC符号の9種類の符号化率 $r(=5/15, 6/15, 7/15, 8/15, 9/15, 10/15, 11/15, 12/15, 13/15)$ それぞれに対するコンスタレーションの例を示す図である。

【0423】

図85は、変調方式が256QAMである場合のLDPC符号の8種類の符号化率 $r(=6/15, 7/15,$

10

20

30

40

50

8/15, 9/15, 10/15, 11/15, 12,15、及び、13/15)それぞれに対するコンスタレーションの例を示す図である。

【0424】

図86は、変調方式が1024QAMである場合のLDPC符号の8種類の符号化率 $r(=6/15, 7/15, 8/15, 9/15, 10/15, 11/15, 12,15、$ 及び、 $13/15)$ それぞれに対する1D NUCのコンスタレーションの例を示す図である。

【0425】

図83ないし図86において、横軸及び縦軸は、それぞれ、I軸及びQ軸であり、 $\text{Re}\{x_i\}$ 及び $\text{Im}\{x_i\}$ は、それぞれ、信号点 $x_i$ の座標としての、信号点 $x_i$ の実数部分及び虚数部分を表す。

10

【0426】

また、図83ないし図86において、"for CR"の後に記載されている数値は、LDPC符号の符号化率 $r$ を表す。

【0427】

図87は、変調方式がQPSKである場合に、LDPC符号の9種類の符号化率 $r(=5/15, 6/15, 7/15, 8/15, 9/15, 10/15, 11/15, 12,15、$ 及び、 $13/15)$ について共通に使用されるUCの信号点の座標の例を示す図である。

【0428】

図87において、"Input cell word  $y$ "は、QPSKのUCにマッピングする2ビットのシンボルを表し、"Constellation point  $z_q$ "は、信号点 $z_q$ の座標を表す。なお、信号点 $z_q$ のインデクス $q$ は、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。

20

【0429】

図87では、信号点 $z_q$ の座標は、複素数の形で表されており、 $i$ は、虚数単位( $-1$ )を表す。

【0430】

図88は、変調方式が16QAMである場合に、LDPC符号の9種類の符号化率 $r(=5/15, 6/15, 7/15, 8/15, 9/15, 10/15, 11/15, 12,15、$ 及び、 $13/15)$ について使用される2D NUCの信号点の座標の例を示す図である。

【0431】

図89は、変調方式が64QAMである場合に、LDPC符号の9種類の符号化率 $r(=5/15, 6/15, 7/15, 8/15, 9/15, 10/15, 11/15, 12,15、$ 及び、 $13/15)$ について使用される2D NUCの信号点の座標の例を示す図である。

30

【0432】

図90は、変調方式が256QAMである場合に、LDPC符号の8種類の符号化率 $r(=6/15, 7/15, 8/15, 9/15, 10/15, 11/15, 12,15、$ 及び、 $13/15)$ について使用される2D NUCの信号点の座標の例を示す図である。

【0433】

図88ないし図90において、 $\text{NUC}_{2^m_r}$ は、変調方式が $2^m$ QAMで、LDPC符号の符号化率が $r$ である場合に使用される2D NUCの信号点の座標を表す。

40

【0434】

図88ないし図90では、図87と同様に、信号点 $z_q$ の座標は、複素数の形で表されており、 $i$ は、虚数単位を表す。

【0435】

図88ないし図90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。

【0436】

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

50

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。

【0437】

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。

【0438】

$m$ ビットのシンボルは、例えば、0ないし $2^m-1$ の整数値で表現されるが、いま、 $b=2^m/4$ 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。

10

【0439】

図88ないし図90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。

【0440】

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。

【0441】

20

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

【0442】

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。

【0443】

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。

【0444】

30

いま、LDPC符号の符号化率 $r$ が、例えば、 $9/15$ であるとする、図88によれば、変調方式が16QAMで、符号化率 $r$ が、 $9/15$ である場合(NUC\_16\_9/15)の $w_0$ は、 $0.4967+1.1932i$ 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、 $-(0.4967+1.1932i)$ となる。

【0445】

図91は、変調方式が1024QAMである場合に、LDPC符号の8種類の符号化率 $r(=6/15, 7/15, 8/15, 9/15, 10/15, 11/15, 12/15, \text{及び}, 13/15)$ について使用される1D NUCの信号点の座標の例を示す図である。

【0446】

図91において、NUC\_1k\_rの列は、変調方式が1024QAMで、LDPC符号の符号化率が $r$ である場合に使用される1D NUCの信号点の座標を表す $u\#k$ がとる値を表す。

40

【0447】

$u\#k$ は、1D NUCの信号点 $z_q$ の座標としての複素数のリアルパート $\text{Re}(z_q)$ 及びイマジナリパート $\text{Im}(z_q)$ を表す。

【0448】

図92は、シンボル $y$ と、そのシンボル $y$ に対応する1D NUCの信号点 $z_q$ の座標を表す複素数のリアルパート $\text{Re}(z_q)$ 及びイマジナリパート $\text{Im}(z_q)$ それぞれとしての $u\#k$ との関係を示す図である。

【0449】

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、 $y_0, y_1, y_2, y_3, y_4, y_5, y_6, y_7, y_8, y_9$ と表すこととする。

50

## 【 0 4 5 0 】

図 9 2 の A は、シンボル $y$ の奇数番目の5ビット $y_{0,q}, y_{2,q}, y_{4,q}, y_{6,q}, y_{8,q}$ と、そのシンボル $y$ に対応する信号点 $z_q$ の(座標の)リアルパート $\text{Re}(z_q)$ を表す $u\#k$ との対応関係を表している。

## 【 0 4 5 1 】

図 9 2 の B は、シンボル $y$ の偶数番目の5ビット $y_{1,q}, y_{3,q}, y_{5,q}, y_{7,q}, y_{9,q}$ と、そのシンボル $y$ に対応する信号点 $z_q$ の(座標の)イマジナリパート $\text{Im}(z_q)$ を表す $u\#k$ との対応関係を表している。

## 【 0 4 5 2 】

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

## 【 0 4 5 3 】

図 9 2 の A では、奇数番目の5ビット(0,1,0,1,0)は、 $u3$ 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 $z_q$ のリアルパート $\text{Re}(z_q)$ は、 $u3$ になる。

## 【 0 4 5 4 】

また、図 9 2 の B では、偶数番目の5ビット(0,0,1,1,0)は、 $u11$ 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 $z_q$ のイマジナリパート $\text{Im}(z_q)$ は、 $u11$ になる。

## 【 0 4 5 5 】

一方、LDPC符号の符号化率 $r$ が、例えば、 $7/15$ であるとすると、上述の図 9 1 によれば、変調方式が1024QAMで、LDPC符号の符号化率 $r=7/15$ である場合に使用される1D NUC(NUC\_1k\_7/15)については、 $u3$ は、1.04であり、 $u11$ は、6.28である。

## 【 0 4 5 6 】

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 $z_q$ のリアルパート $\text{Re}(z_q)$ は、 $u3=1.04$ になり、 $\text{Im}(z_q)$ は、 $u11=6.28$ 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 $z_q$ の座標は、 $1.04+6.28i$ で表される。

## 【 0 4 5 7 】

なお、1D NUCの信号点は、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される。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 $z_q$ に乗算することによって行われる。

## 【 0 4 5 8 】

図 8 3 ないし図 9 2 で説明したコンスタレーションによれば、良好なエラーレートが得られることが確認されている。

## 【 0 4 5 9 】

< ブロックインターリーブ 2 5 >

## 【 0 4 6 0 】

図 9 3 は、図 9 のブロックインターリーブ 2 5 の構成例を示すブロック図である。

## 【 0 4 6 1 】

ブロックインターリーブ 2 5 は、パート1(part 1)と呼ばれる記憶領域と、パート2(part 2)と呼ばれる記憶領域とを有する。

## 【 0 4 6 2 】

パート1及び2は、いずれも、ロウ(横)方向に、1ビットを記憶し、カラム(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(column)が、ロウ方向に、シンボルのビット数 $m$ に等しい数 $C$ だけ並んで構成される。

10

20

30

40

50

## 【0463】

パート1のカラムがカラム方向に記憶するビット数（以下、パートカラム長ともいう）を、 $R1$ と表すとともに、パート2のカラムのパートカラム長を、 $R2$ と表すこととすると、 $(R1+R2) \times C$ は、ブロックインターリーブの対象のLDPC符号の符号長 $N$ （本実施の形態では、64800ビット、又は、16200ビット）に等しい。

## 【0464】

また、パートカラム長 $R1$ は、ユニットサイズ $P$ である360ビットの倍数に等しく、パートカラム長 $R2$ は、パート1のパートカラム長 $R1$ とパート2のパートカラム長 $R2$ との和（以下、カラム長ともいう） $R1+R2$ を、ユニットサイズ $P$ である360ビットで除算したときの剰余に等しい。

10

## 【0465】

ここで、カラム長 $R1+R2$ は、ブロックインターリーブの対象のLDPC符号の符号長 $N$ を、シンボルのビット数 $m$ で除算した値に等しい。

## 【0466】

例えば、符号長 $N$ が16200ビットのLDPC符号について、変調方式として、16QAMを採用する場合には、シンボルのビット数 $m$ は、4ビットであるから、カラム長 $R1+R2$ は、 $4050(=16200/4)$ ビットになる。

## 【0467】

さらに、カラム長 $R1+R2=4050$ を、ユニットサイズ $P$ である360ビットで除算したときの剰余は、90であるから、パート2のパートカラム長 $R2$ は、90ビットとなる。

20

## 【0468】

そして、パート1のパートカラム長 $R1$ は、 $R1+R2-R2=4050-90=3960$ ビットとなる。

## 【0469】

図94は、符号長 $N$ と変調方式との組み合わせに対するパート1及び2のカラム数 $C$ 、並びに、パートカラム長（行数） $R1$ 及び $R2$ を示す図である。

## 【0470】

図94には、符号長 $N$ が16200ビット及び64800ビットのLDPC符号のそれぞれと、変調方式が、QPSK, 16QAM, 64QAM, 256QAM、及び、1024QAMである場合のそれぞれとの組み合わせに対するパート1及び2のカラム数 $C$ 、並びに、パートカラム長 $R1$ 及び $R2$ が示されている。

30

## 【0471】

図95は、図93のブロックインターリーブ25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。

## 【0472】

ブロックインターリーブ25は、パート1及び2に対して、LDPC符号を書き込んで読み出すことにより、ブロックインターリーブを行う。

## 【0473】

すなわち、ブロックインターリーブでは、図95のAに示すように、1符号語のLDPC符号の符号ビットを、パート1のカラムの上から下方向（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。

40

## 【0474】

そして、符号ビットの書き込みが、パート1のカラムの最も右のカラム（ $C$ 番目のカラム）の一番下まで終了すると、残りの符号ビットをパート2のカラムの上から下方向（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。

## 【0475】

その後、符号ビットの書き込みが、パート2のカラムの最も右のカラム（ $C$ 番目のカラム）の一番下まで終了すると、図95のBに示すように、パート1の $C$ 個すべてのカラムの1行目から、ロウ方向に、 $C=m$ ビット単位で、符号ビットが読み出される。

## 【0476】

そして、パート1の $C$ 個すべてのカラムからの符号ビットの読み出しは、下の行に向かっ

50

て順次行われ、その読み出しが最後の行であるR1行目まで終了すると、パート2のC個すべてのカラムの1行目から、ロウ方向に、C=mビット単位で、符号ビットが読み出される。

【0477】

パート2のC個すべてのカラムからの符号ビットの読み出しは、下の行に向かって順次行われ、最後の行であるR2行目まで行われる。

【0478】

以上のようにして、パート1及び2からmビット単位で読み出される符号ビットは、シンボルとして、マップ117(図8)に供給される。

【0479】

<グループワイズインターリーブ>

【0480】

図96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、1符号語のLDPC符号を、その先頭から、ユニットサイズ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。

【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】

ユニットサイズ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16200ビットのLDPC符号は、ビットグループ0,1,・・・,44の45(=16200/360)個のビットグループに区分され、符号長Nが64800ビットのLDPC符号は、ビットグループ0,1,・・・,179の180(=64800/360)個のビットグループに区分される。

【0484】

また、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。

【0485】

GWパターンは、少なくとも、LDPC符号の符号長Nごとに設定することができる。

【0486】

図97は、符号長Nが64k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。

【0487】

図97のGWパターンによれば、64kビットのLDPC符号のビットグループ0ないし179の並びが、ビットグループ

39, 47, 96, 176, 33, 75, 165, 38, 27, 58, 90, 76, 17, 46, 10, 91, 133, 69, 171, 32, 117, 78, 13, 146, 101, 36, 0, 138, 25, 77, 122, 49, 14, 125, 140, 93, 130, 2, 104, 102, 128, 4, 111, 151, 84, 167, 35, 127, 156, 55, 82, 85, 66, 114, 8, 147, 115, 113, 5, 31, 100, 106, 48, 52, 67, 107, 18, 126, 112, 50, 9, 143, 28, 160, 71, 79, 43, 98, 86, 94, 64, 3, 166, 105, 103, 118, 63, 51, 139, 172, 141, 175, 56, 74, 95, 29, 45, 129, 120, 168, 92, 150, 7, 162, 153, 137, 108, 159, 157, 173, 23, 89, 132, 57, 37, 70, 134, 40, 21, 149, 80, 1, 121, 59, 110, 142, 152, 15, 154, 145, 12, 170, 54, 155, 99, 22, 123, 72, 177, 131, 116, 44, 158, 73, 11, 65, 164, 119, 174, 34, 83, 53, 24, 42, 60, 26, 161, 68, 178, 41, 148, 109, 87, 144, 135, 20, 62, 81, 169, 124, 6, 19, 30, 163, 61, 179, 136, 97, 16, 88

10

20

30

40

50



の並びにインターリーブされる。

【 0 4 8 8 】

図 9 8 は、符号長Nが64k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。

【 0 4 8 9 】

図 9 8 のGWパターンによれば、64kビットのLDPC符号のビットグループ0ないし179の並びが、ビットグループ

6, 14, 1, 127, 161, 177, 75, 123, 62, 103, 17, 18, 167, 88, 27, 34, 8, 110, 7, 78, 94, 44, 45, 166, 149, 61, 163, 145, 155, 157, 82, 130, 70, 92, 151, 139, 1 10  
60, 133, 26, 2, 79, 15, 95, 122, 126, 178, 101, 24, 138, 146, 179, 30, 86, 58, 1  
1, 121, 159, 49, 84, 132, 117, 119, 50, 52, 4, 51, 48, 74, 114, 59, 40, 131, 33  
, 89, 66, 136, 72, 16, 134, 37, 164, 77, 99, 173, 20, 158, 156, 90, 41, 176, 81  
, 42, 60, 109, 22, 150, 105, 120, 12, 64, 56, 68, 111, 21, 148, 53, 169, 97, 108  
, 35, 140, 91, 115, 152, 36, 106, 154, 0, 25, 54, 63, 172, 80, 168, 142, 118, 16  
2, 135, 73, 83, 153, 141, 9, 28, 55, 31, 112, 107, 85, 100, 175, 23, 57, 47, 38  
, 170, 137, 76, 147, 93, 19, 98, 124, 39, 87, 174, 144, 46, 10, 129, 69, 71, 125  
, 96, 116, 171, 128, 65, 102, 5, 43, 143, 104, 13, 67, 29, 3, 113, 32, 165

の並びにインターリーブされる。

【 0 4 9 0 】

図 9 9 は、符号長Nが64k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。

【 0 4 9 1 】

図 9 9 のGWパターンによれば、64kビットのLDPC符号のビットグループ0ないし179の並びが、ビットグループ

103, 116, 158, 0, 27, 73, 140, 30, 148, 36, 153, 154, 10, 174, 122, 178, 6, 10  
6, 162, 59, 142, 112, 7, 74, 11, 51, 49, 72, 31, 65, 156, 95, 171, 105, 173, 168  
, 1, 155, 125, 82, 86, 161, 57, 165, 54, 26, 121, 25, 157, 93, 22, 34, 33, 39, 1  
9, 46, 150, 141, 12, 9, 79, 118, 24, 17, 85, 117, 67, 58, 129, 160, 89, 61, 146  
, 77, 130, 102, 101, 137, 94, 69, 14, 133, 60, 149, 136, 16, 108, 41, 90, 28, 14  
4, 13, 175, 114, 2, 18, 63, 68, 21, 109, 53, 123, 75, 81, 143, 169, 42, 119, 138 30  
, 104, 4, 131, 145, 8, 5, 76, 15, 88, 177, 124, 45, 97, 64, 100, 37, 132, 38, 44  
, 107, 35, 43, 80, 50, 91, 152, 78, 166, 55, 115, 170, 159, 147, 167, 87, 83, 29  
, 96, 172, 48, 98, 62, 139, 70, 164, 84, 47, 151, 134, 126, 113, 179, 110, 111,  
128, 32, 52, 66, 40, 135, 176, 99, 127, 163, 3, 120, 71, 56, 92, 23, 20

の並びにインターリーブされる。

【 0 4 9 2 】

図 1 0 0 は、符号長Nが64k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 3 】

図 1 0 0 のGWパターンによれば、64kビットのLDPC符号のビットグループ0ないし179の並びが、ビットグループ

139, 106, 125, 81, 88, 104, 3, 66, 60, 65, 2, 95, 155, 24, 151, 5, 51, 53, 29  
, 75, 52, 85, 8, 22, 98, 93, 168, 15, 86, 126, 173, 100, 130, 176, 20, 10, 87, 9  
2, 175, 36, 143, 110, 67, 146, 149, 127, 133, 42, 84, 64, 78, 1, 48, 159, 79, 13  
8, 46, 112, 164, 31, 152, 57, 144, 69, 27, 136, 122, 170, 132, 171, 129, 115, 10  
7, 134, 89, 157, 113, 119, 135, 45, 148, 83, 114, 71, 128, 161, 140, 26, 13, 59  
, 38, 35, 96, 28, 0, 80, 174, 137, 49, 16, 101, 74, 179, 91, 44, 55, 169, 131, 1  
63, 123, 145, 162, 108, 178, 12, 77, 167, 21, 154, 82, 54, 90, 177, 17, 41, 39,  
7, 102, 156, 62, 109, 14, 37, 23, 153, 6, 147, 50, 47, 63, 18, 70, 68, 124, 72,  
33, 158, 32, 118, 99, 105, 94, 25, 121, 166, 120, 160, 141, 165, 111, 19, 150, 9 40  
50

7, 76, 73, 142, 117, 4, 172, 58, 11, 30, 9, 103, 40, 61, 43, 34, 56, 116

の並びにインターリーブされる。

【0494】

図101は、符号長Nが64k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。

【0495】

図101のGWパターンによれば、64kビットのLDPC符号のビットグループ0ないし179の並びが、ビットグループ

72, 59, 65, 61, 80, 2, 66, 23, 69, 101, 19, 16, 53, 109, 74, 106, 113, 56, 97, 30, 164, 15, 25, 20, 117, 76, 50, 82, 178, 13, 169, 36, 107, 40, 122, 138, 42, 96, 27, 163, 46, 64, 124, 57, 87, 120, 168, 166, 39, 177, 22, 67, 134, 9, 102, 28, 148, 91, 83, 88, 167, 32, 99, 140, 60, 152, 1, 123, 29, 154, 26, 70, 149, 171, 12, 6, 55, 100, 62, 86, 114, 174, 132, 139, 7, 45, 103, 130, 31, 49, 151, 19, 79, 41, 118, 126, 3, 179, 110, 111, 51, 93, 145, 73, 133, 54, 104, 161, 37, 129, 63, 38, 95, 159, 89, 112, 115, 136, 33, 68, 17, 35, 137, 173, 143, 78, 77, 141, 150, 58, 158, 125, 156, 24, 105, 98, 43, 84, 92, 128, 165, 153, 108, 0, 121, 170, 131, 144, 47, 157, 11, 155, 176, 48, 135, 4, 116, 146, 127, 52, 162, 142, 8, 5, 34, 85, 90, 44, 172, 94, 160, 175, 75, 71, 18, 147, 10, 21, 14, 81

の並びにインターリーブされる。

【0496】

図102は、符号長Nが64k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。

【0497】

図102のGWパターンによれば、64kビットのLDPC符号のビットグループ0ないし179の並びが、ビットグループ

8, 27, 7, 70, 75, 84, 50, 131, 146, 99, 96, 141, 155, 157, 82, 57, 120, 38, 137, 13, 83, 23, 40, 9, 56, 171, 124, 172, 39, 142, 20, 128, 133, 2, 89, 153, 103, 112, 129, 151, 162, 106, 14, 62, 107, 110, 73, 71, 177, 154, 80, 176, 24, 91, 32, 173, 25, 16, 17, 159, 21, 92, 6, 67, 81, 37, 15, 136, 100, 64, 102, 163, 168, 18, 78, 76, 45, 140, 123, 118, 58, 122, 11, 19, 86, 98, 119, 111, 26, 138, 125, 74, 97, 63, 10, 152, 161, 175, 87, 52, 60, 22, 79, 104, 30, 158, 54, 145, 49, 34, 166, 109, 179, 174, 93, 41, 116, 48, 3, 29, 134, 167, 105, 132, 114, 169, 147, 144, 77, 61, 170, 90, 178, 0, 43, 149, 130, 117, 47, 44, 36, 115, 88, 101, 148, 69, 46, 94, 143, 164, 139, 126, 160, 156, 33, 113, 65, 121, 53, 42, 66, 165, 85, 127, 135, 5, 55, 150, 72, 35, 31, 51, 4, 1, 68, 12, 28, 95, 59, 108

の並びにインターリーブされる。

【0498】

図103は、符号長Nが64k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。

【0499】

図103のGWパターンによれば、64kビットのLDPC符号のビットグループ0ないし179の並びが、ビットグループ

0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28, 30, 32, 34, 36, 38, 40, 42, 44, 46, 48, 50, 52, 54, 56, 58, 60, 62, 64, 66, 68, 70, 72, 74, 76, 78, 80, 82, 84, 86, 88, 90, 92, 94, 96, 98, 100, 102, 104, 106, 108, 110, 112, 114, 116, 118, 120, 122, 124, 126, 128, 130, 132, 134, 136, 138, 140, 142, 144, 146, 148, 150, 152, 154, 156, 158, 160, 162, 164, 166, 168, 170, 172, 174, 176, 178, 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21, 23, 25, 27, 29, 31, 33, 35, 37, 39, 41, 43, 45, 47, 49, 51, 53, 55, 57, 59, 61, 63, 65, 67, 69, 71, 73, 75, 77, 79, 81, 83, 85, 87, 89, 91, 93, 95, 97, 99, 101, 103, 105, 107, 109, 111, 113, 115, 117, 119

19, 121, 123, 125, 127, 129, 131, 133, 135, 137, 139, 141, 143, 145, 147, 149, 151, 153, 155, 157, 159, 161, 163, 165, 167, 169, 171, 173, 175, 177, 179

の並びにインターリーブされる。

【 0 5 0 0 】

図 1 0 4 は、符号長Nが64k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 1 】

図 1 0 4 のGWパターンによれば、64kビットのLDPC符号のビットグループ0ないし179の並びが、ビットグループ

11, 5, 8, 18, 1, 25, 32, 31, 19, 21, 50, 102, 65, 85, 45, 86, 98, 104, 64, 78, 72, 53, 103, 79, 93, 41, 82, 108, 112, 116, 120, 124, 128, 132, 136, 140, 144, 148, 152, 156, 160, 164, 168, 172, 176, 4, 12, 15, 3, 10, 20, 26, 34, 23, 33, 68, 63, 69, 92, 44, 90, 75, 56, 100, 47, 106, 42, 39, 97, 99, 89, 52, 109, 113, 117, 121, 125, 129, 133, 137, 141, 145, 149, 153, 157, 161, 165, 169, 173, 177, 6, 16, 14, 7, 13, 36, 28, 29, 37, 73, 70, 54, 76, 91, 66, 80, 88, 51, 96, 81, 95, 38, 57, 105, 107, 59, 61, 110, 114, 118, 122, 126, 130, 134, 138, 142, 146, 150, 154, 158, 162, 166, 170, 174, 178, 0, 9, 17, 2, 27, 30, 24, 22, 35, 77, 74, 46, 94, 62, 87, 83, 101, 49, 43, 84, 48, 60, 67, 71, 58, 40, 55, 111, 115, 119, 123, 127, 131, 135, 139, 143, 147, 151, 155, 159, 163, 167, 171, 175, 179

の並びにインターリーブされる。

【 0 5 0 2 】

図 1 0 5 は、符号長Nが64k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 3 】

図 1 0 5 のGWパターンによれば、64kビットのLDPC符号のビットグループ0ないし179の並びが、ビットグループ

9, 18, 15, 13, 35, 26, 28, 99, 40, 68, 85, 58, 63, 104, 50, 52, 94, 69, 108, 14, 120, 126, 132, 138, 144, 150, 156, 162, 168, 174, 8, 16, 17, 24, 37, 23, 22, 103, 64, 43, 47, 56, 92, 59, 70, 42, 106, 60, 109, 115, 121, 127, 133, 139, 145, 151, 157, 163, 169, 175, 4, 1, 10, 19, 30, 31, 89, 86, 77, 81, 51, 79, 83, 48, 45, 62, 67, 65, 110, 116, 122, 128, 134, 140, 146, 152, 158, 164, 170, 176, 6, 2, 0, 25, 20, 34, 98, 105, 82, 96, 90, 107, 53, 74, 73, 93, 55, 102, 111, 117, 123, 129, 135, 141, 147, 153, 159, 165, 171, 177, 14, 7, 3, 27, 21, 33, 44, 97, 38, 75, 72, 41, 84, 80, 100, 87, 76, 57, 112, 118, 124, 130, 136, 142, 148, 154, 160, 166, 172, 178, 5, 11, 12, 32, 29, 36, 88, 71, 78, 95, 49, 54, 61, 66, 46, 39, 101, 91, 113, 119, 125, 131, 137, 143, 149, 155, 161, 167, 173, 179

の並びにインターリーブされる。

【 0 5 0 4 】

図 1 0 6 は、符号長Nが64k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。

【 0 5 0 5 】

図 1 0 6 のGWパターンによれば、64kビットのLDPC符号のビットグループ0ないし179の並びが、ビットグループ

0, 14, 19, 21, 2, 11, 22, 9, 8, 7, 16, 3, 26, 24, 27, 80, 100, 121, 107, 31, 36, 42, 46, 49, 75, 93, 127, 95, 119, 73, 61, 63, 117, 89, 99, 129, 52, 111, 124, 48, 122, 82, 106, 91, 92, 71, 103, 102, 81, 113, 101, 97, 33, 115, 59, 112, 90, 51, 126, 85, 123, 40, 83, 53, 69, 70, 132, 134, 136, 138, 140, 142, 144, 146, 148, 150, 152, 154, 156, 158, 160, 162, 164, 166, 168, 170, 172, 174, 176, 178, 4, 5, 10, 12, 20, 6, 18, 13, 17, 15, 1, 29, 28, 23, 25, 67, 116, 66, 104, 44, 50, 47, 84, 76, 65, 130, 56, 128, 77, 39, 94, 87, 120, 62, 88, 74, 35, 110, 131, 9

8, 60, 37, 45, 78, 125, 41, 34, 118, 38, 72, 108, 58, 43, 109, 57, 105, 68, 86, 79, 96, 32, 114, 64, 55, 30, 54, 133, 135, 137, 139, 141, 143, 145, 147, 149, 151, 153, 155, 157, 159, 161, 163, 165, 167, 169, 171, 173, 175, 177, 179

の並びにインターリーブされる。

【 0 5 0 6 】

図 1 0 7 は、符号長Nが64k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。

【 0 5 0 7 】

図 1 0 7 のGWパターンによれば、64kビットのLDPC符号のビットグループ0ないし179の並びが、ビットグループ

21, 11, 12, 9, 0, 6, 24, 25, 85, 103, 118, 122, 71, 101, 41, 93, 55, 73, 100, 40, 106, 119, 45, 80, 128, 68, 129, 61, 124, 36, 126, 117, 114, 132, 136, 140, 144, 148, 152, 156, 160, 164, 168, 172, 176, 20, 18, 10, 13, 16, 8, 26, 27, 54, 111, 52, 44, 87, 113, 115, 58, 116, 49, 77, 95, 86, 30, 78, 81, 56, 125, 53, 89, 94, 50, 123, 65, 83, 133, 137, 141, 145, 149, 153, 157, 161, 165, 169, 173, 177, 2, 17, 1, 4, 7, 15, 29, 82, 32, 102, 76, 121, 92, 130, 127, 62, 107, 38, 46, 43, 110, 75, 104, 70, 91, 69, 96, 120, 42, 34, 79, 35, 105, 134, 138, 142, 146, 150, 154, 158, 162, 166, 170, 174, 178, 19, 5, 3, 14, 22, 28, 23, 109, 51, 108, 131, 33, 84, 88, 64, 63, 59, 57, 97, 98, 48, 31, 99, 37, 72, 39, 74, 66, 60, 67, 47, 112, 90, 135, 139, 143, 147, 151, 155, 159, 163, 167, 171, 175, 179

の並びにインターリーブされる。

【 0 5 0 8 】

図 1 0 8 は、符号長Nが64k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。

【 0 5 0 9 】

図 1 0 8 のGWパターンによれば、64kビットのLDPC符号のビットグループ0ないし179の並びが、ビットグループ

12, 15, 2, 16, 27, 50, 35, 74, 38, 70, 108, 32, 112, 54, 30, 122, 72, 116, 36, 90, 49, 85, 132, 138, 144, 150, 156, 162, 168, 174, 0, 14, 9, 5, 23, 66, 68, 52, 96, 117, 84, 128, 100, 63, 60, 127, 81, 99, 53, 55, 103, 95, 133, 139, 145, 151, 157, 163, 169, 175, 10, 22, 13, 11, 28, 104, 37, 57, 115, 46, 65, 129, 107, 75, 119, 110, 31, 43, 97, 78, 125, 58, 134, 140, 146, 152, 158, 164, 170, 176, 4, 19, 6, 8, 24, 44, 101, 94, 118, 130, 69, 71, 83, 34, 86, 124, 48, 106, 89, 40, 102, 91, 135, 141, 147, 153, 159, 165, 171, 177, 3, 20, 7, 17, 25, 87, 41, 120, 47, 80, 59, 62, 88, 45, 56, 131, 61, 126, 113, 92, 51, 98, 136, 142, 148, 154, 160, 166, 172, 178, 21, 18, 1, 26, 29, 39, 73, 121, 105, 77, 42, 114, 93, 82, 111, 109, 67, 79, 123, 64, 76, 33, 137, 143, 149, 155, 161, 167, 173, 179

の並びにインターリーブされる。

【 0 5 1 0 】

図 1 0 9 は、符号長Nが64k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。

【 0 5 1 1 】

図 1 0 9 のGWパターンによれば、64kビットのLDPC符号のビットグループ0ないし179の並びが、ビットグループ

0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28, 30, 32, 34, 36, 38, 40, 42, 44, 46, 48, 50, 52, 54, 56, 58, 60, 62, 64, 66, 68, 70, 72, 74, 76, 78, 80, 82, 84, 86, 88, 90, 92, 94, 96, 98, 100, 102, 104, 106, 108, 110, 112, 114, 116, 118, 120, 122, 124, 126, 128, 130, 132, 134, 136, 138, 140, 142, 144, 146, 148, 150, 152, 154, 156, 158, 160, 162, 164, 166, 168, 170, 172, 174, 176, 178, 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21, 23, 25, 27, 29, 31, 33, 35, 37, 39, 41, 43

, 45, 47, 49, 51, 53, 55, 57, 59, 61, 63, 65, 67, 69, 71, 73, 75, 77, 79, 81, 83, 85, 87, 89, 91, 93, 95, 97, 99, 101, 103, 105, 107, 109, 111, 113, 115, 117, 119, 121, 123, 125, 127, 129, 131, 133, 135, 137, 139, 141, 143, 145, 147, 149, 151, 153, 155, 157, 159, 161, 163, 165, 167, 169, 171, 173, 175, 177, 179

の並びにインターリーブされる。

【 0 5 1 2 】

図 1 1 0 は、符号長Nが64kビットのLDPC符号に対するGWパターンの第 1 4 の例を示す図である。

【 0 5 1 3 】

図 1 1 0 のGWパターンによれば、64kビットのLDPC符号のビットグループ0ないし179の並びが、ビットグループ

0, 4, 8, 12, 16, 20, 24, 28, 32, 36, 40, 44, 48, 52, 56, 60, 64, 68, 72, 76, 80, 84, 88, 92, 96, 100, 104, 108, 112, 116, 120, 124, 128, 132, 136, 140, 144, 148, 152, 156, 160, 164, 168, 172, 176, 1, 5, 9, 13, 17, 21, 25, 29, 33, 37, 41, 45, 49, 53, 57, 61, 65, 69, 73, 77, 81, 85, 89, 93, 97, 101, 105, 109, 113, 117, 121, 125, 129, 133, 137, 141, 145, 149, 153, 157, 161, 165, 169, 173, 177, 2, 6, 10, 14, 18, 22, 26, 30, 34, 38, 42, 46, 50, 54, 58, 62, 66, 70, 74, 78, 82, 86, 90, 94, 98, 102, 106, 110, 114, 118, 122, 126, 130, 134, 138, 142, 146, 150, 154, 158, 162, 166, 170, 174, 178, 3, 7, 11, 15, 19, 23, 27, 31, 35, 39, 43, 47, 51, 55, 59, 63, 67, 71, 75, 79, 83, 87, 91, 95, 99, 103, 107, 111, 115, 119, 123, 127, 131, 135, 139, 143, 147, 151, 155, 159, 163, 167, 171, 175, 179

の並びにインターリーブされる。

【 0 5 1 4 】

図 1 1 1 は、符号長Nが64k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 5 】

図 1 1 1 のGWパターンによれば、64kビットのLDPC符号のビットグループ0ないし179の並びが、ビットグループ

8, 112, 92, 165, 12, 55, 5, 126, 87, 70, 69, 94, 103, 78, 137, 148, 9, 60, 13, 7, 178, 79, 43, 136, 34, 68, 118, 152, 49, 15, 99, 61, 66, 28, 109, 125, 33, 167, 81, 93, 97, 26, 35, 30, 153, 131, 122, 71, 107, 130, 76, 4, 95, 42, 58, 134, 0, 89, 75, 40, 129, 31, 80, 101, 52, 16, 142, 44, 138, 46, 116, 27, 82, 88, 143, 128, 72, 29, 83, 117, 172, 14, 51, 159, 48, 160, 100, 1, 102, 90, 22, 3, 114, 19, 108, 113, 39, 73, 111, 155, 106, 105, 91, 150, 54, 25, 135, 139, 147, 36, 56, 123, 6, 67, 104, 96, 157, 10, 62, 164, 86, 74, 133, 120, 174, 53, 140, 156, 171, 149, 127, 85, 59, 124, 84, 11, 21, 132, 41, 145, 158, 32, 17, 23, 50, 169, 170, 38, 18, 151, 24, 166, 175, 2, 47, 57, 98, 20, 177, 161, 154, 176, 163, 37, 110, 168, 141, 64, 65, 173, 162, 121, 45, 77, 115, 179, 63, 119, 146, 144

の並びにインターリーブされる。

【 0 5 1 6 】

以上の、符号長Nが64kビットのLDPC符号に対するGWパターンの第 1 ないし第 1 5 の例は、符号長Nが64kビットの、任意の符号化率rのLDPC符号と、任意の変調方式（コンスタレーション）との組み合わせのいずれにも適用することができる。

【 0 5 1 7 】

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、及び、変調方式（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。

【 0 5 1 8 】

図 9 7 のGWパターンは、例えば、(64k, 5/15)のETRI符号と、QPSKと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。

【0519】

図98のGWパターンは、例えば、(64k,5/15)のETRI符号と、16QAMと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。

【0520】

図99のGWパターンは、例えば、(64k,5/15)のETRI符号と、64QAMと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。

【0521】

図100のGWパターンは、例えば、(64k,7/15)のSony符号と、QPSKと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

【0522】

図101のGWパターンは、例えば、(64k,7/15)のSony符号と、16QAMと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。

【0523】

図102のGWパターンは、例えば、(64k,7/15)のSony符号と、64QAMと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。

【0524】

図103のGWパターンは、例えば、(64k,9/15)のSony符号と、QPSKと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。

【0525】

図104のGWパターンは、例えば、(64k,9/15)のSony符号と、16QAMと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

【0526】

図105のGWパターンは、例えば、(64k,9/15)のSony符号と、64QAMと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。

【0527】

図106のGWパターンは、例えば、(64k,11/15)のSony符号と、QPSKと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。

【0528】

図107のGWパターンは、例えば、(64k,11/15)のSony符号と、16QAMと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

【0529】

図108のGWパターンは、例えば、(64k,11/15)のSony符号と、64QAMと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。

【0530】

図109のGWパターンは、例えば、(64k,13/15)のSony符号と、QPSKと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。

【0531】

図110のGWパターンは、例えば、(64k,13/15)のSony符号と、16QAMと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

【0532】

図111のGWパターンは、例えば、(64k,13/15)のSony符号と、64QAMと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。

【0533】

図112は、図97のGWパターンを、(64k,5/15)のETRI符号と、QPSKとの組み合わせに適用した場合のエラーレートを計測するシミュレーションのシミュレーション結果としてのBER/FERカーブを示す図である。

【0534】

図113は、図98のGWパターンを、(64k,5/15)のETRI符号と、16QAMとの組み合わせに適用した場合のエラーレートを計測するシミュレーションのシミュレーション結果とし

50

てのBER/FERカーブを示す図である。

【0535】

図114は、図99のGWパターンを、(64k,5/15)のETRI符号と、64QAMとの組み合わせに適用した場合のエラーレートを計測するシミュレーションのシミュレーション結果としてのBER/FERカーブを示す図である。

【0536】

図115は、図100のGWパターンを、(64k,7/15)のSony符号と、QPSKとの組み合わせに適用した場合のエラーレートを計測するシミュレーションのシミュレーション結果としてのBER/FERカーブを示す図である。

【0537】

図116は、図101のGWパターンを、(64k,7/15)のSony符号と、16QAMとの組み合わせに適用した場合のエラーレートを計測するシミュレーションのシミュレーション結果としてのBER/FERカーブを示す図である。

【0538】

図117は、図102のGWパターンを、(64k,7/15)のSony符号と、64QAMとの組み合わせに適用した場合のエラーレートを計測するシミュレーションのシミュレーション結果としてのBER/FERカーブを示す図である。

【0539】

図118は、図103のGWパターンを、(64k,9/15)のSony符号と、QPSKとの組み合わせに適用した場合のエラーレートを計測するシミュレーションのシミュレーション結果としてのBER/FERカーブを示す図である。

【0540】

図119は、図104のGWパターンを、(64k,9/15)のSony符号と、16QAMとの組み合わせに適用した場合のエラーレートを計測するシミュレーションのシミュレーション結果としてのBER/FERカーブを示す図である。

【0541】

図120は、図105のGWパターンを、(64k,9/15)のSony符号と、64QAMとの組み合わせに適用した場合のエラーレートを計測するシミュレーションのシミュレーション結果としてのBER/FERカーブを示す図である。

【0542】

図121は、図106のGWパターンを、(64k,11/15)のSony符号と、QPSKとの組み合わせに適用した場合のエラーレートを計測するシミュレーションのシミュレーション結果としてのBER/FERカーブを示す図である。

【0543】

図122は、図107のGWパターンを、(64k,11/15)のSony符号と、16QAMとの組み合わせに適用した場合のエラーレートを計測するシミュレーションのシミュレーション結果としてのBER/FERカーブを示す図である。

【0544】

図123は、図108のGWパターンを、(64k,11/15)のSony符号と、64QAMとの組み合わせに適用した場合のエラーレートを計測するシミュレーションのシミュレーション結果としてのBER/FERカーブを示す図である。

【0545】

図124は、図109のGWパターンを、(64k,13/15)のSony符号と、QPSKとの組み合わせに適用した場合のエラーレートを計測するシミュレーションのシミュレーション結果としてのBER/FERカーブを示す図である。

【0546】

図125は、図110のGWパターンを、(64k,13/15)のSony符号と、16QAMとの組み合わせに適用した場合のエラーレートを計測するシミュレーションのシミュレーション結果としてのBER/FERカーブを示す図である。

【0547】

10

20

30

40

50

図 1 2 6 は、図 1 1 1 の GW パターンを、(64k,13/15) の Sony 符号と、64QAM との組み合わせに適用した場合のエラーレートを計測するシミュレーションのシミュレーション結果としての BER/FER カーブを示す図である。

【 0 5 4 8 】

なお、図 1 1 2 ないし図 1 2 6 では、通信路 1 3 (図 7) として、AWGN チャネルを採用した場合 (上側の図) と、レイリー (Rayleigh) (フェージング) チャネルを採用した場合 (下側の図) とのそれぞれの場合の BER/FER カーブを図示してある。

【 0 5 4 9 】

また、図 1 1 2 ないし図 1 2 6 において、実線 (w bil) は、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、ブロックワイズインターリーブを行った場合の BER/FER カーブを表しており、点線 (w/o bil) は、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、ブロックワイズインターリーブを行わない場合の BER/FER カーブを表している。

10

【 0 5 5 0 】

図 1 1 2 ないし図 1 2 6 によれば、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、ブロックワイズインターリーブを行う場合には、行わない場合に比較して、BER/FER が向上し、良好なエラーレートを達成することができることを確認することができる。

【 0 5 5 1 】

なお、図 9 7 ないし図 1 1 1 の GW パターンについては、上述の図 8 7 ないし図 8 9 に示した信号点配置の QPSK, 16QAM、及び、64QAM のコンスタレーションの他、図 8 7 ないし図 8 9 に示した信号点配置を、I 軸又は Q 軸に対して対称移動したコンスタレーション、原点に対して対称移動したコンスタレーション、及び、原点を中心として任意の角度だけ回転したコンスタレーション等にも適用することができ、図 8 7 ないし図 8 9 に示した信号点配置の QPSK, 16QAM、及び、64QAM のコンスタレーションに適用する場合と同様の効果を奏することができる。

20

【 0 5 5 2 】

さらに、図 9 7 ないし図 1 1 1 の GW パターンについては、図 8 7 ないし図 8 9 に示した信号点配置の QPSK, 16QAM、及び、64QAM のコンスタレーションの他、図 8 7 ないし図 8 9 に示した信号点配置において、信号点に対応させる (割り当てる) シンボルの MSB (Most Significant Bit) と LSB (Least Significant Bit) とを入れ替えたコンスタレーションにも適用することができ、やはり、図 8 7 ないし図 8 9 に示した信号点配置の QPSK, 16QAM、及び、64QAM のコンスタレーションに適用する場合と同様の効果を奏することができる。

30

【 0 5 5 3 】

< 受信装置 1 2 の構成例 >

【 0 5 5 4 】

図 1 2 7 は、図 7 の受信装置 1 2 の構成例を示すブロック図である。

【 0 5 5 5 】

OFDM 処理部 (OFDM operation) 1 5 1 は、送信装置 1 1 (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 1 5 1 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) 1 5 2 に供給される。

40

【 0 5 5 6 】

フレーム管理部 1 5 2 は、OFDM 処理部 1 5 1 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) 1 6 1 と 1 5 3 とに、それぞれ供給する。

【 0 5 5 7 】

周波数デインターリーバ 1 5 3 は、フレーム管理部 1 5 2 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) 1 5 4 に供給する。

【 0 5 5 8 】

50



デマッパ 1 5 4 は、周波数デインターリーバ 1 5 3 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 1 1 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) 1 5 5 に供給する。

【 0 5 5 9 】

LDPCデコーダ 1 5 5 は、デマッパ 1 5 4 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) 1 5 6 に供給する。

【 0 5 6 0 】

BCHデコーダ 1 5 6 は、LDPCデコーダ 1 5 5 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。

【 0 5 6 1 】

一方、周波数デインターリーバ 1 6 1 は、フレーム管理部 1 5 2 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) 1 6 2 に供給する。

【 0 5 6 2 】

SISO/MISOデコーダ 1 6 2 は、周波数デインターリーバ 1 6 1 からのデータの時空間復号を行い、時間デインターリーバ(Time Deinterleaver) 1 6 3 に供給する。

【 0 5 6 3 】

時間デインターリーバ 1 6 3 は、SISO/MISOデコーダ 1 6 2 からのデータについて、シンボル単位での時間デインターリーブを行い、デマッパ(Demapper) 1 6 4 に供給する。

【 0 5 6 4 】

デマッパ 1 6 4 は、時間デインターリーバ 1 6 3 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 1 1 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、ビットデインターリーバ(Bit Deinterleaver) 1 6 5 に供給する。

【 0 5 6 5 】

ビットデインターリーバ 1 6 5 は、デマッパ 1 6 4 からのデータのビットデインターリーブを行い、そのビットデ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 1 6 6 に供給する。

【 0 5 6 6 】

LDPCデコーダ 1 6 6 は、ビットデインターリーバ 1 6 5 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 1 6 7 に供給する。

【 0 5 6 7 】

BCHデコーダ 1 6 7 は、LDPCデコーダ 1 5 5 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) 1 6 8 に供給する。

【 0 5 6 8 】

BBデスクランブラ 1 6 8 は、BCHデコーダ 1 6 7 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) 1 6 9 に供給する。

【 0 5 6 9 】

ヌル削除部 1 6 9 は、BBデスクランブラ 1 6 8 からのデータから、図 8 のパダー 1 1 2 で挿入されたNullを削除し、デマルチプレクサ(Demultiplexer) 1 7 0 に供給する。

【 0 5 7 0 】

デマルチプレクサ 1 7 0 は、ヌル削除部 1 6 9 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。

【 0 5 7 1 】

なお、受信装置 1 2 は、図 1 2 7 に図示したブロックの一部を設けずに構成することが

10

20

30

40

50

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。

【0572】

<ビットインターリーバ 165 の構成例>

【0573】

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。

【0574】

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。

【0575】

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ビットを対象として、図 9 のブロックインターリーバ 25 が行うブロックインターリーブに対応するブロックインターリーブ (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、グループワイズインターリーバ 55 に供給する。

【0576】

グループワイズインターリーバ 55 は、ブロックインターリーバ 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バ 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 9 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インターリーブを行う。

【0577】

ここで、デマッパ 164 から、ビットインターリーバ 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、ビットインターリーバ 165 では、パリティインターリーブに対応するパリティインターリーブ (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インターリーブのすべてを行うことができる。

【0578】

但し、図 128 のビットインターリーバ 165 では、ブロックインターリーブに対応するブロックインターリーブを行う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ブに対応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バ 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、パリティインターリーブは、行われない。

【0579】

したがって、ビットインターリーバ 165 (のグループワイズインターリーバ 55) から、LDPC デコーダ 166 には、ブロックインターリーブ、及び、グループワイズインターリーブが行われ、かつ、パリティインターリーブが行われていない LDPC 符号が

10

20

30

40

50

供給される。

【0580】

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DVB方式の検査行列Hに対して、パリティデ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、ETRI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。

【0581】

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。

10

【0582】

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。

【0583】

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に進む。

【0584】

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。

20

【0585】

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。

【0586】

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を用いて行い、すなわち、例えば、検査行列Hから得られる変換検査行列を用いて行い、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。

30

【0587】

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。

40

【0588】

< LDPC復号 >

【0589】

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。

【0590】

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DVB方式の検査行列Hに対して、パリティデ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、ETRI方式

50

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。

【0591】

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）。

【0592】

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。

【0593】

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。

【0594】

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(.)で表現している。

【0595】

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。

【0596】

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。

【0597】

行置換:  $6s+t+1$ 行目  $5t+s+1$ 行目

・・・(11)

【0598】

列置換:  $6x+y+61$ 列目  $5y+x+61$ 列目

・・・(12)

【0599】

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。

【0600】

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。

【0601】

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。

【0602】

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。

【0603】

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。

【0604】

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、ユニットサイズ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。

10

20

30

40

50

## 【0605】

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。

## 【0606】

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。

10

## 【0607】

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。

## 【0608】

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。

## 【0609】

図132は、 $5 \times 5$ 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。

20

## 【0610】

図132においては、変換検査行列 $H'$ は、 $5 \times 5$ （ $=P \times P$ ）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）、 $5 \times 5$ の0行列の組み合わせで表されている。

## 【0611】

図132の変換検査行列 $H'$ は、 $5 \times 5$ 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 $5 \times 5$ 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。

30

## 【0612】

$P \times P$ 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、及びパリアブルノード演算を、 $P$ 個同時に行うアーキテクチャ(architecture)を用いることができる。

## 【0613】

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。

## 【0614】

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。

40

## 【0615】

図133の復号装置は、6つのFIFO300<sub>1</sub>ないし300<sub>6</sub>からなる枝データ格納用メモリ300、FIFO300<sub>1</sub>ないし300<sub>6</sub>を選択するセクタ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FIFO304<sub>1</sub>ないし304<sub>18</sub>からなる枝データ格納用メモリ304、FIFO304<sub>1</sub>ないし304<sub>18</sub>を選択するセクタ305、受信データを格納する受信データ用メモリ306、パリアブルノード計算部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。

50

## 【0616】

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。

## 【0617】

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(ユニットサイズ $P$ )5で除算した数である6つのFIFO300<sub>1</sub>ないし300<sub>6</sub>から構成されている。FIFO300<sub>y</sub>( $y = 1, 2, \dots, 6$ )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(ユニットサイズ $P$ )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<sub>y</sub>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。

10

## 【0618】

FIFO300<sub>1</sub>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(パリア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、FIFO300<sub>1</sub>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 $5 \times 5$ 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(1,21)から(5,25)のシフト行列( $5 \times 5$ 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 $H'$ と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( $5 \times 5$ 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。

20

## 【0619】

FIFO300<sub>2</sub>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、FIFO300<sub>2</sub>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( $5 \times 5$ 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。

30

## 【0620】

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 $P \times P$ 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(FIFO300<sub>1</sub>ないし300<sub>6</sub>のうちの同一のFIFO)に格納される。

## 【0621】

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。

40

## 【0622】

FIFO300<sub>3</sub>ないし300<sub>6</sub>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。

## 【0623】

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(ユニットサイズ $P$ )である5で割った18個のFIFO304<sub>1</sub>ないし304<sub>18</sub>から構成されている。FIFO304<sub>x</sub>( $x = 1, 2, \dots, 18$ )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(ユニットサイズ $P$ )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。

## 【0624】

50

FIFO304<sub>1</sub>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られた形に(0を無視した形で)格納される。すなわち、FIFO304<sub>1</sub>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。

10

## 【0625】

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 $P \times P$ 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(FIFO304<sub>1</sub>ないし304<sub>18</sub>のうちの同一のFIFO)に格納される。

## 【0626】

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FIFO304<sub>1</sub>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

20

## 【0627】

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FIFO304<sub>1</sub>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

## 【0628】

次に、図133の復号装置の動作について説明する。

## 【0629】

枝データ格納用メモリ300は、6つのFIFO300<sub>1</sub>ないし300<sub>6</sub>からなり、前段のサイクリックシフト回路308から供給される5つのメッセージD311が、図132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、FIFO300<sub>1</sub>ないし300<sub>6</sub>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300は、データを読み出す際には、FIFO300<sub>1</sub>から5つのメッセージD300<sub>1</sub>を順番に読み出し、次段のセクタ301に供給する。枝データ格納用メモリ300は、FIFO300<sub>1</sub>からのメッセージの読み出しの終了後、FIFO300<sub>2</sub>ないし300<sub>6</sub>からも、順番に、メッセージを読み出し、セクタ301に供給する。

30

## 【0630】

セクタ301は、セレクト信号D301に従って、FIFO300<sub>1</sub>ないし300<sub>6</sub>のうちの、

40

## 【0631】

チェックノード計算部302は、5つのチェックノード計算器302<sub>1</sub>ないし302<sub>5</sub>からなり、セクタ301を通して供給されるメッセージD302(D302<sub>1</sub>ないしD302<sub>5</sub>)(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(D303<sub>1</sub>ないしD303<sub>5</sub>)(式(7)のメッセージ $u_j$ )をサイクリックシフト回路303に供給する。

## 【0632】

サイクリックシフト回路303は、チェックノード計算部302で求められた5つのメ

50

メッセージD303<sub>1</sub>ないしD303<sub>5</sub>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304に供給する。

【0633】

枝データ格納用メモリ304は、18個のFIFO304<sub>1</sub>ないし304<sub>18</sub>からなり、前段のサイクリックシフト回路303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、FIFO304<sub>1</sub>ないし304<sub>18</sub>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304は、データを読み出す際には、FIFO304<sub>1</sub>から5つのメッセージD306<sub>1</sub>を順番に読み出し、次段のセクタ305に供給する。枝データ格納用メモリ304は、FIFO304<sub>1</sub>からのデータの読み出しの終了後、FIFO304<sub>2</sub>ないし304<sub>18</sub>からも、順番に、メッセージを読み出し、セクタ305に供給する。

10

【0634】

セクタ305は、セレクト信号D307に従って、FIFO304<sub>1</sub>ないし304<sub>18</sub>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D308として、バリアブルノード計算部307と復号語計算部309に供給する。

【0635】

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、バリアブルノード計算部307と復号語計算部309に供給する。

20

【0636】

バリアブルノード計算部307は、5つのバリアブルノード計算器307<sub>1</sub>ないし307<sub>5</sub>からなり、セクタ305を通して供給されるメッセージD308(D308<sub>1</sub>ないしD308<sub>5</sub>)（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)に従ってバリア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(D310<sub>1</sub>ないしD310<sub>5</sub>)（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。

30

【0637】

サイクリックシフト回路308は、バリアブルノード計算部307で計算されたメッセージD310<sub>1</sub>ないしD310<sub>5</sub>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。

【0638】

以上の動作を1巡することで、LDPC符号の1回の復号（バリア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。

40

【0639】

すなわち、復号語計算部309は、5つの復号語計算器309<sub>1</sub>ないし309<sub>5</sub>からなり、セクタ305が出力する5つのメッセージD308(D308<sub>1</sub>ないしD308<sub>5</sub>)（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。

【0640】

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

50



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。

【0641】

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的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パリアブルノード演算を、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(architecture)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パリアブルノード演算)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。

10

【0642】

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の復号装置と同様に、チェックノード演算とパリアブルノード演算を $P$ 個同時に行うことで、LDPC復号を行うようになっている。

【0643】

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、ユニットサイズ $P$ を5に、パリティ長 $M$ の約数 $q(=M/P)$ を6に、それぞれして行われる。

20

【0644】

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。

【0645】

このため、図127の受信装置12では、上述したように、グループサ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。

30

【0646】

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。

【0647】

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。

40

【0648】

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。

【0649】

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、ユニットサイズ(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 $K$ 、ユニットサイズ $P$ 、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。

【0650】

50

すなわち、図 8 の送信装置 1 1 において、LDPCエンコーダ 1 1 5 が出力するのは、例えば、符号長 $N$ を64800や16200等と、情報長 $K$ を $N-Pq$ ( $=N-M$ )と、ユニットサイズ $P$ を360と、約数 $q$ を $M/P$ と、それぞれするLDPC符号であるが、図 1 3 4 のLDPCデコーダ 1 6 6 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パリアブルノード演算を $P$ 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。

【0651】

また、LDPCデコーダ 1 6 6 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 3 1 1 なしで、LDPCデコーダ 1 6 6 を構成することができる。

【0652】

<ブロックデインターリーバ 5 4 の構成例>

【0653】

図 1 3 5 は、図 1 2 8 のブロックデインターリーバ 5 4 の構成例を示すブロック図である。

【0654】

ブロックデインターリーバ 5 4 は、図 9 3 で説明したブロックインターリーバ 2 5 と同様に構成される。

【0655】

したがって、ブロックデインターリーバ 5 4 は、パート1(part 1)と呼ばれる記憶領域と、パート2(part 2)と呼ばれる記憶領域とを有し、パート1及び2は、いずれも、ロウ方向に、1ビットを記憶し、カラム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、ロウ方向に、シンボルのビット数 $m$ に等しい数 $C$ だけ並んで構成される。

【0656】

ブロックデインターリーバ 5 4 は、パート1及び2に対して、LDPC符号を書き込んで読み出すことにより、ブロックデインターリーブを行う。

【0657】

但し、ブロックデインターリーブでは、(シンボルとなっている)LDPC符号の書き込みは、図 9 3 のブロックインターリーバ 2 5 がLDPC符号を読み出す順に行われる。

【0658】

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、図 9 3 のブロックインターリーバ 2 5 がLDPC符号を書き込む順に行われる。

【0659】

すなわち、図 9 3 のブロックインターリーバ 2 5 によるブロックインターリーブでは、LDPC符号が、パート1及び2に対して、カラム方向に書き込まれ、ロウ方向に読み出されるが、図 1 3 5 のブロックデインターリーバ 5 4 によるブロックデインターリーブでは、LDPC符号が、パート1及び2に対して、ロウ方向に書き込まれ、カラム方向に読み出される。

【0660】

<ビットデインターリーバ 1 6 5 の他の構成例>

【0661】

図 1 3 6 は、図 1 2 7 の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。

【0662】

なお、図中、図 1 2 8 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。

【0663】

すなわち、図 1 3 6 のビットデインターリーバ 1 6 5 は、パリティデインターリーバ 1 0 1 1 が新たに設けられている他は、図 1 2 8 の場合と同様に構成されている。

【0664】

図 1 3 6 では、ビットデインターリーバ 1 6 5 は、ブロックデインターリーバ 5 4、グループサイズデインターリーバ 5 5、及び、パリティデインターリーバ 1 0 1 1 から構成

10

20

30

40

50

され、デマップ 1 6 4 からの LDPC 符号の符号ビットのビットディンターリーブを行う。

【 0 6 6 5 】

すなわち、ブロックディンターリーブ 5 4 は、デマップ 1 6 4 からの LDPC 符号を対象として、送信装置 1 1 のブロックディンターリーブ 2 5 が行うブロックディンターリーブに対応するブロックディンターリーブ（ブロックディンターリーブの逆の処理）、すなわち、ブロックディ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ィンターリーブを行い、その結果得られる LDPC 符号を、グループワイズディンターリーブ 5 5 に供給する。

【 0 6 6 6 】

グループワイズディンターリーブ 5 5 は、ブロックディンターリーブ 5 4 からの LDPC 符号を対象として、送信装置 1 1 のグループワイズディンターリーブ 2 4 が行う並び替え処理としてのグループワイズディンターリーブに対応するグループワイズディンターリーブを行う。

10

【 0 6 6 7 】

グループワイズディンターリーブの結果得られる LDPC 符号は、グループワイズディンターリーブ 5 5 からパリティディンターリーブ 1 0 1 1 に供給される。

【 0 6 6 8 】

パリティディンターリーブ 1 0 1 1 は、グループワイズディンターリーブ 5 5 でのグループワイズディンターリーブ後の符号ビットを対象として、送信装置 1 1 のパリティディンターリーブ 2 3 が行うパリティディンターリーブに対応するパリティディンターリーブ（パリティディンターリーブの逆の処理）、すなわち、パリティディ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ィンターリーブを行う。

20

【 0 6 6 9 】

パリティディンターリーブの結果得られる LDPC 符号は、パリティディンターリーブ 1 0 1 1 から LDPC デコーダ 1 6 6 に供給される。

【 0 6 7 0 】

したがって、図 1 3 6 のビットディンターリーブ 1 6 5 では、LDPC デコーダ 1 6 6 には、ブロックディンターリーブ、グループワイズディンターリーブ、及び、パリティディ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。

30

【 0 6 7 1 】

LDPC デコーダ 1 6 6 は、ビットディンターリーブ 1 6 5 からの LDPC 符号の LDPC 復号を、送信装置 1 1 の LDPC エンコーダ 1 1 5 が LDPC 符号化に用いた検査行列 H を用いて行う。すなわち、LDPC デコーダ 1 6 6 は、ビットディンターリーブ 1 6 5 からの LDPC 符号の LDPC 復号を、送信装置 1 1 の LDPC エンコーダ 1 1 5 が LDPC 符号化に用いた（DVB 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、パリティディ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（ETRI 方式については、LDPC 符号化に用いた検査行列（図 2 7）に列置換を施して得られる検査行列（図 2 8）、又は、LDPC 符号化に用いた検査行列（図 2 7）に行置換を施して得られる変換検査行列（図 2 9）を用いて）行う。

40

【 0 6 7 2 】

ここで、図 1 3 6 では、ビットディンターリーブ 1 6 5（のパリティディンターリーブ 1 0 1 1）から LDPC デコーダ 1 6 6 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 1 1 の LDPC エンコーダ 1 1 5 が LDPC 符号化に用いた（DVB 方式の）検査行列 H そのもの（ETRI 方式については、LDPC 符号化に用いた検査行列（図 2 7）に列置換を施して得られる検査行列（図 2 8））を用いて行う場合には、LDPC デコーダ 1 6 6 は、例えば、メッセージ（チェックノードメッセージ、パリパ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

50

グ(full parallel decoding)方式によるLDPC復号を行う復号装置で構成することができる。

【0673】

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(DVB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(ETRI方式については、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))を用いて行う場合には、LDPCデコーダ166は、チェックノード演算、及びパリアブルノード演算を、P(又はPの1以外の約数)個同時に行うアーキテクチャ(architecture)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

【0674】

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ブ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ブ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ブ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ブ54、グループワ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の2以上は、送信装置11のパリティインターリーブ23、グループワイズインターリーブ24、及び、ブロックインターリーブ25と同様に、一体的に構成することができる。

20

【0675】

<受信システムの構成例>

【0676】

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。

【0677】

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。

【0678】

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

【0679】

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。

40

【0680】

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。

【0681】

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。

50

## 【0682】

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。

## 【0683】

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。

## 【0684】

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。

## 【0685】

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

## 【0686】

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。

## 【0687】

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。

20

## 【0688】

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。

## 【0689】

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。

## 【0690】

30

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。

## 【0691】

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。

## 【0692】

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。

## 【0693】

40

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。

## 【0694】

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。

## 【0695】

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

50

下では、その説明は、適宜省略する。

【0696】

図138の受信システムは、取得部1101、伝送路復号処理部1102、及び、情報源復号処理部1103を有する点で、図137の場合と共通し、出力部1111が新たに設けられている点で、図137の場合と相違する。

【0697】

出力部1111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1103から出力される信号としての画像や音声等を出力する。すなわち、出力部1111は、画像を表示し、あるいは、音声を出力する。

【0698】

以上のような図138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。

【0699】

なお、取得部1101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1102が出力する信号が、出力部1111に供給される。

【0700】

図139は、受信装置12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。

【0701】

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。

【0702】

図139の受信システムは、取得部1101、及び、伝送路復号処理部1102を有する点で、図137の場合と共通する。

【0703】

但し、図139の受信システムは、情報源復号処理部1103が設けられておらず、記録部1121が新たに設けられている点で、図137の場合と相違する。

【0704】

記録部1121は、伝送路復号処理部1102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)。

【0705】

以上のような図139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。

【0706】

なお、図139において、受信システムは、情報源復号処理部1103を設けて構成し、情報源復号処理部1103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1121で記録することができる。

【0707】

<コンピュータの一実施の形態>

【0708】

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。

【0709】

そこで、図140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。

【0710】

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705

10

20

30

40

50

やROM703に予め記録しておくことができる。

【0711】

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ェアとして提供することができる。

【0712】

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。

【0713】

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。

【0714】

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。

【0715】

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。

【0716】

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。

【0717】

すなわち、例えば、上述した新LDPC符号(の検査行列初期値テーブル)は、通信路13(図7)は、衛星回線や、地上波、ケーブル(有線回線)、その他のいずれであっても用いることが可能である。さらに、新LDPC符号は、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。

【0718】

また、上述のGWパターンは、新LDPC符号以外にも適用することができる。さらに、上述のGWパターンを適用する変調方式は、16QAMや、64QAM、256QAM、1024QAMに限定されるも

10

20

30

40

50

のではない。

【0719】

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】

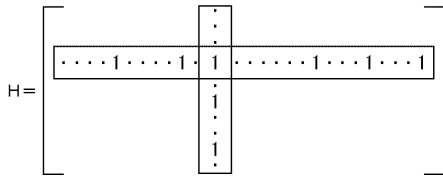
【0720】

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 パ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



【図1】

図1



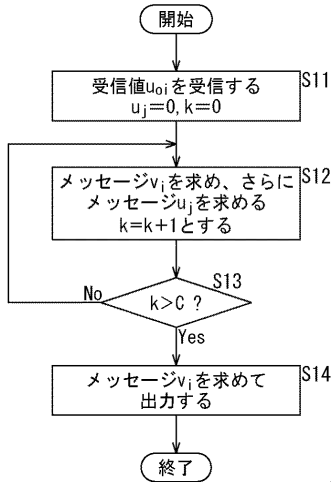
【図3】

図3



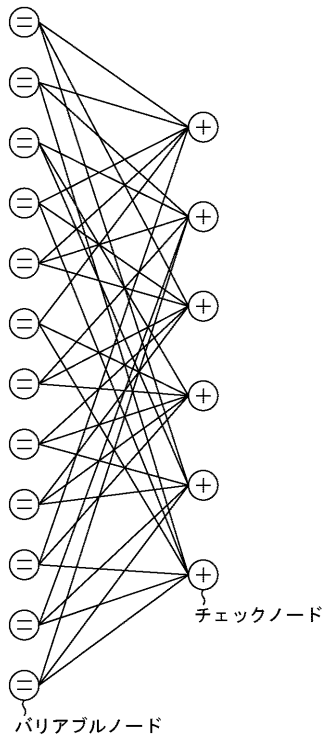
【図2】

図2



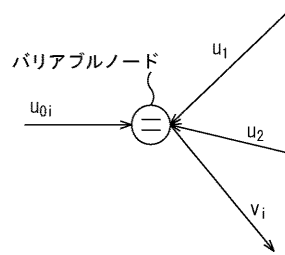
【図4】

図4



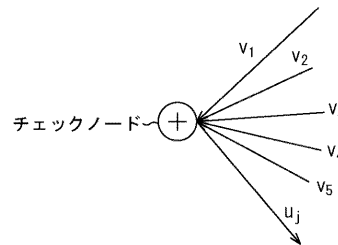
【図5】

図5



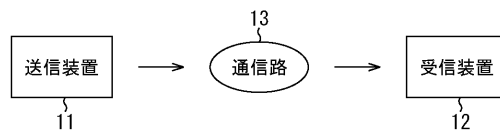
【図6】

図6



【図7】

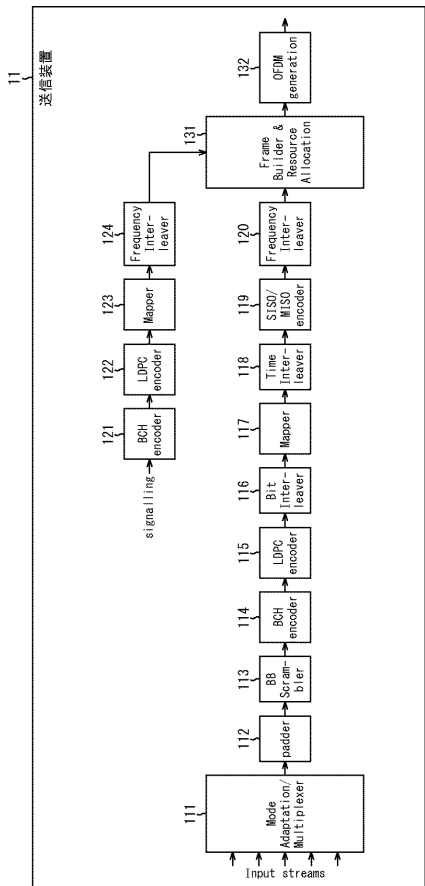
図7



伝送システム

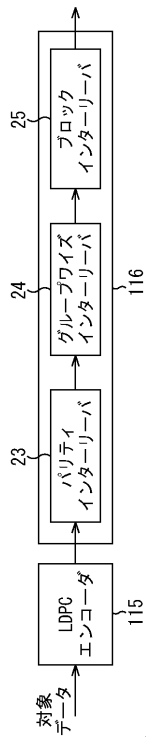
【図8】

図8



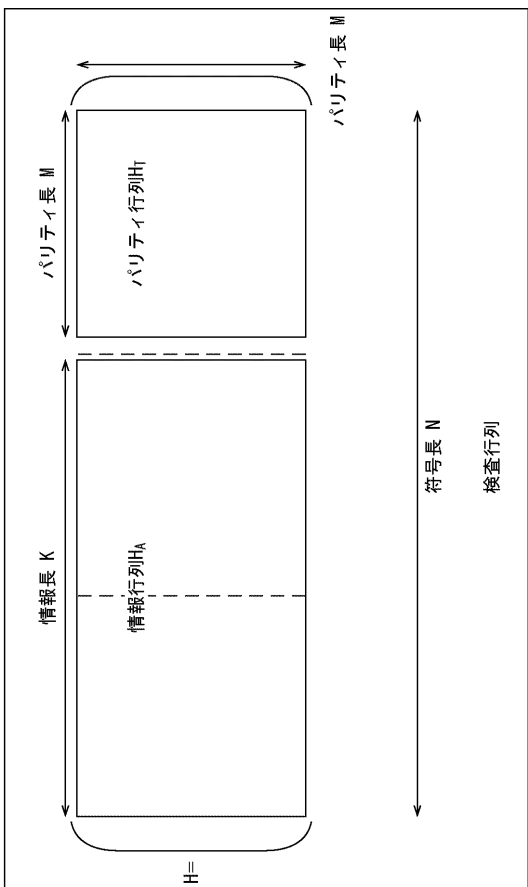
【図9】

図9



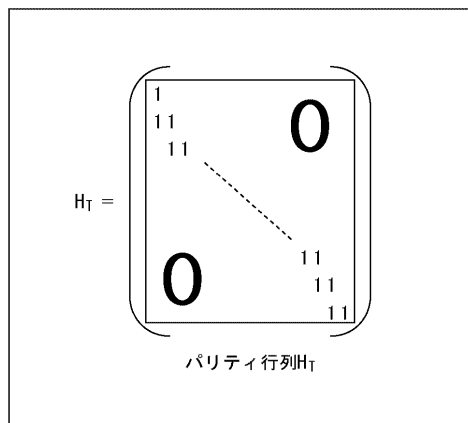
【図10】

図10



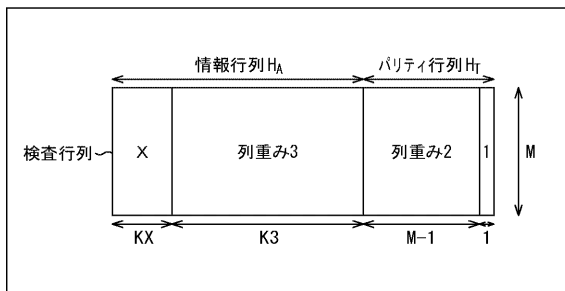
【図11】

図11



【図12】

図12



【 図 1 3 】

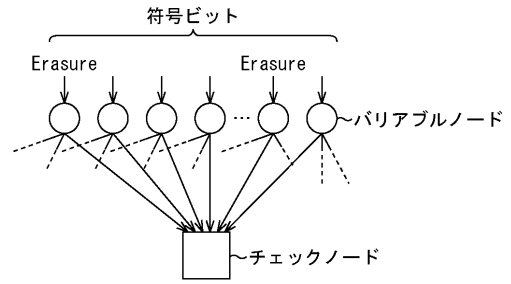
図13

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

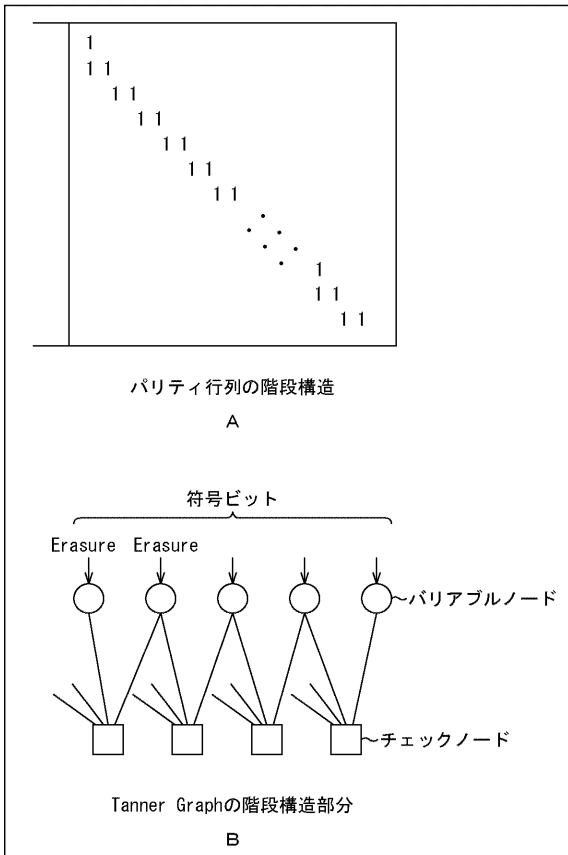
【 図 1 4 】

図14



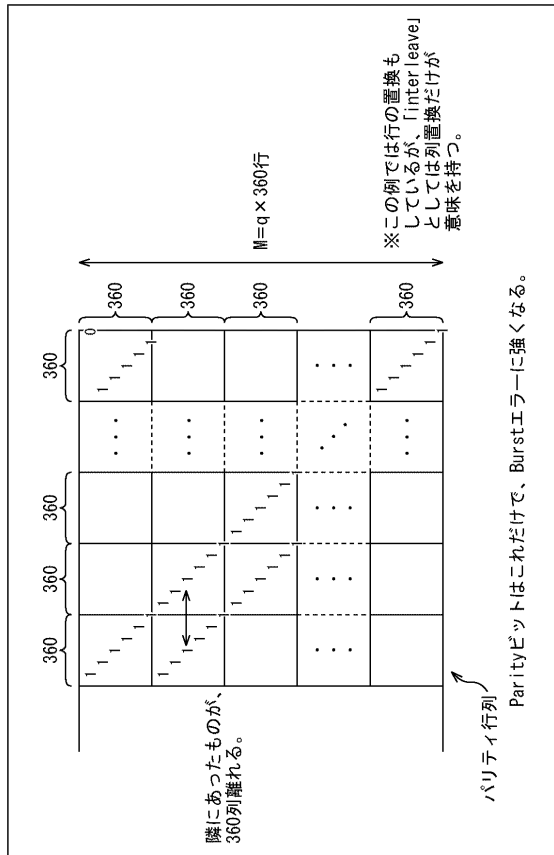
【 図 1 5 】

図15



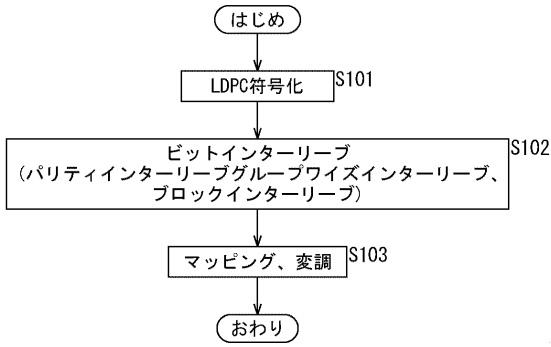
【 図 1 6 】

図16



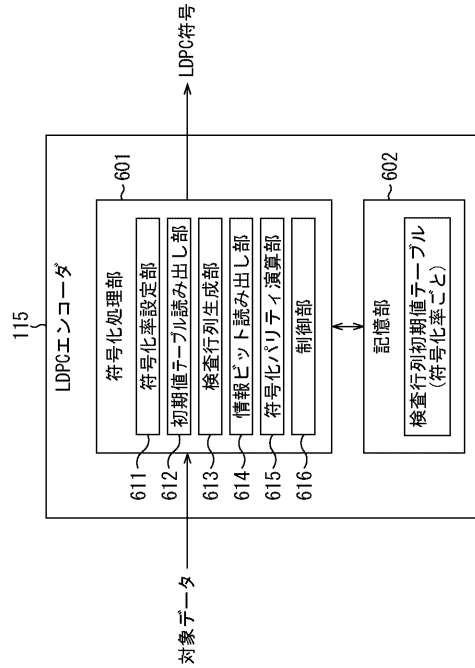
【 図 1 7 】

図17



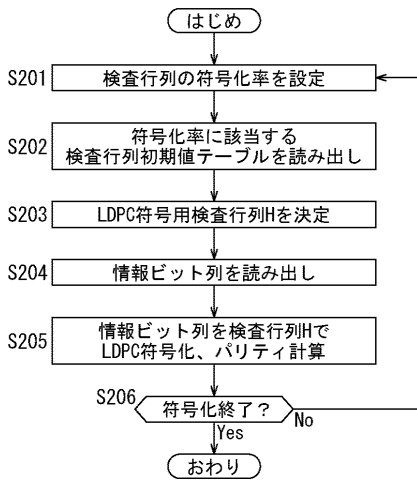
【 図 1 8 】

図18



【 図 1 9 】

図19



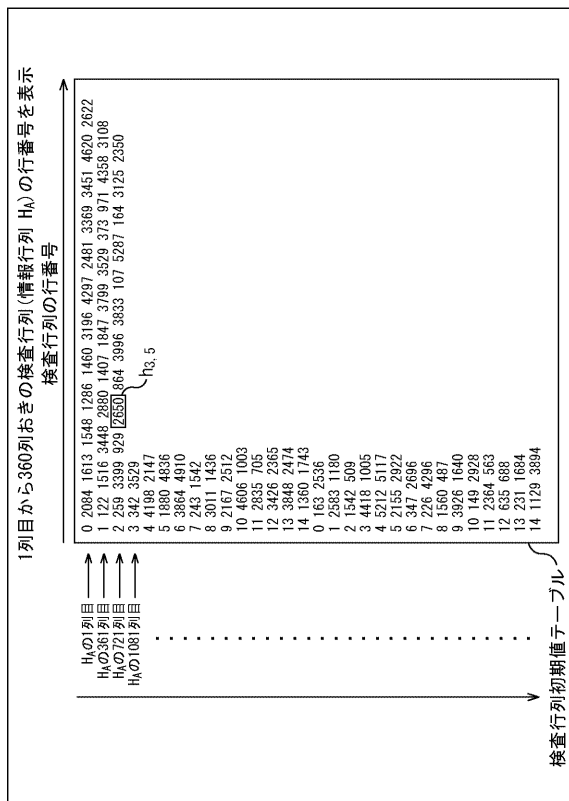
【 図 2 0 】

図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										

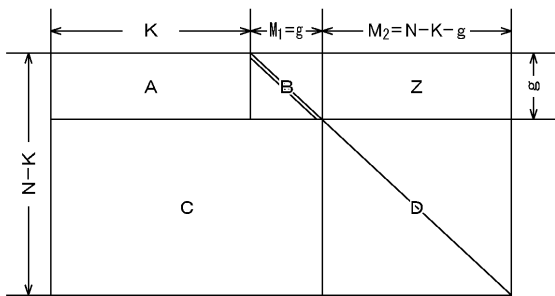
【 図 2 1 】

図21



【 図 2 2 】

図22



【 図 2 3 】

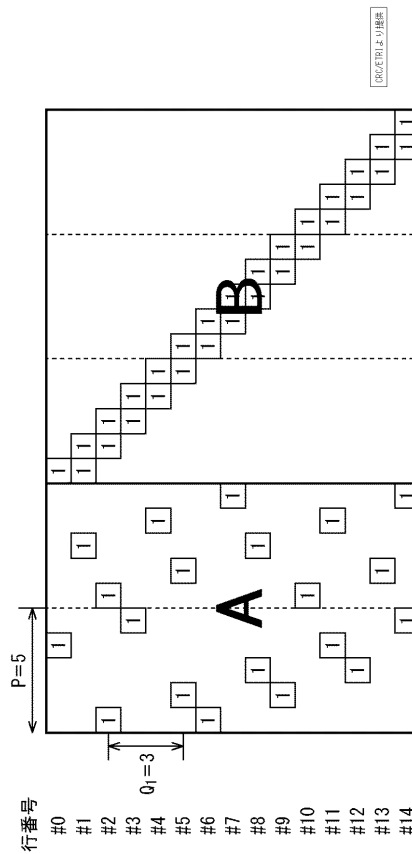
図23

2	6	18
2	10	19
22		
19		
15		

ORC/PTRIより提供

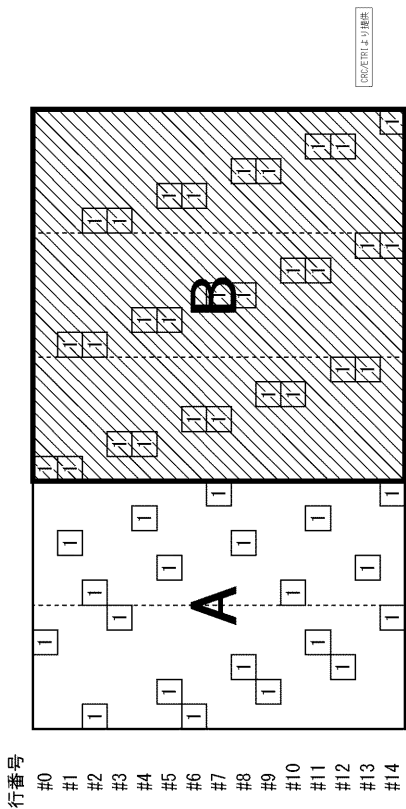
【 図 2 4 】

図24



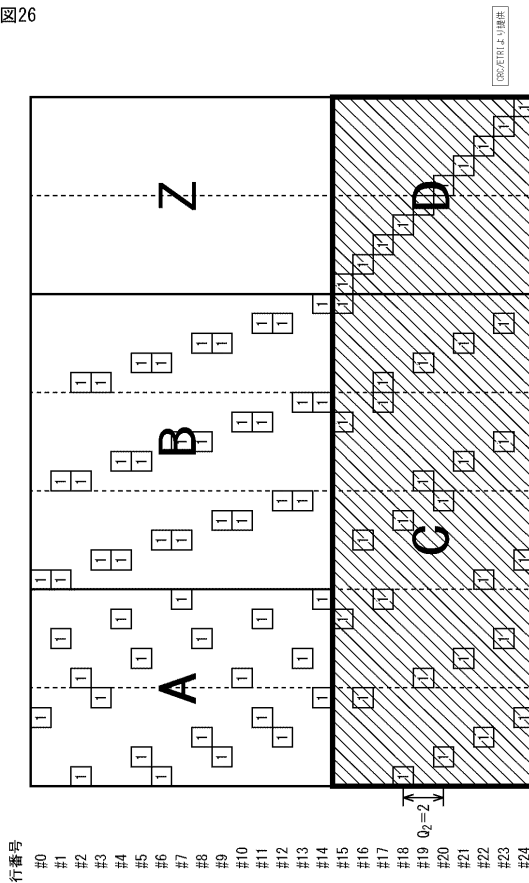
【 図 2 5 】

図25



【 図 2 6 】

図26





【 図 3 1 】

図31

N=16200, rate=10/15  
 352 747 894 1437 1688 1807 1883 2119 2159 3321 3400 3543 3588 3770 3821 4384 4  
 470 4884 5012 5036 5084 5101 5271 5281 5353  
 505 915 1156 1269 1518 1650 2153 2256 2344 2465 2509 2867 2875 3007 3254 3519  
 3687 4331 4439 4532 4940 5011 5076 5113 5367  
 268 346 650 919 1260 4389 4653 4721 4838 5054 5157 5162 5275 5362  
 220 236 828 1590 1792 3259 3647 4276 4281 4325 4963 4974 5003 5037  
 381 737 1099 1409 2364 2955 3228 3341 3473 3985 4257 4730 5173 5242  
 88 771 1640 1737 1803 2408 2575 2974 3167 3464 3780 4501 4901 5047  
 749 1502 2201 3189  
 2873 3245 3427  
 2158 2605 3165  
 1 3438 3606  
 10 3019 5221  
 371 2901 2923  
 9 3935 4683  
 1937 3502 3735  
 507 3128 4994  
 25 3854 4550  
 1178 4737 5366  
 2 223 5304  
 1146 5175 5197  
 1816 2313 3649  
 740 1951 3844  
 1320 3703 4791  
 1754 2905 4058  
 7 917 5277  
 3048 3954 5396  
 4804 4824 5105  
 2812 3895 5226  
 0 5318 5358  
 1483 2324 4826  
 2266 4752 5387

【 図 3 2 】

図32

N=16200, rate=12/15  
 3 394 1014 1214 1361 1477 1534 1660 1856 2745 2987 2991 3124 3155  
 59 136 528 781 803 928 1293 1489 1944 2041 2200 2613 2690 2847  
 155 245 311 621 1114 1269 1281 1783 1995 2047 2672 2803 2885 3014  
 79 870 974 1326 1449 1531 2077 2317 2467 2627 2811 3083 3101 3132  
 4 582 660 902 1048 1482 1697 1744 1928 2628 2699 2728 3045 3104  
 175 395 429 1027 1061 1068 1154 1168 1175 2147 2359 2376 2613 2882  
 1388 2241 3118 3148  
 143 506 2067 3148  
 1594 2217 2705  
 398 988 2551  
 1149 2588 2654  
 678 2844 3115  
 1508 1547 1954  
 1199 1267 1710  
 2589 3163 3207  
 1 2583 2974  
 2766 2897 3166  
 929 1823 2742  
 1113 3007 3239  
 1753 2478 3127  
 0 509 1811  
 1672 2646 2984  
 965 1462 3230  
 3 1077 2917  
 1183 1316 1662  
 968 1593 3239  
 64 1996 2226  
 1442 2058 3181  
 513 973 1058  
 1263 3185 3229  
 681 1394 3017  
 419 2853 3217  
 3 2404 3175  
 2417 2792 2854  
 1879 2940 3235  
 647 1704 3060

【 図 3 3 】

図33

N=64800, rate=7/15  
 7 15 26 69 1439 3712 5756 5792 5911 8456 10579 19462 19782 21709 23214 25142 2  
 6040 30206 30475 31211 31427 32105 32989 33082 33502 34116 34241 34288 34292 343  
 18 34373 34390 34465  
 83 1159 2271 6500 6807 7823 10344 10700 13367 14162 14242 14352 15015 17301 18  
 952 20811 24974 25795 27868 28081 33077 33204 33262 33350 33516 33677 33680 3393  
 0 34090 34250 34290 34377 34398  
 25 2281 2995 3321 6006 7482 8428 11489 11601 14011 17409 26210 29945 30675 311  
 01 31355 31421 31543 31697 32056 32216 33282 33453 33487 33696 34044 34107 34213  
 34247 34261 34276 34467 34495  
 0 43 87 2530 4485 4595 9951 11212 12270 12344 15566 21335 24699 26580 28518 28  
 564 28812 29821 30418 31467 31871 32513 32597 33187 33402 33706 33838 33932 3397  
 7 34084 34283 34440 34473  
 81 3344 5540 7711 13308 15400 15885 18265 18632 22209 23657 27736 29158 29701  
 29845 30409 30654 30855 31420 31604 32519 32901 33267 33444 33525 33712 33878 34  
 031 34172 34432 34496 34502 34541  
 42 50 66 2501 4706 6715 6970 8637 9999 14555 22776 26479 27442 27984 28534 295  
 87 31309 31783 31907 31927 31934 32313 32369 32830 33364 33434 33553 33654 33725  
 33889 33962 34467 34482  
 6534 7122 8723 13137 13183 15818 18307 19324 20017 26389 29326 31464 32678 336  
 68 34217  
 50 113 2119 5038 5581 6397 6550 10987 22308 25141 25943 29299 30186 33240 3339  
 9  
 7262 8787 9246 10032 10505 13090 14587 14790 16374 19946 21129 25726 31033 336  
 60 33675  
 5004 5087 5291 7949 9477 11845 12698 14585 15239 17486 18100 18259 21409 21789  
 24280  
 28 82 3939 5007 6682 10312 12485 14384 21570 25512 26612 26854 30371 31114 326  
 89  
 437 3055 9100 9517 12369 19030 19950 21328 24196 24236 25928 28458 30013 32181  
 33560  
 18 3590 4832 7053 8919 21149 24256 26543 27266 30747 31839 32671 33089 33571 3  
 4296  
 2678 4569 4667 6551 7639 10057 24276 24563 25818 26592 27879 28028 29444 29873  
 34017  
 72 77 2874 9092 10041 13669 20676 20778 25566 28470 28888 30338 31772 32143 33  
 939  
 296 2196 7309 11901 14025 15733 16768 23587 25489 30936 31533 33749 34331 3443  
 1 34507  
 6 8144 12490 13275 14140 18706 20251 20644 21441 21938 23703 34190 34444 34463  
 34495  
 5108 14499 15734 19222 24895 25667 28359 28432 30411 30720 34161 34386 34465 3  
 4511 34522  
 61 89 3042 5524 12128 22505 22700 22919 24454 30526 33437 34114 34188 34490 34  
 502  
 11 83 4668 4856 6361 11633 15342 16393 16958 26613 29136 30917 32559 34346 345  
 04  
 3185 9728 25062  
 1643 5531 21573  
 2285 6088 24083

【 図 3 4 】

図34

78 14678 19119  
 49 13705 33535  
 21192 32280 32781  
 10753 21469 22084  
 10082 11950 13889  
 7861 25107 29167  
 14051 34171 34430  
 706 894 8316  
 29693 30445 32281  
 10202 30964 34448  
 15815 32453 34463  
 4102 21608 24740  
 4472 29399 31435  
 1162 7118 23226  
 4791 33548 34096  
 1084 34099 34418  
 1765 20745 33714  
 1302 21300 33655  
 33 8736 16646  
 53 18671 19089  
 21 572 2028  
 3339 11506 16745  
 285 6111 12643  
 27 10336 11586  
 21046 32728 34538  
 22215 24195 34026  
 19975 26938 29374  
 16473 26777 34212  
 20 29260 32784  
 35 31645 32837  
 26132 34410 34495  
 12446 20649 26851  
 6796 10992 31061  
 0 46 8420  
 10 636 22885  
 7183 16342 18305  
 1 5604 28258  
 6071 18675 34489  
 16786 25023 33323  
 3573 5081 10925  
 5067 31761 34415  
 3735 33534 34522  
 85 32829 34518  
 6555 23368 34559  
 22083 29335 29390  
 6738 21110 34316  
 120 4192 11123  
 3313 4144 20824  
 27783 28550 31034  
 6597 8164 34427

【 図 3 5 】

図35

18009 23474 32460  
 94 6342 12656  
 17 31962 34535  
 15091 24955 28545  
 15 3213 28298  
 26562 30236 34537  
 16832 20334 24628  
 4841 20669 26509  
 18055 23700 34534  
 23576 31496 34492  
 10699 13826 34440

【 図 3 6 】

図36

N=64800, rate=9/15  
 113 1557 3316 5680 6241 10407 13404 13947 14040 14353 15522 15698 16079 17363  
 19374 19543 20530 22833 24339  
 271 1361 6236 7006 7307 7333 12768 15441 15568 17923 18341 20321 21502 22023 2  
 3938 25351 25590 25876 25910  
 73 605 872 4008 6279 7653 10346 10799 12482 12935 13604 15909 16526 19782 2050  
 6 22804 23629 24859 25600  
 1445 1690 4304 4851 8919 9176 9252 13783 16076 16675 17274 18806 18882 20819 2  
 1958 22451 23869 23999 24177  
 1290 2337 5661 6371 8996 10102 10941 11360 12242 14918 16808 20571 23374 24046  
 25045 25060 25662 25783 25913  
 28 42 1926 3421 3503 8558 9453 10168 15820 17473 19571 19685 22790 23336 23367  
 23890 24061 25657 25680  
 0 1709 4041 4932 5968 7123 8430 9564 10596 11026 14761 19484 20762 20858 23803  
 24016 24795 25853 25863  
 29 1625 6500 6609 16831 18517 18568 18738 19387 20159 20544 21603 21941 24137  
 24269 24416 24803 25154 25395  
 55 66 871 3700 11426 13221 15001 16367 17601 18380 22796 23488 23938 25476 256  
 35 25678 25807 25857 25872  
 1 19 5958 8548 8860 11489 16845 18450 18469 19496 20190 23173 25262 25566 2566  
 8 25679 25858 25888 25915  
 7520 7690 8855 9183 14654 16695 17121 17854 18083 18428 19633 20470 20736 2172  
 0 22335 23273 25083 25293 25403  
 48 58 410 1299 3786 10668 18523 18963 20864 22106 22308 23033 23107 23128 2399  
 0 24286 24409 24595 25802  
 12 51 3894 6539 8276 10885 11644 12777 13427 14039 15954 17078 19053 20537 228  
 63 24521 25087 25463 25838  
 3509 8748 9581 11509 15884 16230 17583 19264 20900 21001 21310 22547 22756 229  
 59 24768 24814 25594 25626 25880  
 21 29 69 1448 2385 4601 6626 6667 10242 13141 13852 14137 18640 19951 22449 23  
 454 24431 25512 25814  
 18 53 7890 9934 10063 16728 19040 19809 20825 21522 21800 23582 24556 25031 25  
 547 25562 25733 25789 25906  
 4096 4582 5766 5894 6517 10027 12182 13247 15207 17041 18958 20133 20503 22228  
 24332 24613 25689 25855 25883  
 0 25 819 5539 7076 7536 7695 9532 13668 15051 17683 19665 20253 21996 24136 24  
 890 25758 25784 25807  
 34 40 44 4215 6076 7427 7965 8777 11017 15593 19542 22202 22973 23397 23423 24  
 418 24873 25107 25644  
 1595 6216 22850 25439  
 1562 15172 19517 22362  
 7508 12879 24324 24496  
 6298 15819 16757 18721  
 11173 15175 19966 21195  
 59 13505 16941 23793  
 2267 4830 12023 20587  
 8827 9278 13072 16664  
 14419 17463 23398 25348  
 6112 16534 20423 22698  
 493 8914 21103 24799

【 図 3 7 】

図37

6896 12761 13206 25873  
 2 1380 12322 21701  
 11600 21306 25753 25790  
 8421 13076 14271 15401  
 9630 14112 19017 20955  
 212 13932 21781 25824  
 5961 9110 16654 19636  
 58 5434 9936 12770  
 6575 11433 19798  
 2731 7338 20926  
 14253 18463 25404  
 21791 24805 25869  
 2 11646 15850  
 6075 8586 23819  
 18435 22093 24852  
 2103 2368 11704  
 10925 17402 18232  
 9062 25061 25674  
 18497 20853 23404  
 18606 19364 19551  
 7 1022 25543  
 6744 15481 25868  
 9081 17305 25164  
 8 23701 25883  
 9680 19955 22848  
 56 4564 19121  
 5595 15086 25892  
 3174 17127 23183  
 19397 19817 20275  
 12561 24571 25825  
 7111 9889 25865  
 19104 20189 21851  
 549 9686 25648  
 6586 20325 25906  
 3224 20710 21637  
 641 15215 25754  
 13484 23729 25818  
 2043 7493 24246  
 16860 25230 25768  
 22047 24200 24902  
 9391 18040 19499  
 7855 24336 25069  
 23834 25570 25852  
 1977 8800 25756  
 6671 21772 25859  
 3279 6710 24444  
 24099 25117 25820  
 5553 12306 25915  
 48 11107 23907  
 10832 11974 25773

【 図 3 8 】

図38

2223 17905 25484  
 16782 17135 20446  
 475 2861 3457  
 16218 22449 24362  
 11716 22200 25897  
 8315 15009 22633  
 13 20480 25852  
 12352 18658 25687  
 3681 14794 23703  
 30 24531 25846  
 4103 22077 24107  
 23837 25622 25812  
 3627 13387 25839  
 908 5367 19388  
 0 6894 25795  
 20322 23546 25181  
 8178 25260 25437  
 2449 13244 22565  
 31 18928 22741  
 1312 5134 14838  
 6085 13937 24220  
 66 14633 25670  
 47 22512 25472  
 8867 24704 25279  
 6742 21623 22745  
 147 9948 24178  
 8522 24261 24307  
 19202 22406 24609



【 図 3 9 】

図39

N=64800, rate=11/15  
 696 989 1238 3091 3116 3738 4269 6406 7033 8048 9157 10254 12033 16456 16912  
 444 1488 6541 8626 10735 12447 13111 13706 14135 15195 15947 16453 16916 17137  
 17268  
 401 460 992 1145 1576 1678 2238 2320 4280 6770 10027 12486 15363 16714 17157  
 1161 3108 3727 4508 5092 5348 5582 7727 11793 12515 12917 13362 14247 16717 17  
 205  
 542 1190 6883 7911 8349 8835 10489 11631 14195 15009 15454 15482 16632 17040 1  
 7063  
 17 487 776 880 5077 6172 9771 11446 12798 16016 16109 16171 17087 17132 17226  
 1337 3275 3462 4229 9246 10180 10845 10866 12250 13633 14482 16024 16812 17186  
 17241  
 15 980 2305 3674 5971 8224 11499 11752 11770 12897 14082 14836 15311 16391 172  
 09  
 0 3926 5869 8696 9351 9391 11371 14052 14172 14636 14974 16619 16961 17033 172  
 37  
 3033 5317 6501 8579 10698 12168 12966 14019 15392 15806 15991 16493 16690 1706  
 2 17090  
 981 1205 4400 6410 11003 13319 13405 14695 15846 16297 16492 16563 16616 16862  
 16953  
 1725 4276 8869 9588 14062 14486 15474 15548 16300 16432 17042 17050 17060 1717  
 5 17273  
 1807 5921 9960 10011 14305 14490 14872 15852 16054 16061 16306 16799 16833 171  
 36 17262  
 2826 4752 6017 6540 7016 8201 14245 14419 14716 15983 16569 16652 17171 17179  
 17247  
 1662 2516 3345 5229 8086 9686 11456 12210 14595 15808 16011 16421 16825 17112  
 17195  
 2890 4821 5987 7226 8823 9869 12468 14694 15352 15805 16075 16462 17102 17251  
 17263  
 3751 3890 4382 5720 10281 10411 11350 12721 13121 14127 14980 15202 15335 1673  
 5 17123  
 26 30 2805 5457 6630 7188 7477 7556 11065 16608 16859 16909 16943 17030 17103  
 40 4524 5043 5566 9645 10204 10282 11696 13080 14837 15607 16274 17034 17225 1  
 7266  
 904 3157 6284 7151 7984 11712 12887 13767 15547 16099 16753 16829 17044 17250  
 17259  
 7 311 4876 8334 9249 11267 14072 14559 15003 15235 15686 16331 17177 17238 172  
 53  
 4410 8066 8596 9631 10369 11249 12610 15769 16791 16960 17018 17037 17062 1716  
 5 17204  
 24 8261 9691 10138 11607 12782 12786 13424 13933 15262 15795 16476 17084 17193  
 17220  
 88 11622 14705 15890  
 304 2026 2638 6018  
 1163 4268 11620 17232  
 9701 11785 14463 17260  
 4118 10952 12224 17006  
 3647 10823 11521 12060  
 1717 3753 9199 11642

【 図 4 0 】

図40

2187 14280 17220  
 14787 16903 17061  
 381 3534 4294  
 3149 6947 8323  
 12562 16724 16881  
 7289 9997 15306  
 5615 13152 17260  
 5666 16926 17027  
 4190 7798 16831  
 4778 10629 17180  
 10001 13884 15453  
 6 2237 8203  
 7831 15144 15160  
 9186 17204 17243  
 9435 17168 17237  
 42 5701 17159  
 7812 14259 15715  
 39 4513 6658  
 38 9368 11273  
 1119 4785 17182  
 5620 16521 16729  
 16 6685 17242  
 210 3452 12383  
 466 14462 16250  
 10548 12633 13962  
 1452 6005 16453  
 22 4120 13684  
 5195 11563 16522  
 5518 16705 17201  
 12233 14552 15471  
 6067 13440 17248  
 8660 8967 17061  
 8673 12176 15051  
 5959 15767 16541  
 3244 12109 12414  
 31 15913 16323  
 3270 15686 16653  
 24 7346 14675  
 12 1531 8740  
 6228 7565 16667  
 16936 17122 17162  
 4868 8451 13183  
 3714 4451 16919  
 11313 13801 17132  
 17070 17191 17242  
 1911 11201 17186  
 14 17190 17254  
 11760 16008 16832  
 14543 17033 17278  
 16129 16765 17155

【 図 4 1 】

図41

6891 15561 17007  
 12741 14744 17116  
 8992 16661 17277  
 1861 11130 16742  
 4822 13331 16192  
 13281 14027 14989  
 38 14887 17141  
 10698 13452 15674  
 4 2539 16877  
 857 17170 17249  
 11449 11906 12867  
 285 14118 16831  
 15191 17214 17242  
 39 728 16915  
 2469 12969 15579  
 16644 17151 17164  
 2592 8280 10448  
 9236 12431 17173  
 9064 16892 17233  
 4526 16146 17038  
 31 2116 16083  
 15837 16951 17031  
 5362 8382 16618  
 6137 13199 17221  
 2841 15068 17068  
 24 3620 17003  
 9880 15718 16764  
 1784 10240 17209  
 2731 10293 10846  
 3121 8723 16598  
 8563 15662 17088  
 13 1167 14676  
 29 13850 15963  
 3654 7553 8114  
 23 4362 14865  
 4434 14741 16688  
 8362 13901 17244  
 13687 16736 17232  
 46 4229 13394  
 13169 16383 16972  
 16031 16681 16952  
 3384 9894 12580  
 9841 14414 16165  
 5013 17099 17115  
 2130 8941 17266  
 6907 15428 17241  
 16 1860 17235  
 2151 16014 16643  
 14954 15958 17222  
 3969 8419 15116

【 図 4 2 】

図42

31 15593 16984  
 11514 16605 17255

【 図 4 3 】

図43

N=64800, rate=13/15  
 142 2307 2598 2650 4028 4434 5781 5881 6016 6323 6681 6698 8125  
 2932 4928 5248 5256 5983 6773 6828 7789 8426 8494 8534 8539 8583  
 899 3295 3833 5399 6820 7400 7753 7890 8109 8451 8529 8564 8602  
 21 3060 4720 5429 5636 5927 6966 8110 8170 8247 8355 8365 8616  
 20 1745 2838 3799 4380 4418 4646 5059 7343 8161 8302 8456 8631  
 9 6274 6725 6792 7195 7333 8027 8186 8209 8273 8442 8548 8632  
 494 1365 2405 3799 5188 5291 7644 7926 8139 8458 8504 8594 8625  
 192 574 1179 4387 4695 5089 5831 7673 7789 8298 8301 8612 8632  
 11 20 1406 6111 6176 6256 6708 6834 7828 8232 8457 8495 8602  
 6 2654 3554 4483 4966 5866 6795 8069 8249 8301 8497 8509 8623  
 21 1144 2355 3124 6773 6805 6887 7742 7994 8358 8374 8580 8611  
 335 4473 4883 5528 6096 7543 7586 7921 8197 8319 8394 8489 8636  
 2919 4331 4419 4735 6366 6393 6844 7193 8165 8205 8544 8586 8617  
 12 19 742 930 3009 4330 6213 6224 7292 7430 7792 7922 8137  
 710 1439 1588 2434 3516 5239 6248 6827 8230 8448 8515 8581 8619  
 200 1075 1868 5581 7349 7642 7698 8037 8201 8210 8320 8391 8526  
 3 2501 4252 5256 5292 5567 6136 6321 6430 6486 7571 8521 8636  
 3062 4599 5885 6529 6616 7314 7319 7567 8024 8153 8302 8372 8598  
 105 381 1574 4351 5452 5603 5943 7467 7788 7933 8362 8513 8587  
 787 1857 3386 3659 6550 7131 7965 8015 8040 8312 8484 8525 8537  
 15 1118 4226 5197 5575 5761 6762 7038 8260 8338 8444 8512 8568  
 36 5216 5368 5616 6029 6591 8038 8067 8299 8351 8565 8578 8585  
 1 23 4300 4530 5426 5532 5817 6967 7124 7979 8022 8270 8437  
 629 2133 4828 5475 5875 5890 7194 8042 8345 8385 8518 8598 8612  
 11 1065 3782 4237 4993 7104 7863 7904 8104 8228 8321 8383 8565  
 2131 2274 3168 3215 3220 5597 6347 7812 8238 8354 8527 8557 8614  
 5600 6591 7491 7696  
 1766 8281 8626  
 1725 2280 5120  
 1650 3445 7652  
 4312 6911 8626  
 15 1013 5892  
 2263 2546 2979  
 1545 5873 7406  
 67 726 3697  
 2860 6443 8542  
 17 911 2820  
 1561 4580 6052  
 79 5269 7134  
 22 2410 2424  
 3501 5642 8627  
 808 6950 8571  
 4099 6389 7482  
 4023 5000 7833  
 5476 5765 7917  
 1008 3194 7207  
 20 495 5411  
 1703 8388 8635  
 6 4395 4921

【 図 4 4 】

図44

200 2053 8206  
 1089 5126 5562  
 10 4193 7720  
 1967 2151 4608  
 22 738 3513  
 3385 5066 8152  
 440 1118 8537  
 3429 6058 7716  
 5213 7519 8382  
 5564 8365 8620  
 43 3219 8603  
 4 5409 5815  
 5 6376 7654  
 4091 5724 5953  
 5348 6754 8613  
 1634 6398 8632  
 72 2058 8605  
 3497 5811 7579  
 3846 6743 8559  
 15 5933 8629  
 2133 5859 7068  
 4151 4617 8566  
 2960 8270 8410  
 2059 3617 8210  
 544 1441 6895  
 4043 7482 8592  
 294 2180 8524  
 3058 8227 8373  
 364 5756 8617  
 5383 8555 8619  
 1704 2480 4181  
 7338 7929 7990  
 2615 3905 7981  
 4298 4548 8296  
 8262 8319 8630  
 892 1893 8028  
 5694 7237 8595  
 1487 5012 5810  
 4335 8593 8624  
 3509 4531 5273  
 10 22 830  
 4161 5208 6280  
 275 7063 8634  
 4 2725 3113  
 2279 7403 8174  
 1637 3328 3930  
 2810 4939 5624  
 3 1234 7687  
 2799 7740 8616  
 22 7701 8636

【 図 4 5 】

図45

4302 7857 7993  
 7477 7794 8592  
 9 6111 8591  
 5 8606 8628  
 347 3497 4033  
 1747 2613 8636  
 1827 5600 7042  
 580 1822 6842  
 232 7134 7783  
 4629 5000 7231  
 951 2806 4947  
 571 3474 8577  
 2437 2496 7945  
 23 5873 8162  
 12 1168 7686  
 8315 8540 8596  
 1766 2506 4733  
 929 1516 3338  
 21 1216 6555  
 782 1452 8617  
 8 6083 6087  
 667 3240 4583  
 4030 4661 5790  
 559 7122 8553  
 3202 4388 4909  
 2533 3673 8594  
 1991 3954 6206  
 6835 7900 7980  
 189 5722 8573  
 2680 4928 4998  
 243 2579 7735  
 4281 8132 8566  
 7656 7671 8609  
 1116 2291 4166  
 21 388 8021  
 6 1123 8369  
 311 4918 8511  
 0 3248 6290  
 13 6762 7172  
 4209 5632 7563  
 49 127 8074  
 581 1735 4075  
 0 2235 5470  
 2178 5820 6179  
 16 3575 6054  
 1095 4564 6458  
 9 1581 5953  
 2537 6469 8552  
 14 3874 4844  
 0 3269 3551

【 図 4 6 】

図46

2114 7372 7926  
 1875 2388 4057  
 3232 4042 6663  
 9 401 583  
 13 4100 6584  
 2299 4190 4410  
 21 3670 4979

【 図 4 7 】

図47

N=64800, rate=6/15

1606 3402 4961 6751 7132 11516 12300 12482 12592 13342 13764 14123 21576 23946  
 24533 25376 25667 26836 31799 34173 35462 36153 36740 37085 37152 37468 37658  
 4621 5007 6910 8732 9757 11508 13099 15513 16335 18052 19512 21319 23663 25628  
 27208 31333 32219 33003 33239 33447 36200 36473 36938 37201 37283 37495 38642  
 16 1094 2020 3080 4194 5098 5631 6877 7889 8237 9804 10067 11017 11366 13136 1  
 3354 15379 18934 20199 24522 26172 28666 30386 32714 36390 37015 37162  
 700 897 1708 6017 6490 7372 7825 9546 10398 16605 18561 18745 21625 22137 2369  
 3 24340 24966 25015 26995 28586 28895 29687 33938 34520 34858 37056 38297  
 159 2010 2573 3617 4452 4958 5556 5832 6481 8227 9924 10836 14954 15594 16623  
 18065 19249 22394 22677 23408 23731 24076 24776 27007 28222 30343 38371  
 3118 3545 4768 4992 5227 6732 8170 9397 10522 11508 15536 20218 21921 28599 29  
 445 29758 29968 31014 32027 33685 34378 35867 36323 36728 36870 38335 38623  
 1264 4254 6936 9165 9486 9950 10861 11653 13697 13961 15164 15665 18444 19470  
 20313 21189 24371 26431 26999 28086 28251 29261 31981 34015 35850 36129 37186  
 111 1307 1628 2041 2524 5358 7988 8191 10322 11905 12919 14127 15515 15711 170  
 61 19024 21195 22902 23727 24401 24608 25111 25228 27338 35398 37794 38196  
 961 3035 7174 7948 13355 13607 14971 18189 18339 18665 18875 19142 20615 21136  
 21309 21758 23366 24745 25849 25982 27583 30006 31118 32106 36469 36583 37920  
 2990 3549 4273 4808 5707 6021 6509 7456 8240 10044 12262 12660 13085 14750 156  
 80 16049 21587 23997 25803 28343 28693 34393 34860 35490 36021 37737 38296  
 955 4323 5145 6885 8123 9730 11840 12216 19194 20313 23056 24248 24830 25268 2  
 6617 26801 28557 29753 30745 31450 31973 32839 33025 33296 35710 37366 37509  
 264 605 4181 4483 5156 7238 8863 10939 11251 12964 16254 17511 20017 22395 228  
 18 23261 23422 24064 26329 27723 28186 30434 31956 33971 34372 36764 38123  
 520 2562 2794 3528 3860 4402 5576 6963 8655 9018 9783 11933 16336 17193 17320  
 19035 20606 23579 23769 24123 24966 27866 32457 34011 34499 36620 37526  
 10106 10637 10906 34242  
 1856 15100 19378 21848  
 943 11191 27806 29411  
 4575 6359 13629 19383  
 4476 4953 18782 24313  
 5441 6381 21840 35943  
 9638 9763 12546 30120  
 9587 10626 11047 25700  
 4088 15298 28768 35047  
 2332 6363 8782 28863  
 4625 4933 28298 30289  
 3541 4918 18257 31746  
 1221 25233 26757 34892  
 8150 16677 27934 30021  
 8500 25016 33043 38070  
 7374 10207 16189 35811  
 611 18480 20064 38261  
 25416 27352 36089 38469  
 1667 17614 25839 32776  
 4118 12481 21912 37945  
 5573 13222 23619 31271  
 18271 26251 27182 30587  
 14690 26430 26799 34355

Samsungより提供

【 図 4 8 】

図48

13688 16040 20716 34558  
 2740 14957 23436 32540  
 3491 14365 14681 36858  
 4796 6238 25203 27854  
 1731 12816 17344 26025  
 19182 21662 23742 27872  
 6502 13641 17509 34713  
 12246 12372 16746 27452  
 1589 21528 30621 34003  
 12328 20515 30651 31432  
 3415 22656 23427 36395  
 632 5209 25958 31085  
 619 3690 19648 37778  
 9528 13581 26965 36447  
 2147 26249 26968 28776  
 15698 18209 30683  
 1132 19888 34111  
 4608 25513 38874  
 475 1729 34100  
 7348 32277 38587  
 182 16473 33082  
 3865 9678 21265  
 4447 20151 27618  
 6335 14371 38711  
 704 9695 28858  
 4856 9757 30546  
 1993 19361 30732  
 756 28000 29138  
 3821 24076 31813  
 4611 12326 32291  
 7628 21515 34995  
 1246 13294 30068  
 6466 33233 35865  
 14484 23274 38150  
 21269 36411 37450  
 23129 26195 37653

Samsungより提供

【 図 4 9 】

図49

N=64800, rate=8/15

2768 3039 4059 5856 6245 7013 8157 9341 9802 10470 11521 12083 16610 18361 203  
 21 24601 27420 28206 29788  
 2739 8244 8891 9157 12624 12973 15534 16622 16919 18402 18780 19854 20220 2054  
 3 22306 25540 27478 27678 28053  
 1727 2268 6246 7815 9010 9556 10134 10472 11389 14599 15719 16204 17342 17666  
 18850 22058 25579 25860 29207  
 28 1346 3721 5565 7019 9240 12355 13109 14800 16040 16839 17369 17631 19357 19  
 473 19891 20381 23911 29683  
 869 2450 4386 5316 6160 7107 10362 11132 11271 13149 16397 16532 17113 19894 2  
 2043 22784 27383 28615 28804  
 508 4292 5631 8559 10044 10412 11283 14810 15888 17243 17538 19903 20528 22090  
 22652 27235 27384 28208 28485  
 389 2248 5840 6043 7000 9054 11075 11760 12217 12565 13587 15403 19422 19528 2  
 1493 25142 27777 28566 28702  
 1015 2002 5764 6777 9346 9629 11039 11153 12690 13068 13990 16841 17702 20021  
 24106 26300 29332 30081 30196  
 1480 3084 3467 4401 4798 5187 7851 11368 12323 14325 14546 16360 17158 18010 2  
 1333 25612 26556 26906 27005  
 6925 8876 12392 14529 15253 15437 19226 19950 20321 23021 23651 24393 24653 26  
 668 27205 28269 28529 29041 29292  
 2547 3404 3538 4666 5126 5468 7695 8799 14732 15072 15881 17410 18971 19609 19  
 717 22150 24941 27908 29018  
 888 1581 2311 5511 7218 9107 10454 12252 13662 15714 15894 17025 18671 24304 2  
 5316 25556 28489 28977 29212  
 1047 1494 1718 4645 5030 6811 7868 8146 10611 15767 17682 18391 22614 23021 23  
 763 25478 26491 29088 29757  
 59 1781 1900 3814 4121 8044 8906 9175 11156 14841 15789 16033 16755 17292 1855  
 0 19310 22505 29567 29850  
 1952 3057 4399 9476 10171 10769 11335 11569 15002 19501 20621 22642 23452 2436  
 0 25109 25290 25828 28505 29122  
 2895 3070 3437 4764 4905 6670 9244 11845 13352 13573 13975 14600 15871 17996 1  
 9672 20079 20579 25327 27958  
 612 1528 2004 4244 4599 4926 5843 7684 10122 10443 12267 14368 18413 19058 229  
 85 24257 26202 26596 27899  
 1361 2195 4146 6708 7158 7538 9138 9998 14862 15359 16076 18925 21401 21573 22  
 503 24146 24247 27778 29312  
 5229 6235 7134 7655 9139 13527 15408 16058 16705 18320 19909 20901 22238 22437  
 23654 25131 27550 28247 29903  
 697 2035 4887 5275 6909 9166 11805 15338 16381 18403 20425 20688 21547 24590 2  
 5171 26726 28848 29224 29412  
 5379 17329 22659 23062  
 11814 14759 22329 22936  
 2423 2811 10296 12727  
 8460 15260 16769 17290  
 14191 14608 29536 30187  
 7103 10069 20111 22850  
 4285 15413 26448 29069  
 548 2137 9189 10928  
 4581 7077 23382 23949

Samsungより提供

【 図 5 0 】

図50

3942 17248 19486 27922  
 8668 10230 16922 26678  
 6158 9980 13788 28198  
 12422 16076 24206 29887  
 8778 10649 18747 22111  
 21029 22677 27150 28980  
 7918 15423 27672 27803  
 5927 18086 23525  
 3397 15058 30224  
 24016 25880 26268  
 1096 4775 7912  
 3259 17301 20802  
 129 8396 15132  
 17825 28119 28676  
 2343 8382 28840  
 3907 18374 20939  
 1132 1290 8786  
 1481 4710 28846  
 2185 3705 26834  
 5496 15681 21854  
 12697 13407 22178  
 12788 21227 22894  
 629 2854 6232  
 2289 18227 27458  
 7593 21935 23001  
 3836 7081 12282  
 7925 18440 23135  
 497 6342 9717  
 11199 22046 30067  
 12572 28045 28990  
 1240 2023 10933  
 19566 20629 25186  
 6442 13303 28813  
 4765 10572 16180  
 552 19301 24286  
 6782 18480 21383  
 11267 12288 15758  
 771 5652 15531  
 16131 20047 25649  
 13227 23035 24450  
 4839 13467 27488  
 2852 4677 22993  
 2504 28116 29524  
 12518 17374 24267  
 1222 11859 27922  
 9660 17286 18261  
 232 11296 29978  
 9750 11165 16295  
 4894 9505 23622  
 10861 11980 14110

Samsungより提供

【 図 5 1 】

図51

2128 15883 22836
6274 17243 21989
10866 13202 22517
11159 16111 21608
3719 18787 22100
1756 2020 23901
20913 29473 30103
2729 15091 26976
4410 8217 12963
5395 24564 28235
3859 17909 23051
5733 26005 29797
1935 3492 29773
11903 21380 29914
6091 10469 29997
2895 8930 15594
1827 10028 20070

Samsungより提供

【 図 5 2 】

図52

N=64800, rate=12/15

584 1472 1621 1867 3338 3568 3723 4185 5126 5889 7737 8632 8940 9725
221 445 590 3779 3835 6939 7743 8280 8448 8491 9367 10042 11242 12917
4662 4837 4900 5029 6449 6687 6751 8684 9936 11681 11811 11886 12089 12909
2418 3018 3647 4210 4473 7447 7502 9490 10067 11092 11139 11256 12201 12383
2591 2947 3349 3406 4417 4519 5176 6672 8498 8863 9201 11294 11376 12184
27 101 197 290 871 1727 3911 5411 6676 8701 9350 10310 10798 12439
1765 1897 2923 3584 3901 4048 6963 7054 7132 9165 10184 10824 11278 12669
2183 3740 4808 5217 5660 6375 6787 8219 8466 9037 10353 10583 11118 12762
73 1594 2146 2715 3501 3572 3639 3725 6959 7187 8406 10120 10507 10691
240 732 1215 2185 2788 2830 3499 3881 4197 4991 6425 7061 9756 10491
831 1568 1828 3424 4319 4516 4639 6018 9702 10203 10417 11240 11518 12458
2024 2970 3048 3638 3676 4152 5284 5779 5926 9426 9945 10873 11787 11837
1049 1218 1651 2328 3493 4363 5750 6483 7613 8782 9738 9803 11744 11937
1193 2060 2289 2964 3478 4592 4756 6709 7162 8231 8326 11140 11908 12243
978 2120 2439 3338 3850 4589 6567 8745 9656 9708 10161 10542 10711 12639
2403 2938 3117 3247 3711 5593 5844 5932 7801 10152 10226 11498 12162 12941
1781 2229 2276 2533 3582 3951 5279 5774 7930 9824 10920 11038 12340 12440
289 384 1980 2230 3464 3873 5958 8656 8942 9006 10175 11425 11745 12530
155 354 1090 1330 2002 2236 3559 3705 4922 5958 6576 8564 9972 12760
303 876 2059 2142 5244 5330 6644 7576 8614 9598 10410 10718 11033 12957
3449 3617 4408 4602 4727 6182 8835 8928 9372 9644 10237 10747 11655 12747
811 2565 2820 8677 8974 9632 11069 11548 11839 12107 12411 12695 12812 12890
972 4123 4943 6385 6449 7339 7477 8379 9177 9359 10074 11709 12552 12831
842 973 1541 2262 2905 5276 6758 7099 7894 8128 8325 8663 8875 10050
474 791 968 3902 4924 4965 5085 5908 6109 6329 7931 9038 9401 10568
1397 4461 4658 5911 6037 7127 7318 8678 8924 9000 9473 9602 10446 12692
1334 7571 12881
1393 1447 7972
633 1257 10597
4843 5102 11056
3294 8015 10513
1108 10374 10546
5353 7824 10111
3398 7674 8569
7719 9478 10503
2997 9418 9581
5777 6519 11229
1966 5214 9899
6 4088 5827
836 9248 9612
483 7229 7548
7865 8289 9804
2915 11098 11900
6180 7096 9481
1431 6786 8924
748 6757 8625
3312 4475 7204
1852 8958 11020
1915 2903 4006

Samsungより提供

【 図 5 3 】

図53

6776 10886 12531
2594 9998 12742
159 2002 12079
853 3281 3762
5201 5798 6413
3882 6062 12047
4133 6775 9657
228 6874 11183
7433 10728 10864
7735 8073 12734
2844 4621 11779
3909 7103 12804
6002 9704 11060
5864 6856 7681
3652 5869 7605
2546 2657 4461
2423 4203 9111
244 1855 4691
1106 2178 6371
391 1617 10126
250 9259 10603
3435 4614 6924
1742 8045 9529
7667 8875 11451
4023 6108 6911
8621 10184 11650
6726 10861 12348
3228 6302 7388
1 1137 5358
381 2424 8537
3256 7508 10044
1980 2219 4569
2468 5699 10319
2803 3314 12808
8578 9642 11533
829 4585 7923
59 329 5575
1067 5709 6867
1175 4744 12219
109 2518 6756
2105 10626 11153
5192 10696 10749
6260 7641 8233
2998 3094 11214
3398 6466 11494
6574 10448 12160
2734 10755 12780
1028 7958 10825
8545 8602 10793
392 3398 11417

Samsungより提供

【 図 5 4 】

図54

6639 9291 12571
1067 7919 8934
1064 2848 12753
6076 8656 12690
5504 6193 10171
1951 7156 7356
4389 4780 7889
526 4804 9141
1238 3648 10464
2587 5624 12557
5560 5903 11963
1134 2570 3297
10041 11583 12157
1263 9585 12912
3744 7898 10646
45 9074 10315
1051 6188 10038
2242 8394 12712
3598 9025 12651
2295 3540 5610
1914 4378 12423
1766 3635 12759
5177 9586 11143
943 3590 11649
4864 6905 10454
5852 6042 10421
6095 8285 12349
2070 7171 8563
718 12234 12716
512 10667 11353
3629 6485 7040
2880 8865 11466
4490 10220 11796
5440 8819 9103
5262 7543 12411
516 7779 10940
2515 5843 9202
4684 5994 10586
573 2270 3324
7870 8317 10322
6856 7638 12909
1583 7669 10781
8141 9085 12555
3903 5485 9992
4467 11998 12904

Samsungより提供

【 図 5 5 】

図55

N=16200, rate=6/15	
27	430 519 828 1897 1943 2513 2600 2640 3310 3415 4266 5044 5100 5328 5483 592
8	6204 6392 6416 6602 7019 7415 7623 8112 8485 8724 8994 9445 9667
17	174 188 631 1172 1427 1779 2217 2270 2601 2813 3196 3582 3895 3908 3948 446
3	4955 5120 5809 5988 6478 6604 7096 7673 7735 7795 8925 9613 9670
27	370 617 852 910 1030 1326 1521 1606 2118 2248 2909 3214 3413 3623 3742 3752
4317	4694 5300 5687 6039 6100 6232 6491 6621 6860 7304 8542 8634
990	1753 7635 8540
933	1415 5666 8745
27	6567 8707 9216
2341	8692 9580 9615
260	1092 5839 6080
352	3750 4847 7726
4610	6580 9506 9597
2512	2974 4814 9348
1461	4021 5060 7009
1796	2883 5553 8306
1249	5422 7057
3965	6968 9422
1498	2931 5092
27	1090 6215
26	4232 6354

LOGより提供

【 図 5 6 】

図56

N=16200, rate=7/15	
553	742 901 1327 1544 2179 2519 3131 3280 3603 3789 3792 4253 5340 5934 5962 6
004	6698 7793 8001 8058 8126 8276 8559
503	590 598 1185 1266 1336 1806 2473 3021 3356 3490 3680 3936 4501 4659 5891 6
132	6340 6602 7447 8007 8045 8059 8249
795	831 947 1330 1502 2041 2328 2513 2814 2829 4048 4802 6044 6109 6461 6777 6
800	7099 7126 8095 8428 8519 8556 8610
601	787 899 1757 2259 2518 2783 2816 2823 2949 3396 4330 4494 4684 4700 4837 4
881	4975 5130 5464 6554 6912 7094 8297
4229	5628 7917 7992
1506	3374 4174 5547
4275	5650 8208 8533
1504	1747 3433 6345
3659	6955 7575 7852
607	3002 4913 6453
3533	6860 7895 8048
4094	6366 8314
2206	4513 5411
32	3882 5149
389	3121 4626
1308	4419 6520
2092	2373 6849
1815	3679 7152
3582	3979 6948
1049	2135 3754
2276	4442 6591

LOGより提供

【 図 5 7 】

図57

N=16200, rate=9/15	
212	255 540 967 1033 1517 1538 3124 3408 3800 4373 4864 4905 5163 5177 6186
275	660 1351 2211 2876 3063 3433 4088 4273 4544 4618 4632 5548 6101 6111 6136
279	335 494 865 1662 1681 3414 3775 4252 4595 5272 5471 5796 5907 5986 6008
345	352 3094 3188 4297 4338 4490 4865 5303 6477
222	681 1218 3169 3850 4878 4954 5666 6001 6237
172	512 1536 1559 2179 2227 3334 4049 6464
716	934 1694 2890 3276 3608 4332 4468 5945
1133	1593 1825 2571 3017 4251 5221 5639 5845
1076	1222 6465
159	5064 6078
374	4073 5357
2833	5526 5845
1594	3639 5419
1028	1392 4239
115	622 2175
300	1748 6245
2724	3276 5349
1433	6117 6448
485	663 4955
711	1132 4315
177	3266 4339
1171	4841 4982
33	1584 3692
2820	3485 4249
1716	2428 3125
250	2275 6338
108	1719 4961

LOGより提供

【 図 5 8 】

図58

N=16200, rate=11/15	
49	719 784 794 968 2382 2685 2873 2974 2995 3540 4179
272	281 374 1279 2034 2067 2112 3429 3613 3815 3838 4216
206	714 820 1800 1925 2147 2168 2769 2806 3253 3415 4311
62	159 166 605 1496 1711 2652 3016 3347 3517 3654 4113
363	733 1118 2062 2613 2736 3143 3427 3664 4100 4157 4314
57	142 436 983 1364 2105 2113 3074 3639 3835 4164 4242
870	921 950 1212 1861 2128 2707 2993 3730 3968 3983 4227
185	2684 3263
2035	2123 2913
883	2221 3521
1344	1773 4132
438	3178 3650
543	756 1639
1057	2337 2898
171	3298 3929
1626	2960 3503
484	3050 3323
2283	2336 4189
2732	4132 4318
225	2335 3497
600	2246 2658
1240	2790 3020
301	1097 3539
1222	1267 2594
1364	2004 3603
1142	1185 2147
564	1505 2086
697	991 2908
1467	2073 3462
2574	2818 3637
748	2577 2772
1151	1419 4129
164	1238 3401

LOGより提供

【 図 5 9 】

図59

N=16200, rate=13/15  
 71 334 645 779 786 1124 1131 1267 1379 1554 1766 1798 1939  
 6 183 364 506 512 922 972 981 1039 1121 1537 1840 2111  
 6 71 153 204 253 268 781 799 873 1118 1194 1661 2036  
 6 247 353 581 921 940 1108 1146 1208 1268 1511 1527 1671  
 6 37 466 548 747 1142 1203 1271 1512 1516 1837 1904 2125  
 6 171 863 953 1025 1244 1378 1396 1723 1783 1816 1914 2121  
 1268 1360 1647 1769  
 6 458 1231 1414  
 183 535 1244 1277  
 107 360 498 1456  
 6 2007 2059 2120  
 1480 1523 1670 1927  
 139 573 711 1790  
 6 1541 1889 2023  
 6 374 957 1174  
 287 423 872 1285  
 6 1809 1916  
 65 818 1396  
 590 766 2107  
 192 814 1843  
 775 1163 1256  
 42 735 1415  
 334 1008 2055  
 109 596 1785  
 406 534 1852  
 684 719 1543  
 401 465 1040  
 112 392 621  
 82 897 1950  
 887 1962 2125  
 793 1088 2159  
 723 919 1139  
 610 839 1302  
 218 1080 1816  
 627 1646 1749  
 496 1165 1741  
 916 1055 1662  
 182 722 945  
 5 595 1674

L区より提供

【 図 6 0 】

図60

N=64800, rate=10/15  
 316 1271 3692 9495 12147 12849 14928 16671 16938 17864 19108 20502 21097 21115  
 2341 2559 2643 2816 2865 5137 5331 7000 7523 8023 10439 10797 13208 15041  
 5556 6858 7677 10162 10207 11349 12321 12398 14787 15743 15859 15952 19313 208  
 79  
 349 573 910 2702 3654 6214 9246 9353 10638 11772 14447 14953 16620 19888  
 204 1390 2887 3835 6230 6533 7443 7876 9299 10291 10896 13960 18287 20086  
 541 2429 2838 7144 8523 8637 10490 10585 11074 12074 15762 16812 17900 18548  
 733 1659 3838 5323 5805 7882 9429 10682 13697 16909 18846 19587 19592 20904  
 1134 2136 4631 4653 4718 5197 10410 11666 14996 15305 16048 17417 18960 20303  
 734 1001 1283 4959 10016 10176 10973 11578 12051 15550 15915 19022 19430 20121  
 745 4057 5855 9885 10594 10989 13156 13219 13351 13631 13685 14577 17713 20386  
 968 1446 2130 2502 3092 3787 5323 8104 8418 9998 11681 13972 17747 17929  
 3020 3857 5275 5786 6319 8608 11943 14062 17144 17752 18001 18453 19311 21414  
 709 747 1038 2181 5320 8292 10584 10859 13964 15009 15277 16953 20675 21509  
 1663 3247 5003 5760 7186 7360 10346 14211 14717 14792 15155 16128 17355 17970  
 516 578 1914 6147 9419 11148 11434 13289 13325 13332 19106 19257 20962 21556  
 5009 5632 6531 9430 9886 10621 11765 13969 16178 16413 18110 18249 20616 20759  
 457 2686 3318 4608 5620 5858 6480 7430 9602 12691 14664 18777 20152 20848  
 33 2877 5334 6851 7907 8654 10688 15401 16123 17942 17969 18747 18931 20224  
 87 897 7636 8663 11425 12288 12672 14199 16435 17615 17950 18953 19667 20281  
 1042 1832 2545 2719 2947 3672 3700 6249 6398 6833 11114 14283 17694 20477  
 326 488 2662 2880 3009 5357 6587 8882 11604 14374 18781 19051 19057 20508  
 854 1294 2436 2852 4903 6466 7761 9072 9564 10321 13638 15658 16946 19119  
 194 899 1711 2408 2786 5391 7108 8079 8716 11453 17303 19484 20989 21389  
 1631 3121 3994 5005 7810 8850 10315 10589 13407 17162 18624 18758 19311 20301  
 736 2424 4792 5600 6370 10061 16053 16775 18600  
 1254 8163 8876 9157 12141 14587 16545 17175 18191  
 388 6641 8974 10607 10716 14477 16825 17191 18400  
 5578 6082 6824 7360 7745 8655 11402 11665 12428  
 3603 8729 13463 14698 15210 19112 19550 20727 21052  
 48 1732 3805 5158 15442 16909 19854 21071 21579  
 11707 14014 21531  
 1542 4133 4925  
 10083 13505 21198  
 14300 15765 16752  
 778 1237 11215  
 1325 3199 14534  
 2007 14510 20599  
 1996 5881 16429  
 5111 15018 15980  
 4989 10681 12810  
 3763 10715 16515  
 2259 10080 15642  
 9032 11319 21305  
 3915 15213 20884  
 11150 15022 20201  
 1147 6749 19625  
 12139 12939 18870  
 3840 4634 10244

L区より提供

【 図 6 1 】

図61

1018 10231 17720  
 2708 13056 13393  
 5781 11588 18888  
 1345 2036 5252  
 5908 8143 15141  
 1804 13693 18640  
 10433 13965 16950  
 9568 10122 15945  
 547 6722 14015  
 321 12844 14095  
 2632 10513 14936  
 6369 11995 20321  
 9920 19136 21529  
 1990 2726 10183  
 5763 12118 15467  
 503 10006 19564  
 9839 11942 19472  
 11205 13552 15389  
 8841 13797 19697  
 124 6053 18224  
 6477 14406 21146  
 1224 8027 16011  
 3046 4422 17717  
 739 12308 17760  
 4014 4130 7835  
 2266 5652 11981  
 2711 7970 18317  
 2196 15229 17217  
 8636 13302 16764  
 5612 15010 16657  
 615 1249 4639  
 3821 12073 18506  
 1066 16522 21536  
 11307 18363 19740  
 3240 8560 10391  
 3124 11424 20779  
 1604 8861 17394  
 2083 7400 8093  
 3218 7454 9155  
 9855 15998 20533  
 316 2850 20652  
 5683 9768 10333  
 7147 7713 18339  
 12607 17428 21418  
 14216 16954 18164  
 8477 15970 18488  
 1632 8032 9751  
 4573 9080 13507  
 11747 12441 13876  
 1183 15605 16675

L区より提供

【 図 6 2 】

図62

4408 10264 17109  
 5495 7882 12150  
 1010 3763 5065  
 9828 18054 21599  
 6342 7353 15358  
 6362 9462 19999  
 7184 13693 17622  
 4343 4654 10995  
 7099 8466 18520  
 11505 14395 15138  
 6779 16691 18726  
 7146 12644 20196  
 5865 16728 19634  
 4657 8714 21246  
 4580 5279 18750  
 3767 6620 18905  
 9209 13093 17575  
 12486 15875 19791  
 8046 14636 17491  
 2120 4643 13206  
 6186 9675 12601  
 784 5770 21585

L区より提供

【 図 6 3 】

図63

N=64800, rate=9/15

218 592 1116 2229 2989 3217 3922 4338 5063 7196 8516 9168 10774 12013 12355 12 485 13238 13315 13365 15102 16325 16379 17222 17866 19091 21096 21677 22183 2288 4 23023 23059 23295 23694 24888 25755

142 556 754 1359 1813 2861 3733 4015 4103 4137 4590 5431 7423 8429 9924 10043 11764 12672 13476 14250 15182 15575 16835 16993 17014 17993 18328 19778 20 782 22151 22347 23841 25434 25647

8 1287 1813 2927 4094 4691 5599 7087 7503 8777 9100 11299 11310 12283 12638 12 774 12983 13161 13750 13899 14093 14581 15066 18310 19537 21141 21530 21920 2272 6 23080 23250 23588 23749 25129 25493

170 2231 2273 4646 5468 5912 7624 7804 8019 8715 9157 10173 10978 13144 14209 14508 15118 15510 16699 17285 18189 18842 19164 19242 19568 20657 20745 22599 22 754 24105 24136 24644 25091 25259 25476

611 3593 5689 5980 6779 7830 8200 8420 8701 10161 10601 10863 11251 11540 1230 6 12364 12396 13247 13256 13454 13683 13810 13912 14254 14665 15530 16749 18022 21173 21359 21564 21860 23562 23936 25873

225 490 1197 1357 2322 3436 3759 5720 5886 10068 10994 12476 13186 13403 13774 14376 14505 14946 15555 16515 17068 17581 18317 19533 19993 20376 20597 21656 2 3103 23230 23860 24883 25100 25576 25835

910 1479 3144 3600 4255 5851 6277 6587 7337 8562 9592 11428 11534 12127 12452 13565 14336 15311 15470 16915 17520 18194 18324 18385 18575 19627 20126 20219 21 108 21294 22218 22466 22541 23614 24218

120 6693 11582 11756 14656 16088 24473 24811 990 3571 8517 10259 14187 15732 17864 23697

2366 5536 8236 14281 16178 19247 25431 25641 9056 10221 16011 17287 22095 22694 23634 24541

1138 3241 4444 11816 14651 17585 20317 24036 3166 5421 7828 11855 13148 16492 22830 25181

3644 5858 7555 12551 14018 15716 20181 20877 3405 7546 10508 12355 12455 16386 22014 22846

5305 12878 13734 15949 16747 17458 18068 23552 2717 4365 5192 9626 11487 17811 24163 25201

4705 5787 12649 14298 15570 19876 23193 24688 3394 4960 9629 11445 19031 23128 23563 25774

1648 4768 8372 11388 11448 13373 14773 15814 4043 10049 13225 14765 18206 19663 20316 25534

8820 15709 17949 18383 18624 19746 23007 25346 221 10075 12281 13163 16430 18834 20637 21646

264 296 2837 4856 9223 10324 16336 18557 4532 7935 12782 16508 17549 21310 23929 24846

5143 5666 6753 8248 12394 13840 14926 15611 4289 9811 10826 11025 11425 15667 20767 25246

1826 4386 6372 6698 7467 20479 23360 24751 740 1873 3727 8628 11803 21326 24482 25134

315 664 2026 10700 12624 21194 24678 24802 8431 9604 11559 12120 19557 21047 21161 21584

6275 8787 9830 10580 12795 15287 20794 21063 3780 7735 9717 10410 14334 19217 24239 24857

4214 9796 10451 17817 18072 18697 19265 24591 2497 5485 6337 10065 13070 14240 20115 23668

CRCより提供

【 図 6 4 】

図64

750 14148 17061 18247 22764 23024 24172 25347 8665 9325 11559 13331 20047 20633 22239 24771 2380 6028 6722 7577 10971 12640 25689 25899 726 2719 3466 4360 4490 4570 14908 21224 9935 11724 17848 20984 3206 5876 21624 22202 2016 6467 18748 21565 8700 14455 25199 3226 4420 10829 14098 15408 17937 974 3658 7162 112 3354 12949 2534 5898 8903 1419 8178 8313 11829 19776 25767 15438 17714 19803 220 2577 9487 158 5317 9608 3503 11020 23289 11919 14584 19928 1594 3696 16179 10671 16931 17471 1753 4357 7056 3522 12686 17448 6249 7005 16719 1635 2568 13330 6630 9681 24490 5839 9707 15176 5793 21197 22913 8105 19194 24006 2614 11400 20796 11519 13935 20122 4911 17744 20743 5136 6333 25790 7467 12085 25881 2460 10009 24753 7494 7741 11636 8801 12817 24194 14311 15139 16691 826 3907 19556 5009 10578 17371 953 6240 6283 7644 13421 18814 11899 12118 24827 10905 19182 21977 9089 20001 23153 2195 8597 23530 11195 15694 25877 5761 12774 20592 14546 19182 22537

CRCより提供

【 図 6 5 】

図65

6708 16466 21216 5969 14367 21850 4267 10268 16960 7643 15766 25598 7842 17639 23802 10516 11135 13663 483 5940 7305 9003 11614 22948 21555 24593 25102 3680 7927 19104 10255 13278 20938 16574 18589 19391 7647 16916 18999 740 6115 18541 4233 10673 17021 3520 10970 11696 5172 19013 24821 4867 19496 23534 16451 19269 20178 9275 12726 13369 6508 10234 10389 4614 6489 11229 1861 12769 15928

CRCより提供

【 図 6 7 】

図67

N=64800, rate=5/15

221 1011 1218 4299 7143 8728 11072 15533 17356 33909 36833 360 1210 1375 2313 3493 16822 21373 23588 23656 26267 34098 544 1347 1433 2457 9186 10945 13583 14858 19195 34606 37441 37 596 715 4134 8091 12106 24307 24658 34108 40591 42883 235 398 1204 2075 6742 11670 13512 23231 24784 27915 34752 204 873 890 13550 16570 19774 34012 35249 37655 39885 42890 221 371 514 11984 14972 15690 28827 29069 30531 31018 43121 280 549 1435 1889 3310 10234 11575 15243 20748 30469 36005 223 666 1248 13304 14433 14732 18943 21248 23127 38529 39272 370 819 1065 9461 10319 25294 31958 33542 37458 39681 40039 585 870 1028 5087 5216 12228 16216 16381 16937 27132 27893 164 1617 1210 7386 11151 20413 22713 23134 24188 36771 38992 298 511 809 4620 7347 8873 19602 24162 29198 34304 41145 105 830 1212 2415 14759 15440 16361 16748 22123 32684 42575 659 665 668 6458 22130 25972 30697 31074 32048 36078 37129 91 808 953 8015 8988 13492 13987 15979 28355 34509 39698 594 983 1265 3028 4029 9366 11069 11512 27066 40839 41639 506 740 1321 1484 10747 16376 17384 20285 31502 39825 42606 338 556 975 2022 3578 18689 18772 19826 22914 24733 27431 709 1264 1366 4617 8893 25226 27800 29080 30277 37781 39644 840 1179 1338 2973 3541 7043 12712 15005 17149 19910 36795 1009 1267 1380 4919 12679 22889 29638 30987 34637 36232 37284 466 913 1247 1646 3049 5924 9014 20539 34546 35029 36540 374 697 984 1654 5870 10883 11684 20294 28888 31612 34031 117 240 635 5093 8673 11323 12456 14145 21397 39619 42559 122 1265 1427 13528 14282 15241 16852 17227 34723 36836 39791 595 1180 1310 6952 17916 24725 24971 27243 29555 32138 35987 140 470 1017 13222 13253 18462 20806 21117 28673 31598 37235 7 710 1072 8014 10804 13303 14292 16690 26676 36443 41966 48 189 759 12438 14523 16388 23178 27315 28656 29111 29694 285 387 410 4294 4467 5949 25386 27898 34880 41169 42614 474 545 1320 10506 13186 18126 27110 31498 35353 36193 37322 1075 1130 1424 11390 13312 14161 16927 25071 25844 34287 38151 161 396 427 5944 17281 22201 25218 30143 35566 38261 42513 233 247 694 1446 3180 3507 9069 20764 21940 33422 39358 271 508 1013 6271 21760 21858 24887 29808 31099 35475 39924 8 674 1329 3135 5110 14460 28108 28388 31043 31137 31863 1035 1222 1409 8287 16083 24450 24888 29356 30329 37834 39684 391 1090 1128 1866 4095 10643 13121 14499 20056 22195 30593 55 1601 4022 6289 6837 8791 17937 21425 26602 30461 37241 110 377 1228 6875 13253 17032 19008 23274 32285 33452 41630 360 638 1355 5933 12593 13533 23377 23881 24586 26440 41663 535 1240 1333 3354 10860 16032 32573 34908 34957 39255 40759 526 936 1321 7992 10260 18527 28248 29356 32636 34666 35552 336 785 875 7530 13062 13075 18925 27963 28703 33688 36502 36 591 1062 1518 3821 7048 11197 17781 19408 22731 24783 214 1145 1223 1546 9475 11170 16061 21273 38688 40051 42479 1136 1226 1423 20227 22573 24951 26462 29586 34915 42441 43048 26 276 1425 6048 7224 7917 8747 27559 28515 35002 37649

CRC/ETRIより提供

【 図 6 6 】

図66

N=16200, rate=5/15

69 244 706 5145 5994 6066 6763 6815 8509 257 541 618 3933 6188 7048 7484 8424 9104 69 500 536 1494 1669 7075 7553 8202 10305 11 189 340 2103 3199 6775 7471 7918 10530 333 400 434 1806 3264 5693 8534 9274 10344 111 129 260 3562 3676 3680 3809 5169 7308 8280 100 303 342 3133 3952 4226 4713 5053 5717 9931 83 87 374 828 2460 4943 6311 8657 9272 9571 114 166 325 2680 4698 7703 7886 8791 9978 10684 281 542 549 1671 3178 3955 7153 7432 9052 10219 202 271 608 3860 4173 4203 5169 6871 8113 9757 16 359 419 3333 4198 4737 6170 7987 9573 10095 235 244 584 4640 5007 5563 6029 6816 7678 9968 123 449 646 2460 3845 4161 6610 7245 7686 8651 136 231 468 835 2622 3292 5158 5294 6584 9926 3085 4683 8191 9027 9922 9928 10550 2462 3185 3976 4091 8089 8772 9342

CRC/ETRIより提供

【 図 6 8 】

図68

```

127 294 437 4029 8585 9647 11904 24115 28514 36893 39722
748 1093 1403 9536 19305 20468 31049 38667 40502 40720 41949
96 638 743 9806 12101 17751 22732 24937 32007 32594 38504
649 904 1079 2770 3337 9158 20125 24619 32921 33698 35173
401 518 984 7372 12438 12582 18704 35874 39420 39503 39790
10 451 1077 8078 16320 17409 25807 28814 30613 41261 42955
405 592 1178 15936 18418 19585 21966 24219 30637 34536 37838
50 584 851 9720 11919 22544 22545 25851 35567 41587 41876
911 1113 1176 1806 10058 10809 14220 19044 20748 29424 36671
441 550 1135 1956 11254 18699 30249 33099 34587 35243 39952
510 1016 1281 8621 13467 13780 15170 16289 20925 26426 34479
4969 5223 17117 21950 22144 24043 27151 39809
11452 13622 18918 19670 23995 32647 37200 37399
6351 6426 13185 13973 16699 22524 31070 31916
4098 10617 14854 18004 28580 36158 37500 38552

```

CRC/EI/RIより提供

【 図 6 9 】

図69

```

N=64800, rate=6/15
71 276 856 6867 12964 17373 18159 26420 28460 28477
257 322 672 2533 5316 6578 9037 10231 13845 36497
233 765 904 1366 3875 13145 15409 18620 23910 30825
100 224 405 12776 13868 14787 16781 23886 29099 31419
23 496 891 2512 12589 14074 19392 20339 27658 28684
473 712 759 1283 4374 9898 12551 13814 24242 32728
511 567 815 11823 17106 17900 19338 22315 24396 26448
45 733 836 1923 3727 17468 25746 33806 35995 36657
17 487 675 2670 3922 5145 18009 23993 31073 36624
72 751 773 1937 17324 28512 30666 30934 31016 31849
257 343 594 14041 19141 24914 26864 28809 32055 34753
99 241 491 2650 9670 17433 17785 18988 22235 30742
198 299 655 6737 8304 10917 16092 19387 20755 37690
351 916 926 18151 21708 23216 30321 33578 34052 37949
54 332 373 2010 3332 5623 16301 34337 36451 37861
139 257 1068 11090 20289 29694 29732 32640 35133 36404
457 885 968 2115 4956 5422 5949 17570 26673 32387
137 570 619 5006 6099 7979 14429 16650 25443 32789
46 282 287 10258 18383 20258 27186 27494 28429 38266
445 486 1058 1868 9976 11294 20364 23695 30826 35330
134 900 931 12518 14544 17715 19623 21111 33868 34570
62 66 586 8020 20270 23831 31041 31965 32224 35189
174 290 784 6740 14673 17642 26286 27382 33447 34879
332 675 1033 1838 12004 15439 20765 31721 34225 38863
527 558 832 3867 6318 8317 10883 13466 18427 25377
431 780 1021 1112 2873 7675 13059 17793 20570 20771
339 536 1015 5725 6916 10846 14487 21156 28123 32614
456 830 1078 7511 11801 12362 12705 17401 28867 34032
222 538 989 5593 6022 8302 14008 23445 25127 29022
37 393 788 3025 7768 11367 22276 22761 28232 30394
234 257 1045 1307 2908 6337 26530 28142 34129 35997
35 46 978 9912 9978 12567 17843 24194 34887 35206
39 959 967 5027 10847 14657 18859 28075 28214 36325
275 477 823 11376 18073 28997 30521 31661 31941 32116
185 580 966 11733 12013 12760 13358 19372 32534 35504
760 891 1046 11150 20358 21638 29930 31014 33050 34840
360 389 1057 5316 5938 14186 16404 32445 34021 35722
306 344 679 5224 6674 10305 18753 25583 30585 36943
103 171 1016 8780 11741 12144 19470 20955 22495 27377
818 832 894 3883 14279 14497 22505 28129 28719 31246
215 411 760 6886 25612 28556 32213 32704 35901 36130
229 489 1067 2385 8587 20565 23431 28102 30147 32859
288 664 980 8138 8531 21676 23787 26708 28798 34490
89 552 847 6656 9889 23949 26226 27080 31236 35823
66 142 443 3339 3813 7977 14944 15464 19186 25983
605 876 931 16682 17669 25800 28220 33432 35738 37382
346 423 806 6669 7668 8789 9928 19724 24039 27893
48 460 1055 3512 7389 7549 20216 22180 28221 35437
187 636 824 1678 4508 13588 19683 21750 30311 33480

```

CRC/EI/RIより提供

【 図 7 0 】

図70

```

25 768 935 2856 8187 9052 21850 29941 33217 34293
349 624 716 2698 6395 6435 8974 10649 15932 17378
336 410 871 3582 9830 10885 13892 18027 19203 38659
176 849 1078 17902 19379 27964 28164 28720 32557 35495
234 890 1075 9431 9605 9700 10113 11332 12679 24268
516 638 733 8851 19871 22740 25791 30152 32659 35568
253 830 879 2086 16885 22952 23765 25389 34656 37293
94 954 998 2003 3369 6870 7321 29856 31373 34888
79 350 933 4853 6252 11932 12058 21631 24552 24876
246 647 778 4036 10391 10656 13194 32335 32360 34179
149 339 436 6971 8356 8715 11577 22376 28684 31249
36 149 220 6936 18408 19192 19288 23063 28411 35312
273 683 1042 6327 10011 18041 21704 29097 30791 31425
46 138 722 2701 10984 13002 19930 26625 28458 28965
12 1009 1040 1990 2930 5302 21215 22625 23011 29288
125 241 819 2245 3199 8415 21133 26786 27226 38838
45 476 1075 7393 15141 20414 31244 33336 35004 38391
432 578 667 1343 10466 11314 11507 23314 27720 34465
248 291 556 1971 3989 8992 18000 19998 23932 34652
68 694 837 2246 7472 7873 11078 12868 20937 35591
272 924 949 2030 4360 6203 9737 19705 19902 38039
21 314 979 2311 2632 4109 19527 21920 31413 34277
197 253 804 1249 4315 10021 14358 20559 27099 30525
9802 16164 17499 22378 22403 22704 26742 29908
9064 10904 12305 14057 16156 28000 32613 34536
5178 6319 10239 19343 25628 30577 31110 32291

```

CRC/EI/RIより提供

【 図 7 1 】

図71

```

N=64800, rate=7/15
460 792 1007 4580 11452 13130 26882 27020 32439
35 472 1056 7154 12700 13326 13414 16828 19102
45 440 772 4854 7863 26945 27684 28651 31875
744 812 892 1509 9018 12925 14140 21357 25106
271 474 761 4268 6706 9609 19701 19707 24870
223 477 662 1987 9247 18376 22148 24948 27694
44 379 786 8823 12322 14666 16377 28688 29924
104 219 562 5832 19665 20615 21043 22759 32180
41 43 870 7963 13718 14136 17216 30470 33428
592 744 887 4513 6192 18116 19482 25032 34095
456 821 1078 7162 7443 8774 15567 17243 33085
151 666 977 6946 10358 11172 18129 19777 32234
236 793 870 2001 6805 9047 13877 30131 34252
297 698 772 3449 4204 11608 22950 26071 27512
202 428 474 3205 3726 6223 7708 20214 25283
139 719 915 1447 2938 11864 15932 21748 28598
135 853 902 3239 18590 20579 30578 33374 34045
9 13 971 11834 13642 17628 21669 24741 30965
344 531 730 1880 16895 17587 21901 28620 31957
7 192 380 3168 3729 5518 6827 20372 34168
28 521 681 4313 7465 14209 21501 23364 25980
269 393 898 3561 11066 11985 17311 26127 30309
42 82 707 4880 4890 9818 23340 29599 31695
189 262 707 6573 14082 22259 24230 24390 24664
383 568 573 5498 13449 13990 16904 22629 34203
585 596 820 2440 2488 21956 28261 28703 29591
755 763 795 5636 16433 21714 23452 31150 34545
23 343 669 1159 3507 13096 17978 24241 34321
316 384 944 4872 8491 18913 21085 23198 24798
64 314 765 3706 7136 8634 14227 17127 23437
220 693 899 8791 12417 13487 18335 22126 27428
285 794 1045 8624 8801 9547 19167 21894 32657
386 621 1045 1634 1882 3172 13686 16027 22448
95 622 693 2827 7098 11452 14112 18831 31308
446 813 928 7976 8935 13146 27117 27766 33111
89 138 241 3218 9283 20458 31484 31538 34216
277 420 704 9281 12576 12788 14496 15357 20585
141 643 758 4894 10264 15144 16357 22478 26461
17 108 160 13183 15424 17939 19276 23714 26655
109 285 608 1682 20223 21791 24615 29622 31983
123 515 622 7037 13946 15292 15606 16262 23742
264 565 923 6460 13622 13934 23181 25475 26134
202 548 789 8003 10993 12478 16051 25114 27579
121 450 575 5972 10062 18693 21852 23874 28031
507 560 889 12064 13316 19629 21547 25461 28732
664 786 1043 9137 9294 10163 23389 31436 34297
45 830 907 10730 16541 21232 30354 30605 31847
203 507 1060 6971 12216 13321 17861 22671 29825
369 881 952 3035 12279 12775 17682 17805 34281

```

CRC/EI/RIより提供



【 図 7 2 】

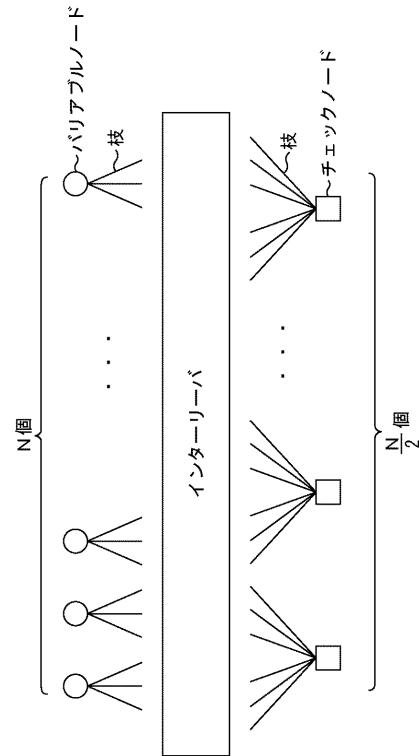
図72

683	709	1032	3787	17623	24138	26775	31432	33626
524	792	1042	12249	14765	18601	25811	32422	33163
137	639	688	7182	8169	10443	22530	24597	29039
159	643	749	16386	17401	24135	28429	33468	33469
107	481	555	7322	13234	19344	23498	26581	31378
249	389	523	3421	10150	17616	19085	20545	32069
395	738	1045	2415	3005	3820	19541	23543	31068
27	293	703	1717	3460	8326	8501	10290	32625
126	247	515	6031	9549	10643	22067	29490	34450
331	471	1007	3020	3922	7580	23358	28620	30946
222	542	1021	3291	3652	13130	16349	33009	34348
532	719	1038	5891	7528	23252	25472	31395	31774
145	398	774	7816	13887	14936	23708	31712	33160
88	536	600	1239	1887	12195	13782	16726	27998
151	269	585	1445	3178	3970	15568	20358	21051
650	819	865	15567	18546	25571	32038	33350	33620
93	469	800	6059	10405	12296	17515	21354	22231
97	205	951	6161	16376	27022	29192	30190	30665
412	549	986	5833	10583	10766	24946	28878	31937
72	604	659	5267	12227	21714	32120	33472	33974
25	902	912	1137	2975	9642	11598	25919	28278
420	976	1055	8473	11512	20198	21662	25443	30119
1	24	932	6426	11899	13217	13935	16548	29737
53	618	988	6280	7267	11676	13575	15532	25787
111	739	809	8133	12717	12741	20253	20608	27850
120	683	943	14496	15162	15440	18660	27543	32404
600	754	1055	7873	9679	17351	27268	33508	
344	756	1054	7102	7193	22903	24720	27883	
582	1003	1046	11344	23756	27497	27977	32853	
28	429	509	11106	11767	12729	13100	31792	
131	555	907	5113	10259	10300	20580	23029	
406	915	977	12244	20259	26616	27899	32228	
46	195	224	1229	4116	10263	13608	17830	
19	819	953	7965	9998	13959	30580	30754	
164	1003	1032	12920	15975	16582	22624	27357	
8433	11894	13531	17675	25889	31384			
3166	3813	8596	10368	25104	29584			
2466	8241	12424	13376	24837	32711			

ORC/ETRIより提供

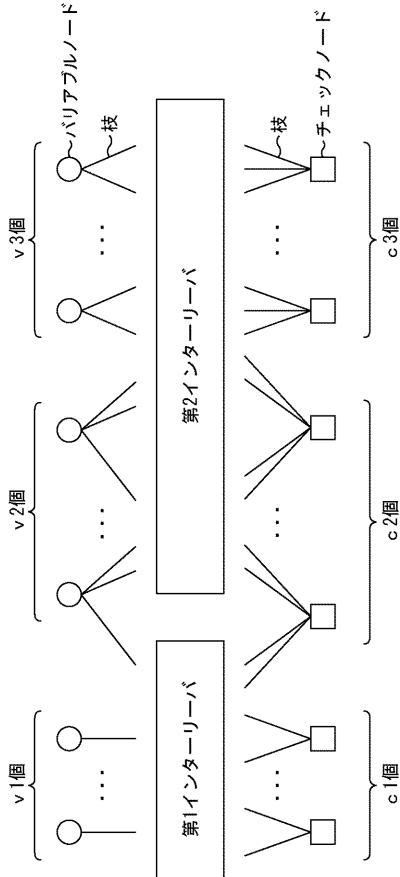
【 図 7 3 】

図73



【 図 7 4 】

図74



【 図 7 5 】

図75

符号長:  $N=16200$   
 符号化率:  $\{8, 10, 12\}/15$

Rate	性能閾値 ( $E_s/N_0$ )	最小サイクル長
8/15	0.805765	6
10/15	2.471011	6
12/15	4.269922	6

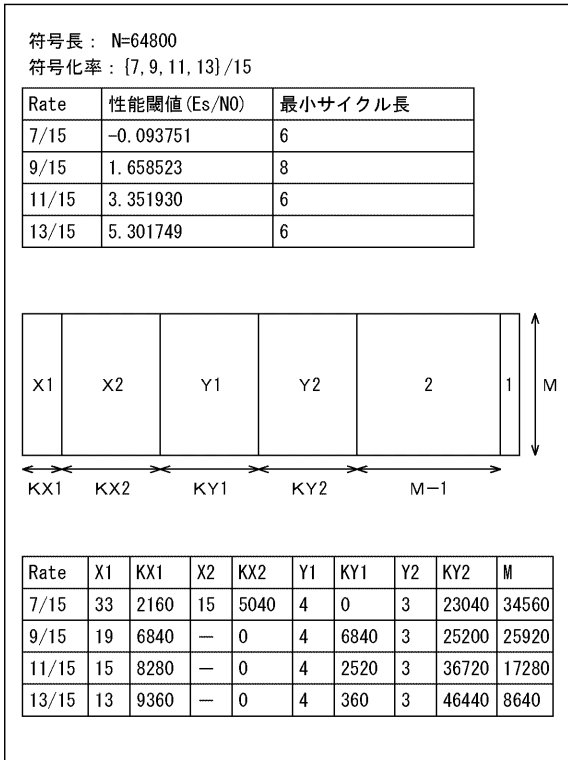
X1	X2	Y1	Y2	2	1	M
KX1	KX2	KY1	KY2	M-1		

Rate	X1	KX1	X2	KX2	Y1	KY1	Y2	KY2	M
8/15	32	720	14	1080	4	1440	3	5400	7560
10/15	25	720	14	1440	4	360	3	8280	5400
12/15	14	2160	-	0	4	720	3	10080	3240

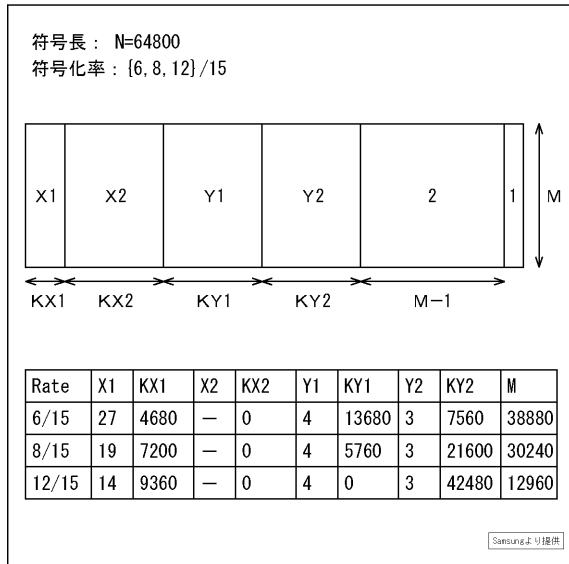
【 図 7 6 】

図76



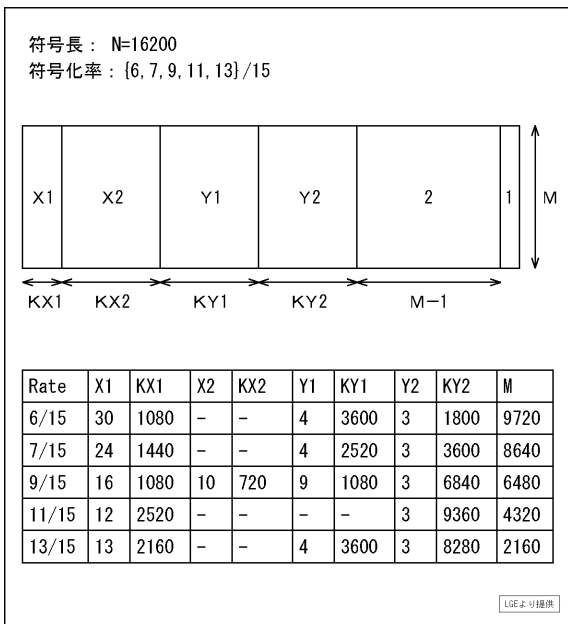
【 図 7 7 】

図77



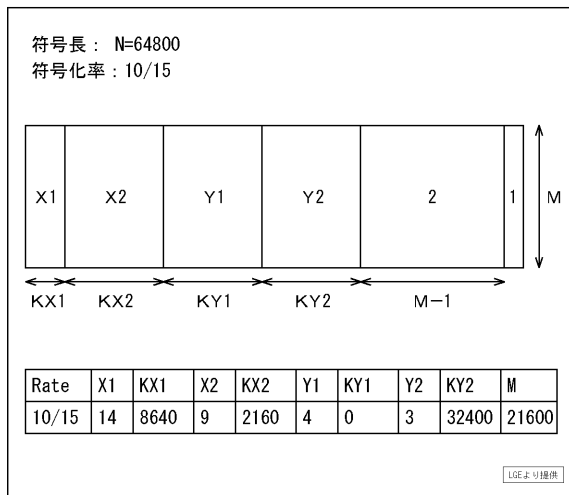
【 図 7 8 】

図78



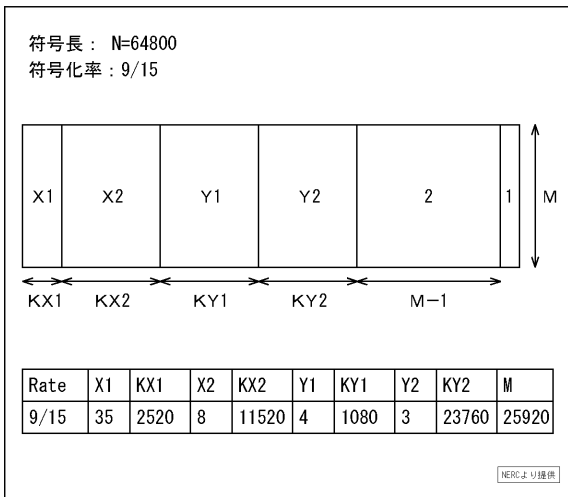
【 図 7 9 】

図79



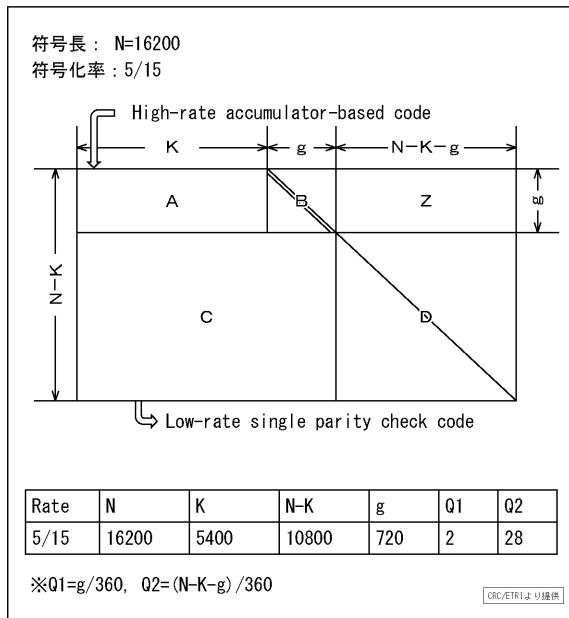
【 図 8 0 】

図80



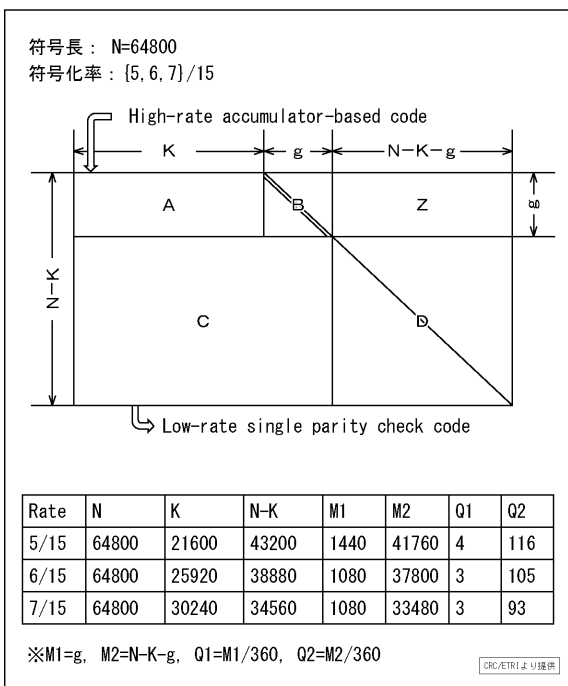
【 図 8 1 】

図81



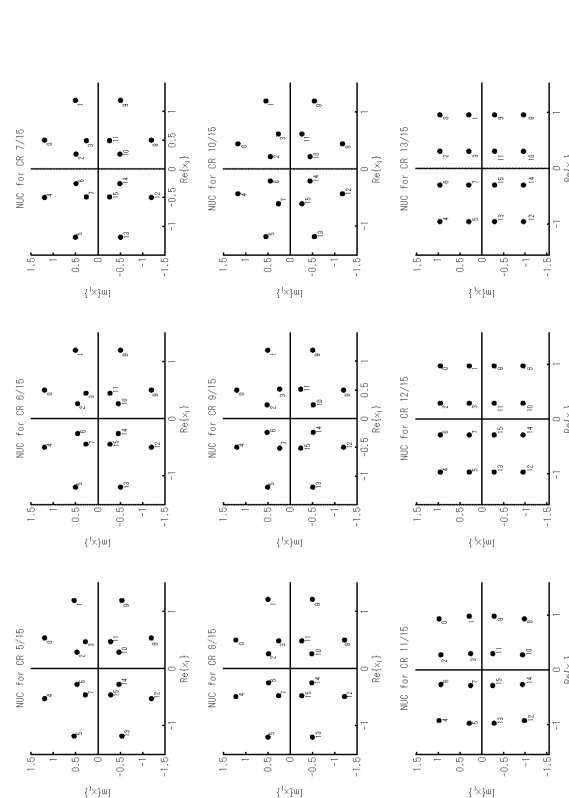
【 図 8 2 】

図82

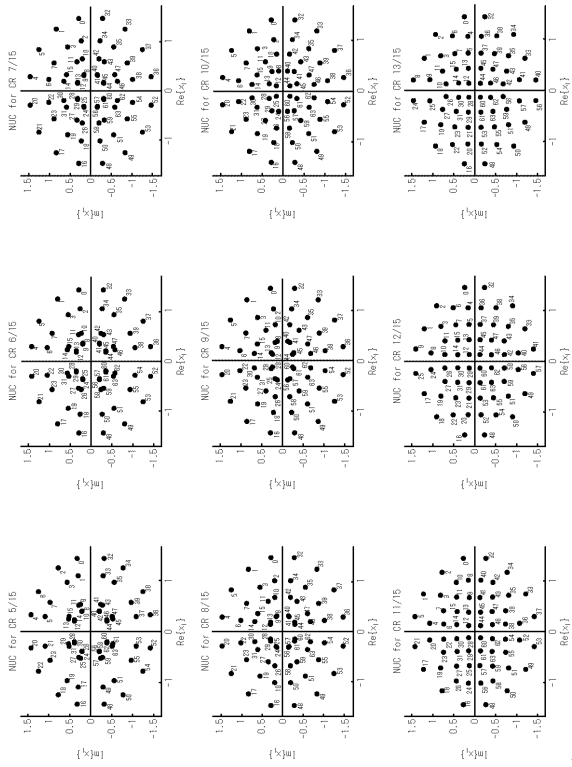


【 図 8 3 】

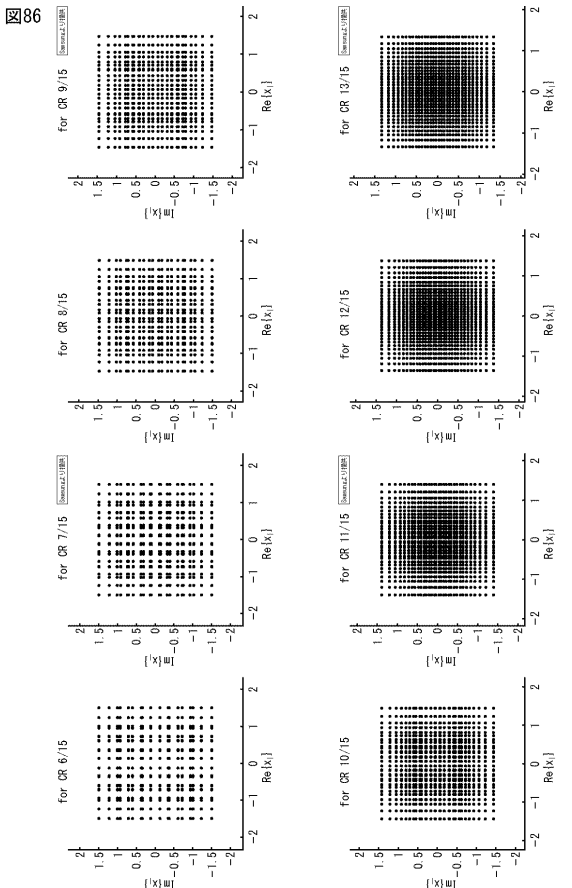
図83



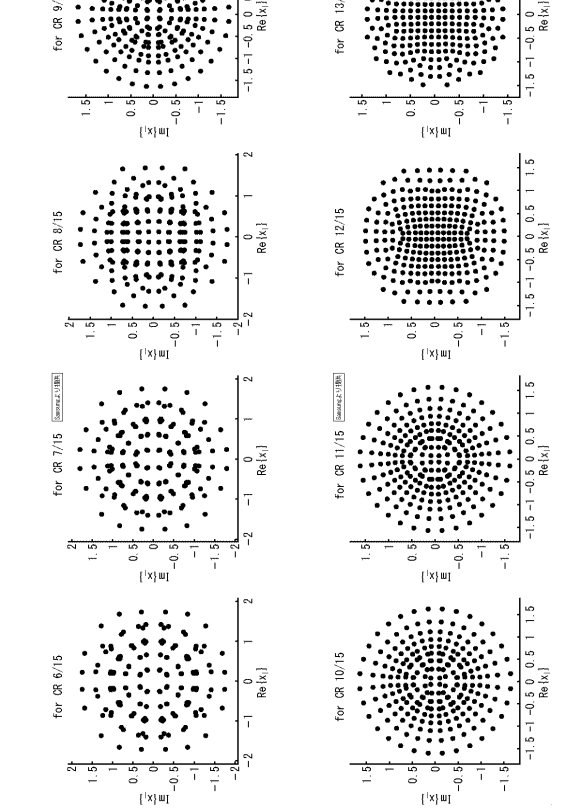
【図 84】



【図 86】



【図 85】



【図 87】

図87

Input cell word y	Constellation point zq
(00)	$(1+i)/\sqrt{2}$
(01)	$(1-i)/\sqrt{2}$
(10)	$(-1+i)/\sqrt{2}$
(11)	$(-1-i)/\sqrt{2}$



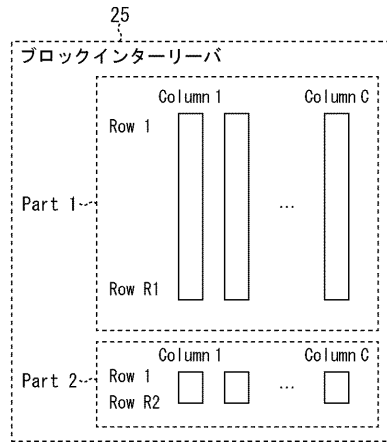
【図92】

図92

A														
y0,q	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
y2,q	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
y4,q	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
y6,q	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
y8,q	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Res(z <sub>0</sub> )	-u15	-u14	-u13	-u12	-u11	-u10	-u9	-u8	-u7	-u6	-u5	-u4	-u3	-u2
y0,q	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
y2,q	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
y4,q	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
y6,q	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
y8,q	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Res(z <sub>0</sub> )	1	u1	u2	u3	u4	u5	u6	u7	u8	u9	u10	u11	u12	u13
B														
y1,q	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
y3,q	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
y5,q	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
y7,q	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
y9,q	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Int(z <sub>0</sub> )	-u15	-u14	-u13	-u12	-u11	-u10	-u9	-u8	-u7	-u6	-u5	-u4	-u3	-u2
y1,q	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
y3,q	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
y5,q	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
y7,q	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
y9,q	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Int(z <sub>0</sub> )	1	u1	u2	u3	u4	u5	u6	u7	u8	u9	u10	u11	u12	u13

【図93】

図93



【図94】

図94

N=64800				
QPSK	160AM	640AM	2560AM	10240AM
C	2	4	8	10
R1	32400	16200	7920	6480
R2	0	0	180	0

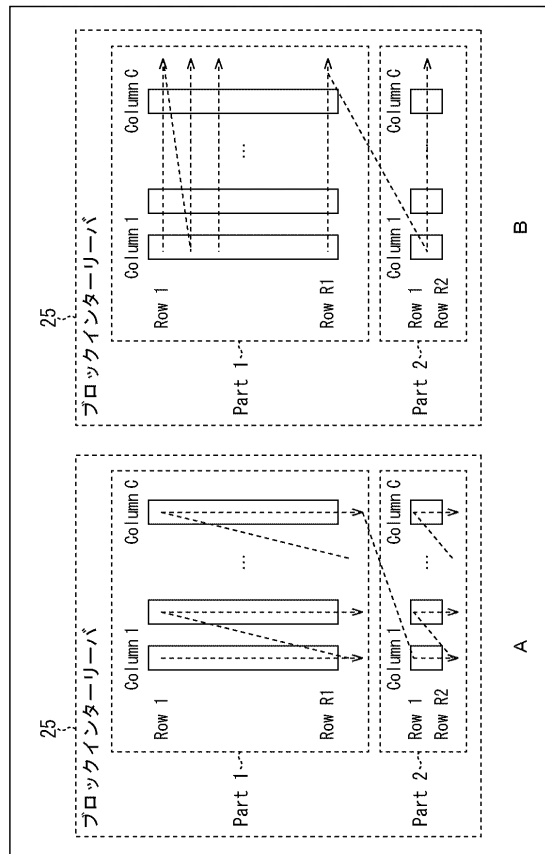
  

N=16200				
QPSK	160AM	640AM	2560AM	10240AM
C	2	4	8	10
R1	7920	3960	2520	1800
R2	180	90	180	225

C: column数(シンボルビット数)  
R1: Part1の行数  
R2: Part2の行数

【図95】

図95





【 1 0 0 】

100

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	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65
66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87
88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109
110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131
132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153
154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175
176	177	178	179																		



139	106	125	81	88	104	3	66	60	65	2	95	155	24	151	5	51	53	29	75	52	85
8	22	98	93	168	15	86	126	173	100	130	176	20	10	87	92	175	36	143	110	67	146
149	27	133	42	84	64	78	1	48	159	79	138	46	112	164	31	152	57	144	68	27	136
122	170	132	171	29	115	107	134	89	157	113	119	35	45	148	83	114	71	238	161	140	26
13	59	38	35	86	28	0	80	174	137	49	16	101	74	179	91	44	55	169	131	163	123
145	62	108	178	12	77	167	21	154	82	54	90	177	17	41	39	7	102	156	62	109	14
37	23	153	6	147	50	47	63	18	70	68	124	72	33	158	32	118	99	105	94	25	121
166	120	160	141	165	111	19	150	97	76	73	142	117	4	172	38	111	30	9	103	40	61
43	34	56	116																		

【 1 0 1 】

101

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	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	
66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	
88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	
110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	
132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	
154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	
176	177	178	179																			



72	59	65	61	80	2	66	23	69	01	19	16	53	109	74	106	113	56	97	30	184	15
25	20	117	76	50	82	178	13	169	36	107	40	122	138	42	96	27	163	46	64	124	57
87	120	168	166	39	177	22	67	134	9	102	28	148	91	83	88	167	32	99	140	60	152
1	123	28	154	26	70	149	171	12	6	55	100	62	86	114	174	132	139	7	45	103	130
31	49	151	119	70	41	118	126	3	179	110	111	51	93	145	73	133	54	104	161	37	129
63	38	95	159	89	112	115	136	33	68	17	35	37	173	143	78	77	141	150	58	158	125
156	24	105	98	43	84	92	128	165	153	108	0	21	170	131	144	47	157	11	155	176	48
135	4	116	146	127	52	162	142	8	5	34	85	90	44	172	84	160	175	75	71	18	147
10	21	14	81																		

【 1 0 2 】

102

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	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	
66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	
88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	
110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	
132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	
154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	
176	177	178	179																			



8	27	7	70	75	84	50	131	146	99	96	141	155	157	62	57	120	38	137	13	83	23
40	9	56	171	124	172	39	142	20	128	133	2	89	153	103	112	129	151	162	106	14	62
107	110	73	71	177	154	80	176	24	91	32	173	25	16	17	159	21	92	6	67	81	37
15	136	100	64	102	163	168	18	76	76	45	140	123	118	58	122	11	19	86	98	119	111
26	138	125	74	97	63	10	152	161	175	87	52	60	22	79	104	30	158	54	145	49	34
166	109	179	174	93	41	116	43	3	29	134	167	105	132	114	169	147	144	77	61	170	90
178	0	43	149	130	117	47	44	36	115	88	101	148	89	46	94	143	164	139	126	160	156
33	113	65	121	53	42	66	165	95	127	135	5	55	150	72	35	31	51	4	1	68	12
28	95	59	108																		

【 1 0 3 】

103

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	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	
66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	
88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	
110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	
132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	
154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	
176	177	178	179																			



0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42
44	46	48	50	52	54	56	58	60	62	64	66	68	70	72	74	76	78	80	82	84	86
88	90	92	94	96	98	100	102	104	106	108	110	112	114	116	118	120	122	124	126	128	130
132	134	136	138	140	142	144	146	148	150	152	154	156	158	160	162	164	166	168	170	172	174
176	178	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25	27	29	31	33	35	37	39
41	43	45	47	49	51	53	55	57	59	61	63	65	67	69	71	73	75	77	79	81	83
85	87	89	91	93	95	97	99	101	103	105	107	109	111	113	115	117	119	121	123	125	127
129	131	133	135	137	139	141	143	145	147												





【 108 】

108

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 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65
66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87
88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 100 101 102 103 104 105 106 107 108 109
110 111 112 113 114 115 116 117 118 119 120 121 122 123 124 125 126 127 128 129 130 131
132 133 134 135 136 137 138 139 140 141 142 143 144 145 146 147 148 149 150 151 152 153
154 155 156 157 158 159 160 161 162 163 164 165 166 167 168 169 170 171 172 173 174 175
176 177 178 179



- 12 15 2 16 27 50 35 74 38 70 108 32 112 54 30 122 72 116 36 90 49 85
132 138 144 150 156 162 168 174 0 14 9 5 23 66 68 92 96 117 84 128 100 63
60 27 81 99 53 55 103 95 133 139 145 151 57 163 169 175 10 22 13 11 28 104
37 57 115 46 65 129 107 75 119 110 31 43 97 78 125 85 134 140 146 152 158 164
170 176 4 19 6 8 24 44 101 94 118 130 69 71 83 34 68 124 48 106 89 40
102 91 135 141 147 153 159 165 171 177 3 20 7 17 25 87 41 120 47 80 59 62
88 45 56 131 61 126 113 92 51 98 136 142 148 154 160 166 172 178 21 18 1 26
29 39 72 121 105 77 42 114 93 82 111 109 87 79 123 84 76 33 137 143 149 155
161 167 173 179

【 109 】

109

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 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65
66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87
88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 100 101 102 103 104 105 106 107 108 109
110 111 112 113 114 115 116 117 118 119 120 121 122 123 124 125 126 127 128 129 130 131
132 133 134 135 136 137 138 139 140 141 142 143 144 145 146 147 148 149 150 151 152 153
154 155 156 157 158 159 160 161 162 163 164 165 166 167 168 169 170 171 172 173 174 175
176 177 178 179



- 0 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22 24 26 28 30 32 34 36 38 40 42
44 46 48 50 52 54 56 58 60 62 64 66 68 70 72 74 76 78 80 82 84 86
88 90 92 94 96 98 100 102 104 106 108 110 112 114 116 118 120 122 124 126 128 130
132 134 136 138 140 142 144 146 148 150 152 154 156 158 160 162 164 166 168 170 172 174
176 178 1 3 5 7 9 11 13 15 17 19 21 23 25 27 29 31 33 35 37 39
41 43 45 47 49 51 53 55 57 59 61 63 65 67 69 71 73 75 77 79 81 83
85 87 89 91 93 95 97 99 101 103 105 107 109 111 113 115 117 119 121 123 125 127
129 131 133 135 137 139 141 143 145 147 149 151 153 155 157 159 161 163 165 167 169 171
173 175 177 179

【 110 】

110

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 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65
66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87
88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 100 101 102 103 104 105 106 107 108 109
110 111 112 113 114 115 116 117 118 119 120 121 122 123 124 125 126 127 128 129 130 131
132 133 134 135 136 137 138 139 140 141 142 143 144 145 146 147 148 149 150 151 152 153
154 155 156 157 158 159 160 161 162 163 164 165 166 167 168 169 170 171 172 173 174 175
176 177 178 179



- 0 4 8 12 16 20 24 28 32 36 40 44 48 52 56 60 64 68 72 76 80 84
88 92 96 100 104 108 112 116 120 124 128 132 136 140 144 148 152 156 160 164 168 172
176 1 5 9 13 17 21 25 29 33 37 41 45 49 53 57 61 65 69 73 77 81
85 89 93 97 101 105 109 113 117 121 125 129 133 137 141 145 149 153 157 161 165 169
173 177 2 6 10 14 18 22 26 30 34 38 42 46 50 54 58 62 66 70 74 78
82 86 90 94 98 102 106 110 114 118 122 126 130 134 138 142 146 150 154 158 162 166
170 174 178 3 7 11 15 19 23 27 31 35 39 43 47 51 55 59 63 67 71 75
79 83 87 91 95 99 103 107 111 115 119 123 127 131 135 139 143 147 151 155 159 163
167 171 175 179

【 111 】

111

ビットグループ

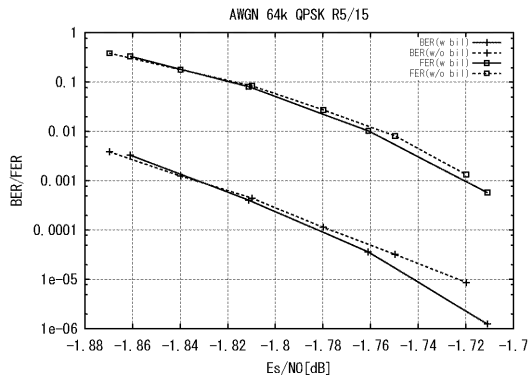
- 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21
22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43
44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65
66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87
88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 100 101 102 103 104 105 106 107 108 109
110 111 112 113 114 115 116 117 118 119 120 121 122 123 124 125 126 127 128 129 130 131
132 133 134 135 136 137 138 139 140 141 142 143 144 145 146 147 148 149 150 151 152 153
154 155 156 157 158 159 160 161 162 163 164 165 166 167 168 169 170 171 172 173 174 175
176 177 178 179



- 8 112 92 165 12 55 5 126 87 70 89 94 103 78 137 148 9 60 13 7 178 79
43 136 34 68 118 152 49 15 99 61 66 28 109 125 33 167 81 93 97 26 35 30
153 131 122 71 107 130 76 4 95 42 58 134 0 89 75 40 129 31 80 101 52 16
142 44 138 46 116 27 82 88 145 128 72 29 83 117 172 14 51 159 48 160 100 1
102 90 22 3 114 19 108 113 39 73 111 155 106 105 91 150 84 25 135 138 147 36
56 123 6 67 104 96 157 10 62 164 86 74 133 20 174 53 40 156 171 148 127 85
59 124 84 11 21 132 41 145 158 32 17 23 50 69 170 38 18 151 24 166 175 2
47 57 88 20 177 161 154 176 163 37 110 168 141 64 65 173 162 121 45 77 115 179
63 119 146 144

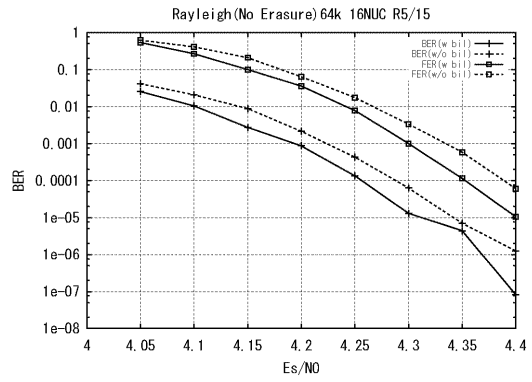
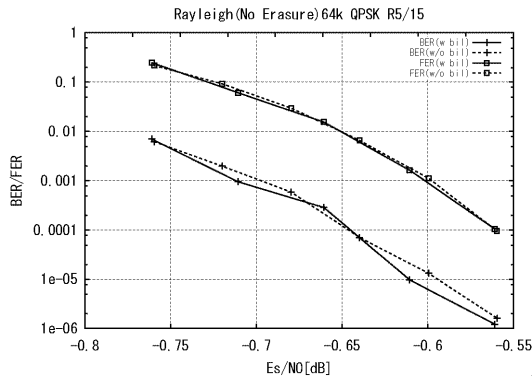
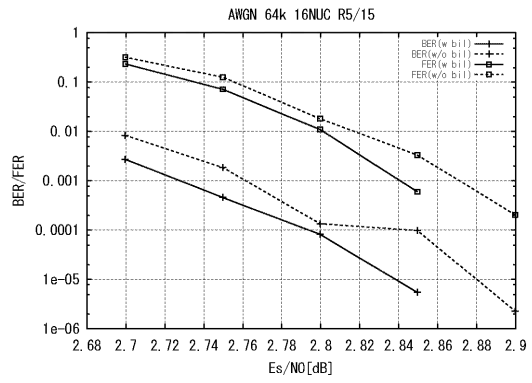
【 図 1 1 2 】

図112



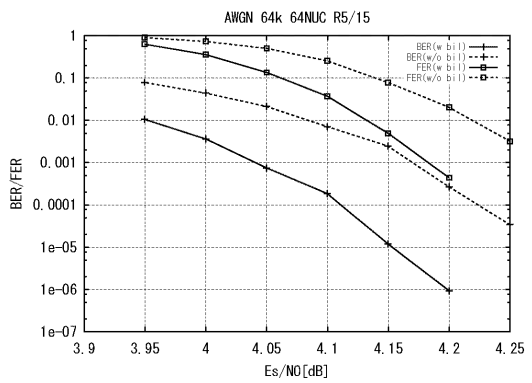
【 図 1 1 3 】

図113



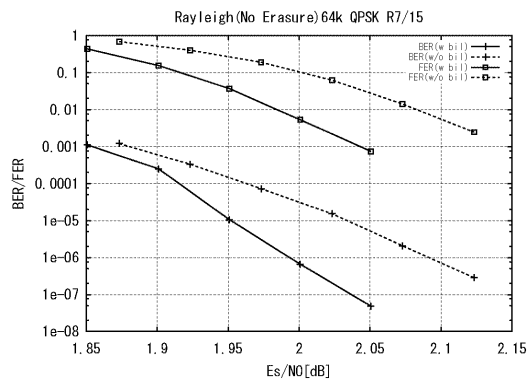
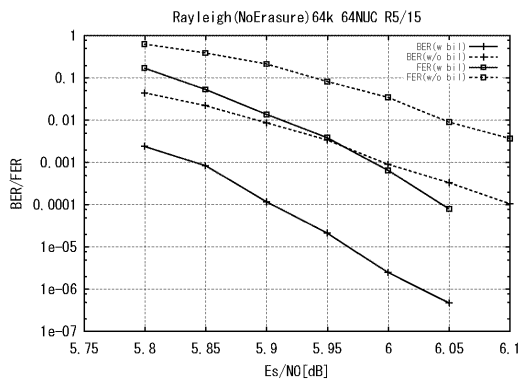
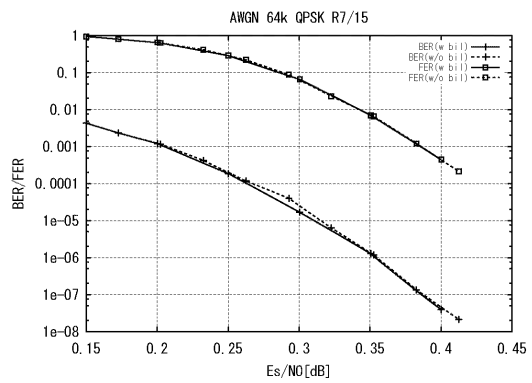
【 図 1 1 4 】

図114



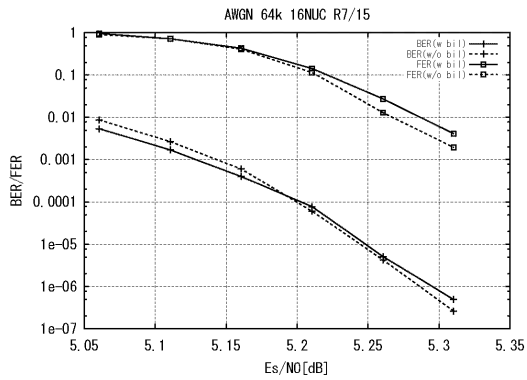
【 図 1 1 5 】

図115



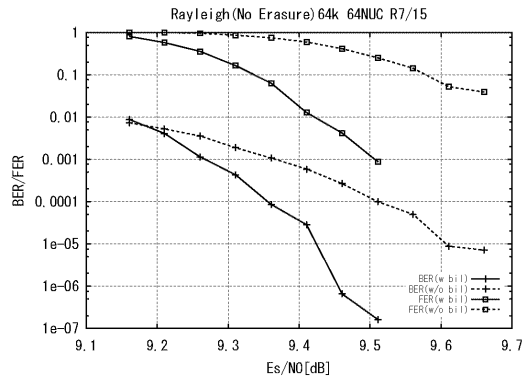
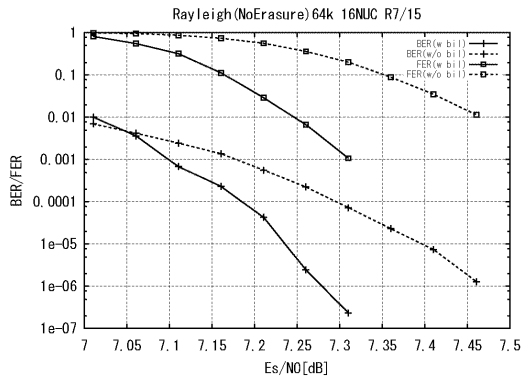
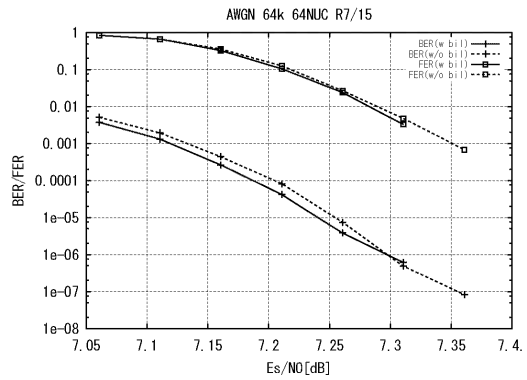
【 図 1 1 6 】

図116



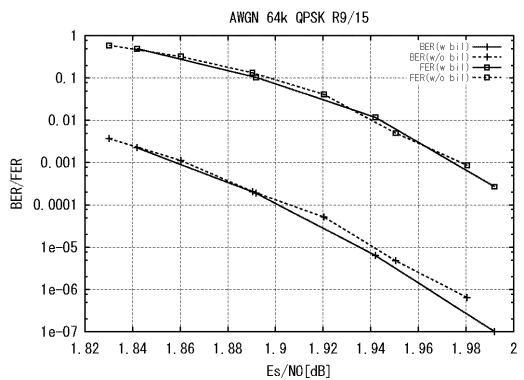
【 図 1 1 7 】

図117



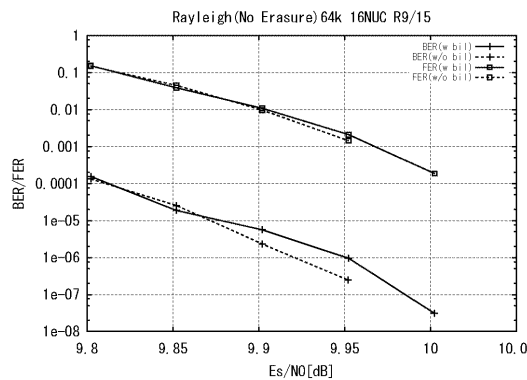
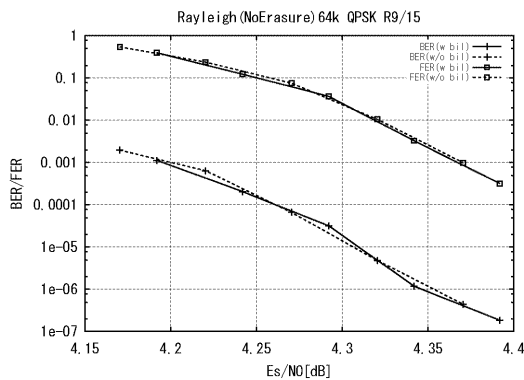
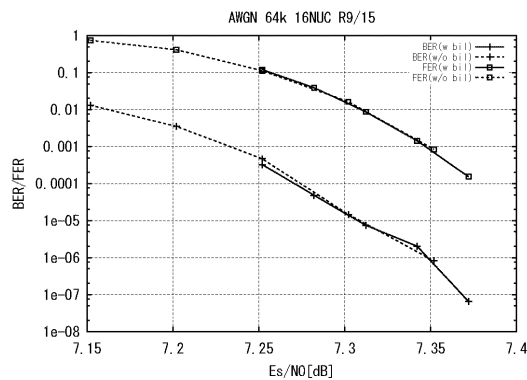
【 図 1 1 8 】

図118



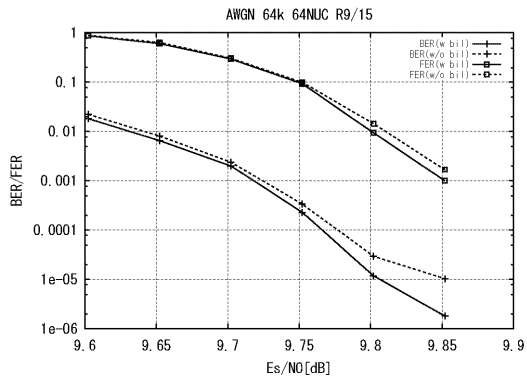
【 図 1 1 9 】

図119



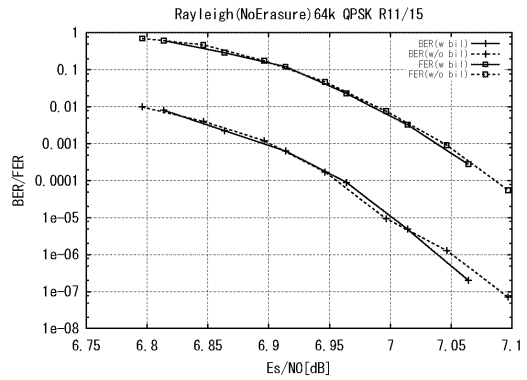
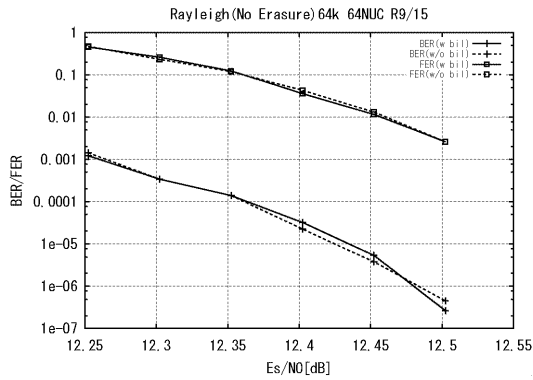
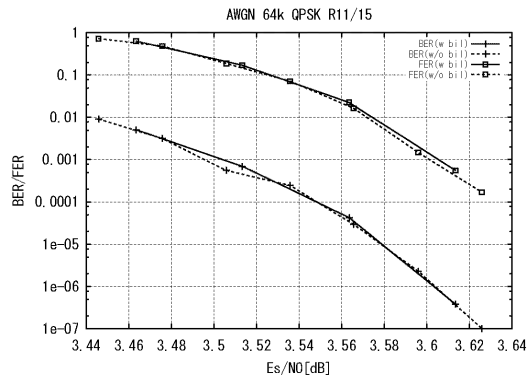
【 図 1 2 0 】

図120



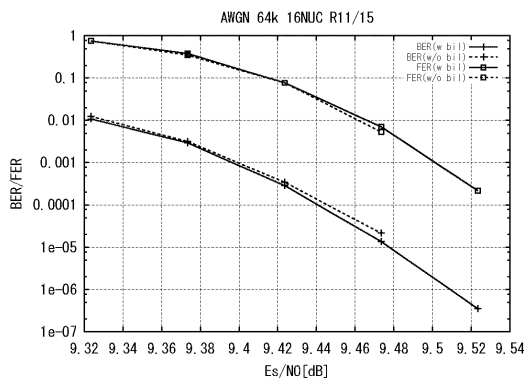
【 図 1 2 1 】

図121



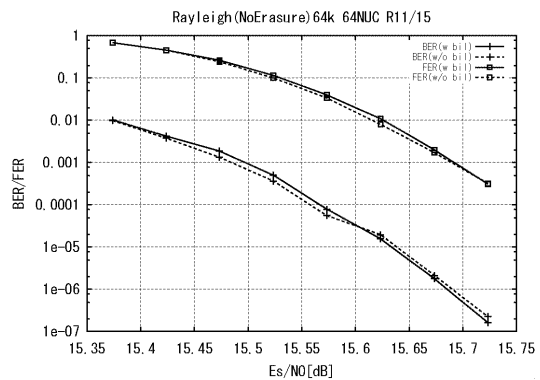
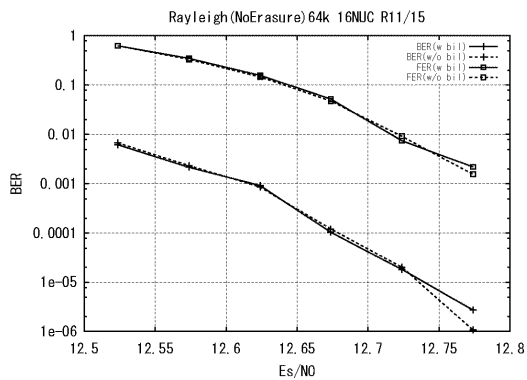
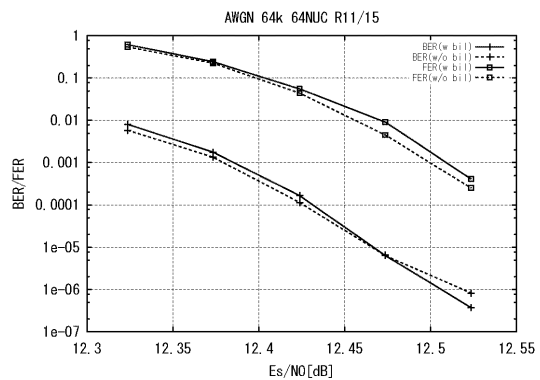
【 図 1 2 2 】

図122



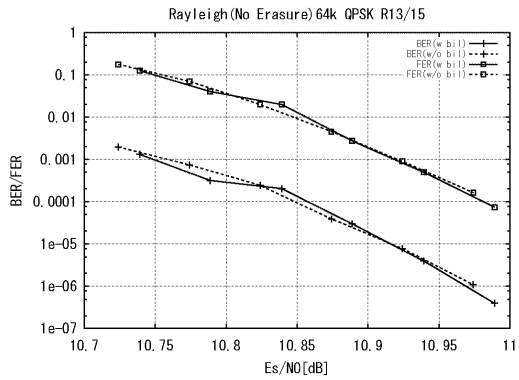
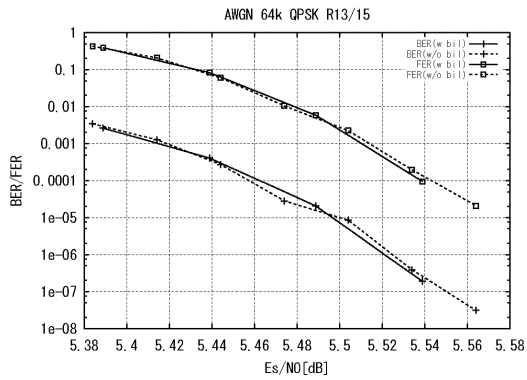
【 図 1 2 3 】

図123



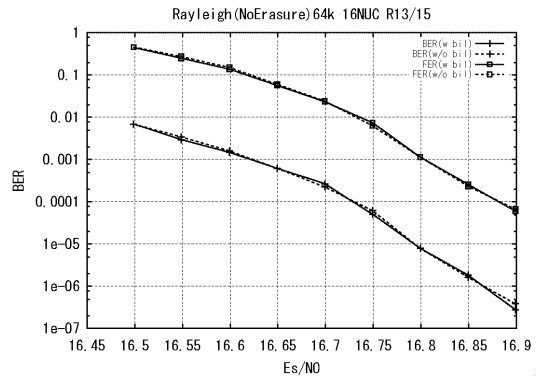
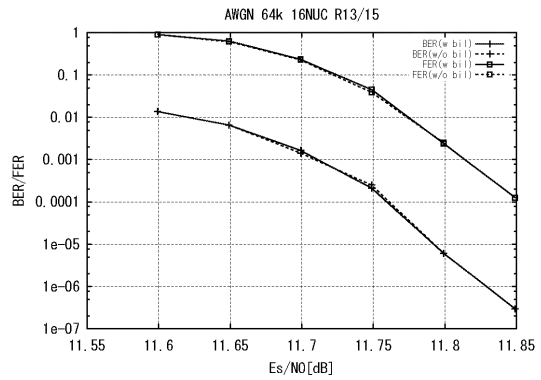
【 図 1 2 4 】

図124



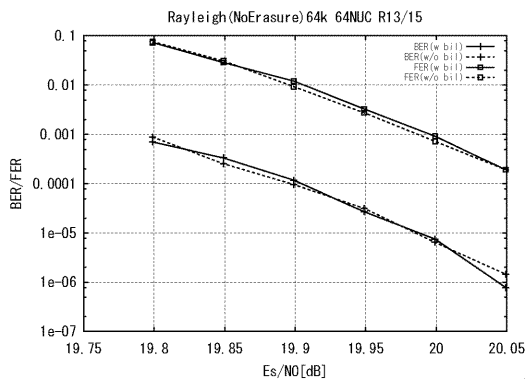
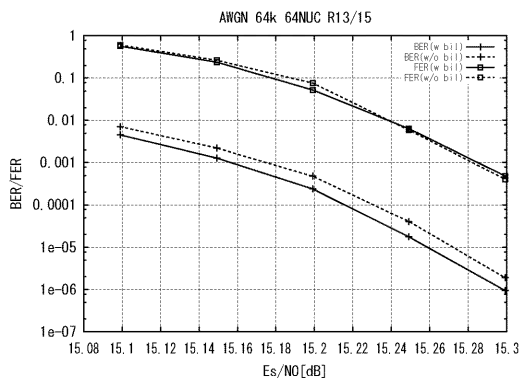
【 図 1 2 5 】

図125



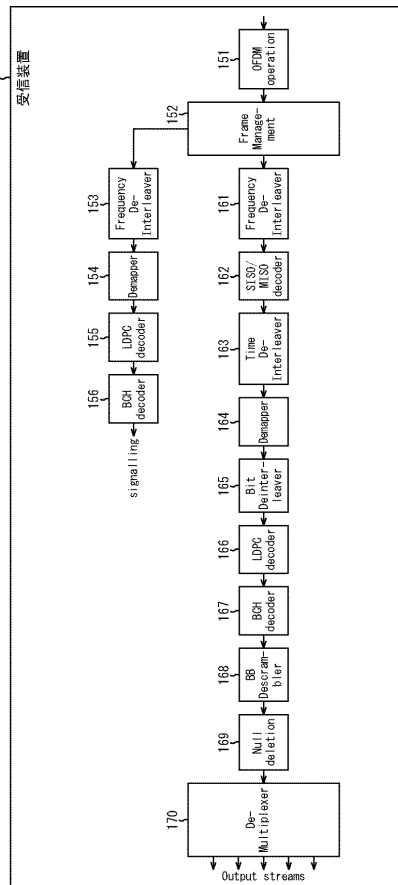
【 図 1 2 6 】

図126



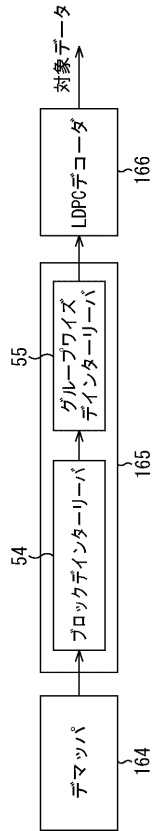
【 図 1 2 7 】

図127



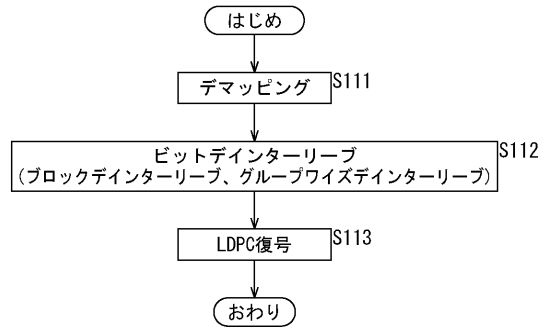
【図 128】

図128



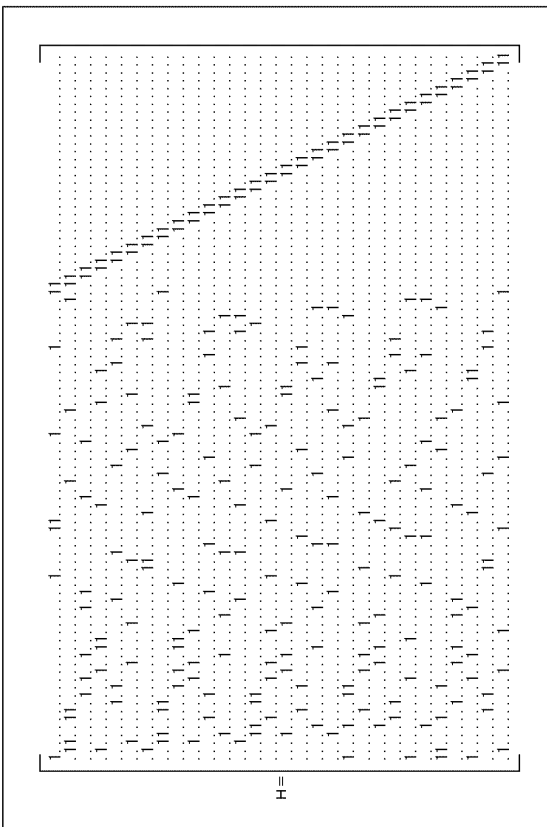
【図 129】

図129



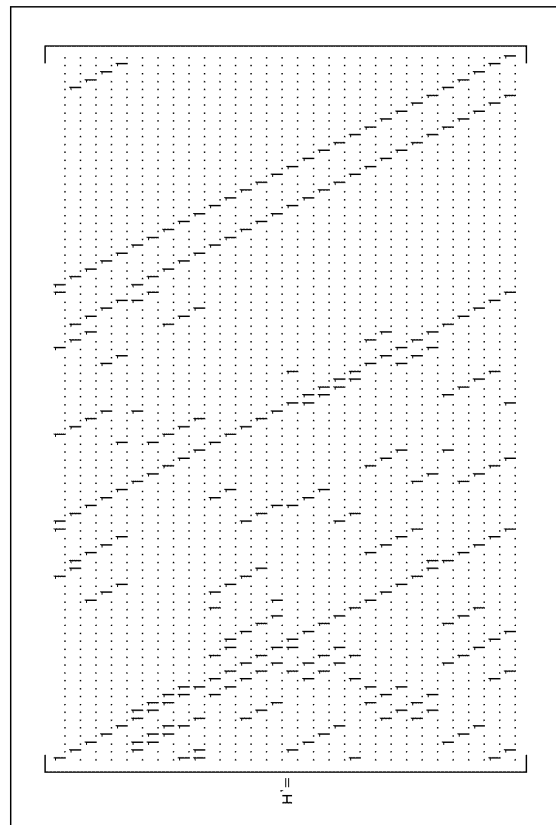
【図 130】

図130



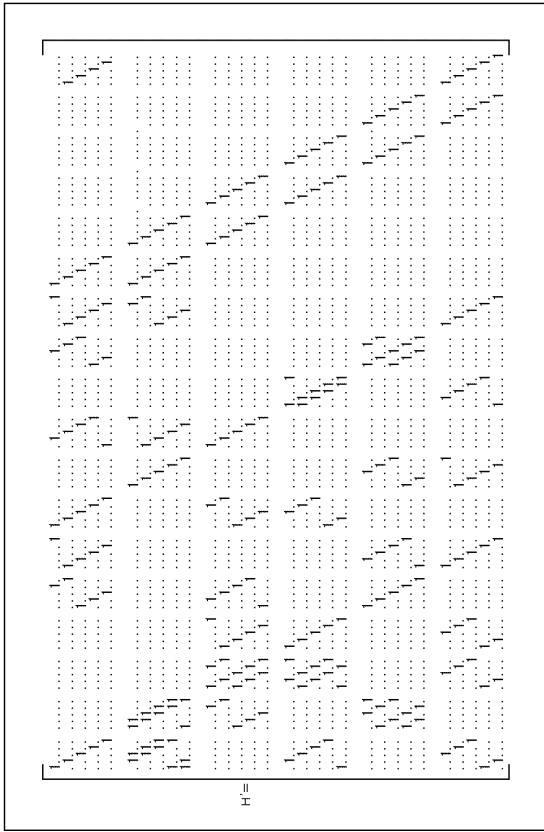
【図 131】

図131



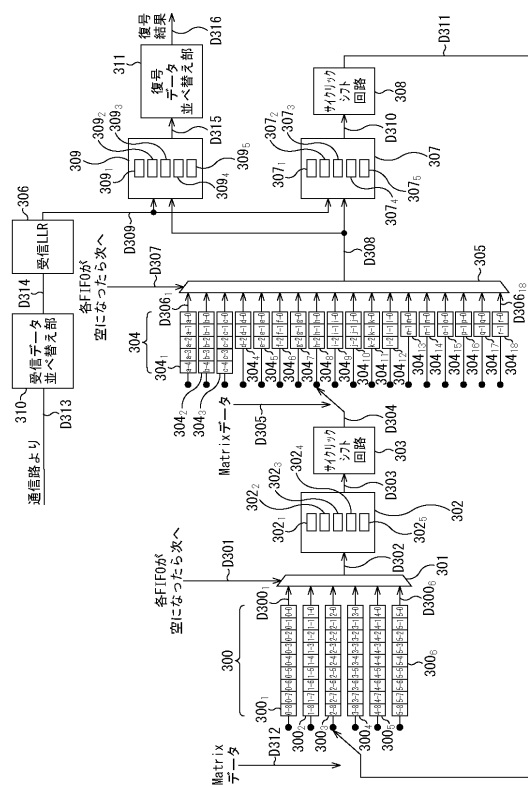
【図 1 3 2】

図132



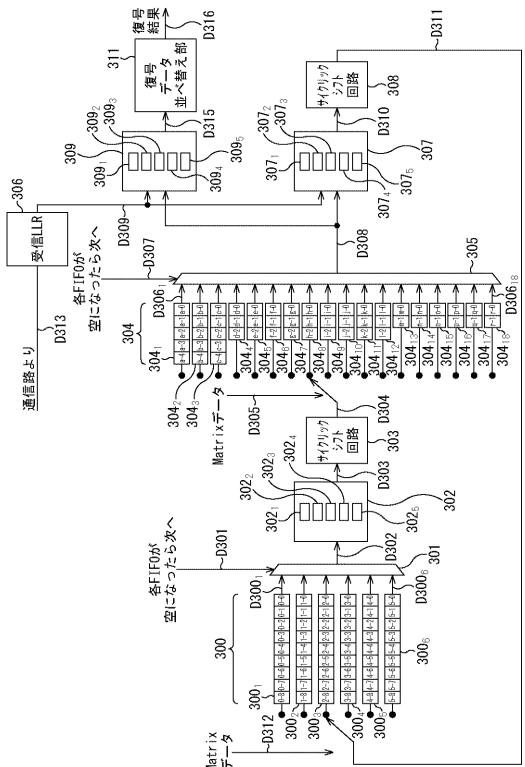
【図 1 3 3】

図133



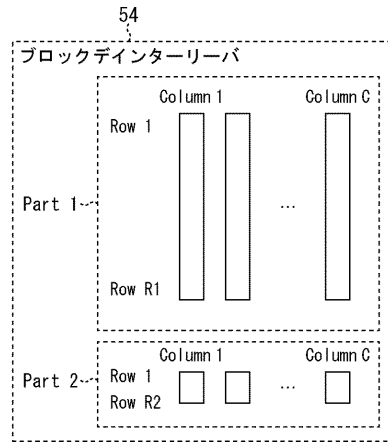
【図 1 3 4】

図134



【図 1 3 5】

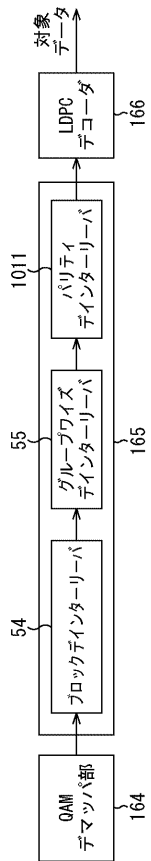
図135





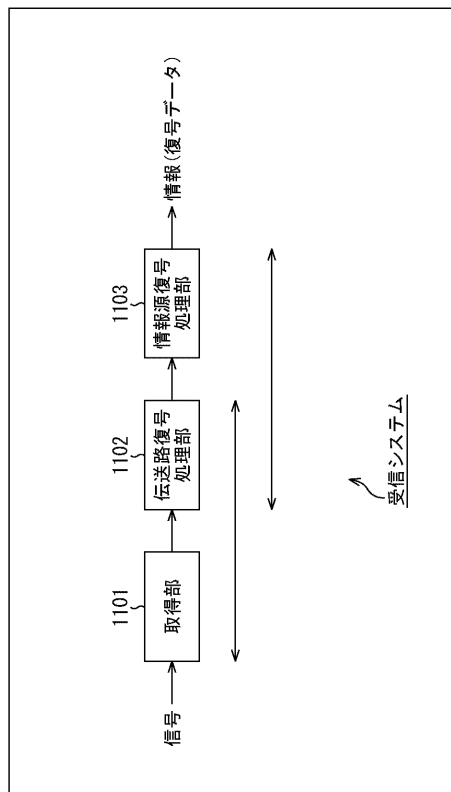
【図136】

図136



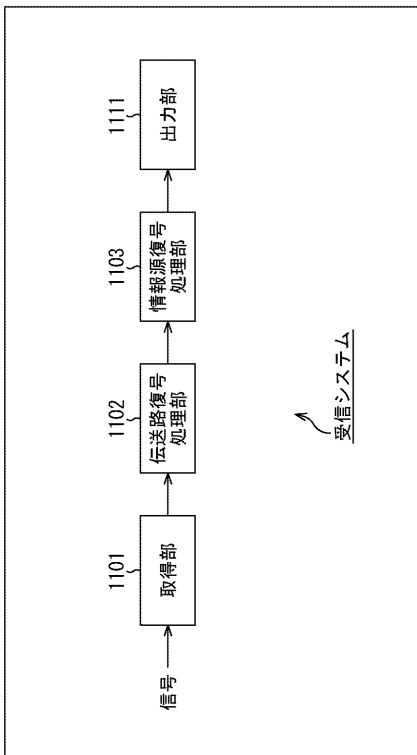
【図137】

図137



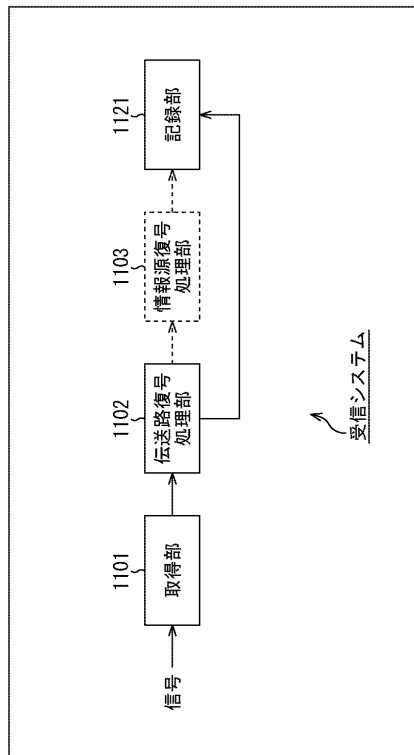
【図138】

図138



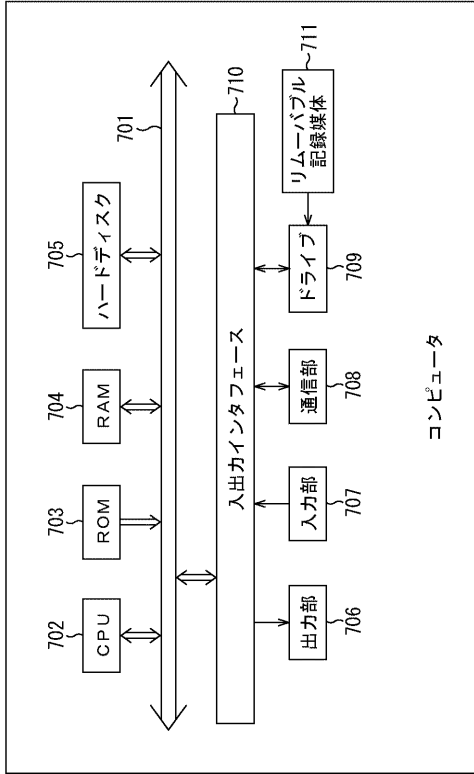
【図139】

図139



【図140】

図140



---

フロントページの続き

(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

Fターム(参考) 5J065 AD01 AD07 AG05 AG06 AH01

5K004 AA05 AA08 BA01 BC01 FA02 FD05 FE10 JA02 JD05 JD07