



(12) BẢN MÔ TẢ SÁNG CHẾ THUỘC BẰNG ĐỘC QUYỀN SÁNG CHẾ

(19) Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN)
CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ

(11)



1-0029432

(51)⁷ H03M 13/19

(13) B

(21) 1-2015-02765

(22) 27/01/2014

(86) PCT/JP2014/051621 27/01/2014

(87) WO 2014/123015 A1 14/08/2014

(30) 2013-023880 08/02/2013 JP

(45) 25/09/2021 402

(43) 26/10/2015 331A

(73) SONY CORPORATION (JP)

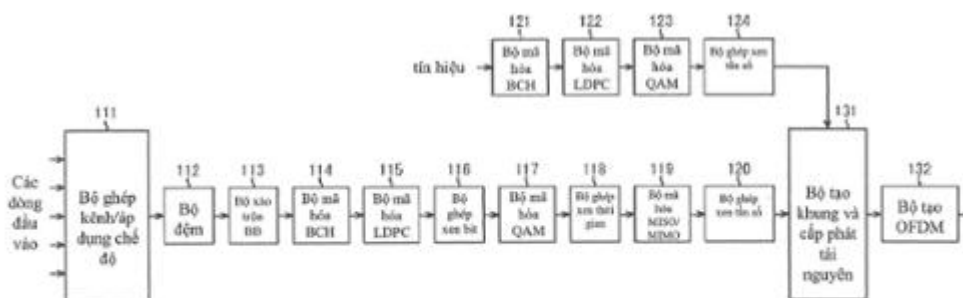
1-7-1, Konan, Minato-Ku, Tokyo, 108-0075, Japan

(72) SHINOHARA Yuji (JP); YAMAMOTO Makiko (JP).

(74) Công ty TNHH một thành viên Sở hữu trí tuệ VCCI (VCCI-IP CO.,LTD)

(54) THIẾT BỊ XỬ LÝ DỮ LIỆU, PHƯƠNG PHÁP XỬ LÝ DỮ LIỆU VÀ BỘ THU TRUYỀN HÌNH

(57) Sáng chế đề cập đến thiết bị xử lý dữ liệu bao gồm bộ mã hóa có cấu hình để mã hóa bit thông tin thành mã LDPC (Low Density Parity Check - Kiểm tra chẵn lẻ mật độ thấp) có độ dài mã 64800 bit và tỷ lệ mã hóa là 7/30, dựa trên ma trận kiểm tra chẵn lẻ của mã LDPC. Mã LDPC bao gồm bit thông tin và bit chẵn lẻ. Ma trận kiểm tra chẵn lẻ bao gồm phần ma trận thông tin tương ứng với bit thông tin và phần ma trận chẵn lẻ tương ứng với bit chẵn lẻ. Phần ma trận thông tin được thể hiện bởi bảng giá trị khởi tạo ma trận kiểm tra chẵn lẻ. Bảng giá trị khởi tạo ma trận kiểm tra chẵn lẻ là bảng thể hiện các vị trí của các phần tử 1 của phần ma trận thông tin mỗi 360 cột.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến thiết bị xử lý dữ liệu và phương pháp xử lý dữ liệu, và, ví dụ, cụ thể là sáng chế đề cập đến thiết bị xử lý dữ liệu và phương pháp xử lý dữ liệu mà có thể cung cấp mã LDPC có tỷ lệ lỗi tốt.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Mã LDPC (Low Density Parity Check – Kiểm tra chẵn lẻ mật độ thấp) có khả năng sửa lỗi cao và đã đang được áp dụng rộng rãi tới hệ thống truyền bao gồm quảng bá số vệ tinh như DVB (Digital Video Broadcasting – Quảng bá video số)-S.2 được thực hiện tại châu Âu (ví dụ, viện dẫn tới tài liệu phi patent 1). Ngoài ra việc áp dụng mã LDPC tới quảng bá số mặt đất thế hệ tiếp theo như DVB-T.2 đã được thử nghiệm.

Từ nghiên cứu hiện tại, đã biết rằng hiệu năng gần giới hạn Shannon thu được từ mã LDPC khi độ dài mã tăng lên, tương tự mã turbo. Do mã LDPC có đặc tính rằng khoảng cách ngắn nhất tỷ lệ với độ dài mã, mã LDPC có ưu điểm về đặc tính xác suất lỗi khối là ưu việt và hiện tượng sàn lỗi được quan sát trong đặc tính giải mã của mã turbo hiếm khi được tạo ra, như là đặc tính của nó.

Sau đây, mã LDPC sẽ được mô tả cụ thể. Mã LDPC là mã tuyến tính và không cần thiết để cho mã LDPC là mã nhị phân. Tuy nhiên, trong trường hợp này, giả thiết rằng mã LDPC là mã nhị phân.

Đặc tính lớn nhất của mã LDPC đó là ma trận kiểm tra chẵn lẻ xác định mã LDPC là phân tán. Trong trường hợp này, ma trận phân tán là ma trận trong đó số phần tử "1" của ma trận là rất nhỏ (ma trận trong đó hầu hết các phần tử là 0).

Fig.1 minh họa ví dụ của ma trận kiểm tra chẵn lẻ H của mã LDPC.

Trong ma trận kiểm tra chẵn lẻ H của Fig.1, trọng số của mỗi cột (trọng số cột) (số "1") trở thành "3" và trọng số của mỗi hàng (trọng số hàng) trở thành "6".

Trong việc mã hóa của mã LDPC (mã hóa LDPC), ví dụ, ma trận sinh G được tạo ra trên cơ sở của ma trận kiểm tra chẵn lẻ H và ma trận sinh G được nhân với các bit thông tin nhị phân, sao cho từ mã (mã LDPC) được tạo ra.

Cụ thể, thiết bị mã hóa mà thực hiện việc mã hóa LDPC đầu tiên tính toán ma trận sinh G trong đó biểu thức $GH^T = 0$ thu được, giữa ma trận chuyển

vị H^T của ma trận kiểm tra chẵn lẻ H và ma trận sinh G . Trong trường hợp này, khi ma trận sinh G là ma trận $K \times N$, thiết bị mã hóa nhân ma trận sinh G với chuỗi bit (vector u) của các bit thông tin bao gồm K bit và tạo ra từ mã $c (= uG)$ bao gồm N bit. Từ mã (mã LDPC) mà được tạo ra bởi thiết bị mã hóa được thu tại phía thu thông qua đường truyền thông định trước.

Mã LDPC có thể được giải mã bởi thuật toán được gọi là giải mã xác suất được đề xuất bởi Gallager, tức là, thuật toán chuyển tin nhắn sử dụng lan truyền tin cậy trên biểu đồ Tanner, bao gồm nút biến thiên (cũng được gọi là nút tin nhắn) và nút kiểm tra. Sau đây, nút biến thiên và nút kiểm tra sau đây gọi là đơn giản là các nút.

Fig.2 minh họa chuỗi giải mã của mã LDPC.

Sau đây, giá trị thực (LLR thu) mà thu được bằng cách biểu diễn khả năng của "0" của giá trị của bit mã thứ i của mã LDPC (một từ mã) được thu bởi phía thu bởi tỷ lệ hợp lệ logarit được gọi là giá trị thu u_{0i} . Ngoài ra, tin nhắn được xuất ra từ nút kiểm tra được gọi là u_j và tin nhắn được xuất ra từ nút biến thiên được gọi là v_i .

Đầu tiên, theo việc giải mã của mã LDPC, như được minh họa trên Fig.2, trong bước S11, mã LDPC được thu, tin nhắn (tin nhắn nút kiểm tra) u_j được khởi tạo là "0", và biến k lấy số nguyên là số đếm về quy trình xử lý được khởi tạo là "0", và xử lý chuyển sang bước S12. Trong bước S12, tin nhắn (tin nhắn nút biến thiên) v_i được tính toán bằng cách thực hiện phép toán (phép toán nút biến thiên) được biểu diễn bởi biểu thức (1), trên cơ sở của giá trị thu u_{0i} đạt được bằng cách thu mã LDPC, và tin nhắn u_j được tính toán bằng cách thực hiện phép toán (phép toán nút kiểm tra) được biểu diễn bởi biểu thức (2), trên cơ sở của tin nhắn v_i .

[Công thức toán 1]

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

[Công thức toán 2]

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

Ở đây, d_v và d_c trong biểu thức (1) và biểu thức (2) lần lượt là các tham

số mà có thể được lựa chọn bất kỳ và minh họa số lượng "1" theo chiều dọc (cột) và chiều ngang (hàng) của ma trận kiểm tra chẵn lẻ H. Ví dụ, trong trường hợp của mã LDPC ((3, 6) mã LDPC) đối với ma trận kiểm tra chẵn lẻ H với trọng số cột là 3 và trọng số hàng là 6 như được minh họa trên Fig.1, $d_v=3$ và $d_c=6$ được thiết lập.

Trong phép toán nút biến thiên của biểu thức (1) và phép toán nút kiểm tra của biểu thức (2), do tin nhắn được nhập vào từ biên (dòng nối nút biến thiên và nút kiểm tra) để xuất ra tin nhắn không phải là đích phép toán, phạm vi thực hiện phép toán sẽ là từ 1 đến $d_v - 1$ hoặc từ 1 đến $d_c - 1$. Phép toán nút kiểm tra của biểu thức (2) được thực hiện thực tế bằng cách tạo ra trước đó bảng của hàm $R(v_1, v_2)$ được biểu diễn bởi biểu thức (3) được xác định bởi một đầu ra đối với hai đầu vào v_1 và v_2 và sử dụng bảng liên tiếp (đệ quy), như được biểu diễn bởi biểu thức (4).

[Công thức toán 3]

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

[Công thức toán 4]

$$u_j = R(v_1, R(v_2, R(v_3, \dots R(v_{d_c-2}, v_{d_c-1}))) \dots (4)$$

Trong bước S12, biến k được gia tăng thêm "1" và quy trình xử lý chuyển sang bước S13. Trong bước S13, có xác định rằng biến k có lớn hơn số lần giải mã lặp lại định trước C hay không. Khi được xác định trong bước S13 rằng biến k không lớn hơn C, thì quy trình xử lý quay lại bước S12 và quy trình xử lý tương tự được lặp lại sau đây.

Khi được xác định trong bước S13 rằng biến k lớn hơn C, thì quy trình xử lý chuyển sang bước S14, tin nhắn v_i mà tương ứng với kết quả giải mã được xuất ra cuối cùng được tính toán bằng cách thực hiện phép toán được biểu diễn bởi biểu thức (5) và được xuất ra, và quy trình xử lý giải mã của mã LDPC kết thúc.

[Công thức toán 5]

$$v_i = u_{0i} + \sum_{j=1}^{d_v} u_j \quad \dots (5)$$

Trong trường hợp này, phép toán của biểu thức (5) được thực hiện nhờ sử dụng các tin nhắn u_j từ tất cả các biên được kết nối tới nút biến thiên, khác với phép toán nút biến thiên của biểu thức (1).

Fig.3 minh họa ví dụ của ma trận kiểm tra chẵn lẻ H của mã LDPC (3, 6) (tỷ lệ mã hóa là 1/2 và độ dài mã là 12).

Trong ma trận kiểm tra chẵn lẻ H của Fig.3, trọng số của cột được thiết lập là 3 và trọng số của hàng được thiết lập là 6, tương tự Fig.1.

Fig.4 minh họa biểu đồ Tanner của ma trận kiểm tra chẵn lẻ H của Fig.3.

Trên Fig.4, nút kiểm tra được biểu diễn bởi "+"(cộng) và nút biến thiên được biểu diễn bởi "="(bằng). Nút kiểm tra và nút biến thiên tương ứng với hàng và cột của ma trận kiểm tra chẵn lẻ H. Dòng mà nối nút kiểm tra và nút biến thiên là biên và tương ứng với "1" của các phần tử của ma trận kiểm tra chẵn lẻ.

Tức là, khi phần tử của hàng thứ j và cột thứ i của ma trận kiểm tra chẵn lẻ là 1, trên Fig.4, nút biến thiên thứ i (nút của "=") từ phía trên và nút kiểm tra thứ j (nút của "+") từ phía trên được kết nối bởi biên. Biên thể hiện rằng bit mã tương ứng với nút biến thiên có điều kiện hạn chế tương ứng với nút kiểm tra.

Theo thuật toán tích tổng mà là phương pháp giải mã của mã LDPC, phép toán nút biến thiên và phép toán nút kiểm tra được thực hiện một cách lặp lại.

Fig.5 minh họa phép toán nút biến thiên mà được thực hiện bởi nút biến thiên.

Trong nút biến thiên, tin nhắn v_i mà tương ứng với biên để tính toán được tính toán bởi phép toán nút biến thiên của biểu thức (1) nhờ sử dụng các tin nhắn u_1 và u_2 từ các biên còn lại được kết nối tới nút biến thiên và giá trị thu u_{0i} . Các tin nhắn mà tương ứng với các biên khác cũng được tính toán bởi cùng phương pháp.

Fig.6 minh họa phép toán nút kiểm tra mà được thực hiện bởi nút kiểm tra.

Trong trường hợp này, phép toán nút kiểm tra của biểu thức (2) có thể được ghi lại bởi biểu thức (6) sử dụng quan hệ của biểu thức $a \times b = \exp\{\ln(|a|) + \ln(|b|)\} \times \text{sign}(a) \times \text{sign}(b)$. Tuy nhiên, $\text{sign}(x)$ là 1 trong trường hợp của $x \geq 0$ và là -1 trong trường hợp của $x < 0$.

[Công thức toán 6]

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

Trong $x \geq 0$, nếu hàm $\phi(x)$ được xác định là biểu thức $\phi(x) = \ln(\tanh(x/2))$, biểu thức $\phi^{-1}(x) = 2 \tanh^{-1}(e^{-x})$ sẽ thu được. Vì lý do này, biểu thức (6) có thể được thay đổi thành biểu thức (7).

[Công thức toán 7]

$$u_j = \phi^{-1} \left(\sum_{i=1}^{d_c-1} \phi(|v_i|) \right) \times \prod_{i=1}^{d_c-1} \operatorname{sign}(v_i) \dots (7)$$

Trong nút kiểm tra, phép toán nút kiểm tra của biểu thức (2) được thực hiện theo biểu thức (7).

Tức là, trong nút kiểm tra, như được minh họa trên Fig.6, tín hiệu u_j mà tương ứng với biên cho việc tính toán được tính toán bởi phép toán nút kiểm tra của biểu thức (7) nhờ sử dụng các tín hiệu v_1, v_2, v_3, v_4 , và v_5 từ các biên còn lại được kết nối tới nút kiểm tra. Các tín hiệu mà tương ứng với các biên khác cũng được tính toán bởi cùng phương pháp.

Hàm $\phi(x)$ của biểu thức (7) có thể được biểu diễn như là $\phi(x) = \ln((e^x+1)/(e^x-1))$ và $\phi(x) = \phi^{-1}(x)$ được thỏa mãn trong $x > 0$. Khi các hàm $\phi(x)$ và $\phi^{-1}(x)$ được bố trí vào phần cứng, các hàm $\phi(x)$ và $\phi^{-1}(x)$ có thể được bố trí sử dụng LUT (Look Up Table – Bảng tra cứu). Tuy nhiên, cả hai hàm $\phi(x)$ và $\phi^{-1}(x)$ trở thành cùng LUT.

Danh sách tài liệu trích dẫn

Tài liệu phi patent

Tài liệu phi patent 1: DVB-S.2: ETSI EN 302 307 V1.2.1 (2009-08)

Tiêu chuẩn DVB như DVB-S.2, DVB-T.2, và DVB-C.2 mà áp dụng mã LDPC tạo ra mã LDPC dưới dạng ký hiệu (được ký hiệu hóa) để điều biến trực giao (điều biến số) như QPSK (Quadrature Phase Shift Keying – Khóa dịch pha cầu phương) và ký hiệu này được ánh xạ tới điểm tín hiệu và được truyền.

Ngoài ra, trong những năm gần đây, ví dụ, dữ liệu dung lượng lớn như

ảnh 4k với độ phân giải có chiều rộng và dài là 3840×2160 điểm ảnh cao gấp gần bốn lần tầm nhìn cao toàn phần và ảnh 3D (ba chiều) được yêu cầu để được truyền hiệu quả.

Tuy nhiên, nếu hiệu quả truyền dữ liệu được ưu tiên, tỷ lệ lỗi sẽ được giảm.

Mặt khác, có trường hợp mà có yêu cầu truyền dữ liệu ở tỷ lệ lỗi tuyệt vời ngay cả nếu hiệu quả của việc truyền dữ liệu được hi sinh phần nào.

Giả thiết rằng việc truyền dữ liệu trong các loại hiệu quả khác nhau được yêu cầu trong tương lai, nhưng, theo mã LDPC, ví dụ, bằng cách chuẩn bị các mã LDPC có các tỷ lệ mã hóa khác nhau, có thể thực hiện truyền dữ liệu theo các loại hiệu quả khác nhau.

Do đó, đối với việc truyền dữ liệu, có mong muốn áp dụng các mã LDPC có các tỷ lệ mã hóa, để cho số lượng lớn nào đó (ví dụ, số lượng bằng hoặc lớn hơn số lượng được yêu cầu để truyền dữ liệu) có tỷ lệ mã hóa được thiết lập dễ dàng.

Ngoài ra, ngay cả trong trường hợp mà mã LDPC có tỷ lệ mã hóa bất kỳ được sử dụng, có mong muốn rằng khả năng chống lỗi là cao (mạnh), tức là, tỷ lệ lỗi tốt.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Sáng chế được tạo ra để giải quyết vấn đề nêu trên, và có thể cung cấp mã LDPC có tỷ lệ lỗi tốt.

Giải quyết vấn đề

Thiết bị xử lý dữ liệu hoặc phương pháp xử lý dữ liệu thứ nhất theo sáng chế bao gồm bộ mã hóa hoặc bước mã hóa để mã hóa bit thông tin thành mã LDPC có độ dài mã 64800 bit và tỷ lệ mã hóa là $7/30$, dựa trên ma trận kiểm tra chẵn lẻ của mã LDPC (Low Density Parity Check – Kiểm tra chẵn lẻ mật độ thấp). Mã LDPC bao gồm bit thông tin và bit chẵn lẻ. Ma trận kiểm tra chẵn lẻ bao gồm phần ma trận thông tin tương ứng với bit thông tin và phần ma trận chẵn lẻ tương ứng với bit chẵn lẻ. Phần ma trận thông tin được thể hiện bởi bảng giá trị khởi tạo ma trận kiểm tra chẵn lẻ. Bảng giá trị khởi tạo ma trận kiểm tra chẵn lẻ là bảng thể hiện các vị trí của các phần tử 1 của phần ma trận thông tin mỗi 360 cột và được biểu diễn như sau

548 9528 12205 12770 22023 22082 25884 27421 33215 36046 43580 43953
47539

919 2623 5098 5514 5645 6348 9666 13795 14555 43224 44048 44948 47964
995 7270 17753 21272 29228 29916 31634 34055 35205 37499 37777 47490
49301
645 3803 8836 9470 11054 20253 29417 31243 31990 36468 38715 39932
43045
14572 18646 21100 26617 32033 32410 37195 38586 43833 44577 45584
46453 49515
6004 16982 17829 24616 28056 29646 32944 39051 42517 47086 48585
48772 49247
1306 1447 4898 7781 18587 25724 26672 35062 35202 37080 39781 46111
47595
92 3231 13043 22258 24198 28923 33303 37846 43610 44857 47322 48914
49291
298 12557 13469 14451 21917 23539 26310 29839 37050 38507 41377 46971
48155
12582 13044 21039 30600 34202 34947 37120 39108 39203 43449 46941
48542 49354
871 12218 12680 14152 17171 25797 29021 37783 43728 47519 48794 48898
48980
35 4623 13422 15881 16692 17463 23675 28063 31248 41997 44246 47992
48339
7150 13015 17950 18214 20659 23579 25714 28328 32658 39717 39995
43322 45884
82 11054 11845 19085 24174 26694 41530 45954 46508 46892 48832 49097
49420
5789 13839 18512 25596 26478 26736 29431 32349 33384 41765 46661
49206 49543
13805 17786 17798 29653 30310 34870 40176 40391 43227 45292 46423
46855 49454
12433 27119 34645
32065 34998 44021
5158 16546 34359
44 33285 39929
39032 39296 40317

9885 45251 47640
 14383 43446 44478
 31280 39945 48472
 27961 38221 48391
 2927 37404 38716
 19461 42462 46162
 24909 25915 40636
 11029 35538 45381
 26880 34179 48775
 192 6032 26853
 4563 14952 24256
 10003 30853 43811
 749 36334 41363
 100 17006 24982
 9507 20228 31214
 41691 44310 47083
 24070 30411 46982
 2727 28251 49289
 16689 21167 32590
 40813 41198 46175
 8336 32714 43075.

Thiết bị xử lý dữ liệu hoặc phương pháp xử lý dữ liệu thứ hai theo sáng chế bao gồm bộ giải mã hoặc bước giải mã để giải mã mã LDPC có độ dài mã 64800 bit và tỷ lệ mã hóa là 7/30, dựa trên ma trận kiểm tra chẵn lẻ của mã LDPC (Low Density Parity Check - Kiểm tra chẵn lẻ mật độ thấp). Mã LDPC bao gồm bit thông tin và bit chẵn lẻ. Ma trận kiểm tra chẵn lẻ bao gồm phần ma trận thông tin tương ứng với bit thông tin và phần ma trận chẵn lẻ tương ứng với bit chẵn lẻ. Phần ma trận thông tin được thể hiện bởi bảng giá trị khởi tạo ma trận kiểm tra chẵn lẻ. Bảng giá trị khởi tạo ma trận kiểm tra chẵn lẻ là bảng thể hiện các vị trí của các phần tử 1 của phần ma trận thông tin mỗi 360 cột và được biểu diễn như sau

548 9528 12205 12770 22023 22082 25884 27421 33215 36046 43580 43953
 47539
 919 2623 5098 5514 5645 6348 9666 13795 14555 43224 44048 44948 47964

995 7270 17753 21272 29228 29916 31634 34055 35205 37499 37777 47490
 49301
 645 3803 8836 9470 11054 20253 29417 31243 31990 36468 38715 39932
 43045
 14572 18646 21100 26617 32033 32410 37195 38586 43833 44577 45584
 46453 49515
 6004 16982 17829 24616 28056 29646 32944 39051 42517 47086 48585
 48772 49247
 1306 1447 4898 7781 18587 25724 26672 35062 35202 37080 39781 46111
 47595
 92 3231 13043 22258 24198 28923 33303 37846 43610 44857 47322 48914
 49291
 298 12557 13469 14451 21917 23539 26310 29839 37050 38507 41377 46971
 48155
 12582 13044 21039 30600 34202 34947 37120 39108 39203 43449 46941
 48542 49354
 871 12218 12680 14152 17171 25797 29021 37783 43728 47519 48794 48898
 48980
 35 4623 13422 15881 16692 17463 23675 28063 31248 41997 44246 47992
 48339
 7150 13015 17950 18214 20659 23579 25714 28328 32658 39717 39995
 43322 45884
 82 11054 11845 19085 24174 26694 41530 45954 46508 46892 48832 49097
 49420
 5789 13839 18512 25596 26478 26736 29431 32349 33384 41765 46661
 49206 49543
 13805 17786 17798 29653 30310 34870 40176 40391 43227 45292 46423
 46855 49454
 12433 27119 34645
 32065 34998 44021
 5158 16546 34359
 44 33285 39929
 39032 39296 40317
 9885 45251 47640

14383 43446 44478
 31280 39945 48472
 27961 38221 48391
 2927 37404 38716
 19461 42462 46162
 24909 25915 40636
 11029 35538 45381
 26880 34179 48775
 192 6032 26853
 4563 14952 24256
 10003 30853 43811
 749 36334 41363
 100 17006 24982
 9507 20228 31214
 41691 44310 47083
 24070 30411 46982
 2727 28251 49289
 16689 21167 32590
 40813 41198 46175
 8336 32714 43075.

Thiết bị xử lý dữ liệu hoặc phương pháp xử lý dữ liệu thứ ba theo sáng chế bao gồm bộ mã hóa hoặc bước mã hóa để mã hóa bit thông tin thành mã LDPC có độ dài mã 64800 bit và tỷ lệ mã hóa là 8/30, dựa trên ma trận kiểm tra chẵn lẻ của mã LDPC (Low Density Parity Check - Kiểm tra chẵn lẻ mật độ thấp). Mã LDPC bao gồm bit thông tin và bit chẵn lẻ. Ma trận kiểm tra chẵn lẻ bao gồm phần ma trận thông tin tương ứng với bit thông tin và phần ma trận chẵn lẻ tương ứng với bit chẵn lẻ. Phần ma trận thông tin được thể hiện bởi bảng giá trị khởi tạo ma trận kiểm tra chẵn lẻ. Bảng giá trị khởi tạo ma trận kiểm tra chẵn lẻ là bảng thể hiện các vị trí của các phần tử 1 của phần ma trận thông tin mỗi 360 cột và được biểu diễn như sau

100 3433 4111 9089 13360 24012 26305 30252 31430 31769 34689 34917
 36091 40873 41983 42689 43835 44318 47109
 3 48 124 2240 7029 21694 24565 29302 39777 42706 43631 43784 46033
 47064 47079 47141 47239 47439 47479

2 5675 7056 12715 24128 26596 30571 38210 38586 41138 42272 43336
 43444 43917 45812 46840 47245 47286 47510
 2103 4285 10068 10702 12693 17619 18711 21309 22191 22999 37432 45646
 46275 46338 46777 46860 46963 47432 47472
 6827 8209 8606 10412 15670 19469 22205 22215 25425 29565 34843 34985
 37686 39277 44625 45016 45623 47069 47250
 58 114 1751 7913 24642 26995 40734 41486 43133 44804 45490 45725
 46122 46412 47019 47080 47103 47495 47506
 96 5952 9078 9786 17738 17888 17986 31657 34430 34763 35450 37276
 42395 43223 43283 44261 45648 47014 47276
 106 5405 9614 20500 21633 23242 28875 37238 38854 41778 42292 43883
 45909 46558 46826 47292 47353 47436 47504
 32 11217 12153 26818 27616 38783 39976 40842 43581 43703 44287 44435
 44576 44774 46080 46098 46801 46813 47168
 65 102 111 3879 11224 11772 23623 27306 28726 34663 34873 36288 39196
 42003 45279 45629 46836 47021 47419
 77 131 11275 18964 20418 22364 22635 27727 28689 29720 29781 32110
 41597 42046 43952 44786 46416 46808 47200
 87 8637 10829 23737 24117 26486 29603 34389 35509 35872 38948 40643
 42698 45949 46159 46660 47041 47165 47220
 2 58 3110 7539 8886 10422 11597 13385 27870 35895 38120 43546 44948
 46272 46369 46596 47199 47317 47351
 78 16119 27780 32231 38973 39088 40118 40231 43170 44131 44203 44878
 45905 46250 47011 47113 47195 47303 47427
 2960 6685 8830 11107 11843 12811 30030 36574 36850 36920 37706 38025
 41007 43554 44109 44643 45874 46469 46565
 125 366 10175 29860
 45 17503 44634 45789
 6272 19614 34408 37248
 14785 41017 44274 46858
 19935 22960 44726 44919
 15247 17925 33947 37392
 34631 39148 43287 45443
 8544 26457 30996 38672

11725 31442 42167 45461
 22357 41743 46702 47285
 13786 26288 41358 43082
 7306 21352 43298 47359
 77 5188 20988 45572
 10334 23790 40878
 9304 29379 47450
 22048 44762 47300
 8529 8825 47443
 40831 41328 46415
 26715 43038 46498
 26925 30797 43181
 32434 45624 47460
 17989 31811 47215
 5624 25501 33016
 5024 9037 33642
 93 7329 46908
 20303 42578 46780
 16137 26869 42360
 112 3049 46527
 23615 29931 47360
 23050 24267 44687
 60 40754 47114
 30217 36283 37445
 127 27308 38345.

Thiết bị xử lý dữ liệu hoặc phương pháp xử lý dữ liệu thứ tư theo sáng chế bao gồm bộ giải mã hoặc bước giải mã để giải mã mã LDPC có độ dài mã 64800 bit và tỷ lệ mã hóa là 8/30, dựa trên ma trận kiểm tra chẵn lẻ của mã LDPC (Low Density Parity Check - Kiểm tra chẵn lẻ mật độ thấp). Mã LDPC bao gồm bit thông tin và bit chẵn lẻ. Ma trận kiểm tra chẵn lẻ bao gồm phần ma trận thông tin tương ứng với bit thông tin và phần ma trận chẵn lẻ tương ứng với bit chẵn lẻ. Phần ma trận thông tin được thể hiện bởi bảng giá trị khởi tạo ma trận kiểm tra chẵn lẻ. Bảng giá trị khởi tạo ma trận kiểm tra chẵn lẻ là bảng thể hiện các vị trí của các phần tử 1 của phần ma trận thông tin mỗi 360 cột và được

biểu diễn như sau

100 3433 4111 9089 13360 24012 26305 30252 31430 31769 34689 34917
 36091 40873 41983 42689 43835 44318 47109
 3 48 124 2240 7029 21694 24565 29302 39777 42706 43631 43784 46033
 47064 47079 47141 47239 47439 47479
 2 5675 7056 12715 24128 26596 30571 38210 38586 41138 42272 43336
 43444 43917 45812 46840 47245 47286 47510
 2103 4285 10068 10702 12693 17619 18711 21309 22191 22999 37432 45646
 46275 46338 46777 46860 46963 47432 47472
 6827 8209 8606 10412 15670 19469 22205 22215 25425 29565 34843 34985
 37686 39277 44625 45016 45623 47069 47250
 58 114 1751 7913 24642 26995 40734 41486 43133 44804 45490 45725
 46122 46412 47019 47080 47103 47495 47506
 96 5952 9078 9786 17738 17888 17986 31657 34430 34763 35450 37276
 42395 43223 43283 44261 45648 47014 47276
 106 5405 9614 20500 21633 23242 28875 37238 38854 41778 42292 43883
 45909 46558 46826 47292 47353 47436 47504
 32 11217 12153 26818 27616 38783 39976 40842 43581 43703 44287 44435
 44576 44774 46080 46098 46801 46813 47168
 65 102 111 3879 11224 11772 23623 27306 28726 34663 34873 36288 39196
 42003 45279 45629 46836 47021 47419
 77 131 11275 18964 20418 22364 22635 27727 28689 29720 29781 32110
 41597 42046 43952 44786 46416 46808 47200
 87 8637 10829 23737 24117 26486 29603 34389 35509 35872 38948 40643
 42698 45949 46159 46660 47041 47165 47220
 2 58 3110 7539 8886 10422 11597 13385 27870 35895 38120 43546 44948
 46272 46369 46596 47199 47317 47351
 78 16119 27780 32231 38973 39088 40118 40231 43170 44131 44203 44878
 45905 46250 47011 47113 47195 47303 47427
 2960 6685 8830 11107 11843 12811 30030 36574 36850 36920 37706 38025
 41007 43554 44109 44643 45874 46469 46565
 125 366 10175 29860
 45 17503 44634 45789
 6272 19614 34408 37248

14785 41017 44274 46858
19935 22960 44726 44919
15247 17925 33947 37392
34631 39148 43287 45443
8544 26457 30996 38672
11725 31442 42167 45461
22357 41743 46702 47285
13786 26288 41358 43082
7306 21352 43298 47359
77 5188 20988 45572
10334 23790 40878
9304 29379 47450
22048 44762 47300
8529 8825 47443
40831 41328 46415
26715 43038 46498
26925 30797 43181
32434 45624 47460
17989 31811 47215
5624 25501 33016
5024 9037 33642
93 7329 46908
20303 42578 46780
16137 26869 42360
112 3049 46527
23615 29931 47360
23050 24267 44687
60 40754 47114
30217 36283 37445
127 27308 38345.

Thiết bị xử lý dữ liệu hoặc phương pháp xử lý dữ liệu thứ năm theo sáng chế bao gồm bộ mã hóa hoặc bước mã hóa để mã hóa bit thông tin thành mã LDPC có độ dài mã 64800 bit và tỷ lệ mã hóa là 9/30, dựa trên ma trận kiểm tra chẵn lẻ của mã LDPC (Low Density Parity Check - Kiểm tra chẵn lẻ mật độ

thấp). Mã LDPC bao gồm bit thông tin và bit chẵn lẻ. Ma trận kiểm tra chẵn lẻ bao gồm phần ma trận thông tin tương ứng với bit thông tin và phần ma trận chẵn lẻ tương ứng với bit chẵn lẻ. Phần ma trận thông tin được thể hiện bởi bảng giá trị khởi tạo ma trận kiểm tra chẵn lẻ. Bảng giá trị khởi tạo ma trận kiểm tra chẵn lẻ là bảng thể hiện các vị trí của các phần tử 1 của phần ma trận thông tin mỗi 360 cột và được biểu diễn như sau

339 4777 5366 7623 13034 13260 15107 17772 20338 21178 25914 27663
29948 37489 41021
3871 5812 9795 23437 24079 27699 33471 39878 40302 41038 41217 42316
42765 43675 45118
3699 4072 16553 21492 26210 29839 30322 34139 38227 39696 40762 41156
41269 45168 45350
995 12194 12494 16542 20423 21950 23519 26215 26708 30587 38352 38840
39729 41645 43210
3963 4315 6832 11354 21042 21084 21108 25595 33109 34029 34448 35129
38018 39012 44791
164 887 2902 9021 9193 16705 17850 19241 25893 33427 37416 41024
41355 44381 45303
1367 1495 5495 14440 18026 18130 18178 21946 24057 25663 29216 31965
38107 43907 44278
10763 13722 13975 18294 20813 23028 23353 24211 37366 38805 40985
41792 42495 43259 43528
1580 12448 21464 31246 33058 34794 35760 36021 36426 37138 37478
38199 42138 42335 45207
83 112 12225 15224 18205 21345 28488 34362 37195 39660 42371 42814
44509 45201 45244
6836 7635 11644 16591 17121 19307 21456 23544 30596 37887 38141 38581
43607 44246 45097
9174 14934 17131 29762 30243 31656 33251 35498 37106 37655 41462
44002 44649 45032 45230
33 5376 13536 17068 18581 23478 32021 32074 33716 38434 39452 42166
44305 44979 45306
6013 7553 10023 19354 23126 25427 27665 30239 32699 34123 36171 38898
38972 41974 45213

41 98 3088 8522 26252 29602 30009 30138 30948 32190 32428 32498 34273
34955 45311
2000 15664 20677 20792 22980 25111 31491 37611 37981 39872 41668
42336 43602 43828 45329
23 67 97 5339 8121 8583 20647 25425 32305 37158 40968 41578 43492
44929 45273
1643 3496 5121 6546 15643 16423 20602 39950 43178 43252 43683 43992
44001 44611 45125
11093 19172 20548 24518 28289 29246 30148 34884 40403 40745 42723
43064 44448 44723 44812
12748 12799 28567 41605
1965 4087 31879
27178 33638 38344
9580 13096 45337
2672 22800 43869
28287 31407 31975
2823 5108 9945
5891 30848 42082
23 41944 44909
909 2311 45162
24998 37829 44704
35339 40087 45019
16928 26505 35256
26462 27297 37766
19656 35067 38586
6958 17172 41412
72 26012 37231
15259 16044 30243
2879 12148 34601
36173 39731 42668
20670 35816 43266
22570 27213 30404
40284 44171 45313
17765 22514 39347

24711 39892 45132
 13741 34633 44535
 15209 31692 45280
 11189 43771 45303
 28294 31110 32287
 29085 39876 45246
 24285 36009 45347
 6882 28921 34504
 9256 19267 44194
 2132 21404 28687
 23809 34383 44540.

Thiết bị xử lý dữ liệu hoặc phương pháp xử lý dữ liệu thứ sáu theo sáng chế bao gồm bộ giải mã hoặc bước giải mã để giải mã mã LDPC có độ dài mã 64800 bit và tỷ lệ mã hóa là 9/30, dựa trên ma trận kiểm tra chẵn lẻ của mã LDPC (Low Density Parity Check - Kiểm tra chẵn lẻ mật độ thấp). Mã LDPC bao gồm bit thông tin và bit chẵn lẻ. Ma trận kiểm tra chẵn lẻ bao gồm phần ma trận thông tin tương ứng với bit thông tin và phần ma trận chẵn lẻ tương ứng với bit chẵn lẻ. Phần ma trận thông tin được thể hiện bởi bảng giá trị khởi tạo ma trận kiểm tra chẵn lẻ. Bảng giá trị khởi tạo ma trận kiểm tra chẵn lẻ là bảng thể hiện các vị trí của các phần tử 1 của phần ma trận thông tin mỗi 360 cột và được biểu diễn như sau

339 4777 5366 7623 13034 13260 15107 17772 20338 21178 25914 27663
 29948 37489 41021
 3871 5812 9795 23437 24079 27699 33471 39878 40302 41038 41217 42316
 42765 43675 45118
 3699 4072 16553 21492 26210 29839 30322 34139 38227 39696 40762 41156
 41269 45168 45350
 995 12194 12494 16542 20423 21950 23519 26215 26708 30587 38352 38840
 39729 41645 43210
 3963 4315 6832 11354 21042 21084 21108 25595 33109 34029 34448 35129
 38018 39012 44791
 164 887 2902 9021 9193 16705 17850 19241 25893 33427 37416 41024
 41355 44381 45303
 1367 1495 5495 14440 18026 18130 18178 21946 24057 25663 29216 31965

38107 43907 44278

10763 13722 13975 18294 20813 23028 23353 24211 37366 38805 40985
41792 42495 43259 43528

1580 12448 21464 31246 33058 34794 35760 36021 36426 37138 37478
38199 42138 42335 45207

83 112 12225 15224 18205 21345 28488 34362 37195 39660 42371 42814
44509 45201 45244

6836 7635 11644 16591 17121 19307 21456 23544 30596 37887 38141 38581
43607 44246 45097

9174 14934 17131 29762 30243 31656 33251 35498 37106 37655 41462
44002 44649 45032 45230

33 5376 13536 17068 18581 23478 32021 32074 33716 38434 39452 42166
44305 44979 45306

6013 7553 10023 19354 23126 25427 27665 30239 32699 34123 36171 38898
38972 41974 45213

41 98 3088 8522 26252 29602 30009 30138 30948 32190 32428 32498 34273
34955 45311

2000 15664 20677 20792 22980 25111 31491 37611 37981 39872 41668
42336 43602 43828 45329

23 67 97 5339 8121 8583 20647 25425 32305 37158 40968 41578 43492
44929 45273

1643 3496 5121 6546 15643 16423 20602 39950 43178 43252 43683 43992
44001 44611 45125

11093 19172 20548 24518 28289 29246 30148 34884 40403 40745 42723
43064 44448 44723 44812

12748 12799 28567 41605

1965 4087 31879

27178 33638 38344

9580 13096 45337

2672 22800 43869

28287 31407 31975

2823 5108 9945

5891 30848 42082

23 41944 44909

909 2311 45162
 24998 37829 44704
 35339 40087 45019
 16928 26505 35256
 26462 27297 37766
 19656 35067 38586
 6958 17172 41412
 72 26012 37231
 15259 16044 30243
 2879 12148 34601
 36173 39731 42668
 20670 35816 43266
 22570 27213 30404
 40284 44171 45313
 17765 22514 39347
 24711 39892 45132
 13741 34633 44535
 15209 31692 45280
 11189 43771 45303
 28294 31110 32287
 29085 39876 45246
 24285 36009 45347
 6882 28921 34504
 9256 19267 44194
 2132 21404 28687
 23809 34383 44540.

Thiết bị xử lý dữ liệu hoặc phương pháp xử lý dữ liệu thứ bảy theo sáng chế bao gồm bước mã hóa để mã hóa bit thông tin thành mã LDPC có độ dài mã 64800 bit và tỷ lệ mã hóa là 10/30, dựa trên ma trận kiểm tra chẵn lẻ của mã LDPC (Low Density Parity Check - Kiểm tra chẵn lẻ mật độ thấp). Mã LDPC bao gồm bit thông tin và bit chẵn lẻ. Ma trận kiểm tra chẵn lẻ bao gồm phần ma trận thông tin tương ứng với bit thông tin và phần ma trận chẵn lẻ tương ứng với bit chẵn lẻ. Phần ma trận thông tin được thể hiện bởi bảng giá trị khởi tạo ma trận kiểm tra chẵn lẻ. Bảng giá trị khởi tạo ma trận kiểm tra chẵn lẻ là bảng thể

hiện các vị trí của các phần tử 1 của phần ma trận thông tin mỗi 360 cột và được biểu diễn như sau

867 2733 2978 8947 10214 11810 13566 15922 18838 20543 25845 29179
 30055 31284 33447 34330 35081 35605 36268 39563 42331 43174
 2765 6017 6394 6769 12351 13567 15195 19900 23094 27077 28626 28914
 32219 33106 33662 33905 34878 37861 39749 39862 40976 42690
 2343 4231 7603 7789 8396 8783 15636 16221 20591 21538 24008 25117
 25663 26817 29692 30937 31472 32070 33793 39506 41763 43172
 8536 10705 10960 11206 12513 15399 17108 17224 17512 20180 25288
 27824 28958 30600 36792 36828 38891 39575 39581 42342 42914 42961
 9 107 681 1195 9957 14055 21420 23279 26129 32044 35750 37065 37092
 37165 37179 40127 40835 41476 41564 41571 42576 42910
 86 1760 6842 8119 8904 12644 17603 18189 20018 22259 22654 25620
 27606 27833 28002 31053 31814 31848 35573 36133 40698 41370
 28 115 4354 9276 11229 11252 13848 21112 22851 29912 32453 34693 37344
 37420 40926 40992 41063 41762 41856 42012 42642 43045
 1589 7190 7221 7668 11805 14071 14367 14629 17087 19579 19861 25505
 35471 35514 37495 38375 40286 40330 40402 41662 42638 43126
 76 99 3237 5137 7982 9598 13470 14045 26680 27058 32025 32235 34601
 35658 36841 38408 40517 40987 41400 41861 42691 42772
 54 2470 2728 3177 3484 8267 9351 17523 18513 21119 22947 23771 26569
 27308 31217 35887 36449 38529 40424 41873 42146 42706
 39 80 385 1386 3397 5234 14733 16955 17656 23262 23463 25340 31638
 31676 32683 37130 37641 39064 41839 42193 42495 43063
 62 573 11847 14616 16033 16064 16302 18776 19434 23845 23873 25937
 27741 32244 32612 33554 38445 38480 38610 40933 42386 42520
 33 183 968 5477 6173 7363 10358 12597 14468 18025 23369 23387 24723
 25254 28299 28989 31675 32776 35077 40241 41572 42035
 36 2529 2543 3891 7108 9002 9481 16496 19796 26687 27343 33300 35495
 37070 39247 40126 41758 41892 42124 42622 42738 43100
 91 6897 8794 9581 12922 15711 18539 19227 21592 22906 26449 29804
 30895 31538 31930 33392 38006 38294 38705 38952 39005 42120
 64 76 709 1155 3162 7099 8740 9670 12678 21126 29239 29844 31248 32001
 35243 36814 38008 42050 42149 42631 42705 43119

17670 40897 42359
17471 20895 32101
5458 5508 30504
17291 19627 27186
14600 41106 43103
18059 28398 40623
23776 30190 32880
4676 13593 21791
19 2832 27959
6193 21762 42854
64 16088 42982
29425 35004 42209
14338 31982 41789
21572 42838 42923
5 87 6639
5529 42541 43173
15512 31740 35801
44 86 43183
26027 26995 36455
16485 30090 34537
22276 40174 42367
10781 18230 18766
9984 42877 43027
11108 20618 41626
8496 42994 43171
10581 25803 42606
4989 14002 29020
35032 39378 41455
109 11667 42914
12471 14022 35477
31761 34625 36228
1228 6013 43110
22355 37905 40784
12740 21805 31648

4202 28639 32213
 10697 31674 42998
 4092 23877 34360
 54 9459 16450
 1 56 33675
 18163 31951 42528
 50 5655 35891
 47 35033 40356
 29097 32786 35931
 9532 27004 43009.

Thiết bị xử lý dữ liệu hoặc phương pháp xử lý dữ liệu thứ tám theo sáng chế bao gồm bộ giải mã hoặc bước giải mã để giải mã mã LDPC có độ dài mã 64800 bit và tỷ lệ mã hóa là 10/30, dựa trên ma trận kiểm tra chẵn lẻ của mã LDPC (Low Density Parity Check - Kiểm tra chẵn lẻ mật độ thấp). Mã LDPC bao gồm bit thông tin và bit chẵn lẻ. Ma trận kiểm tra chẵn lẻ bao gồm phần ma trận thông tin tương ứng với bit thông tin và phần ma trận chẵn lẻ tương ứng với bit chẵn lẻ. Phần ma trận thông tin được thể hiện bởi bảng giá trị khởi tạo ma trận kiểm tra chẵn lẻ. Bảng giá trị khởi tạo ma trận kiểm tra chẵn lẻ là bảng thể hiện các vị trí của các phần tử 1 của phần ma trận thông tin mỗi 360 cột và được biểu diễn như sau

867 2733 2978 8947 10214 11810 13566 15922 18838 20543 25845 29179
 30055 31284 33447 34330 35081 35605 36268 39563 42331 43174
 2765 6017 6394 6769 12351 13567 15195 19900 23094 27077 28626 28914
 32219 33106 33662 33905 34878 37861 39749 39862 40976 42690
 2343 4231 7603 7789 8396 8783 15636 16221 20591 21538 24008 25117
 25663 26817 29692 30937 31472 32070 33793 39506 41763 43172
 8536 10705 10960 11206 12513 15399 17108 17224 17512 20180 25288
 27824 28958 30600 36792 36828 38891 39575 39581 42342 42914 42961
 9 107 681 1195 9957 14055 21420 23279 26129 32044 35750 37065 37092
 37165 37179 40127 40835 41476 41564 41571 42576 42910
 86 1760 6842 8119 8904 12644 17603 18189 20018 22259 22654 25620
 27606 27833 28002 31053 31814 31848 35573 36133 40698 41370
 28 115 4354 9276 11229 11252 13848 21112 22851 29912 32453 34693 37344
 37420 40926 40992 41063 41762 41856 42012 42642 43045

1589 7190 7221 7668 11805 14071 14367 14629 17087 19579 19861 25505
35471 35514 37495 38375 40286 40330 40402 41662 42638 43126
76 99 3237 5137 7982 9598 13470 14045 26680 27058 32025 32235 34601
35658 36841 38408 40517 40987 41400 41861 42691 42772
54 2470 2728 3177 3484 8267 9351 17523 18513 21119 22947 23771 26569
27308 31217 35887 36449 38529 40424 41873 42146 42706
39 80 385 1386 3397 5234 14733 16955 17656 23262 23463 25340 31638
31676 32683 37130 37641 39064 41839 42193 42495 43063
62 573 11847 14616 16033 16064 16302 18776 19434 23845 23873 25937
27741 32244 32612 33554 38445 38480 38610 40933 42386 42520
33 183 968 5477 6173 7363 10358 12597 14468 18025 23369 23387 24723
25254 28299 28989 31675 32776 35077 40241 41572 42035
36 2529 2543 3891 7108 9002 9481 16496 19796 26687 27343 33300 35495
37070 39247 40126 41758 41892 42124 42622 42738 43100
91 6897 8794 9581 12922 15711 18539 19227 21592 22906 26449 29804
30895 31538 31930 33392 38006 38294 38705 38952 39005 42120
64 76 709 1155 3162 7099 8740 9670 12678 21126 29239 29844 31248 32001
35243 36814 38008 42050 42149 42631 42705 43119
17670 40897 42359
17471 20895 32101
5458 5508 30504
17291 19627 27186
14600 41106 43103
18059 28398 40623
23776 30190 32880
4676 13593 21791
19 2832 27959
6193 21762 42854
64 16088 42982
29425 35004 42209
14338 31982 41789
21572 42838 42923
5 87 6639
5529 42541 43173

15512 31740 35801
 44 86 43183
 26027 26995 36455
 16485 30090 34537
 22276 40174 42367
 10781 18230 18766
 9984 42877 43027
 11108 20618 41626
 8496 42994 43171
 10581 25803 42606
 4989 14002 29020
 35032 39378 41455
 109 11667 42914
 12471 14022 35477
 31761 34625 36228
 1228 6013 43110
 22355 37905 40784
 12740 21805 31648
 4202 28639 32213
 10697 31674 42998
 4092 23877 34360
 54 9459 16450
 1 56 33675
 18163 31951 42528
 50 5655 35891
 47 35033 40356
 29097 32786 35931
 9532 27004 43009.

Thiết bị xử lý dữ liệu hoặc phương pháp xử lý dữ liệu thứ chín theo sáng chế bao gồm bộ mã hóa hoặc bước mã hóa để mã hóa bit thông tin thành mã LDPC có độ dài mã 64800 bit và tỷ lệ mã hóa là 11/30, dựa trên ma trận kiểm tra chẵn lẻ của mã LDPC (Low Density Parity Check - Kiểm tra chẵn lẻ mật độ thấp). Mã LDPC bao gồm bit thông tin và bit chẵn lẻ. Ma trận kiểm tra chẵn lẻ bao gồm phần ma trận thông tin tương ứng với bit thông tin và phần ma trận

chẵn lẻ tương ứng với bit chẵn lẻ. Phần ma trận thông tin được thể hiện bởi bảng giá trị khởi tạo ma trận kiểm tra chẵn lẻ. Bảng giá trị khởi tạo ma trận kiểm tra chẵn lẻ là bảng thể hiện các vị trí của các phần tử 1 của phần ma trận thông tin mỗi 360 cột và được biểu diễn như sau

3208 6587 9493 9539 12368 12501 14811 15784 17625 18654 18721 19471
19503 20079 20411 20876 21493 22083 22430 27275 29322 32758 33227
33347 33715 34472 34711 38450 39151 39709 39862 40093 40497 40912

42 1118 3086 5466 6379 8483 9051 9330 13250 13898 14055 15033 18094
21429 22652 25251 28709 29909 30233 30472 30635 31367 32603 33614
33708 36404 36530 37039 37782 38115 38307 40225 40597 40822

5939 11990 15027 15162 16503 17171 17806 17902 18031 18077 21216
22134 22660 24170 28558 29364 30003 31128 32674 33103 33361 34196
34435 34626 34991 35974 36022 37459 38170 38709 39774 39960 40571
40858

63 3871 9148 10328 12830 12912 18361 18839 20122 23126 23795 28612
30350 32251 32750 33762 33866 36188 36979 37562 37836 38536 38705
38829 39609 40219 40324 40336 40367 40638 40699 40809 40987 41019

36 70 104 3737 5028 19023 19575 19746 23840 24611 24661 26741 27749
30359 31027 31509 32621 32859 33830 34619 35281 35479 36796 37344
37555 38993 39088 39445 40276 40299 40762 40771 40835 40967

113 2313 4411 5858 9909 10426 18955 21663 21884 24105 24472 26944
27826 28574 28689 29579 30903 32352 33334 36408 36795 36805 37112
37121 38731 39080 39739 40007 40326 40356 40472 40476 40622 40778

54 84 3529 5202 9825 9900 10846 12104 13332 14493 14584 23772 24084
25786 25963 26145 28306 29514 30050 30060 33171 33416 33657 33951
34908 37715 37854 38088 38966 39148 40166 40633 40746 40939

105 8722 10244 12148 13029 16368 18186 19660 19830 21616 22256 22534
23100 23219 25473 26585 29858 32350 33305 34290 34356 34675 35297
37052 37144 37934 38201 39867 40270 40539 40781 40804 40944 40966

53 61 82 96 2665 6552 9517 15693 17214 17588 18347 19039 20679 21962
24255 25861 27117 27919 30691 36195 36379 37031 37309 37535 37793
38198 38212 38595 38808 38911 39474 39677 40135 40935

15 67 723 2962 4991 5285 11583 13398 16301 16338 20996 21510 25697
28214 29143 30539 30573 31108 32500 32506 32727 32755 36134 37226

37655 37799 39219 39626 39980 40093 40105 40628 40634 40816
18854 37884 40104 40772
35209 40379 40447 40508
3049 36078 39403 40402
19118 27981 35730 36649
20465 28570 39076 40910
24047 31275 39790 40126
31041 33526 34162 39092
1152 8976 24071 35698
3 27991 31485 40934
5245 20676 30579 38823
47 11196 38674 38894
14920 15270 16047 40928
23974 30146 39805 40911
8791 16641 25060 31681
1147 4233 34386 37802
58 5354 22265 41018
869 3078 39882 40730
1071 6322 9163 10642
7235 32596 35540 37487
26910 35537 40830 41035
81 11905 16179 19558
29 41 5161 12173
3043 5574 9993 26058
875 36935 39423 40956
3362 19166 20017 39729
12893 16403 33880 37115
9980 27100 28525 36786
3218 12776 40651 40703
7669 25783 32781 34504
25951 34595 39049 40597
11271 35112 35290 40600
5330 38324 40325 40986
58 24777 40560 40835

23895 25427 33552 37472
 2811 4731 11601 39912
 109 39021 40611 40754
 79 15387 30999 40978
 31162 34975 38844 39784
 34891 37007 39433 40102
 42 9072 21526 22610
 20243 20499 24418 29056
 7951 26469 29729 40956
 6 10833 13188 15714
 7910 20652 40574 40874
 14586 24839 37804 40722
 1103 11381 21050 30084
 10 9032 20123 28528
 19477 29966 37702 37766
 131 31352 39069 40971
 34 7368 17799 27467
 16767 27584 32869 34769
 31515 34543 36230 40752
 15098 25451 26402 27629
 149 10388 24558 40709
 6997 7288 23995 29893
 346 12245 13843 40402.

Thiết bị xử lý dữ liệu hoặc phương pháp xử lý dữ liệu thứ mười theo sáng chế bao gồm bộ giải mã hoặc bước giải mã để giải mã mã LDPC có độ dài mã 64800 bit và tỷ lệ mã hóa là 11/30, dựa trên ma trận kiểm tra chẵn lẻ của mã LDPC (Low Density Parity Check - Kiểm tra chẵn lẻ mật độ thấp). Mã LDPC bao gồm bit thông tin và bit chẵn lẻ. Ma trận kiểm tra chẵn lẻ bao gồm phần ma trận thông tin tương ứng với bit thông tin và phần ma trận chẵn lẻ tương ứng với bit chẵn lẻ. Phần ma trận thông tin được thể hiện bởi bảng giá trị khởi tạo ma trận kiểm tra chẵn lẻ. Bảng giá trị khởi tạo ma trận kiểm tra chẵn lẻ là bảng thể hiện các vị trí của các phần tử 1 của phần ma trận thông tin mỗi 360 cột và được biểu diễn như sau

3208 6587 9493 9539 12368 12501 14811 15784 17625 18654 18721 19471

19503 20079 20411 20876 21493 22083 22430 27275 29322 32758 33227
33347 33715 34472 34711 38450 39151 39709 39862 40093 40497 40912

42 1118 3086 5466 6379 8483 9051 9330 13250 13898 14055 15033 18094
21429 22652 25251 28709 29909 30233 30472 30635 31367 32603 33614
33708 36404 36530 37039 37782 38115 38307 40225 40597 40822

5939 11990 15027 15162 16503 17171 17806 17902 18031 18077 21216
22134 22660 24170 28558 29364 30003 31128 32674 33103 33361 34196
34435 34626 34991 35974 36022 37459 38170 38709 39774 39960 40571
40858

63 3871 9148 10328 12830 12912 18361 18839 20122 23126 23795 28612
30350 32251 32750 33762 33866 36188 36979 37562 37836 38536 38705
38829 39609 40219 40324 40336 40367 40638 40699 40809 40987 41019

36 70 104 3737 5028 19023 19575 19746 23840 24611 24661 26741 27749
30359 31027 31509 32621 32859 33830 34619 35281 35479 36796 37344
37555 38993 39088 39445 40276 40299 40762 40771 40835 40967

113 2313 4411 5858 9909 10426 18955 21663 21884 24105 24472 26944
27826 28574 28689 29579 30903 32352 33334 36408 36795 36805 37112
37121 38731 39080 39739 40007 40326 40356 40472 40476 40622 40778

54 84 3529 5202 9825 9900 10846 12104 13332 14493 14584 23772 24084
25786 25963 26145 28306 29514 30050 30060 33171 33416 33657 33951
34908 37715 37854 38088 38966 39148 40166 40633 40746 40939

105 8722 10244 12148 13029 16368 18186 19660 19830 21616 22256 22534
23100 23219 25473 26585 29858 32350 33305 34290 34356 34675 35297
37052 37144 37934 38201 39867 40270 40539 40781 40804 40944 40966

53 61 82 96 2665 6552 9517 15693 17214 17588 18347 19039 20679 21962
24255 25861 27117 27919 30691 36195 36379 37031 37309 37535 37793
38198 38212 38595 38808 38911 39474 39677 40135 40935

15 67 723 2962 4991 5285 11583 13398 16301 16338 20996 21510 25697
28214 29143 30539 30573 31108 32500 32506 32727 32755 36134 37226
37655 37799 39219 39626 39980 40093 40105 40628 40634 40816

18854 37884 40104 40772

35209 40379 40447 40508

3049 36078 39403 40402

19118 27981 35730 36649

20465 28570 39076 40910
24047 31275 39790 40126
31041 33526 34162 39092
1152 8976 24071 35698
3 27991 31485 40934
5245 20676 30579 38823
47 11196 38674 38894
14920 15270 16047 40928
23974 30146 39805 40911
8791 16641 25060 31681
1147 4233 34386 37802
58 5354 22265 41018
869 3078 39882 40730
1071 6322 9163 10642
7235 32596 35540 37487
26910 35537 40830 41035
81 11905 16179 19558
29 41 5161 12173
3043 5574 9993 26058
875 36935 39423 40956
3362 19166 20017 39729
12893 16403 33880 37115
9980 27100 28525 36786
3218 12776 40651 40703
7669 25783 32781 34504
25951 34595 39049 40597
11271 35112 35290 40600
5330 38324 40325 40986
58 24777 40560 40835
23895 25427 33552 37472
2811 4731 11601 39912
109 39021 40611 40754
79 15387 30999 40978
31162 34975 38844 39784

34891 37007 39433 40102
 42 9072 21526 22610
 20243 20499 24418 29056
 7951 26469 29729 40956
 6 10833 13188 15714
 7910 20652 40574 40874
 14586 24839 37804 40722
 1103 11381 21050 30084
 10 9032 20123 28528
 19477 29966 37702 37766
 131 31352 39069 40971
 34 7368 17799 27467
 16767 27584 32869 34769
 31515 34543 36230 40752
 15098 25451 26402 27629
 149 10388 24558 40709
 6997 7288 23995 29893
 346 12245 13843 40402.

Theo sáng chế, bit thông tin được mã hóa thành mã LDPC có độ dài mã 64800 bit và tỷ lệ mã hóa là 7/30, 8/30, 9/30, 10/30, hoặc 11/30 dựa trên ma trận kiểm tra chẵn lẻ của mã LDPC (Low Density Parity Check - Kiểm tra chẵn lẻ mật độ thấp).

Theo sáng chế, mã LDPC có độ dài mã 64800 bit và tỷ lệ mã hóa là 7/30, 8/30, 9/30, 10/30, hoặc 11/30 được giải mã dựa trên ma trận kiểm tra chẵn lẻ của mã LDPC (Low Density Parity Check - Kiểm tra chẵn lẻ mật độ thấp).

Mã LDPC bao gồm bit thông tin và bit chẵn lẻ. Ma trận kiểm tra chẵn lẻ bao gồm phần ma trận thông tin tương ứng với bit thông tin và phần ma trận chẵn lẻ tương ứng với bit chẵn lẻ. Phần ma trận thông tin được thể hiện bởi bảng giá trị khởi tạo ma trận kiểm tra chẵn lẻ. Bảng giá trị khởi tạo ma trận kiểm tra chẵn lẻ là bảng thể hiện các vị trí của các phần tử 1 của phần ma trận thông tin mỗi 360 cột.

Bảng giá trị khởi tạo ma trận kiểm tra chẵn lẻ với tỷ lệ mã hóa là 7/30 được biểu diễn như sau

548 9528 12205 12770 22023 22082 25884 27421 33215 36046 43580 43953

47539

919 2623 5098 5514 5645 6348 9666 13795 14555 43224 44048 44948 47964
 995 7270 17753 21272 29228 29916 31634 34055 35205 37499 37777 47490

49301

645 3803 8836 9470 11054 20253 29417 31243 31990 36468 38715 39932
 43045

14572 18646 21100 26617 32033 32410 37195 38586 43833 44577 45584
 46453 49515

6004 16982 17829 24616 28056 29646 32944 39051 42517 47086 48585
 48772 49247

1306 1447 4898 7781 18587 25724 26672 35062 35202 37080 39781 46111
 47595

92 3231 13043 22258 24198 28923 33303 37846 43610 44857 47322 48914
 49291

298 12557 13469 14451 21917 23539 26310 29839 37050 38507 41377 46971
 48155

12582 13044 21039 30600 34202 34947 37120 39108 39203 43449 46941
 48542 49354

871 12218 12680 14152 17171 25797 29021 37783 43728 47519 48794 48898
 48980

35 4623 13422 15881 16692 17463 23675 28063 31248 41997 44246 47992
 48339

7150 13015 17950 18214 20659 23579 25714 28328 32658 39717 39995
 43322 45884

82 11054 11845 19085 24174 26694 41530 45954 46508 46892 48832 49097
 49420

5789 13839 18512 25596 26478 26736 29431 32349 33384 41765 46661
 49206 49543

13805 17786 17798 29653 30310 34870 40176 40391 43227 45292 46423
 46855 49454

12433 27119 34645

32065 34998 44021

5158 16546 34359

44 33285 39929

39032 39296 40317
 9885 45251 47640
 14383 43446 44478
 31280 39945 48472
 27961 38221 48391
 2927 37404 38716
 19461 42462 46162
 24909 25915 40636
 11029 35538 45381
 26880 34179 48775
 192 6032 26853
 4563 14952 24256
 10003 30853 43811
 749 36334 41363
 100 17006 24982
 9507 20228 31214
 41691 44310 47083
 24070 30411 46982
 2727 28251 49289
 16689 21167 32590
 40813 41198 46175
 8336 32714 43075.

Bảng giá trị khởi tạo ma trận kiểm tra chẵn lẻ với tỷ lệ mã hóa là 8/30 được biểu diễn như sau

100 3433 4111 9089 13360 24012 26305 30252 31430 31769 34689 34917
 36091 40873 41983 42689 43835 44318 47109
 3 48 124 2240 7029 21694 24565 29302 39777 42706 43631 43784 46033
 47064 47079 47141 47239 47439 47479
 2 5675 7056 12715 24128 26596 30571 38210 38586 41138 42272 43336
 43444 43917 45812 46840 47245 47286 47510
 2103 4285 10068 10702 12693 17619 18711 21309 22191 22999 37432 45646
 46275 46338 46777 46860 46963 47432 47472
 6827 8209 8606 10412 15670 19469 22205 22215 25425 29565 34843 34985
 37686 39277 44625 45016 45623 47069 47250

58 114 1751 7913 24642 26995 40734 41486 43133 44804 45490 45725
 46122 46412 47019 47080 47103 47495 47506
 96 5952 9078 9786 17738 17888 17986 31657 34430 34763 35450 37276
 42395 43223 43283 44261 45648 47014 47276
 106 5405 9614 20500 21633 23242 28875 37238 38854 41778 42292 43883
 45909 46558 46826 47292 47353 47436 47504
 32 11217 12153 26818 27616 38783 39976 40842 43581 43703 44287 44435
 44576 44774 46080 46098 46801 46813 47168
 65 102 111 3879 11224 11772 23623 27306 28726 34663 34873 36288 39196
 42003 45279 45629 46836 47021 47419
 77 131 11275 18964 20418 22364 22635 27727 28689 29720 29781 32110
 41597 42046 43952 44786 46416 46808 47200
 87 8637 10829 23737 24117 26486 29603 34389 35509 35872 38948 40643
 42698 45949 46159 46660 47041 47165 47220
 2 58 3110 7539 8886 10422 11597 13385 27870 35895 38120 43546 44948
 46272 46369 46596 47199 47317 47351
 78 16119 27780 32231 38973 39088 40118 40231 43170 44131 44203 44878
 45905 46250 47011 47113 47195 47303 47427
 2960 6685 8830 11107 11843 12811 30030 36574 36850 36920 37706 38025
 41007 43554 44109 44643 45874 46469 46565
 125 366 10175 29860
 45 17503 44634 45789
 6272 19614 34408 37248
 14785 41017 44274 46858
 19935 22960 44726 44919
 15247 17925 33947 37392
 34631 39148 43287 45443
 8544 26457 30996 38672
 11725 31442 42167 45461
 22357 41743 46702 47285
 13786 26288 41358 43082
 7306 21352 43298 47359
 77 5188 20988 45572
 10334 23790 40878

9304 29379 47450
 22048 44762 47300
 8529 8825 47443
 40831 41328 46415
 26715 43038 46498
 26925 30797 43181
 32434 45624 47460
 17989 31811 47215
 5624 25501 33016
 5024 9037 33642
 93 7329 46908
 20303 42578 46780
 16137 26869 42360
 112 3049 46527
 23615 29931 47360
 23050 24267 44687
 60 40754 47114
 30217 36283 37445
 127 27308 38345.

Bảng giá trị khởi tạo ma trận kiểm tra chẵn lẻ với tỷ lệ mã hóa là 9/30 được biểu diễn như sau

339 4777 5366 7623 13034 13260 15107 17772 20338 21178 25914 27663
 29948 37489 41021
 3871 5812 9795 23437 24079 27699 33471 39878 40302 41038 41217 42316
 42765 43675 45118
 3699 4072 16553 21492 26210 29839 30322 34139 38227 39696 40762 41156
 41269 45168 45350
 995 12194 12494 16542 20423 21950 23519 26215 26708 30587 38352 38840
 39729 41645 43210
 3963 4315 6832 11354 21042 21084 21108 25595 33109 34029 34448 35129
 38018 39012 44791
 164 887 2902 9021 9193 16705 17850 19241 25893 33427 37416 41024
 41355 44381 45303
 1367 1495 5495 14440 18026 18130 18178 21946 24057 25663 29216 31965

38107 43907 44278

10763 13722 13975 18294 20813 23028 23353 24211 37366 38805 40985
41792 42495 43259 43528

1580 12448 21464 31246 33058 34794 35760 36021 36426 37138 37478
38199 42138 42335 45207

83 112 12225 15224 18205 21345 28488 34362 37195 39660 42371 42814
44509 45201 45244

6836 7635 11644 16591 17121 19307 21456 23544 30596 37887 38141 38581
43607 44246 45097

9174 14934 17131 29762 30243 31656 33251 35498 37106 37655 41462
44002 44649 45032 45230

33 5376 13536 17068 18581 23478 32021 32074 33716 38434 39452 42166
44305 44979 45306

6013 7553 10023 19354 23126 25427 27665 30239 32699 34123 36171 38898
38972 41974 45213

41 98 3088 8522 26252 29602 30009 30138 30948 32190 32428 32498 34273
34955 45311

2000 15664 20677 20792 22980 25111 31491 37611 37981 39872 41668
42336 43602 43828 45329

23 67 97 5339 8121 8583 20647 25425 32305 37158 40968 41578 43492
44929 45273

1643 3496 5121 6546 15643 16423 20602 39950 43178 43252 43683 43992
44001 44611 45125

11093 19172 20548 24518 28289 29246 30148 34884 40403 40745 42723
43064 44448 44723 44812

12748 12799 28567 41605

1965 4087 31879

27178 33638 38344

9580 13096 45337

2672 22800 43869

28287 31407 31975

2823 5108 9945

5891 30848 42082

23 41944 44909

909 2311 45162
 24998 37829 44704
 35339 40087 45019
 16928 26505 35256
 26462 27297 37766
 19656 35067 38586
 6958 17172 41412
 72 26012 37231
 15259 16044 30243
 2879 12148 34601
 36173 39731 42668
 20670 35816 43266
 22570 27213 30404
 40284 44171 45313
 17765 22514 39347
 24711 39892 45132
 13741 34633 44535
 15209 31692 45280
 11189 43771 45303
 28294 31110 32287
 29085 39876 45246
 24285 36009 45347
 6882 28921 34504
 9256 19267 44194
 2132 21404 28687
 23809 34383 44540.

Bảng giá trị khởi tạo ma trận kiểm tra chẵn lẻ với tỷ lệ mã hóa là 10/30 được biểu diễn như sau

867 2733 2978 8947 10214 11810 13566 15922 18838 20543 25845 29179
 30055 31284 33447 34330 35081 35605 36268 39563 42331 43174
 2765 6017 6394 6769 12351 13567 15195 19900 23094 27077 28626 28914
 32219 33106 33662 33905 34878 37861 39749 39862 40976 42690
 2343 4231 7603 7789 8396 8783 15636 16221 20591 21538 24008 25117
 25663 26817 29692 30937 31472 32070 33793 39506 41763 43172

8536 10705 10960 11206 12513 15399 17108 17224 17512 20180 25288
 27824 28958 30600 36792 36828 38891 39575 39581 42342 42914 42961
 9 107 681 1195 9957 14055 21420 23279 26129 32044 35750 37065 37092
 37165 37179 40127 40835 41476 41564 41571 42576 42910
 86 1760 6842 8119 8904 12644 17603 18189 20018 22259 22654 25620
 27606 27833 28002 31053 31814 31848 35573 36133 40698 41370
 28 115 4354 9276 11229 11252 13848 21112 22851 29912 32453 34693 37344
 37420 40926 40992 41063 41762 41856 42012 42642 43045
 1589 7190 7221 7668 11805 14071 14367 14629 17087 19579 19861 25505
 35471 35514 37495 38375 40286 40330 40402 41662 42638 43126
 76 99 3237 5137 7982 9598 13470 14045 26680 27058 32025 32235 34601
 35658 36841 38408 40517 40987 41400 41861 42691 42772
 54 2470 2728 3177 3484 8267 9351 17523 18513 21119 22947 23771 26569
 27308 31217 35887 36449 38529 40424 41873 42146 42706
 39 80 385 1386 3397 5234 14733 16955 17656 23262 23463 25340 31638
 31676 32683 37130 37641 39064 41839 42193 42495 43063
 62 573 11847 14616 16033 16064 16302 18776 19434 23845 23873 25937
 27741 32244 32612 33554 38445 38480 38610 40933 42386 42520
 33 183 968 5477 6173 7363 10358 12597 14468 18025 23369 23387 24723
 25254 28299 28989 31675 32776 35077 40241 41572 42035
 36 2529 2543 3891 7108 9002 9481 16496 19796 26687 27343 33300 35495
 37070 39247 40126 41758 41892 42124 42622 42738 43100
 91 6897 8794 9581 12922 15711 18539 19227 21592 22906 26449 29804
 30895 31538 31930 33392 38006 38294 38705 38952 39005 42120
 64 76 709 1155 3162 7099 8740 9670 12678 21126 29239 29844 31248 32001
 35243 36814 38008 42050 42149 42631 42705 43119
 17670 40897 42359
 17471 20895 32101
 5458 5508 30504
 17291 19627 27186
 14600 41106 43103
 18059 28398 40623
 23776 30190 32880
 4676 13593 21791

19 2832 27959
6193 21762 42854
64 16088 42982
29425 35004 42209
14338 31982 41789
21572 42838 42923
5 87 6639
5529 42541 43173
15512 31740 35801
44 86 43183
26027 26995 36455
16485 30090 34537
22276 40174 42367
10781 18230 18766
9984 42877 43027
11108 20618 41626
8496 42994 43171
10581 25803 42606
4989 14002 29020
35032 39378 41455
109 11667 42914
12471 14022 35477
31761 34625 36228
1228 6013 43110
22355 37905 40784
12740 21805 31648
4202 28639 32213
10697 31674 42998
4092 23877 34360
54 9459 16450
1 56 33675
18163 31951 42528
50 5655 35891
47 35033 40356

29097 32786 35931

9532 27004 43009.

Bảng giá trị khởi tạo ma trận kiểm tra chẵn lẻ với tỷ lệ mã hóa là 11/30 được biểu diễn như sau

3208 6587 9493 9539 12368 12501 14811 15784 17625 18654 18721 19471
19503 20079 20411 20876 21493 22083 22430 27275 29322 32758 33227
33347 33715 34472 34711 38450 39151 39709 39862 40093 40497 40912

42 1118 3086 5466 6379 8483 9051 9330 13250 13898 14055 15033 18094
21429 22652 25251 28709 29909 30233 30472 30635 31367 32603 33614
33708 36404 36530 37039 37782 38115 38307 40225 40597 40822

5939 11990 15027 15162 16503 17171 17806 17902 18031 18077 21216
22134 22660 24170 28558 29364 30003 31128 32674 33103 33361 34196
34435 34626 34991 35974 36022 37459 38170 38709 39774 39960 40571
40858

63 3871 9148 10328 12830 12912 18361 18839 20122 23126 23795 28612
30350 32251 32750 33762 33866 36188 36979 37562 37836 38536 38705
38829 39609 40219 40324 40336 40367 40638 40699 40809 40987 41019

36 70 104 3737 5028 19023 19575 19746 23840 24611 24661 26741 27749
30359 31027 31509 32621 32859 33830 34619 35281 35479 36796 37344
37555 38993 39088 39445 40276 40299 40762 40771 40835 40967

113 2313 4411 5858 9909 10426 18955 21663 21884 24105 24472 26944
27826 28574 28689 29579 30903 32352 33334 36408 36795 36805 37112
37121 38731 39080 39739 40007 40326 40356 40472 40476 40622 40778

54 84 3529 5202 9825 9900 10846 12104 13332 14493 14584 23772 24084
25786 25963 26145 28306 29514 30050 30060 33171 33416 33657 33951
34908 37715 37854 38088 38966 39148 40166 40633 40746 40939

105 8722 10244 12148 13029 16368 18186 19660 19830 21616 22256 22534
23100 23219 25473 26585 29858 32350 33305 34290 34356 34675 35297
37052 37144 37934 38201 39867 40270 40539 40781 40804 40944 40966

53 61 82 96 2665 6552 9517 15693 17214 17588 18347 19039 20679 21962
24255 25861 27117 27919 30691 36195 36379 37031 37309 37535 37793
38198 38212 38595 38808 38911 39474 39677 40135 40935

15 67 723 2962 4991 5285 11583 13398 16301 16338 20996 21510 25697
28214 29143 30539 30573 31108 32500 32506 32727 32755 36134 37226

37655 37799 39219 39626 39980 40093 40105 40628 40634 40816
18854 37884 40104 40772
35209 40379 40447 40508
3049 36078 39403 40402
19118 27981 35730 36649
20465 28570 39076 40910
24047 31275 39790 40126
31041 33526 34162 39092
1152 8976 24071 35698
3 27991 31485 40934
5245 20676 30579 38823
47 11196 38674 38894
14920 15270 16047 40928
23974 30146 39805 40911
8791 16641 25060 31681
1147 4233 34386 37802
58 5354 22265 41018
869 3078 39882 40730
1071 6322 9163 10642
7235 32596 35540 37487
26910 35537 40830 41035
81 11905 16179 19558
29 41 5161 12173
3043 5574 9993 26058
875 36935 39423 40956
3362 19166 20017 39729
12893 16403 33880 37115
9980 27100 28525 36786
3218 12776 40651 40703
7669 25783 32781 34504
25951 34595 39049 40597
11271 35112 35290 40600
5330 38324 40325 40986
58 24777 40560 40835

23895 25427 33552 37472
 2811 4731 11601 39912
 109 39021 40611 40754
 79 15387 30999 40978
 31162 34975 38844 39784
 34891 37007 39433 40102
 42 9072 21526 22610
 20243 20499 24418 29056
 7951 26469 29729 40956
 6 10833 13188 15714
 7910 20652 40574 40874
 14586 24839 37804 40722
 1103 11381 21050 30084
 10 9032 20123 28528
 19477 29966 37702 37766
 131 31352 39069 40971
 34 7368 17799 27467
 16767 27584 32869 34769
 31515 34543 36230 40752
 15098 25451 26402 27629
 149 10388 24558 40709
 6997 7288 23995 29893
 346 12245 13843 40402.

Thiết bị xử lý dữ liệu có thể là thiết bị độc lập và có thể là khối bên trong cấu thành một thiết bị.

Hiệu quả sáng chế

Theo sáng chế, có thể đề xuất mã LDPC có tỷ lệ lỗi tốt.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Fig.1 là hình vẽ minh họa về ma trận kiểm tra chẵn lẻ H của mã LDPC.

Fig.2 là lưu đồ minh họa chuỗi mã hóa của mã LDPC.

Fig.3 là hình vẽ minh họa về ví dụ của ma trận kiểm tra chẵn lẻ của mã LDPC.

Fig.4 là hình vẽ minh họa về biểu đồ Tanner của ma trận kiểm tra chẵn lẻ.

Fig.5 là hình vẽ minh họa về nút biến thiên.

Fig.6 là hình vẽ minh họa về nút kiểm tra.

Fig.7 là hình vẽ minh họa về ví dụ cấu hình của phương án của hệ thống truyền mà sáng chế được áp dụng cho.

Fig.8 là sơ đồ khối minh họa ví dụ cấu hình của thiết bị truyền 11.

Fig.9 là sơ đồ khối minh họa ví dụ cấu hình của bộ ghép xen bit 116.

Fig.10 là hình vẽ minh họa về ma trận kiểm tra chẵn lẻ.

Fig.11 là hình vẽ minh họa về ma trận chẵn lẻ.

Fig.12 là hình vẽ minh họa về ma trận kiểm tra chẵn lẻ của mã LDPC được xác định trong tiêu chuẩn của DVB-S.2.

Fig.13 là hình vẽ minh họa về ma trận kiểm tra chẵn lẻ của mã LDPC được xác định trong tiêu chuẩn của DVB-S.2.

Fig.14 là hình vẽ minh họa về cách bố trí điểm tín hiệu của 16QAM.

Fig.15 là hình vẽ minh họa về cách bố trí điểm tín hiệu của 64QAM.

Fig.16 là hình vẽ minh họa về cách bố trí điểm tín hiệu của 64QAM.

Fig.17 là hình vẽ minh họa về cách bố trí điểm tín hiệu của 64QAM.

Fig.18 là hình vẽ minh họa về cách bố trí điểm tín hiệu được định nghĩa theo tiêu chuẩn của DVB-S.2.

Fig.19 là hình vẽ minh họa về cách bố trí điểm tín hiệu được định nghĩa theo tiêu chuẩn của DVB-S.2.

Fig.20 là hình vẽ minh họa về cách bố trí điểm tín hiệu được định nghĩa theo tiêu chuẩn của DVB-S.2.

Fig.21 là hình vẽ minh họa về cách bố trí điểm tín hiệu được định nghĩa theo tiêu chuẩn của DVB-S.2.

Fig.22 là hình vẽ minh họa về quy trình xử lý của bộ giải ghép kênh 25.

Fig.23 là hình vẽ minh họa về quy trình xử lý của bộ giải ghép kênh 25.

Fig.24 là hình vẽ minh họa về biểu đồ Tanner để giải mã mã LDPC.

Fig.25 là hình vẽ minh họa về ma trận chẵn lẻ H_T trở thành cấu hình bậc thang và biểu đồ Tanner tương ứng với ma trận chẵn lẻ H_T .

Fig.26 là hình vẽ minh họa về ma trận chẵn lẻ H_T của ma trận kiểm tra chẵn lẻ H tương ứng với mã LDPC sau khi ghép xen chẵn lẻ.

Fig.27 là hình vẽ minh họa về ma trận kiểm tra chẵn lẻ được biến đổi.

Fig.28 là hình vẽ minh họa về quy trình xử lý của bộ ghép xen xoắn cột 24.

Fig.29 là hình vẽ minh họa về số cột của bộ nhớ 31 cần thiết cho việc

ghép xen xoắn cột và địa chỉ của vị trí bắt đầu ghi.

Fig.30 là hình vẽ minh họa về số cột của bộ nhớ 31 cần thiết cho việc ghép xen xoắn cột và địa chỉ của vị trí bắt đầu ghi.

Fig.31 là lưu đồ minh họa xử lý được thực hiện bởi bộ ghép xen bit 116 và bộ mã hóa QAM 117.

Fig.32 là hình vẽ minh họa về mô hình của đường truyền thông được áp dụng bởi mô phỏng.

Fig.33 là hình vẽ minh họa về tương quan giữa tỷ lệ lỗi thu được bởi mô phỏng và tần số Doppler f_d của méo rung.

Fig.34 là hình vẽ minh họa về tương quan giữa tỷ lệ lỗi thu được bởi mô phỏng và tần số Doppler f_d của méo rung.

Fig.35 là sơ đồ khối minh họa ví dụ cấu hình của bộ mã hóa LDPC 115.

Fig.36 là lưu đồ minh họa quy trình xử lý của bộ mã hóa LDPC 115.

Fig.37 là hình vẽ minh họa về ví dụ của bảng giá trị khởi tạo ma trận kiểm tra chẵn lẻ trong đó tỷ lệ mã hóa là 1/4 và độ dài mã là 16200.

Fig.38 là hình vẽ minh họa về phương pháp tính toán ma trận kiểm tra chẵn lẻ H từ bảng giá trị khởi tạo ma trận kiểm tra chẵn lẻ.

Fig.39 là hình vẽ minh họa về đặc tính của BER/FER của mã LDPC mà độ dài mã của nó được định nghĩa theo tiêu chuẩn của DVB-S.2 là 64800 bit.

Fig.40 là hình vẽ minh họa về ví dụ của bảng giá trị khởi tạo ma trận kiểm tra chẵn lẻ trong đó tỷ lệ mã hóa là 2/30 và độ dài mã là 64800.

Fig.41 là hình vẽ minh họa về ví dụ của bảng giá trị khởi tạo ma trận kiểm tra chẵn lẻ trong đó tỷ lệ mã hóa là 3/30 và độ dài mã là 64800.

Fig.42 là hình vẽ minh họa về ví dụ của bảng giá trị khởi tạo ma trận kiểm tra chẵn lẻ trong đó tỷ lệ mã hóa là 4/30 và độ dài mã là 64800.

Fig.43 là hình vẽ minh họa về ví dụ của bảng giá trị khởi tạo ma trận kiểm tra chẵn lẻ trong đó tỷ lệ mã hóa là 5/30 và độ dài mã là 64800.

Fig.44 là hình vẽ minh họa về ví dụ của bảng giá trị khởi tạo ma trận kiểm tra chẵn lẻ trong đó tỷ lệ mã hóa là 6/30 và độ dài mã là 64800.

Fig.45 là hình vẽ minh họa về ví dụ của bảng giá trị khởi tạo ma trận kiểm tra chẵn lẻ trong đó tỷ lệ mã hóa là 7/30 và độ dài mã là 64800.

Fig.46 là hình vẽ minh họa về ví dụ của bảng giá trị khởi tạo ma trận kiểm tra chẵn lẻ trong đó tỷ lệ mã hóa là 8/30 và độ dài mã là 64800.

Fig.47 là hình vẽ minh họa về ví dụ của bảng giá trị khởi tạo ma trận

kiểm tra chẵn lẻ trong đó tỷ lệ mã hóa là $27/30$ và độ dài mã là 64800.

Fig.99 là hình vẽ minh họa về ví dụ của bảng giá trị khởi tạo ma trận kiểm tra chẵn lẻ trong đó tỷ lệ mã hóa là $28/30$ và độ dài mã là 64800.

Fig.100 là hình vẽ minh họa về ví dụ của bảng giá trị khởi tạo ma trận kiểm tra chẵn lẻ trong đó tỷ lệ mã hóa là $28/30$ và độ dài mã là 64800.

Fig.101 là hình vẽ minh họa về ví dụ của bảng giá trị khởi tạo ma trận kiểm tra chẵn lẻ trong đó tỷ lệ mã hóa là $28/30$ và độ dài mã là 64800.

Fig.102 là hình vẽ minh họa về ví dụ của bảng giá trị khởi tạo ma trận kiểm tra chẵn lẻ trong đó tỷ lệ mã hóa là $28/30$ và độ dài mã là 64800.

Fig.103 là hình vẽ minh họa về ví dụ của bảng giá trị khởi tạo ma trận kiểm tra chẵn lẻ trong đó tỷ lệ mã hóa là $29/30$ và độ dài mã là 64800.

Fig.104 là hình vẽ minh họa về ví dụ của bảng giá trị khởi tạo ma trận kiểm tra chẵn lẻ trong đó tỷ lệ mã hóa là $29/30$ và độ dài mã là 64800.

Fig.105 là hình vẽ minh họa về ví dụ của bảng giá trị khởi tạo ma trận kiểm tra chẵn lẻ trong đó tỷ lệ mã hóa là $29/30$ và độ dài mã là 64800.

Fig.106 là hình vẽ minh họa về ví dụ của bảng giá trị khởi tạo ma trận kiểm tra chẵn lẻ trong đó tỷ lệ mã hóa là $29/30$ và độ dài mã là 64800.

Fig.107 là hình vẽ minh họa về biểu đồ Tanner của tập hợp của trình tự cấp bậc trong đó trọng số cột là 3 và trọng số hàng là 6.

Fig.108 là hình vẽ minh họa về ví dụ của biểu đồ Tanner của tập hợp của loại đa biên.

Fig.109 là hình vẽ minh họa về độ dài vòng nhỏ nhất và ngưỡng hiệu năng của ma trận kiểm tra chẵn lẻ của mã LDPC với độ dài mã là 64800.

Fig.110 là hình vẽ minh họa về ma trận kiểm tra chẵn lẻ của mã LDPC với độ dài mã là 64800.

Fig.111 là hình vẽ minh họa về ma trận kiểm tra chẵn lẻ của mã LDPC với độ dài mã là 64800.

Fig.112 là hình vẽ minh họa về kết quả mô phỏng của BER/FER của mã LDPC với độ dài mã là 64800.

Fig.113 là hình vẽ minh họa về kết quả mô phỏng của BER/FER của mã LDPC với độ dài mã là 64800.

Fig.114 là hình vẽ minh họa về kết quả mô phỏng của BER/FER của mã LDPC với độ dài mã là 64800.

Fig.115 là hình vẽ minh họa về mã BCH được sử dụng cho mô phỏng

của BER/FER của mã LDPC với độ dài mã là 64800.

Fig.116 là sơ đồ khối minh họa ví dụ cấu hình của thiết bị thu 12.

Fig.117 là sơ đồ khối minh họa ví dụ cấu hình của bộ giải ghép xen bit 165.

Fig.118 là lưu đồ minh họa quy trình xử lý được thực hiện bởi bộ giải mã QAM 164, bộ giải ghép xen bit 165, và bộ giải mã LDPC 166.

Fig.119 là hình vẽ minh họa về ví dụ của ma trận kiểm tra chẵn lẻ của mã LDPC.

Fig.120 là hình vẽ minh họa về ma trận (ma trận kiểm tra chẵn lẻ được biến đổi) thu được bằng cách thực hiện thay thế hàng và thay thế cột đối với ma trận kiểm tra chẵn lẻ.

Fig.121 là hình vẽ minh họa về ma trận kiểm tra chẵn lẻ được biến đổi được phân chia trong đơn vị 5×5 .

Fig.122 là sơ đồ khối minh họa ví dụ cấu hình của thiết bị giải mã mà thực hiện chung P phép toán nút.

Fig.123 là sơ đồ khối minh họa ví dụ cấu hình của bộ giải mã LDPC 166.

Fig.124 là hình vẽ minh họa về quy trình xử lý của bộ ghép kênh 54 cấu thành bộ giải ghép xen bit 165.

Fig.125 là hình vẽ minh họa về quy trình xử lý của bộ giải ghép xen xoắn cột 55.

Fig.126 là sơ đồ khối minh họa ví dụ cấu hình khác của bộ giải ghép xen bit 165.

Fig.127 là sơ đồ khối minh họa ví dụ cấu hình thứ nhất của hệ thống thu mà có thể được áp dụng cho thiết bị thu 12.

Fig.128 là sơ đồ khối minh họa ví dụ cấu hình thứ hai của hệ thống thu mà có thể được áp dụng cho thiết bị thu 12.

Fig.129 là sơ đồ khối minh họa ví dụ cấu hình thứ ba của hệ thống thu mà có thể được áp dụng cho thiết bị thu 12.

Fig.130 là sơ đồ khối minh họa ví dụ cấu hình của phương án của máy tính mà sáng chế được áp dụng cho.

Mô tả chi tiết sáng chế

Ví dụ cấu hình của hệ thống truyền mà sáng chế được áp dụng

Fig.7 minh họa ví dụ cấu hình của phương án của hệ thống truyền (hệ thống nghĩa là việc ghép logic nhiều thiết bị và thiết bị của mỗi cấu hình có thể

được bố trí hoặc không được bố trí trong cùng vỏ) mà sáng chế được áp dụng cho.

Trên Fig.7, hệ thống truyền bao gồm thiết bị truyền 11 và thiết bị thu 12.

Ví dụ, thiết bị truyền 11 truyền (quảng bá) (phát) chương trình của quảng bá truyền hình, và v.v. Tức là, ví dụ, thiết bị truyền 11 mã hóa dữ liệu đích mà là đích truyền như dữ liệu ảnh và dữ liệu audio như là chương trình thành các mã LDPC, và, ví dụ, truyền chúng thông qua đường truyền thông 13 như mạch vệ tinh, sóng mặt đất và cáp (mạch đường dây).

Thiết bị thu 12 thu mã LDPC được truyền từ thiết bị truyền 11 thông qua đường truyền thông 13, giải mã mã LDPC để thu được dữ liệu đích, và xuất ra dữ liệu đích.

Trong trường hợp này, đã biết rằng mã LDPC được sử dụng bởi hệ thống truyền của Fig.7 thể hiện khả năng rất cao trong đường truyền thông AWGN (Additive White Gaussian Noise – Nhiều Gaussian trắng cộng).

Trong khi đó, trong đường truyền thông 13, lỗi cụm hoặc vết xóa có thể được tạo ra. Đặc biệt trong trường hợp mà đường truyền thông 13 là sóng mặt đất, ví dụ, trong hệ thống OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing – Ghép kênh phân chia theo tần số trực giao), công suất của ký hiệu cụ thể có thể trở thành 0 (vết xóa) theo trễ của phản hồi (các đường ngoài đường chính), dưới môi trường đa đường trong đó D/U (Desired to Undesired Ratio – Tỷ số mong muốn trên không mong muốn) là 0 dB (Công suất của không mong muốn = phản hồi bằng Công suất của không mong muốn = đường chính).

Trong sự méo rung (đường truyền thông trong đó độ trễ là 0 và phản hồi có tần số Doppler được thêm vào), khi D/U là 0 dB, công suất toàn bộ của ký hiệu OFDM tại thời điểm cụ thể có thể trở thành 0 (vết xóa) bởi tần số Doppler.

Ngoài ra, lỗi cụm có thể được tạo ra do trường hợp của đường nối dây từ bộ thu (không được thể hiện trên hình vẽ) của phía của thiết bị thu 12 như anten thu tín hiệu từ thiết bị truyền 11 tới thiết bị thu 12 hoặc tính không ổn định của nguồn công suất của thiết bị thu 12.

Trong khi đó, trong việc giải mã của mã LDPC, trong nút biến thiên tương ứng với cột của ma trận kiểm tra chẵn lẻ H và bit mã của mã LDPC, như được minh họa trên Fig.5 được mô tả nêu trên, phép toán nút biến thiên của biểu thức (1) với việc thêm vào (giá trị thu u_{0i}) bit mã của mã LDPC được thực hiện. Vì lý do này, nếu lỗi được tạo ra trong các bit mã được sử dụng cho phép toán

nút biến thiên, độ chính xác của tin nhắn được tính toán bị suy giảm.

Trong việc giải mã của mã LDPC, trong nút kiểm tra, phép toán nút kiểm tra của biểu thức (7) được thực hiện nhờ sử dụng tin nhắn được tính toán bởi nút biến thiên được kết nối tới nút kiểm tra. Vì lý do này, nếu số lượng nút kiểm tra trong đó lỗi (bao gồm vết xóa) được tạo ra đồng thời trong (các bit mã của các mã LDPC tương ứng với) các nút biến thiên được kết nối tăng lên, hiệu quả giải mã bị suy giảm.

Tức là, nếu hai nút biến thiên hoặc nhiều hơn của các nút biến thiên được kết nối tới nút kiểm tra đồng thời trở thành vết xóa, nút kiểm tra trả lại tin nhắn trong đó xác suất của giá trị là 0 và xác suất của giá trị là 1 là bằng nhau, tới tất cả các nút biến thiên. Trong trường hợp này, nút kiểm tra mà trả lại tin nhắn có các xác suất bằng nhau không góp phần vào một quy trình xử lý giải mã (một tập hợp của phép toán nút biến thiên và phép toán nút kiểm tra). Kết quả là, cần thiết phải tăng số lần lặp lại về quy trình xử lý giải mã, hiệu quả giải mã bị suy giảm, và công suất tiêu thụ của thiết bị thu 12 mà thực hiện việc giải mã của mã LDPC tăng lên.

Do đó, trong hệ thống truyền của Fig.7, khả năng chống lỗi cụm hoặc vết xóa có thể được cải thiện trong khi hiệu quả trong đường truyền thông AWGN được duy trì.

Ví dụ cấu hình của thiết bị truyền 11

Fig.8 là sơ đồ khối minh họa ví dụ cấu hình của thiết bị truyền 11 của Fig.7.

Trong thiết bị truyền 11, một hoặc nhiều dòng đầu vào tương ứng với dữ liệu đích được cấp tới bộ ghép kênh/áp dụng chế độ 111.

Bộ ghép kênh/áp dụng chế độ 111 thực hiện việc lựa chọn chế độ và các quy trình xử lý như ghép kênh một hoặc nhiều dòng đầu vào được cấp tới đó, nếu cần, và cấp dữ liệu thu được như là kết quả tới bộ đệm 112.

Bộ đệm 112 thực hiện việc đệm zero cần thiết (chèn dữ liệu rỗng) đối với dữ liệu được cấp từ bộ ghép kênh/áp dụng chế độ 111 và cấp dữ liệu thu được như là kết quả tới bộ xáo trộn BB 113.

Bộ xáo trộn BB 113 thực hiện việc xáo trộn băng gốc (xáo trộn BB) đối với dữ liệu được cấp từ bộ đệm 112 và cấp dữ liệu thu được như là kết quả tới bộ mã hóa BCH 114.

Bộ mã hóa BCH 114 thực hiện việc mã hóa BCH đối với dữ liệu được

cấp từ bộ xáo trộn BB 113 và cấp dữ liệu thu được như là kết quả như dữ liệu đích LDPC là đích mã hóa LDPC tới bộ mã hóa LDPC 115.

Bộ mã hóa LDPC 115 thực hiện việc mã hóa LDPC theo ma trận kiểm tra chẵn lẻ trong đó ma trận chẵn lẻ là phân tương ứng với bit chẵn lẻ của mã LDPC trở thành cấu hình bậc thang đối với dữ liệu đích LDPC được cấp từ bộ mã hóa BCH 114, và xuất ra mã LDPC trong đó dữ liệu đích LDPC là các bit thông tin.

Tức là, bộ mã hóa LDPC 115 thực hiện việc mã hóa LDPC để mã hóa dữ liệu đích LDPC với LDPC như mã LDPC (tương ứng với ma trận kiểm tra chẵn lẻ) được xác định trong tiêu chuẩn định trước của DVB-S.2, DVB-T.2, DVB-C.2 hoặc loại tương tự và xuất ra mã LDPC định trước (tương ứng với ma trận kiểm tra chẵn lẻ) hoặc loại tương tự thu được như là kết quả.

Mã LDPC được định nghĩa theo tiêu chuẩn của DVB-S.2, DVB-T.2, và DVB-C.2 là mã IRA (Irregular Repeat Accumulate – tích lũy lặp lại không đều đặn) và ma trận chẵn lẻ của ma trận kiểm tra chẵn lẻ của mã LDPC trở thành cấu hình bậc thang. Ma trận chẵn lẻ và cấu hình bậc thang sẽ được mô tả sau đây. Mã IRA được mô tả trong "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, tháng 9 năm 2000, chẳng hạn.

Mã LDPC mà được xuất ra bởi bộ mã hóa LDPC 115 được cấp tới bộ ghép xen bit 116.

Bộ ghép xen bit 116 thực hiện việc ghép xen bit được mô tả sau đây đối với mã LDPC được cấp từ bộ mã hóa LDPC 115 và cấp mã LDPC sau khi ghép xen bit tới bộ mã hóa QAM 117.

Bộ mã hóa QAM 117 ánh xạ mã LDPC được cấp từ bộ ghép xen bit 116 tới điểm tín hiệu biểu diễn một ký hiệu của điều biến trực giao trong đơn vị (đơn vị ký hiệu) của các bit mã của một hoặc nhiều bit của mã LDPC và thực hiện điều biến trực giao (điều biến đa mức).

Tức là, bộ mã hóa QAM 117 thực hiện ánh xạ mã LDPC được cấp từ bộ ghép xen bit 116 tới điểm tín hiệu được xác định bởi phương pháp điều biến thực hiện điều biến trực giao của mã LDPC, trên mặt phẳng IQ (chòm sao tín hiệu IQ) được xác định bởi trục I biểu diễn thành phần I của cùng pha như sóng mang và trục Q biểu diễn thành phần Q trực giao với sóng mang, và thực hiện điều biến trực giao.

Trong trường hợp này, như là phương pháp điều biến của điều biến trực giao được thực hiện bởi bộ mã hóa QAM 117, có các phương pháp điều biến bao gồm phương pháp điều biến được định nghĩa theo tiêu chuẩn của DVB-S.2, DVB-T.2, DVB-C.2 hoặc loại tương tự, và phương pháp điều biến khác, tức là, BPSK (Binary Phase Shift Keying – Khóa dịch pha nhị phân), QPSK (Quadrature Phase Shift Keying – Khóa dịch pha cầu phương), 16APSK (Amplitude Phase-Shift Keying – Khóa dịch pha biên độ), 32APSK, 16QAM (Quadrature Amplitude Modulation – Điều biến biên độ cầu phương), 64QAM, 256QAM, 1024QAM, 4096QAM, 4PAM (Pulse Amplitude Modulation – Điều biến biên độ xung), hoặc loại tương tự. Trong bộ mã hóa QAM 117, để thực hiện điều biến trực giao dựa trên phương pháp điều biến nào được thiết lập trước đó theo hoạt động của bộ hoạt động của thiết bị truyền 11.

Dữ liệu (ký hiệu được ánh xạ tới điểm tín hiệu) mà thu được bởi quy trình xử lý trong bộ mã hóa QAM 117 được cấp tới bộ ghép xen thời gian 118.

Bộ ghép xen thời gian 118 thực hiện việc ghép xen thời gian (ghép xen theo chiều thời gian) theo đơn vị của ký hiệu đối với dữ liệu (ký hiệu) được cấp từ bộ mã hóa QAM 117 và cấp dữ liệu thu được như là kết quả tới bộ mã hóa MISO/MIMO (bộ mã hóa MISO/MIMO) 119.

Bộ mã hóa MISO/MIMO 119 thực hiện việc mã hóa theo không gian thời gian đối với dữ liệu (ký hiệu) được cấp từ bộ ghép xen thời gian 118 và cấp dữ liệu tới bộ ghép xen tần số 120.

Bộ ghép xen tần số 120 thực hiện việc ghép xen tần số (ghép xen theo chiều tần số) theo đơn vị của ký hiệu đối với dữ liệu (ký hiệu) được cấp từ bộ mã hóa MISO/MIMO 119 và cấp dữ liệu tới bộ tạo khung/bộ cấp phát tài nguyên 131.

Mặt khác, ví dụ, dữ liệu điều khiển (báo hiệu) để truyền điều khiển như báo hiệu BB (báo hiệu băng gốc) (đoạn đầu BB) được cấp tới bộ mã hóa BCH 121.

Bộ mã hóa BCH 121 thực hiện việc mã hóa BCH đối với báo hiệu được cấp tới đó và cấp dữ liệu thu được như là kết quả tới bộ mã hóa LDPC 122, tương tự bộ mã hóa BCH 114.

Bộ mã hóa LDPC 122 thiết lập dữ liệu được cấp từ bộ mã hóa BCH 121 như là dữ liệu đích LDPC, thực hiện việc mã hóa LDPC đối với dữ liệu này, và cấp mã LDPC thu được như là kết quả tới bộ mã hóa QAM 123, tương tự bộ mã

hóa LDPC 115.

Bộ mã hóa QAM 123 ánh xạ mã LDPC được cấp từ bộ mã hóa LDPC 122 tới điểm tín hiệu biểu diễn một ký hiệu của điều biến trực giao trong đơn vị (đơn vị ký hiệu) của các bit mã của một hoặc nhiều bit của mã LDPC, thực hiện điều biến trực giao, và cấp dữ liệu (ký hiệu) thu được như là kết quả tới bộ ghép xen tần số 124, tương tự bộ mã hóa QAM 117.

Bộ ghép xen tần số 124 thực hiện việc ghép xen tần số theo đơn vị của ký hiệu đối với dữ liệu (ký hiệu) được cấp từ bộ mã hóa QAM 123 và cấp dữ liệu tới bộ tạo khung/bộ cấp phát tài nguyên 131, tương tự bộ ghép xen tần số 120.

Bộ tạo khung/bộ cấp phát tài nguyên 131 chèn các ký hiệu của các hoa tiêu vào các vị trí cần thiết của dữ liệu (ký hiệu) được cấp từ các bộ ghép xen tần số 120 và 124, cấu hình khung (ví dụ, khung lớp vật lý (PL), khung T2, khung C2, và v.v) bao gồm các ký hiệu có số định trước từ dữ liệu (các ký hiệu) thu được như là kết quả, và cấp khung này tới bộ tạo OFDM 132.

Bộ tạo OFDM 132 tạo ra tín hiệu OFDM tương ứng với khung từ khung được cấp từ bộ tạo khung/bộ cấp phát tài nguyên 131 và truyền tín hiệu OFDM thông qua đường truyền thông 13 (Fig.7).

Ở đây, ví dụ, thiết bị truyền 11 có thể có cấu hình mà không bao gồm một phần của các khối được minh họa trên Fig.8 như bộ ghép xen thời gian 118, bộ mã hóa MISO/MIMO 119, bộ ghép xen tần số 120 và bộ ghép xen tần số 124.

Fig.9 minh họa ví dụ cấu hình của bộ ghép xen bit 116 của Fig.8.

Bộ ghép xen bit 116 là thiết bị xử lý dữ liệu mà ghép xen dữ liệu và bao gồm bộ ghép xen chẵn lẻ 23, bộ ghép xen xoắn cột 24, và bộ giải ghép kênh (DEMUX) 25. Ở đây, bộ ghép xen bit 116 có thể có cấu hình mà không bao gồm một trong số hoặc cả hai bộ ghép xen chẵn lẻ 23 và bộ ghép xen xoắn cột 24.

Bộ ghép xen chẵn lẻ 23 thực hiện việc ghép xen chẵn lẻ để ghép xen các bit chẵn lẻ của mã LDPC được cấp từ bộ mã hóa LDPC 115 vào các vị trí của các bit chẵn lẻ khác và cấp mã LDPC sau khi ghép xen chẵn lẻ tới bộ ghép xen xoắn cột 24.

Bộ ghép xen xoắn cột 24 thực hiện việc ghép xen xoắn cột đối với mã LDPC được cấp từ bộ ghép xen chẵn lẻ 23 và cấp mã LDPC sau khi giải ghép xen xoắn cột tới bộ giải ghép kênh 25.

Tức là, trong bộ mã hóa QAM 117 của Fig.8, các bit mã của một hoặc

nhiều bit của mã LDPC được ánh xạ tới điểm tín hiệu biểu diễn một ký hiệu của điều biến trực giao và được truyền.

Trong bộ ghép xen xoắn cột 24, việc ghép xen xoắn cột được mô tả sau đây được thực hiện như là xử lý sắp xếp lại để sắp xếp lại các bit mã của mã LDPC được cấp từ bộ ghép xen xoắn cột 23, sao cho các bit mã của mã LDPC tương ứng với 1 trong bất kỳ hàng của ma trận kiểm tra xoắn cột được sử dụng bởi bộ mã hóa LDPC 115 không được bao gồm trong một ký hiệu.

Bộ giải ghép kênh 25 thực hiện quy trình xử lý hoán đổi để hoán đổi các vị trí của hai bit mã hoặc nhiều hơn của mã LDPC trở thành ký hiệu, đối với mã LDPC được cấp từ bộ ghép xen xoắn cột 24, và thu được mã LDPC trong đó sự chống chịu lại AWGN được tăng cường. Ngoài ra, bộ giải ghép kênh 25 cấp hai bit mã hoặc nhiều hơn của mã LDPC thu được bởi quy trình xử lý hoán đổi như là ký hiệu tới bộ mã hóa QAM 117 (Fig.8).

Tiếp theo, Fig.10 minh họa ma trận kiểm tra xoắn cột H mà được sử dụng để mã hóa LDPC bởi bộ mã hóa LDPC 115 của Fig.8.

Ma trận kiểm tra xoắn cột H trở thành cấu trúc LDGM (Low-Density Generation Matrix – ma trận sinh mật độ thấp) và có thể được biểu diễn bởi biểu thức $H = [H_A | H_T]$ (ma trận trong đó các phần tử của ma trận thông tin H_A được thiết lập là các thành phần trái và các thành phần của ma trận xoắn cột H_T được thiết lập là các thành phần phải), sử dụng ma trận thông tin H_A của phần tương ứng với các bit thông tin trong số các bit mã của mã LDPC và ma trận xoắn cột H_T tương ứng với các bit xoắn cột.

Trong trường hợp này, số bit của các bit thông tin trong số các bit mã của một mã LDPC (một từ mã) và số bit của các bit xoắn cột được gọi là độ dài thông tin K và độ dài xoắn cột M, một cách tương ứng, và số bit của các bit mã của một mã LDPC được gọi là độ dài mã N ($= K + M$).

Độ dài thông tin K và độ dài xoắn cột M của mã LDPC có độ dài mã bất kỳ N được xác định bởi tỷ lệ mã hóa. Ma trận kiểm tra xoắn cột H trở thành ma trận trong đó hàng $\times$ cột là $M \times N$. Ma trận thông tin H_A trở thành ma trận của $M \times K$ và ma trận xoắn cột H_T trở thành ma trận của $M \times M$.

Fig.11 minh họa ma trận xoắn cột H_T của ma trận kiểm tra xoắn cột H của mã LDPC mà được định nghĩa theo tiêu chuẩn của DVB-S.2, DVB-T.2, và DVB-C.2.

Ma trận xoắn cột H_T của ma trận kiểm tra xoắn cột H của mã LDPC mà

được định nghĩa theo tiêu chuẩn của DVB-T.2 hoặc loại tương tự trở thành ma trận cấu hình bậc thang (ma trận đường chéo thấp) trong đó các phần tử 1 được sắp xếp theo dạng bậc thang, như được minh họa trên Fig.11. Trọng số hàng của ma trận chẵn lẻ H_T trở thành 1 đối với hàng thứ nhất và trở thành 2 đối với các hàng còn lại. Trọng số cột trở thành 1 đối với cột cuối cùng và trở thành 2 đối với các cột còn lại.

Như được mô tả nêu trên, mã LDPC của ma trận kiểm tra chẵn lẻ H trong đó ma trận chẵn lẻ H_T trở thành cấu hình bậc thang có thể được tạo ra dễ dàng sử dụng ma trận kiểm tra chẵn lẻ H .

Tức là, mã LDPC (một từ mã) được biểu diễn bởi vector hàng c và vector cột thu được bằng cách chuyển vị vector hàng được biểu diễn bởi C^T . Ngoài ra, phần của các bit thông tin của vector hàng c là mã LDPC được biểu diễn bởi vector hàng A và phần của các bit chẵn lẻ được biểu diễn bởi vector hàng T .

Vector hàng c có thể được biểu diễn bởi biểu thức $c = [A|T]$ (vector hàng trong đó các phần tử của vector hàng A được thiết lập là các phần tử trái và các phần tử của vector hàng T được thiết lập là các phần tử phải), sử dụng vector hàng A tương ứng với các bit thông tin và vector hàng T tương ứng với các bit chẵn lẻ.

Trong ma trận kiểm tra chẵn lẻ H và vector hàng $c = [A|T]$ tương ứng với mã LDPC, cần phải thỏa mãn biểu thức $Hc^T = 0$. Vector hàng T mà tương ứng với các bit chẵn lẻ cấu thành vector hàng $c = [A|T]$ thỏa mãn biểu thức $Hc^T = 0$ có thể được tính toán tuần tự bằng cách thiết lập các phần tử của mỗi hàng là 0, tuần tự (theo thứ tự) từ các phần tử của hàng thứ nhất của vector cột Hc^T trong biểu thức $Hc^T = 0$, khi ma trận chẵn lẻ H_T của ma trận kiểm tra chẵn lẻ $H = [H_A|H_T]$ trở thành cấu hình bậc thang được minh họa trên Fig.11.

Fig.12 là hình vẽ minh họa về ma trận kiểm tra chẵn lẻ H của mã LDPC mà được định nghĩa theo tiêu chuẩn của DVB-T.2 hoặc loại tương tự.

Trọng số cột trở thành X đối với các cột KX từ cột thứ nhất của ma trận kiểm tra chẵn lẻ H của mã LDPC được định nghĩa theo tiêu chuẩn của DVB-T.2 hoặc loại tương tự, trở thành 3 đối với $K3$ cột phía sau, trở thành 2 đối với $(M-1)$ cột phía sau, và trở thành 1 đối với cột cuối cùng.

Trong trường hợp này, $KX + K3 + M - 1 + 1$ bằng độ dài mã N .

Fig.13 là hình vẽ minh họa về các số cột KX , $K3$, và M và trọng số cột X , đối với mỗi tỷ lệ mã hóa r của mã LDPC được định nghĩa theo tiêu chuẩn của DVB-T.2 hoặc loại tương tự.

Theo tiêu chuẩn của DVB-T.2 hoặc loại tương tự, các mã LDPC mà có các độ dài mã N là 64800 bit và 16200 bit được xác định.

Đối với mã LDPC có độ dài mã N là 64800 bit, 11 tỷ lệ mã hóa (các tỷ lệ danh định) của $1/4, 1/3, 2/5, 1/2, 3/5, 2/3, 3/4, 4/5, 5/6, 8/9$, và $9/10$ được xác định. Đối với mã LDPC có độ dài mã N là 16200 bit, 10 tỷ lệ mã hóa là $1/4, 1/3, 2/5, 1/2, 3/5, 2/3, 3/4, 4/5, 5/6$, và $8/9$ được xác định.

Sau đây, độ dài mã N là 64800 bit được gọi là 64 kbit và độ dài mã N là 16200 được gọi là 16 kbit.

Đối với mã LDPC, đã biết rằng tỷ lệ lỗi thấp trong bit mã tương ứng với cột mà trọng số cột của ma trận kiểm tra chẵn lẻ H của nó là lớn.

Trong ma trận kiểm tra chẵn lẻ H mà được minh họa trên Fig.12 và Fig.13 và được định nghĩa theo tiêu chuẩn của DVB-T.2 hoặc loại tương tự, trọng số cột của cột của phía đầu (phía trái) có xu hướng lớn. Do đó, đối với mã LDPC tương ứng với ma trận kiểm tra chẵn lẻ H , bit mã của phía đầu có xu hướng là khỏe đối với lỗi (có sức chịu lỗi) và bit mã của phía cuối có xu hướng yếu đối với lỗi.

Tiếp theo, Fig.14 minh họa ví dụ các sắp xếp của (các điểm tín hiệu tương ứng với) 16 ký hiệu trên mặt phẳng IQ, khi 16QAM được thực hiện bởi bộ mã hóa QAM 117 của Fig.8.

Tức là, phần A của Fig.14 minh họa các ký hiệu của 16QAM của DVB-T.2.

Trong 16QAM, một ký hiệu được biểu diễn bởi 4 bit và 16 ký hiệu ($= 2^4$) tồn tại. 16 ký hiệu được sắp xếp sao cho chiều $I \times$ chiều Q trở thành dạng hình vuông 4×4 , trên cơ sở của điểm gốc của mặt phẳng IQ.

Nếu bit thứ $(i + 1)$ từ bit quan trọng nhất của chuỗi bit được biểu diễn bởi một ký hiệu được biểu diễn như là bit y_i , 4 bit được biểu diễn bởi một ký hiệu của 16QAM có thể được biểu diễn như là các bit y_0, y_1, y_2 , và y_3 , một cách tương ứng, tuần tự từ bit quan trọng nhất. Khi phương pháp điều biến là 16QAM, 4 bit của các bit mã của mã LDPC trở thành ký hiệu (giá trị ký hiệu) của 4 bit y_0 tới y_3 (được ký hiệu hóa).

Phần B của Fig.14 minh họa ranh giới bit đối với mỗi 4 bit (sau đây được gọi là các bit ký hiệu) y_0 tới y_3 được biểu diễn bởi ký hiệu của 16QAM.

Trong trường hợp này, ranh giới bit đối với bit ký hiệu y_i (trên Fig.14, $i = 0, 1, 2$, và 3) nghĩa là ranh giới của ký hiệu mà bit ký hiệu y_i của nó trở thành 0

và ký hiệu mà bit ký hiệu y_1 của nó trở thành 1.

Như được minh họa bởi phần B của Fig.14, chỉ một vị trí của trục Q của mặt phẳng IQ trở thành ranh giới bit đối với bit ký hiệu quan trọng nhất y_0 của 4 bit ký hiệu y_0 tới y_3 được biểu diễn bởi ký hiệu của 16QAM và chỉ một vị trí của trục I của mặt phẳng IQ trở thành ranh giới bit đối với bit ký hiệu thứ hai y_1 (thứ hai từ bit quan trọng nhất).

Đối với bit ký hiệu thứ ba y_2 , hai vị trí là vị trí giữa các cột thứ nhất và thứ hai từ phía trái và vị trí giữa các cột thứ ba và thứ tư, trong số 4×4 ký hiệu, trở thành các ranh giới bit.

Đối với bit ký hiệu thứ tư y_3 , hai vị trí là vị trí giữa các hàng thứ nhất và thứ hai từ phía trên và vị trí giữa các hàng thứ ba và thứ tư, trong số các ký hiệu 4×4 , trở thành các ranh giới bit.

Trong các bit ký hiệu y_i mà được biểu diễn bởi các ký hiệu, khi số lượng ký hiệu xa từ các ranh giới bit là lớn, lỗi khó được tạo ra (xác suất lỗi là thấp) và khi số lượng ký hiệu gần các ranh giới bit là lớn, lỗi được tạo ra dễ dàng (xác suất lỗi là cao).

Nếu các bit (mạnh đối với lỗi) trong đó lỗi khó được tạo ra được gọi là "các bit mạnh" và các bit (yếu đối với lỗi) trong đó lỗi dễ dàng được tạo ra được gọi là "các bit yếu", đối với 4 bit ký hiệu y_0 tới y_3 của ký hiệu của 16QAM, bit ký hiệu quan trọng nhất y_0 và bit ký hiệu thứ hai y_1 trở thành các bit mạnh và bit ký hiệu thứ ba y_2 và bit ký hiệu thứ tư y_3 trở thành các bit yếu.

Fig.15 đến Fig.17 minh họa ví dụ các sắp xếp của (các điểm tín hiệu tương ứng với) 64 ký hiệu trên mặt phẳng IQ, tức là, các ký hiệu của 16QAM của DVB-T.2, khi 64QAM được thực hiện bởi bộ mã hóa QAM 117 của Fig.8.

Trong 64QAM, một ký hiệu biểu diễn 6 bit và 64 ký hiệu ($= 2^6$) tồn tại. 64 ký hiệu được sắp xếp sao cho chiều I $\times$ chiều Q trở thành dạng hình vuông 8×8 , trên cơ sở của điểm gốc của mặt phẳng IQ.

Các bit ký hiệu của một ký hiệu của 64QAM có thể được biểu diễn như là y_0, y_1, y_2, y_3, y_4 , và y_5 , tuần tự từ bit quan trọng nhất. Khi phương pháp điều biến là 64QAM, 6 bit của các bit mã của mã LDPC trở thành ký hiệu của các bit ký hiệu y_0 tới y_5 của 6 bit.

Trong trường hợp này, Fig.15 minh họa ranh giới bit đối với mỗi bit ký hiệu quan trọng nhất y_0 và bit ký hiệu thứ hai y_1 trong số các bit ký hiệu y_0 tới y_5 của ký hiệu của 64QAM, Fig.16 minh họa ranh giới bit đối với mỗi bit ký hiệu

thứ ba y_2 và bit ký hiệu thứ tư y_3 , và Fig.17 minh họa ranh giới bit đối với mỗi bit ký hiệu thứ năm y_4 và bit ký hiệu thứ sáu y_5 .

Như được minh họa trên Fig.15, ranh giới bit đối với mỗi bit ký hiệu quan trọng nhất y_0 và bit ký hiệu thứ hai y_1 trở thành một vị trí. Như được minh họa trên Fig.16, các ranh giới bit đối với mỗi bit ký hiệu thứ ba y_2 và bit ký hiệu thứ tư y_3 trở thành hai vị trí. Như được minh họa trên Fig.17, các ranh giới bit đối với mỗi bit ký hiệu thứ năm y_4 và bit ký hiệu thứ sáu y_5 trở thành bốn vị trí.

Do đó, đối với các bit ký hiệu y_0 tới y_5 của ký hiệu của 64QAM, bit ký hiệu quan trọng nhất y_0 và bit ký hiệu thứ hai y_1 trở thành các bit mạnh và bit ký hiệu thứ ba y_2 và bit ký hiệu thứ tư y_3 trở thành các bit mạnh tiếp theo. Ngoài ra, bit ký hiệu thứ năm y_4 và bit ký hiệu thứ sáu y_5 trở thành các bit yếu.

Từ các Fig.14 và Fig.15 tới Fig.17, có thể được biết rằng, đối với các bit ký hiệu của ký hiệu của điều biến trực giao, các bit phía trên có xu hướng trở thành các bit mạnh và các bit phía dưới có xu hướng trở thành các bit yếu.

Fig.18 là hình vẽ minh họa về ví dụ của các sắp xếp trên mặt phẳng IQ của (các điểm tín hiệu tương ứng với) 4 ký hiệu trong trường hợp mà mạch vệ tinh được áp dụng như là đường truyền thông 13 (Fig.7) và QPSK được thực hiện trong bộ mã hóa QAM 117 của Fig.8, tức là, ví dụ, minh họa của các ký hiệu của QPSK của DVB-S.2.

Trong QPSK của DVB-S.2, ký hiệu được ánh xạ trên bất kỳ 4 điểm tín hiệu trên chu vi của đường tròn mà bán kính của nó hướng về gốc của mặt phẳng IQ là ρ .

Fig.19 là hình vẽ minh họa về ví dụ của cách bố trí trên mặt phẳng IQ của 8 ký hiệu trong trường hợp mà mạch vệ tinh được áp dụng như là đường truyền thông 13 (Fig.7) và 8PSK được thực hiện trong bộ mã hóa QAM 117 của Fig.8, tức là, ví dụ, minh họa của các ký hiệu của 8PSK của DVB-S.2.

Trong 8PSK của DVB-S.2, ký hiệu được ánh xạ trên bất kỳ 8 điểm tín hiệu trên chu vi của đường tròn mà bán kính của nó hướng về gốc của mặt phẳng IQ là ρ .

Fig.20 là ví dụ của cách bố trí trên mặt phẳng IQ của 16 ký hiệu trong trường hợp mà mạch vệ tinh được áp dụng như là đường truyền thông 13 (Fig.7) và 16APSK được thực hiện trong bộ mã hóa QAM 117 của Fig.8, tức là, ví dụ, minh họa của các ký hiệu 16APSK của DVB-S.2.

Phần A của Fig.20 minh họa cách bố trí của các điểm tín hiệu của

16APSK của DVB-S.2.

Trong 16APSK của DVB-S.2, ký hiệu được ánh xạ trên bất kỳ tổng 16 điểm tín hiệu của 4 điểm tín hiệu trên chu vi của đường tròn mà bán kính của nó hướng về gốc của mặt phẳng IQ là R_1 và 12 điểm tín hiệu trên chu vi của đường tròn mà bán kính của nó là $R_2(>R_1)$.

Phần B của Fig.20 minh họa $\gamma=R_2/R_1$ mà là tỷ số của các bán kính R_2 và R_1 theo cách bố trí của các điểm tín hiệu của 16APSK của DVB-S.2.

Theo cách bố trí của các điểm tín hiệu của 16APSK của DVB-S.2, tỷ số γ của các bán kính R_2 và R_1 thay đổi phụ thuộc vào mỗi tỷ lệ mã hóa.

Fig.21 là ví dụ của cách bố trí trên mặt phẳng IQ của 32 ký hiệu trong trường hợp mà mạch vệ tinh được áp dụng như là đường truyền thông 13 (Fig.7) và 32APSK được thực hiện trong bộ mã hóa QAM 117 của Fig.8, tức là, ví dụ, minh họa của các ký hiệu của 32APSK của DVB-S.2.

Phần A của Fig.21 minh họa cách bố trí của các điểm tín hiệu của 32APSK của DVB-S.2.

Trong 32APSK của DVB-S.2, ký hiệu được ánh xạ trên bất kỳ trong số tổng 32 điểm tín hiệu của 4 điểm tín hiệu trên chu vi của đường tròn mà bán kính của nó hướng về gốc của mặt phẳng IQ là R_1 , 12 điểm tín hiệu trên chu vi của đường tròn mà bán kính của nó là $R_2 (>R_1)$ và 16 điểm tín hiệu trên chu vi của đường tròn mà bán kính của nó là $R_3 (>R_2)$.

Phần B của Fig.21 minh họa $\gamma_1=R_2/R_1$ mà là tỷ số của các bán kính R_2 và R_1 theo cách bố trí của các điểm tín hiệu của 32APSK của DVB-S.2 và $\gamma_2=R_3/R_1$ mà là tỷ số của các bán kính R_3 và R_1 .

Theo cách bố trí của các điểm tín hiệu của 32APSK của DVB-S.2, tỷ số γ_1 của các bán kính R_2 và R_1 và tỷ số γ_2 của các bán kính R_3 và R_1 thay đổi phụ thuộc vào mỗi tỷ lệ mã hóa.

Ngay cả đối với các bit ký hiệu của các ký hiệu của mỗi điều biến cầu phương (QPSK, 8PSK, 16APSK và 32APSK) của DVB-S.2 minh họa cách bố trí của các điểm tín hiệu trên Fig.18 đến Fig.21, tương tự các trường hợp của Fig.14 đến Fig.17, có các bit mạnh và các bit yếu.

Như được mô tả trên Fig.12 và Fig.13, đối với mã LDPC được xuất ra bởi bộ mã hóa LDPC 115 (Fig.8), các bit mã mạnh đối với lỗi và các bit mã yếu đối với lỗi tồn tại.

Như được mô tả trên các Fig.14 tới Fig.21, đối với các bit ký hiệu của ký

hiệu của điều biến trực giao được thực hiện bởi bộ mã hóa QAM 117, các bit mạnh và các bit yếu tồn tại.

Do đó, nếu các bit mã của mã LDPC mạnh đối với lỗi được cấp phát tới các bit ký hiệu yếu của ký hiệu của điều biến trực giao, khả năng chống lỗi bị làm giảm nói chung.

Do đó, bộ ghép xen mà ghép xen các bit mã của mã LDPC theo cách mà các bit mã của mã LDPC yếu đối với lỗi được cấp phát tới các bit mạnh (các bit ký hiệu) của ký hiệu của điều biến trực giao được đề xuất.

Bộ giải ghép kênh 25 của Fig.9 có thể thực hiện quy trình xử lý của bộ ghép xen.

Fig.22 là hình vẽ minh họa về quy trình xử lý của bộ giải ghép kênh 25 của Fig.9.

Tức là, phần A của Fig.18 minh họa ví dụ cấu hình chức năng của bộ giải ghép kênh 25.

Bộ giải ghép kênh 25 bao gồm bộ nhớ 31 và bộ hoán đổi 32.

Mã LDPC được cấp từ bộ mã hóa LDPC 115 tới bộ nhớ 31.

Bộ nhớ 31 có dung lượng lưu trữ để lưu trữ mb bit theo chiều hàng (ngang) và lưu trữ $N/(mb)$ bit theo chiều cột (dọc). Bộ nhớ 31 ghi các bit mã của mã LDPC được cấp tới đó theo chiều cột, đọc các bit mã theo chiều hàng, và cấp các bit mã tới bộ hoán đổi 32.

Trong trường hợp này, N (= độ dài thông tin K + độ dài chẵn lẻ M) biểu diễn độ dài mã của mã LDPC, như được mô tả nêu trên.

Ngoài ra, m biểu diễn số bit của các bit mã của mã LDPC mà trở thành một ký hiệu và b biểu diễn bội mà là số nguyên dương định trước và được sử dụng để thực hiện phép nhân toàn vẹn của m . Như được mô tả nêu trên, bộ giải ghép kênh 25 ký hiệu hóa các bit mã của mã LDPC. Tuy nhiên, bội b biểu diễn số lượng ký hiệu thu được bằng cách ký hiệu hóa một lần của bộ giải ghép kênh 25.

Phần A của Fig.22 minh họa ví dụ cấu hình của bộ giải ghép kênh 25 trong trường hợp mà phương pháp điều biến là 64QAM hoặc loại tương tự trong đó việc ánh xạ được thực hiện trên bất kỳ 64 điểm tín hiệu, và do đó số bit m của các bit mã của mã LDPC trở thành một ký hiệu là 6 bit.

Trên phần A của Fig.22, bội b trở thành 1. Do đó, bộ nhớ 31 có dung lượng lưu trữ trong đó chiều cột $\times$ chiều hàng là $N/(6 \times 1) \times (6 \times 1)$ bit.

Trong trường hợp này, vùng lưu trữ của bộ nhớ 31 trong đó chiều hàng là 1 bit và mở rộng theo chiều cột sau đây được gọi một cách thích hợp là cột sau đây. Trên phần A của Fig.22, bộ nhớ 31 bao gồm 6 ($=6 \times 1$) cột.

Trong bộ giải ghép kênh 25, việc ghi của các bit mã của mã LDPC theo chiều hướng xuống dưới (chiều cột) từ phía trên của các cột cấu thành bộ nhớ 31 được thực hiện hướng tới các cột có chiều hướng sang phải từ phía trái.

Nếu việc ghi của các bit mã kết thúc tại đáy của cột ngoài cùng bên phải, các bit mã được đọc theo đơn vị của 6 bit (mb bit) theo chiều hàng từ hàng thứ nhất của tất cả các cột cấu thành bộ nhớ 31 và được cấp tới bộ hoán đổi 32.

Bộ hoán đổi 32 thực hiện quy trình xử lý hoán đổi để hoán đổi các vị trí của các bit mã của 6 bit từ bộ nhớ 31 và xuất ra 6 bit thu được như là kết quả như là 6 bit ký hiệu y_0, y_1, y_2, y_3, y_4 , và y_5 biểu diễn một ký hiệu của 64QAM.

Tức là, các bit mã của mb bit (trong trường hợp này, 6 bit) được đọc từ bộ nhớ 31 theo chiều hàng. Tuy nhiên, nếu bit thứ i ($i = 0, 1, \dots$, và $mb - 1$) từ bit quan trọng nhất, của các bit mã của mb bit được đọc từ bộ nhớ 31, được biểu diễn như là bit b_i , các bit mã của 6 bit mà được đọc từ bộ nhớ 31 theo chiều hàng có thể được biểu diễn như là các bit b_0, b_1, b_2, b_3, b_4 , và b_5 , tuần tự từ bit quan trọng nhất.

Liên quan đến các trọng số cột được mô tả trên các Fig.12 và Fig.13, bit mã theo chiều của bit b_0 trở thành bit mã mạnh đối với lỗi và bit mã theo chiều của bit b_5 trở thành bit mã yếu đối với lỗi.

Trong bộ hoán đổi 32, quy trình xử lý hoán đổi để hoán đổi các vị trí của các bit mã b_0 tới b_5 của 6 bit từ bộ nhớ 31, sao cho các bit mã yếu đối với lỗi trong số các bit mã b_0 tới b_5 của 6 bit từ bộ nhớ 31 được cấp phát tới các bit mạnh trong số các bit ký hiệu y_0 tới y_5 của một ký hiệu của 64QAM, có thể được thực hiện.

Trong trường hợp này, như là các phương pháp hoán đổi để hoán đổi các bit mã b_0 tới b_5 của 6 bit từ bộ nhớ 31 và cấp phát các bit mã b_0 tới b_5 của 6 bit tới 6 bit ký hiệu y_0 tới y_5 biểu diễn một ký hiệu của 64QAM, các phương pháp khác nhau được đề xuất từ các công ty riêng biệt.

Phần B của Fig.22 minh họa phương pháp hoán đổi thứ nhất, phần C của Fig.22 minh họa phương pháp hoán đổi thứ hai, và phần D của Fig.22 minh họa phương pháp hoán đổi thứ ba.

Trên phần B của Fig.22 tới phần D của Fig.22 (và Fig.23 được mô tả sau

đây), đoạn thẳng nối các bit b_i và y_j nghĩa là bit mã b_i được cấp phát tới bit ký hiệu y_j của ký hiệu (được hoán đổi với vị trí của bit ký hiệu y_j).

Như là phương pháp hoán đổi thứ nhất của phần B của Fig.22, để áp dụng bất kỳ trong số ba loại của các phương pháp hoán đổi được đề xuất. Như là phương pháp hoán đổi thứ hai của phần C của Fig.22, để áp dụng bất kỳ trong số hai loại của các phương pháp hoán đổi được đề xuất.

Như là phương pháp hoán đổi thứ ba của phần D của Fig.22, để lựa chọn tuần tự sáu loại phương pháp hoán đổi và sử dụng phương pháp hoán đổi được đề xuất.

Fig.23 minh họa ví dụ cấu hình của bộ giải ghép kênh 25 trong trường hợp mà phương pháp điều biến là 64QAM hoặc loại tương tự trong đó việc ánh xạ được thực hiện trên bất kỳ 64 điểm tín hiệu (do đó, số bit m của các bit mã của mã LDPC được ánh xạ trên một ký hiệu là 6 bit cũng như Fig.22) và bội b là 2, và phương pháp hoán đổi thứ tư.

Khi bội b là 2, bộ nhớ 31 có dung lượng lưu trữ trong đó chiều cột $\times$ chiều hàng là $N/(6 \times 2) \times (6 \times 2)$ bit và bao gồm 12 ($= 6 \times 2$) cột.

Phần A của Fig.23 minh họa chuỗi ghi mã LDPC tới bộ nhớ 31.

Trong bộ giải ghép kênh 25, như được mô tả trên Fig.22, việc ghi của các bit mã của mã LDPC theo chiều hướng xuống dưới (chiều cột) từ phía trên của các cột cấu thành bộ nhớ 31 được thực hiện hướng tới các cột có chiều hướng sang phải từ phía trái.

Nếu việc ghi của các bit mã kết thúc tại đáy của của cột ngoài cùng bên phải, các bit mã được đọc theo đơn vị của 12 bit (m_b bit) theo chiều hàng từ hàng thứ nhất của tất cả các cột cấu thành bộ nhớ 31 và được cấp tới bộ hoán đổi 32.

Bộ hoán đổi 32 thực hiện quy trình xử lý hoán đổi để hoán đổi các vị trí của các bit mã của 12 bit từ bộ nhớ 31 sử dụng phương pháp hoán đổi thứ tư và xuất ra 12 bit thu được như là kết quả khi 12 bit biểu diễn hai ký hiệu (b ký hiệu) của 64QAM, tức là, sáu bit ký hiệu y_0, y_1, y_2, y_3, y_4 , và y_5 biểu diễn một ký hiệu của 64QAM và sáu bit ký hiệu y_0, y_1, y_2, y_3, y_4 , và y_5 biểu diễn một ký hiệu tiếp theo.

Trong trường hợp này, B của Fig.23 minh họa phương pháp hoán đổi thứ tư về quy trình xử lý hoán đổi bởi bộ hoán đổi 32 của phần A của Fig.23.

Khi bội b là 2 (hoặc 3 hoặc nhiều hơn), trong quy trình xử lý hoán đổi,

các bit mã của mb bit được cấp phát tới các bit ký hiệu của mb bit của b ký hiệu liên tiếp. Trong phần giải thích sau đây bao gồm giải thích của Fig.23, bit thứ $(i + 1)$ từ bit quan trọng nhất của các bit ký hiệu của mb bit của b ký hiệu liên tiếp được biểu diễn như là bit (bit ký hiệu) y_i , nhằm thuận tiện cho việc giải thích.

Loại của các bit mã là thích hợp để được hoán đổi, tức là, việc cải thiện tỷ lệ lỗi trong đường truyền thông AWGN là khác nhau theo tỷ lệ mã hóa hoặc độ dài mã của mã LDPC và phương pháp điều biến.

Ghép xen chẵn lẻ

Tiếp theo, việc ghép xen chẵn lẻ bởi bộ ghép xen chẵn lẻ 23 của Fig.9 sẽ được mô tả có viện dẫn tới các Fig.24 tới Fig.26.

Fig.24 minh họa (một phần của) biểu đồ Tanner của ma trận kiểm tra chẵn lẻ của mã LDPC.

Như được minh họa trên Fig.24, nếu nhiều, ví dụ, hai nút biến thiên trong số (các bit mã tương ứng với) các nút biến thiên được kết nối tới nút kiểm tra cùng lúc trở thành lỗi như vết xóa, nút kiểm tra trả lại tin nhắn trong đó xác suất của giá trị là 0 và xác suất của giá trị là 1 là bằng nhau, tới tất cả các nút biến thiên được kết nối tới nút kiểm tra. Vì lý do này, nếu các nút biến thiên được kết nối tới cùng nút kiểm tra cùng lúc trở thành vết xóa, hiệu quả giải mã bị suy giảm.

Trong khi đó, mã LDPC mà được xuất ra bởi bộ mã hóa LDPC 115 của Fig.8 và được định nghĩa theo tiêu chuẩn của DVB-S.2 hoặc loại tương tự là mã IRA và ma trận chẵn lẻ H_T của ma trận kiểm tra chẵn lẻ H trở thành cấu hình bậc thang, như được minh họa trên Fig.11.

Fig.25 minh họa ma trận chẵn lẻ H_T trở thành cấu hình bậc thang và biểu đồ Tanner tương ứng với ma trận chẵn lẻ H_T .

Tức là, phần A của Fig.25 minh họa ma trận chẵn lẻ H_T trở thành cấu hình bậc thang và phần B của Fig.25 minh họa biểu đồ Tanner tương ứng với ma trận chẵn lẻ H_T của phần A của Fig.25.

Trong ma trận chẵn lẻ H_T với cấu hình bậc thang, các phần tử 1 là lân cận trong mỗi hàng (ngoại trừ hàng thứ nhất). Do đó, trong biểu đồ Tanner của ma trận chẵn lẻ H_T , hai nút biến thiên lân cận tương ứng với cột của hai phần tử lân cận trong đó giá trị của ma trận chẵn lẻ H_T là 1 được kết nối với cùng nút kiểm tra.

Do đó, khi các bit chẵn lẻ tương ứng với hai nút biến thiên lân cận nêu

trên trở thành lỗi tại cùng thời điểm bởi lỗi cụm và vết xóa, và v.v, nút kiểm tra được kết nối với hai nút biến thiên (các nút biến thiên để tìm kiếm tin nhắn bằng cách sử dụng các bit chắn lẻ) tương ứng với hai bit chắn lẻ mà trở thành lỗi trả lại tin nhắn mà xác suất với giá trị là 0 và xác suất với giá trị là 1 là xác suất cân bằng, tới các nút biến thiên được kết nối với nút kiểm tra, và do đó hiệu quả của việc mã hóa bị suy giảm. Ngoài ra, khi độ dài cụm (số bit của các bit chắn lẻ mà liên tục trở thành lỗi) trở thành lớn, số lượng nút kiểm tra mà trả lại tin nhắn có xác suất cân bằng tăng lên và hiệu quả của việc mã hóa bị suy giảm nhiều hơn.

Do đó, bộ ghép xen chắn lẻ 23 (Fig.9) thực hiện việc ghép xen chắn lẻ để ghép xen các bit chắn lẻ của mã LDPC từ bộ mã hóa LDPC 115 vào các vị trí của các bit chắn lẻ khác, để ngăn ngừa hiệu quả mã hóa bị suy giảm.

Fig.26 minh họa ma trận chắn lẻ H_T của ma trận kiểm tra chắn lẻ H tương ứng với mã LDPC sau khi việc ghép xen chắn lẻ được thực hiện bởi bộ ghép xen chắn lẻ 23 của Fig.9.

Trong trường hợp này, ma trận thông tin H_A của ma trận kiểm tra chắn lẻ H tương ứng với mã LDPC mà được xuất ra bởi bộ mã hóa LDPC 115 và được định nghĩa theo tiêu chuẩn của DVB-S.2 hoặc loại tương tự trở thành cấu hình vòng.

Cấu hình vòng nghĩa là cấu hình trong đó cột bất kỳ được khớp với cột thu được bằng cách dịch vòng cột khác. Ví dụ, cấu hình vòng bao gồm cấu hình trong đó vị trí của 1 của mỗi hàng của P cột trở thành vị trí thu được bằng cách dịch vòng cột thứ nhất của P cột theo chiều cột bởi giá trị tỷ lệ với giá trị q thu được bằng cách chia độ dài chắn lẻ M , đối với mọi P cột. Sau đây, P cột trong cấu hình vòng được gọi là số cột của đơn vị của cấu hình vòng.

Đối với mã LDPC được định nghĩa theo tiêu chuẩn như DVB-S.2, như được mô tả trên Fig.12 và Fig.13, có hai loại mã LDPC mà độ dài mã N của nó là 64800 bit và 16200 bit, và, đối với cả hai loại mã LDPC, số cột P mà là đơn vị của cấu hình vòng được xác định là 360 mà là một trong các số chia ngoại trừ 1 và M trong số các số chia của độ dài chắn lẻ M .

Độ dài chắn lẻ M trở thành giá trị ngoài giá trị gốc được biểu diễn bởi biểu thức $M = q \times P = q \times 360$, sử dụng giá trị q khác nhau theo tỷ lệ mã hóa. Do đó, tương tự số cột P của đơn vị của cấu hình vòng, giá trị q là giá trị khác 1 và M trong số các số chia của độ dài chắn lẻ M và thu được bằng cách chia độ dài chắn lẻ M bởi số cột P của đơn vị của cấu hình vòng (tích của P và q là các số

chia của độ dài chẵn lẻ M trở thành độ dài chẵn lẻ M).

Như được mô tả nêu trên, khi độ dài thông tin được giả thiết là K , số nguyên bằng hoặc lớn hơn 0 và nhỏ hơn P được giả thiết là x và số nguyên bằng hoặc lớn hơn 0 và nhỏ hơn q được giả thiết là y , bộ ghép xen chẵn lẻ 23 ghép xen bit mã thứ $K+qx+y+1$ trong số các bit mã của mã LDPC của N bit vào vị trí của bit mã thứ $K+Py+x+1$ như là ghép xen chẵn lẻ.

Do cả bit mã thứ $K+qx+y+1$ và bit mã thứ $K+Py+x+1$ là các bit mã phía sau bit mã thứ $K+1$, chúng là các bit chẵn lẻ, và do đó các vị trí của các bit chẵn lẻ của mã LDPC được di chuyển theo việc ghép xen chẵn lẻ.

Theo việc ghép xen chẵn lẻ, (các bit chẵn lẻ tương ứng với) các nút biến thiên được kết nối tới cùng nút kiểm tra được tách biệt bởi số cột P của đơn vị của cấu hình vòng, tức là, 360 bit trong trường hợp này. Vì lý do này, khi độ dài cụm là nhỏ hơn 360 bit, các nút biến thiên được kết nối tới cùng nút kiểm tra có thể ngăn ngừa việc đồng thời trở thành lỗi. Kết quả là, khả năng chịu lỗi cụm có thể được cải thiện.

Mã LDPC sau khi ghép xen để ghép xen bit mã thứ $(K + qx + y + 1)$ vào vị trí của bit mã thứ $(K + Py + x + 1)$ được khớp với mã LDPC của ma trận kiểm tra chẵn lẻ (sau đây, được gọi là ma trận kiểm tra chẵn lẻ được biến đổi) thu được bằng cách thực hiện thay thế cột để thay thế cột thứ $(K + qx + y + 1)$ của ma trận kiểm tra chẵn lẻ gốc H bằng cột thứ $(K + Py + x + 1)$.

Trong ma trận chẵn lẻ của ma trận kiểm tra chẵn lẻ được biến đổi, như được minh họa trên Fig.26, cấu hình vòng giả mà sử dụng P cột (trên Fig.26, 360 cột) như là đơn vị xuất hiện.

Trong trường hợp này, cấu hình vòng giả nghĩa là cấu hình trong đó cấu hình vòng được tạo thành ngoại trừ một phần của nó. Ma trận kiểm tra chẵn lẻ được biến đổi mà thu được bằng cách thực hiện việc thay thế cột tương ứng với việc ghép xen chẵn lẻ đối với ma trận kiểm tra chẵn lẻ của mã LDPC được định nghĩa theo tiêu chuẩn của DVB-S.2 hoặc loại tương tự trở thành cấu hình vòng giả, không phải cấu hình vòng (hoàn hảo), do số lượng phần tử 1 nhỏ hơn 1 (các phần tử 0 tồn tại) trong phần (ma trận được dịch chuyển được mô tả sau đây) của $360 \text{ hàng} \times 360 \text{ cột}$ của phần góc phải của nó.

Ma trận kiểm tra chẵn lẻ được biến đổi của Fig.26 trở thành ma trận mà thu được bằng cách thực hiện việc thay thế cột tương ứng với việc ghép xen chẵn lẻ và việc thay thế (thay thế hàng) của hàng để cấu hình ma trận kiểm tra

chẵn lẻ được biến đổi với ma trận liên tục được mô tả sau đây, đối với ma trận kiểm tra chẵn lẻ gốc H.

Ghép xen xoắn cột

Tiếp theo, việc ghép xen xoắn cột tương ứng với quy trình xử lý sắp xếp lại bởi bộ ghép xen xoắn cột 24 của Fig.9 sẽ được mô tả có viện dẫn tới các Fig.27 tới Fig.30.

Trong thiết bị truyền 11 của Fig.8, một hoặc nhiều bit của các bit mã của mã LDPC được truyền như là một ký hiệu. Tức là, khi hai bit của các bit mã được thiết lập như là một ký hiệu, QPSK được sử dụng như là phương pháp điều biến và khi bốn bit của các bit mã được thiết lập như là một ký hiệu, APSK hoặc 16QAM được sử dụng như là phương pháp điều biến.

Như vậy, khi hai bit hoặc nhiều hơn của các bit mã được truyền như là một ký hiệu, nếu vết xóa được tạo ra trong ký hiệu bất kỳ, tất cả các bit mã của ký hiệu trở thành lỗi (vết xóa).

Do đó, cần thiết ngăn ngừa các nút biến thiên tương ứng với các bit mã của một ký hiệu được kết nối tới cùng nút kiểm tra, để làm giảm xác suất của (các bit mã tương ứng với) các nút biến thiên được kết nối tới cùng nút kiểm tra cùng lúc trở thành vết xóa để cải thiện hiệu quả giải mã.

Trong khi đó, như được mô tả nêu trên, trong ma trận kiểm tra chẵn lẻ H của mã LDPC mà được xuất ra bởi bộ mã hóa LDPC 115 và được định nghĩa theo tiêu chuẩn của DVB-S.2 hoặc loại tương tự, ma trận thông tin H_A có cấu hình vòng và ma trận chẵn lẻ H_T có cấu hình bậc thang. Như được mô tả trên Fig.26, trong ma trận kiểm tra chẵn lẻ được biến đổi là ma trận kiểm tra chẵn lẻ của mã LDPC sau khi ghép xen chẵn lẻ, cấu hình vòng (thực tế, cấu hình vòng giả như được mô tả nêu trên) xuất hiện trong ma trận chẵn lẻ.

Fig.27 minh họa ma trận kiểm tra chẵn lẻ được biến đổi.

Tức là, A của Fig.27 minh họa ma trận kiểm tra chẵn lẻ được biến đổi của ma trận kiểm tra chẵn lẻ H của mã LDPC trong đó độ dài mã N là 64800 bit và tỷ lệ mã hóa (r) là 3/4.

Trên phần A của Fig.27, trong ma trận kiểm tra chẵn lẻ được biến đổi, vị trí của phần tử mà giá trị của nó trở thành 1 được thể hiện bởi dấu chấm (·).

Phần B của Fig.27 minh họa quy trình xử lý được thực hiện bởi bộ giải ghép kênh 25 (Fig.9), đối với mã LDPC của ma trận kiểm tra chẵn lẻ được biến đổi của phần A của Fig.27, tức là, mã LDPC sau khi ghép xen chẵn lẻ.

Trên phần B của Fig.27, với giả thiết rằng phương pháp điều biến là phương pháp trong đó ký hiệu được ánh xạ trên bất kỳ 16 điểm tín hiệu như 16APSK và 16QAM, các bit mã của mã LDPC sau khi ghép xen chẵn lẻ được ghi trong bốn cột tạo thành bộ nhớ 31 của bộ giải ghép kênh 25 theo chiều cột.

Các bit mã mà được ghi theo chiều cột trong bốn cột cấu thành bộ nhớ 31 được đọc theo đơn vị của bốn bit theo chiều hàng và trở thành một ký hiệu.

Trong trường hợp này, các bit mã B_0 , B_1 , B_2 , và B_3 của bốn bit mà trở thành một ký hiệu có thể trở thành các bit mã tương ứng với 1 trong hàng bất kỳ của ma trận kiểm tra chẵn lẻ được biến đổi của phần A của Fig.27. Trong trường hợp này, các nút biến thiên mà tương ứng với các bit mã B_0 , B_1 , B_2 , và B_3 được kết nối tới cùng nút kiểm tra.

Do đó, khi các bit mã B_0 , B_1 , B_2 , và B_3 của bốn bit của một ký hiệu trở thành các bit mã tương ứng với 1 trong hàng bất kỳ của ma trận kiểm tra chẵn lẻ được biến đổi, nếu vết xóa được tạo ra trong ký hiệu, tin nhắn thích hợp có thể không được tính toán trong cùng nút kiểm tra mà các nút biến thiên tương ứng với các bit mã B_0 , B_1 , B_2 , và B_3 được kết nối tới. Kết quả là, hiệu quả giải mã bị suy giảm.

Đối với các tỷ lệ mã hóa ngoài 3/4, các bit mã tương ứng với các nút biến thiên được kết nối tới cùng nút kiểm tra có thể trở thành một ký hiệu của APSK hoặc 16QAM, tương tự trường hợp nêu trên.

Do đó, bộ ghép xen xoắn cột 24 thực hiện việc ghép xen xoắn cột để ghép xen các bit mã của mã LDPC sau khi ghép xen chẵn lẻ từ bộ ghép xen chẵn lẻ 23, sao cho các bit mã tương ứng với 1 trong hàng bất kỳ của ma trận kiểm tra chẵn lẻ được biến đổi không được bao gồm trong một ký hiệu.

Fig.28 là hình vẽ minh họa về việc ghép xen xoắn cột.

Tức là, Fig.28 minh họa bộ nhớ 31 (các Fig.22 và Fig.23) của bộ giải ghép kênh 25.

Như được mô tả trên Fig.22, bộ nhớ 31 có dung lượng lưu trữ để lưu trữ mb bit theo chiều cột (đọc) và lưu trữ $N/(mb)$ bit theo chiều hàng (ngang) và bao gồm mb cột. Bộ ghép xen xoắn cột 24 ghi các bit mã của mã LDPC theo chiều cột đối với bộ nhớ 31, điều khiển vị trí bắt đầu ghi khi các bit mã được đọc theo chiều hàng, và thực hiện việc ghép xen xoắn cột.

Tức là, trong bộ ghép xen xoắn cột 24, vị trí bắt đầu ghi để bắt đầu việc ghi của các bit mã được thay đổi thích hợp đối với mỗi cột, sao cho các bit mã

được đọc theo chiều hàng và trở thành một ký hiệu không trở thành các bit mã tương ứng với 1 trong hàng bất kỳ của ma trận kiểm tra chẵn lẻ được biến đổi (các bit mã của mã LDPC được sắp xếp lại sao cho các bit mã tương ứng với 1 trong hàng bất kỳ của ma trận kiểm tra chẵn lẻ không được chứa trong cùng ký hiệu).

Trong trường hợp này, Fig.28 minh họa ví dụ cấu hình của bộ nhớ 31 khi phương pháp điều biến là 16 APSK hoặc 16QAM và bộ b được mô tả trên Fig.22 là 1. Do đó, số bit m của các bit mã của mã LDPC trở thành một ký hiệu là 4 bit và bộ nhớ 31 bao gồm 4 (= mb) cột.

Bộ ghép xen xoắn cột 24 thực hiện việc ghi của các bit mã của mã LDPC (thay vì bộ giải ghép kênh 25 của Fig.22) theo chiều hướng xuống dưới (chiều cột) từ phía trên của bốn cột cấu thành bộ nhớ 31, hướng tới các cột của chiều hướng sang phải từ phía trái.

Nếu việc ghi của các bit mã kết thúc tại cột ngoài cùng phía phải, bộ ghép xen xoắn cột 24 đọc các bit mã theo đơn vị của bốn bit (mb bit) theo chiều hàng từ hàng thứ nhất của tất cả các cột cấu thành bộ nhớ 31 và xuất ra các bit mã như là mã LDPC sau khi giải ghép xen xoắn cột tới bộ hoán đổi 32 (các Fig.22 và 23) của bộ giải ghép kênh 25.

Tuy nhiên, trong bộ ghép xen xoắn cột 24, nếu địa chỉ của vị trí của đầu (đỉnh) của mỗi cột được thiết lập là 0 và địa chỉ của mỗi vị trí của chiều cột được biểu diễn bởi số nguyên tăng dần, vị trí bắt đầu ghi được thiết lập thành vị trí mà địa chỉ của nó là 0, đối với cột ngoài cùng phía trái. Vị trí bắt đầu ghi được thiết lập thành vị trí mà địa chỉ của nó là 2, đối với cột thứ hai (từ phía trái). Vị trí bắt đầu ghi được thiết lập thành vị trí mà địa chỉ của nó là 4, đối với cột thứ ba. Vị trí bắt đầu ghi được thiết lập thành vị trí mà địa chỉ của nó là 7, đối với cột thứ tư.

Đối với các cột trong đó các vị trí bắt đầu ghi là các vị trí ngoài vị trí mà địa chỉ của nó là 0, sau khi các bit mã được ghi tới vị trí dưới cùng, vị trí này quay lại phần đầu (vị trí mà địa chỉ của nó là 0) và việc ghi được thực hiện tới vị trí ngay trước vị trí bắt đầu ghi. Sau đó, việc ghi đối với cột tiếp theo (bên phải) được thực hiện.

Bằng cách thực hiện việc ghép xen xoắn cột được mô tả nêu trên, đối với các mã LDPC mà được định nghĩa theo tiêu chuẩn của DVB-T.2 hoặc loại tương tự, các bit mã tương ứng với các nút biến thiên được kết nối tới cùng nút kiểm

tra có thể được ngăn ngừa trở thành một ký hiệu của APSK hoặc 16QAM (được chứa trong cùng ký hiệu). Kết quả là, hiệu quả giải mã trong đường truyền thông trong đó vết xóa tồn tại có thể được cải thiện.

Fig.29 minh họa số cột của bộ nhớ 31 cần thiết cho việc ghép xen xoắn cột và địa chỉ của vị trí bắt đầu ghi đối với mỗi phương pháp điều biến, đối với các mã LDPC có 11 tỷ lệ mã hóa được định nghĩa theo tiêu chuẩn của DVB-T.2 và có độ dài mã N là 64800.

Khi bội b là 1, QPSK được áp dụng như là phương pháp điều biến, và số bit m của một ký hiệu là 2 bit, theo Fig.29, bộ nhớ 31 có hai cột để lưu trữ 2×1 ($= mb$) bit theo chiều hàng và lưu trữ $64800/(2 \times 1)$ bit theo chiều cột.

Vị trí bắt đầu ghi của cột thứ nhất trong số hai cột của bộ nhớ 31 trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 0 và vị trí bắt đầu ghi của cột thứ hai trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 2.

Ví dụ, khi bất kỳ trong số phương pháp hoán đổi thứ nhất đến thứ ba của Fig.22 được áp dụng như là phương pháp hoán đổi về quy trình xử lý hoán đổi của bộ giải ghép kênh 25 (Fig.9), bội b trở thành 1.

Khi bội b là 2, QPSK được áp dụng như là phương pháp điều biến, và số bit m của một ký hiệu là 2 bit, theo Fig.29, bộ nhớ 31 có bốn cột để lưu trữ 2×2 bit theo chiều hàng và lưu trữ $64800/(2 \times 2)$ bit theo chiều cột.

Vị trí bắt đầu ghi của cột thứ nhất trong số bốn cột của bộ nhớ 31 trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 0, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ hai trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 2, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ ba trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 4, và vị trí bắt đầu ghi của cột thứ tư trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 7.

Ví dụ, khi phương pháp hoán đổi thứ tư của Fig.23 được áp dụng như là phương pháp hoán đổi về quy trình xử lý hoán đổi của bộ giải ghép kênh 25 (Fig.9), bội b trở thành 2.

Khi bội b là 1, 16QAM được áp dụng như là phương pháp điều biến, và số bit m của một ký hiệu là 4 bit, theo Fig.29, bộ nhớ 31 có bốn cột để lưu trữ 4×1 bit theo chiều hàng và lưu trữ $64800/(4 \times 1)$ bit theo chiều cột.

Vị trí bắt đầu ghi của cột thứ nhất trong số bốn cột của bộ nhớ 31 trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 0, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ hai trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 2, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ ba trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 4, và vị trí bắt đầu ghi của cột thứ tư trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 7.

nó là 7.

Khi bội b là 2, 16QAM được áp dụng như là phương pháp điều biến, và số bit m của một ký hiệu là 4 bit, theo Fig.29, bộ nhớ 31 có tám cột để lưu trữ 4×2 bit theo chiều hàng và lưu trữ $64800/(4 \times 2)$ bit theo chiều cột.

Vị trí bắt đầu ghi của cột thứ nhất của tám cột của bộ nhớ 31 trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 0, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ hai trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 0, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ ba trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 2, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ tư trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 4, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ năm trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 4, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ sáu trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 5, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ bảy trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 7, và vị trí bắt đầu ghi của cột thứ tám trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 7.

Khi bội b là 1, 64QAM được áp dụng như là phương pháp điều biến, và số bit m của một ký hiệu là 6 bit, theo Fig.29, bộ nhớ 31 có sáu cột để lưu trữ 6×1 bit theo chiều hàng và lưu trữ $64800/(6 \times 1)$ bit theo chiều cột.

Vị trí bắt đầu ghi của cột thứ nhất của sáu cột của bộ nhớ 31 trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 0, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ hai trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 2, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ ba trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 5, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ tư trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 9, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ năm trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 10, và vị trí bắt đầu ghi của cột thứ sáu trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 13.

Khi bội b là 2, 64QAM được áp dụng như là phương pháp điều biến, và số bit m của một ký hiệu là 6 bit, theo Fig.29, bộ nhớ 31 có mười hai cột để lưu trữ 6×2 bit theo chiều hàng và lưu trữ $64800/(6 \times 2)$ bit theo chiều cột.

Vị trí bắt đầu ghi của cột thứ nhất của mười hai cột của bộ nhớ 31 trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 0, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ hai trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 0, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ ba trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 2, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ tư trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 2, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ năm trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 3, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ sáu trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 4, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ bảy trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 4, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ tám trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 5, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ chín trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 5, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ mười trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 7, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ mười một trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 7.

thành vị trí mà địa chỉ của nó là 8, và vị trí bắt đầu ghi của cột thứ mười hai trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 9.

Khi bội b là 1, 256QAM được áp dụng như là phương pháp điều biến, và số bit m của một ký hiệu là 8 bit, theo Fig.29, bộ nhớ 31 có tám cột để lưu trữ 8×1 bit theo chiều hàng và lưu trữ $64800/(8 \times 2)$ bit theo chiều cột.

Vị trí bắt đầu ghi của cột thứ nhất của tám cột của bộ nhớ 31 trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 0, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ hai trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 0, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ ba trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 2, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ tư trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 4, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ năm trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 4, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ sáu trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 5, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ bảy trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 7, và vị trí bắt đầu ghi của cột thứ tám trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 7.

Khi bội b là 2, 256QAM được áp dụng như là phương pháp điều biến, và số bit m của một ký hiệu là 8 bit, theo Fig.29, bộ nhớ 31 có mười sáu cột để lưu trữ 8×2 bit theo chiều hàng và lưu trữ $64800/(8 \times 2)$ bit theo chiều cột.

Vị trí bắt đầu ghi của cột thứ nhất của mười sáu cột của bộ nhớ 31 trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 0, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ hai trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 2, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ ba trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 2, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ tư trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 2, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ năm trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 2, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ sáu trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 3, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ bảy trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 7, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ tám trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 15, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ chín trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 16 vị trí bắt đầu ghi của cột thứ mười trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 20, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ mười một trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 22, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ mười hai trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 22, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ mười ba trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 27, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ mười bốn trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 27, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ mười lăm trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 28, và vị trí bắt đầu ghi của cột thứ mười sáu trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 32.

Khi bội b là 1, 1024QAM được áp dụng như là phương pháp điều biến, và số bit m của một ký hiệu là 10 bit, theo Fig.29, bộ nhớ 31 có mười cột để lưu

trữ 10×1 bit theo chiều hàng và lưu trữ $64800/(10 \times 1)$ bit theo chiều cột.

Vị trí bắt đầu ghi của cột thứ nhất của mười cột của bộ nhớ 31 trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 0, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ hai trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 3, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ ba trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 6, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ tư trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 8, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ năm trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 11, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ sáu trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 13, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ bảy trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 15, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ tám trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 17, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ chín trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 18 và vị trí bắt đầu ghi của cột thứ mười trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 20.

Khi bội b là 2, 1024QAM được áp dụng như là phương pháp điều biến, và số bit m của một ký hiệu là 10 bit, theo Fig.29, bộ nhớ 31 có hai mươi cột để lưu trữ 10×2 bit theo chiều hàng và lưu trữ $64800/(10 \times 2)$ bit theo chiều cột.

Vị trí bắt đầu ghi của cột thứ nhất của hai mươi cột của bộ nhớ 31 trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 0, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ hai trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 1, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ ba trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 3, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ tư trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 4, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ năm trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 5, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ sáu trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 6, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ bảy trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 6, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ tám trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 9, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ chín trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 13, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ mười trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 14, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ mười một trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 14, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ mười hai trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 16, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ mười ba trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 21, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ mười bốn trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 21, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ mười lăm trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 23, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ mười sáu trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 25, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ mười bảy trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 25, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ mười tám trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 26, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ mười chín trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 28, và vị trí bắt đầu ghi của cột thứ hai mươi trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 30.

Khi bội b là 1, 4096QAM được áp dụng như là phương pháp điều biến, và số bit m của một ký hiệu là 12 bit, theo Fig.29, bộ nhớ 31 có mười hai cột để lưu trữ 12×1 bit theo chiều hàng và lưu trữ $64800/(12 \times 1)$ bit theo chiều cột.

Vị trí bắt đầu ghi của cột thứ nhất của mười hai cột của bộ nhớ 31 trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 0, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ hai trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 0, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ ba trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 2, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ tư trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 2, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ năm trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 3, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ sáu trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 4, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ bảy trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 4, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ tám trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 5, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ chín trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 5, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ mười trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 7, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ mười một trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 8, và vị trí bắt đầu ghi của cột thứ mười hai trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 9.

Khi bội b là 2, 4096QAM được áp dụng như là phương pháp điều biến, và số bit m của một ký hiệu là 12 bit, theo Fig.29, bộ nhớ 31 có hai mươi tư cột để lưu trữ 12×2 bit theo chiều hàng và lưu trữ $64800/(12 \times 2)$ bit theo chiều cột.

Vị trí bắt đầu ghi của cột thứ nhất của hai mươi tư cột của bộ nhớ 31 trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 0, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ hai trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 5, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ ba trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 8, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ tư trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 8, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ năm trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 8, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ sáu trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 8, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ bảy trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 10, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ tám trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 10, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ chín trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 10, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ mười trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 12, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ mười một trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 13, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ mười hai trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 16, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ mười ba trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 17, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ mười bốn trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 19, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ mười lăm trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 21, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ mười sáu trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 22, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ mười bảy

trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 23, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ mười tám trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 26, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ mười chín trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 37, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ hai mươi trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 39, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ hai mươi một trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 40, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ hai mươi hai trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 41, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ hai mươi ba trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 41, và vị trí bắt đầu ghi của cột thứ hai mươi tư trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 41.

Fig.30 minh họa số cột của bộ nhớ 31 cần thiết cho việc ghép xen xoắn cột và địa chỉ của vị trí bắt đầu ghi đối với mỗi phương pháp điều biến, đối với các mã LDPC có 10 tỷ lệ mã hóa được định nghĩa theo tiêu chuẩn của DVB-T.2 và có độ dài mã N là 16200.

Khi bội b là 1, QPSK được áp dụng như là phương pháp điều biến, và số bit m của một ký hiệu là 2 bit, theo Fig.30, bộ nhớ 31 có hai cột để lưu trữ 2×1 bit theo chiều hàng và lưu trữ $16200/(2 \times 1)$ bit theo chiều cột.

Vị trí bắt đầu ghi của cột thứ nhất trong số hai cột của bộ nhớ 31 trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 0 và vị trí bắt đầu ghi của cột thứ hai trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 0.

Khi bội b là 2, QPSK được áp dụng như là phương pháp điều biến, và số bit m của một ký hiệu là 2 bit, theo Fig.30, bộ nhớ 31 có bốn cột để lưu trữ 2×2 (= mb) bit theo chiều hàng và lưu trữ $16200/(2 \times 2)$ bit theo chiều cột.

Vị trí bắt đầu ghi của cột thứ nhất của bốn cột của bộ nhớ 31 trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 0, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ hai trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 2, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ ba trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 3, và vị trí bắt đầu ghi của cột thứ tư trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 3.

Khi bội b là 1, 16QAM được áp dụng như là phương pháp điều biến, và số bit m của một ký hiệu là 4 bit, theo Fig.30, bộ nhớ 31 có bốn cột để lưu trữ 4×1 bit theo chiều hàng và lưu trữ $16200/(4 \times 1)$ bit theo chiều cột.

Vị trí bắt đầu ghi của cột thứ nhất của bốn cột của bộ nhớ 31 trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 0, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ hai trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 2, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ ba trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 3, và vị trí bắt đầu ghi của cột thứ tư trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 3.

Khi bội b là 2, 16QAM được áp dụng như là phương pháp điều biến, và số bit m của một ký hiệu là 4 bit, theo Fig.30, bộ nhớ 31 có tám cột để lưu trữ 4

$\times 2$ bit theo chiều hàng và lưu trữ $16200/(4 \times 2)$ bit theo chiều cột.

Vị trí bắt đầu ghi của cột thứ nhất của tám cột của bộ nhớ 31 trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 0, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ hai trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 0, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ ba trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 0, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ tư trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 1, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ năm trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 7, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ sáu trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 20, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ bảy trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 20, và vị trí bắt đầu ghi của cột thứ tám trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 21.

Khi bội b là 1, 64QAM được áp dụng như là phương pháp điều biến, và số bit m của một ký hiệu là 6 bit, theo Fig.30, bộ nhớ 31 có sáu cột để lưu trữ 6×1 bit theo chiều hàng và lưu trữ $16200/(6 \times 1)$ bit theo chiều cột.

Vị trí bắt đầu ghi của cột thứ nhất của sáu cột của bộ nhớ 31 trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 0, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ hai trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 0, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ ba trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 2, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ tư trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 3, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ năm trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 7, và vị trí bắt đầu ghi của cột thứ sáu trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 7.

Khi bội b là 2, 64QAM được áp dụng như là phương pháp điều biến, và số bit m của một ký hiệu là 6 bit, theo Fig.30, bộ nhớ 31 có mười hai cột để lưu trữ 6×2 bit theo chiều hàng và lưu trữ $16200/(6 \times 2)$ bit theo chiều cột.

Vị trí bắt đầu ghi của cột thứ nhất của mười hai cột của bộ nhớ 31 trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 0, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ hai trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 0, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ ba trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 0, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ tư trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 2, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ năm trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 2, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ sáu trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 2, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ bảy trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 3, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ tám trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 3, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ chín trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 3, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ mười trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 6, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ mười một trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 7, và vị trí bắt đầu ghi của cột thứ mười hai trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 7.

Khi bội b là 1, 256QAM được áp dụng như là phương pháp điều biến, và

số bit m của một ký hiệu là 8 bit, theo Fig.30, bộ nhớ 31 có tám cột để lưu trữ 8×1 bit theo chiều hàng và lưu trữ $16200/(8 \times 1)$ bit theo chiều cột.

Vị trí bắt đầu ghi của cột thứ nhất của tám cột của bộ nhớ 31 trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 0, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ hai trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 0, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ ba trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 0, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ tư trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 1, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ năm trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 7, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ sáu trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 20, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ bảy trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 20, và vị trí bắt đầu ghi của cột thứ tám trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 21.

Khi bội b là 1, 1024QAM được áp dụng như là phương pháp điều biến, và số bit m của một ký hiệu là 10 bit, theo Fig.30, bộ nhớ 31 có mười cột để lưu trữ 10×1 bit theo chiều hàng và lưu trữ $16200/(10 \times 1)$ bit theo chiều cột.

Vị trí bắt đầu ghi của cột thứ nhất của mười cột của bộ nhớ 31 trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 0, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ hai trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 1, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ ba trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 2, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ tư trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 2, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ năm trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 3, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ sáu trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 3, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ bảy trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 4, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ tám trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 4, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ chín trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 5, và vị trí bắt đầu ghi của cột thứ mười trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 7.

Khi bội b là 2, 1024QAM được áp dụng như là phương pháp điều biến, và số bit m của một ký hiệu là 10 bit, theo Fig.30, bộ nhớ 31 có hai mươi cột để lưu trữ 10×2 bit theo chiều hàng và lưu trữ $16200/(10 \times 2)$ bit theo chiều cột.

Vị trí bắt đầu ghi của cột thứ nhất của hai mươi cột của bộ nhớ 31 trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 0, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ hai trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 0, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ ba trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 0, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ tư trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 2, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ năm trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 2, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ sáu trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 2, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ bảy trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 2, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ tám trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 2, vị trí bắt đầu ghi của cột

thứ chín trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 5, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ mười trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 5, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ mười một trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 5, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ mười hai trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 5, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ mười ba trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 5, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ mười bốn trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 7, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ mười lăm trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 7, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ mười sáu trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 7, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ mười bảy trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 7, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ mười tám trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 8, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ mười chín trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 8, và vị trí bắt đầu ghi của cột thứ hai mươi trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 10.

Khi bội b là 1, 4096QAM được áp dụng như là phương pháp điều biến, và số bit m của một ký hiệu là 12 bit, theo Fig.30, bộ nhớ 31 có mười hai cột để lưu trữ 12×1 bit theo chiều hàng và lưu trữ $16200/(12 \times 1)$ bit theo chiều cột.

Vị trí bắt đầu ghi của cột thứ nhất của mười hai cột của bộ nhớ 31 trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 0, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ hai trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 0, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ ba trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 0, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ tư trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 2, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ năm trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 2, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ sáu trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 2, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ bảy trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 3, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ tám trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 3, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ chín trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 3, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ mười trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 6, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ mười một trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 7, và vị trí bắt đầu ghi của cột thứ mười hai trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 7.

Khi bội b là 2, 4096QAM được áp dụng như là phương pháp điều biến, và số bit m của một ký hiệu là 12 bit, theo Fig.30, bộ nhớ 31 có hai mươi tư cột để lưu trữ 12×2 bit theo chiều hàng và lưu trữ $16200/(12 \times 2)$ bit theo chiều cột.

Vị trí bắt đầu ghi của cột thứ nhất của hai mươi tư cột của bộ nhớ 31 trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 0, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ hai trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 0, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ ba trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 0, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ tư trở thành vị trí mà địa chỉ của nó

là 0, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ năm trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 0, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ sáu trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 0, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ bảy trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 0, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ tám trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 1, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ chín trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 1 vị trí bắt đầu ghi của cột thứ mười trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 1, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ mười một trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 2, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ mười hai trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 2, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ mười ba trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 2, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ mười bốn trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 3, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ mười lăm trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 7, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ mười sáu trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 9, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ mười bảy trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 9, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ mười tám trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 9, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ mười chín trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 10, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ hai mươi trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 10, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ hai một trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 10, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ hai hai trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 10, vị trí bắt đầu ghi của cột thứ hai ba trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 10, và vị trí bắt đầu ghi của cột thứ hai mươi tư trở thành vị trí mà địa chỉ của nó là 11.

Fig.31 là lưu đồ minh họa quy trình xử lý được thực hiện bởi bộ mã hóa LDPC 115, bộ ghép xen bit 116, và bộ mã hóa QAM 117 của Fig.8.

Bộ mã hóa LDPC 115 đợi việc cấp dữ liệu đích LDPC từ bộ mã hóa BCH 114. Trong bước S101, bộ mã hóa LDPC 115 mã hóa dữ liệu đích LDPC với mã LDPC và cấp mã LDPC tới bộ ghép xen bit 116. Quy trình xử lý chuyển sang bước S102.

Trong bước S102, bộ ghép xen bit 116 thực hiện việc ghép xen bit đối với mã LDPC được cấp từ bộ mã hóa LDPC 115 và cấp ký hiệu thu được bằng cách ký hiệu hóa mã LDPC sau khi ghép xen bit tới bộ mã hóa QAM 117. Quy trình xử lý chuyển sang bước S103.

Tức là, trong bước S102, trong bộ ghép xen bit 116 (Fig.9), bộ ghép xen chẵn lẻ 23 thực hiện việc ghép xen chẵn lẻ đối với mã LDPC được cấp từ bộ mã hóa LDPC 115 và cấp mã LDPC sau khi ghép xen chẵn lẻ tới bộ ghép xen xoắn cột 24.

Bộ ghép xen xoắn cột 24 thực hiện việc ghép xen xoắn cột đối với mã LDPC được cấp từ bộ ghép xen chắn lẻ 23 và cấp mã LDPC tới bộ giải ghép kênh 25.

Bộ giải ghép kênh 25 thực hiện quy trình xử lý hoán đổi để hoán đổi các bit mã của mã LDPC sau khi giải ghép xen xoắn cột bởi bộ ghép xen xoắn cột 24 và tạo ra các bit mã sau khi hoán đổi trở thành các bit ký hiệu (các bit biểu diễn ký hiệu) của ký hiệu.

Ở đây, quy trình xử lý hoán đổi bởi bộ giải ghép kênh 25 có thể được thực hiện theo các phương pháp hoán đổi thứ nhất hoặc thứ tư được minh họa trên Fig.22 và Fig.23, và, ngoài ra, có thể được thực hiện theo quy tắc cấp phát định trước được xác định trước đó để cấp phát bit ký hiệu thể hiện ký hiệu tới bit mã của mã LDPC.

Ký hiệu mà thu được bởi quy trình xử lý hoán đổi bởi bộ giải ghép kênh 25 được cấp từ bộ giải ghép kênh 25 tới bộ mã hóa QAM 117.

Trong bước S103, bộ mã hóa QAM 117 ánh xạ ký hiệu được cấp từ bộ giải ghép kênh 25 tới điểm tín hiệu được xác định bởi phương pháp điều biến của điều biến trực giao được thực hiện bởi bộ mã hóa QAM 117, thực hiện việc điều biến trực giao, và cấp dữ liệu thu được như là kết quả tới bộ ghép xen thời gian 118.

Như được mô tả nêu trên, việc ghép xen chắn lẻ hoặc việc ghép xen xoắn cột được thực hiện, để khả năng chống chịu vết xóa hoặc lỗi cụm khi các bit mã của mã LDPC được truyền như là một ký hiệu có thể được cải thiện.

Trên Fig.9, bộ ghép xen chắn lẻ 23 là khối để thực hiện việc ghép xen chắn lẻ và bộ ghép xen xoắn cột 24 là khối để thực hiện việc ghép xen xoắn cột có cấu hình riêng biệt nhằm thuận tiện cho việc giải thích. Tuy nhiên, bộ ghép xen chắn lẻ 23 và bộ ghép xen xoắn cột 24 có thể có cấu hình nguyên khối.

Tức là, cả việc ghép xen chắn lẻ và việc ghép xen xoắn cột có thể được thực hiện bằng cách ghi và việc đọc của các bit mã đối với bộ nhớ và có thể được biểu diễn bởi ma trận để chuyển đổi địa chỉ (địa chỉ ghi) để thực hiện việc ghi của các bit mã thành địa chỉ (địa chỉ đọc) để thực hiện việc đọc của các bit mã.

Do đó, nếu ma trận thu được bằng cách nhân ma trận biểu diễn việc ghép xen chắn lẻ và ma trận biểu diễn việc ghép xen xoắn cột được tính toán, các bit mã được chuyển đổi bởi ma trận, việc ghép xen chắn lẻ được thực hiện, và kết

quả việc xen xoắn cột của mã LDPC sau khi ghép xen chắn lẻ có thể thu được.

Ngoài bộ ghép xen chắn lẻ 23 và bộ ghép xen xoắn cột 24, bộ giải ghép kênh 25 có thể có cấu hình nguyên khối.

Tức là, quy trình xử lý hoán đổi được thực hiện bởi bộ giải ghép kênh 25 có thể được biểu diễn bởi ma trận để chuyển đổi địa chỉ ghi của bộ nhớ 31 lưu trữ mã LDPC thành địa chỉ đọc.

Do đó, nếu ma trận thu được bằng cách nhân ma trận biểu diễn việc ghép xen chắn lẻ, ma trận biểu diễn việc ghép xen xoắn cột, và ma trận biểu diễn quy trình xử lý hoán đổi được tính toán, việc ghép xen chắn lẻ, việc ghép xen xoắn cột, và quy trình xử lý hoán đổi có thể được thực hiện chung bởi ma trận.

Chỉ một trong việc ghép xen chắn lẻ và việc ghép xen xoắn cột có thể được thực hiện hoặc cả việc ghép xen chắn lẻ và việc ghép xen xoắn cột có thể không được thực hiện. Ví dụ, giống như DVB-S.2, trong trường hợp mà đường truyền thông 13 (Fig.7) là mạch vệ tinh hoặc loại tương tự mà khác với AWGN và đối với trường hợp này lỗi cụm và sự méo rung, và v.v, không phải được xem xét quá nhiều, có thể làm cho việc ghép xen chắn lẻ và việc ghép xen xoắn cột không được thực hiện.

Tiếp theo, mô phỏng để đo lường tỷ lệ lỗi (tỷ lệ lỗi bit) mà được thực hiện đối với thiết bị truyền 11 của Fig.8 sẽ được mô tả có viện dẫn tới các Fig.32 tới 34.

Việc mô phỏng được thực hiện bằng cách áp dụng đường truyền thông trong đó méo rung có D/U là 0 dB tồn tại.

Fig.32 minh họa mô hình của đường truyền thông mà được áp dụng bởi mô phỏng.

Tức là, phần A của Fig.32 minh họa mô hình của méo rung mà được áp dụng bởi mô phỏng.

Ngoài ra, phần B của Fig.32 minh họa mô hình của đường truyền thông trong đó méo rung được biểu diễn bởi mô hình của phần A của Fig.32 tồn tại.

Trên phần B của Fig.32, H biểu diễn mô hình của méo rung của phần A của Fig.32. Trên phần B của Fig.32, N biểu diễn ICI (Inter Carrier Interference – Nhiễu liên sóng mang). Theo mô phỏng, giá trị kỳ vọng $E[N^2]$ của công suất được lấy xấp xỉ bởi AWGN.

Các Fig.33 và Fig.34 minh họa quan hệ của tỷ lệ lỗi thu được bởi việc mô phỏng và tần số Doppler f_d của méo rung.

Fig.33 minh họa quan hệ của tỷ lệ lỗi và tần số Doppler f_d khi phương pháp điều biến là 16QAM, tỷ lệ mã hóa (r) là $(3/4)$, và phương pháp hoán đổi là phương pháp hoán đổi thứ nhất. Fig.34 minh họa quan hệ của tỷ lệ lỗi và tần số Doppler f_d khi phương pháp điều biến là 64QAM, tỷ lệ mã hóa (r) là $(5/6)$, và phương pháp hoán đổi là phương pháp hoán đổi thứ nhất.

Trên các Fig.33 và Fig.34, đường dày thể hiện quan hệ của tỷ lệ lỗi và tần số Doppler f_d khi tất cả việc ghép xen chắn lẻ, việc ghép xen xoắn cột, và quy trình xử lý hoán đổi được thực hiện và đường mỏng thể hiện quan hệ của tỷ lệ lỗi và tần số Doppler f_d khi chỉ quy trình xử lý hoán đổi trong số việc ghép xen chắn lẻ, việc ghép xen xoắn cột, và quy trình xử lý hoán đổi được thực hiện.

Trên cả các Fig.33 và Fig.34, có thể được biết rằng tỷ lệ lỗi được cải thiện hơn nữa (được làm giảm) khi tất cả việc ghép xen chắn lẻ, việc ghép xen xoắn cột, và quy trình xử lý hoán đổi được thực hiện, so với khi chỉ quy trình xử lý hoán đổi được thực hiện.

Ví dụ cấu hình của bộ mã hóa LDPC 115

Fig.35 là sơ đồ khối minh họa ví dụ cấu hình của bộ mã hóa LDPC 115 của Fig.8.

Bộ mã hóa LDPC 122 của Fig.8 cũng có cấu hình theo cách tương tự.

Như được mô tả trên các Fig.12 và Fig.13, theo tiêu chuẩn của DVB-S.2 hoặc loại tương tự, các mã LDPC mà có hai độ dài mã N là 64800 bit và 16200 bit được xác định.

Đối với mã LDPC có độ dài mã N là 64800 bit, 11 tỷ lệ mã là $1/4$, $1/3$, $2/5$, $1/2$, $3/5$, $2/3$, $3/4$, $4/5$, $5/6$, $8/9$, và $9/10$ được xác định. Đối với mã LDPC có độ dài mã N là 16200 bit, 10 tỷ lệ mã là $1/4$, $1/3$, $2/5$, $1/2$, $3/5$, $2/3$, $3/4$, $4/5$, $5/6$, và $8/9$ được xác định (các Fig.12 và 13).

Ví dụ, bộ mã hóa LDPC 115 có thể thực hiện việc mã hóa (mã hóa sửa lỗi) sử dụng mã LDPC của mỗi tỷ lệ mã hóa có độ dài mã N là 64800 bit hoặc 16200 bit, theo ma trận kiểm tra chắn lẻ H được chuẩn bị đối với mỗi độ dài mã N và mỗi tỷ lệ mã hóa.

Bộ mã hóa LDPC 115 bao gồm bộ xử lý mã hóa 601 và bộ lưu trữ 602.

Bộ xử lý mã hóa 601 bao gồm bộ thiết lập tỷ lệ mã hóa 611, bộ đọc bảng giá trị khởi tạo 612, bộ tạo ma trận kiểm tra chắn lẻ 613, bộ đọc bit thông tin 614, bộ tính toán chắn lẻ mã hóa 615, bộ điều khiển 616. Bộ xử lý mã hóa 601 thực hiện việc mã hóa LDPC của dữ liệu đích LDPC được cấp tới bộ mã hóa LDPC

115 và cấp mã LDPC thu được như là kết quả tới bộ ghép xen bit 116 (Fig.8).

Tức là, bộ thiết lập tỷ lệ mã hóa 611 thiết lập độ dài mã N và tỷ lệ mã hóa là mã LDPC, theo hoạt động của bộ hoạt động.

Bộ đọc bảng giá trị khởi tạo 612 đọc bảng giá trị khởi tạo ma trận kiểm tra chẵn lẻ được mô tả sau đây, mà tương ứng với độ dài mã N và tỷ lệ mã hóa được thiết lập bởi bộ thiết lập tỷ lệ mã hóa 611, từ bộ lưu trữ 602.

Bộ tạo ma trận kiểm tra chẵn lẻ 613 tạo ra ma trận kiểm tra chẵn lẻ H bằng cách bố trí các phần tử 1 của ma trận thông tin H_A tương ứng với độ dài thông tin K ($=$ độ dài thông tin N – độ dài chẵn lẻ M) theo độ dài mã N và tỷ lệ mã hóa được thiết lập bởi bộ thiết lập tỷ lệ mã hóa 611 theo chiều cột với chu kỳ của 360 cột (số cột P của đơn vị của cấu hình vòng), trên cơ sở của bảng giá trị khởi tạo ma trận kiểm tra chẵn lẻ được đọc bởi bộ đọc bảng giá trị khởi tạo 612, và lưu trữ ma trận kiểm tra chẵn lẻ H trong bộ lưu trữ 602.

Bộ đọc bit thông tin 614 đọc (tách) các bit thông tin tương ứng với độ dài thông tin K , từ dữ liệu đích LDPC được cấp tới bộ mã hóa LDPC 115.

Bộ tính toán chẵn lẻ mã hóa 615 đọc ma trận kiểm tra chẵn lẻ H được tạo ra bởi bộ tạo ma trận kiểm tra chẵn lẻ 613 từ bộ lưu trữ 602, và tạo ra từ mã (mã LDPC) bằng cách tính toán các bit chẵn lẻ đối với các bit thông tin được đọc bởi bộ đọc bit thông tin 614 trên cơ sở của biểu thức định trước sử dụng ma trận kiểm tra chẵn lẻ H .

Bộ điều khiển 616 điều khiển mỗi khối cấu thành bộ xử lý mã hóa 601.

Trong bộ lưu trữ 602, các bảng giá trị khởi tạo ma trận kiểm tra chẵn lẻ mà tương ứng với các tỷ lệ mã hóa được minh họa trên các Fig.12 và Fig.13, đối với các độ dài mã N như 64800 bit và 16200 bit, được lưu trữ. Ngoài ra, bộ lưu trữ 602 tạm thời lưu trữ dữ liệu mà cần thiết cho quy trình xử lý của bộ xử lý mã hóa 601.

Fig.36 là lưu đồ minh họa quy trình xử lý của bộ mã hóa LDPC 115 của Fig.35.

Trong bước S201, bộ thiết lập tỷ lệ mã hóa 611 xác định (thiết lập) độ dài mã N và tỷ lệ mã hóa r để thực hiện mã hóa LDPC.

Trong bước S202, bộ đọc bảng giá trị khởi tạo 612 đọc bảng giá trị khởi tạo ma trận kiểm tra chẵn lẻ được xác định trước đó tương ứng với độ dài mã N và tỷ lệ mã hóa r được xác định bởi bộ thiết lập tỷ lệ mã hóa 611, từ bộ lưu trữ 602.

Trong bước S203, bộ tạo ma trận kiểm tra chẵn lẻ 613 tính toán (tạo ra) ma trận kiểm tra chẵn lẻ H của mã LDPC của độ dài mã N và tỷ lệ mã hóa r được xác định bởi bộ thiết lập tỷ lệ mã hóa 611, sử dụng bảng giá trị khởi tạo ma trận kiểm tra chẵn lẻ được đọc từ bộ lưu trữ 602 bởi bộ đọc bảng giá trị khởi tạo 612, cấp ma trận kiểm tra chẵn lẻ tới bộ lưu trữ 602, và lưu trữ ma trận kiểm tra chẵn lẻ trong bộ lưu trữ.

Trong bước S204, bộ đọc bit thông tin 614 đọc các bit thông tin của độ dài thông tin $K (= N \times r)$ tương ứng với độ dài mã N và tỷ lệ mã hóa r được xác định bởi bộ thiết lập tỷ lệ mã hóa 611, từ dữ liệu đích LDPC được cấp tới bộ mã hóa LDPC 115, đọc ma trận kiểm tra chẵn lẻ H được tính toán bởi bộ tạo ma trận kiểm tra chẵn lẻ 613 từ bộ lưu trữ 602, và cấp các bit thông tin và ma trận kiểm tra chẵn lẻ tới bộ tính toán chẵn lẻ mã hóa 615.

Trong bước S205, bộ tính toán chẵn lẻ mã hóa 615 tuần tự tính toán các bit chẵn lẻ của từ mã c mà thỏa mãn biểu thức (8) sử dụng các bit thông tin và ma trận kiểm tra chẵn lẻ H mà đã được đọc từ bộ đọc bit thông tin 614.

$$Hc^T = 0 \cdots (8)$$

Trong biểu thức (8), c biểu diễn vector hàng như là từ mã (mã LDPC) và c^T biểu diễn sự chuyển vị của vector hàng c .

Như được mô tả nêu trên, khi một phần của các bit thông tin của vector hàng c như là mã LDPC (một từ mã) được biểu diễn bởi vector hàng A và một phần của các bit chẵn lẻ được biểu diễn bởi vector hàng T , vector hàng c có thể được biểu diễn bởi biểu thức $c = [A/T]$, sử dụng vector hàng A như là các bit thông tin và vector hàng T như là các bit chẵn lẻ.

Trong ma trận kiểm tra chẵn lẻ H và vector hàng $c = [A/T]$ tương ứng với mã LDPC, cần phải thỏa mãn biểu thức $Hc^T = 0$. Vector hàng T mà tương ứng với các bit chẵn lẻ cấu thành vector hàng $c = [A/T]$ thỏa mãn biểu thức $Hc^T = 0$ có thể được tính toán tuần tự bằng cách thiết lập các phần tử của mỗi hàng là 0, tuần tự từ các phần tử của hàng thứ nhất của vector cột Hc^T trong biểu thức $Hc^T = 0$, khi ma trận chẵn lẻ H_T của ma trận kiểm tra chẵn lẻ $H = [H_A | H_T]$ trở thành cấu hình bậc thang được minh họa trên Fig.11.

Nếu bộ tính toán chẵn lẻ mã hóa 615 tính toán các bit chẵn lẻ T đối với các bit thông tin A từ bộ đọc bit thông tin 614, bộ tính toán chẵn lẻ mã hóa 615 xuất ra từ mã $c = [A/T]$ được biểu diễn bởi các bit thông tin A và các bit chẵn lẻ T như là kết quả mã hóa LDPC của các bit thông tin A .

Sau đó, trong bước S206, bộ điều khiển 616 xác định rằng việc mã hóa LDPC có kết thúc hay không. Khi được xác định trong bước S206 rằng việc mã hóa LDPC không kết thúc, tức là, khi có dữ liệu đích LDPC để thực hiện mã hóa LDPC, quy trình xử lý quay lại bước S201 (hoặc bước S204). Sau đây, quy trình xử lý của các bước S201 (hoặc bước S204) tới S206 được lặp lại.

Khi được xác định trong bước S206 rằng việc mã hóa LDPC kết thúc, tức là, không có dữ liệu đích LDPC để thực hiện mã hóa LDPC, bộ mã hóa LDPC 115 kết thúc quy trình xử lý.

Như được mô tả nêu trên, bảng giá trị khởi tạo ma trận kiểm tra chẵn lẻ tương ứng với mỗi độ dài mã N và mỗi tỷ lệ mã hóa r được chuẩn bị và bộ mã hóa LDPC 115 thực hiện việc mã hóa LDPC có độ dài mã định trước N và tỷ lệ mã hóa định trước r , sử dụng ma trận kiểm tra chẵn lẻ H được tạo ra từ bảng giá trị khởi tạo ma trận kiểm tra chẵn lẻ tương ứng với độ dài mã định trước N và tỷ lệ mã hóa định trước r .

Ví dụ của bảng giá trị khởi tạo ma trận kiểm tra chẵn lẻ

Bảng giá trị khởi tạo ma trận kiểm tra chẵn lẻ là bảng mà biểu diễn các vị trí của các phần tử 1 của ma trận thông tin H_A (Fig.10) của ma trận kiểm tra chẵn lẻ H tương ứng với độ dài thông tin K theo độ dài mã N và tỷ lệ mã hóa r của mã LDPC (mã LDPC được xác định bởi ma trận kiểm tra chẵn lẻ H) đối với mỗi 360 cột (số cột P của đơn vị của cấu hình vòng) và được tạo ra trước đó đối với mỗi ma trận kiểm tra chẵn lẻ H của mỗi độ dài mã N và mỗi tỷ lệ mã hóa r .

Fig.37 là hình vẽ minh họa về ví dụ của bảng giá trị khởi tạo ma trận kiểm tra chẵn lẻ.

Tức là, Fig.37 minh họa bảng giá trị khởi tạo ma trận kiểm tra chẵn lẻ đối với ma trận kiểm tra chẵn lẻ H mà được định nghĩa theo tiêu chuẩn của DVB-T.2 và có độ dài mã N là 16200 bit và tỷ lệ mã hóa (tỷ lệ mã hóa của giải thích của DVB-T.2) r là $1/4$.

Bộ tạo ma trận kiểm tra chẵn lẻ 613 (Fig.35) tính toán ma trận kiểm tra chẵn lẻ H sử dụng bảng giá trị khởi tạo ma trận kiểm tra chẵn lẻ, như sau.

Tức là, Fig.38 minh họa phương pháp tính toán ma trận kiểm tra chẵn lẻ H từ bảng giá trị khởi tạo ma trận kiểm tra chẵn lẻ.

Bảng giá trị khởi tạo ma trận kiểm tra chẵn lẻ trên Fig.38 minh họa bảng giá trị khởi tạo ma trận kiểm tra chẵn lẻ đối với ma trận kiểm tra chẵn lẻ H mà được định nghĩa theo tiêu chuẩn của DVB-T.2 và có độ dài mã N là 16200 bit và

tỷ lệ mã hóa r của $2/3$.

Như được mô tả nêu trên, bảng giá trị khởi tạo ma trận kiểm tra chẵn lẻ là bảng mà biểu diễn các vị trí của các phần tử 1 của ma trận thông tin H_A (Fig.10) tương ứng với độ dài thông tin K theo độ dài mã N và tỷ lệ mã hóa r của mã LDPC đối với mỗi 360 cột (số cột P của đơn vị của cấu hình vòng). Trong hàng thứ I của nó, các số hàng (các số hàng khi số hàng của hàng thứ nhất của ma trận kiểm tra chẵn lẻ H được thiết lập là 0) của các phần tử 1 của cột thứ $(1 + 360 \times (i - 1))$ của ma trận kiểm tra chẵn lẻ H được sắp xếp bởi số trọng số cột của cột thứ $(1 + 360 \times (i - 1))$.

Trong trường hợp này, do ma trận chẵn lẻ H_T (Fig.10) của ma trận kiểm tra chẵn lẻ H tương ứng với độ dài chẵn lẻ M được xác định như được minh họa trên Fig.25, theo bảng giá trị khởi tạo ma trận kiểm tra chẵn lẻ, ma trận thông tin H_A (Fig.10) của ma trận kiểm tra chẵn lẻ H tương ứng với độ dài thông tin K được tính toán.

Số hàng $k + 1$ của bảng giá trị khởi tạo ma trận kiểm tra chẵn lẻ là khác nhau theo độ dài thông tin K .

Quan hệ của biểu thức (9) thu được giữa độ dài thông tin K và số hàng $k + 1$ của bảng giá trị khởi tạo ma trận kiểm tra chẵn lẻ.

$$K = (k + 1) \times 360 \cdots (9)$$

Trong trường hợp này, 360 của biểu thức (9) là số cột P của đơn vị của cấu hình vòng được mô tả trên Fig.26.

Trong bảng giá trị khởi tạo ma trận kiểm tra chẵn lẻ của Fig.38, 13 giá trị số được sắp xếp từ hàng thứ nhất tới hàng thứ ba và 3 giá trị số được sắp xếp từ hàng thứ tư tới hàng thứ $(k + 1)$ (trên Fig.38, hàng thứ 30).

Do đó, các trọng số cột của ma trận kiểm tra chẵn lẻ H mà được tính toán từ bảng giá trị khởi tạo ma trận kiểm tra chẵn lẻ của Fig.38 là 13 từ cột thứ nhất tới cột thứ $(1 + 360 \times (3 - 1) - 1)$ và là 3 từ cột thứ $(1 + 360 \times (3 - 1))$ tới cột thứ K .

Hàng thứ nhất của bảng giá trị khởi tạo ma trận kiểm tra chẵn lẻ của Fig.38 trở thành 0, 2084, 1613, 1548, 1286, 1460, 3196, 4297, 2481, 3369, 3451, 4620, và 2622, mà thể hiện rằng các phần tử của các hàng có các số hàng của 0, 2084, 1613, 1548, 1286, 1460, 3196, 4297, 2481, 3369, 3451, 4620, và 2622 là 1 (và các phần tử khác là 0), trong cột thứ nhất của ma trận kiểm tra chẵn lẻ H .

Hàng thứ hai của bảng giá trị khởi tạo ma trận kiểm tra chẵn lẻ của

Fig.38 trở thành 1, 122, 1516, 3448, 2880, 1407, 1847, 3799, 3529, 373, 971, 4358, và 3108, mà thể hiện rằng các phần tử của các hàng có các số hàng của 1, 122, 1516, 3448, 2880, 1407, 1847, 3799, 3529, 373, 971, 4358, và 3108 là 1, trong cột thứ 361 ($= 1 + 360 \times (2 - 1)$) của ma trận kiểm tra chẵn lẻ H.

Như được mô tả nêu trên, bảng giá trị khởi tạo ma trận kiểm tra chẵn lẻ biểu diễn các vị trí của các phần tử 1 của ma trận thông tin H_A của ma trận kiểm tra chẵn lẻ H đối với mỗi 360 cột.

Các cột ngoài cột thứ $(1 + 360 \times (i - 1))$ của ma trận kiểm tra chẵn lẻ H, tức là, các cột riêng biệt từ cột thứ $(2 + 360 \times (i - 1))$ tới cột thứ $(360 \times i)$ được sắp xếp bằng cách dịch vòng các phần tử 1 của cột thứ $(1 + 360 \times (i - 1))$ được xác định bởi bảng giá trị khởi tạo ma trận kiểm tra chẵn lẻ một cách định kỳ theo chiều hướng xuống (chiều hướng xuống dưới của các cột) theo độ dài chẵn lẻ M.

Tức là, cột thứ $(2 + 360 \times (i - 1))$ thu được bằng cách dịch vòng cột thứ $(1 + 360 \times (i - 1))$ theo chiều hướng xuống dưới bởi $M/360 (= q)$ và cột thứ $(3 + 360 \times (i - 1))$ tiếp theo thu được bằng cách dịch vòng cột thứ $(1 + 360 \times (i - 1))$ theo chiều hướng xuống dưới bởi $2 \times M/360 (= 2 \times q)$ (thu được bằng cách dịch vòng cột thứ $(2 + 360 \times (i - 1))$ theo chiều hướng xuống dưới bởi $M/360 (= q)$).

Nếu giá trị số của cột thứ j (cột thứ j từ phía trái) của hàng thứ i (hàng thứ i từ phía trên) của bảng giá trị khởi tạo ma trận kiểm tra chẵn lẻ được biểu diễn như là $h_{i,j}$ và số hàng của phần tử 1 thứ j của cột thứ w của ma trận kiểm tra chẵn lẻ H được biểu diễn như là $H_{w,j}$, số hàng $H_{w,j}$ của phần tử 1 của cột thứ w là cột khác cột thứ $(1 + 360 \times (i - 1))$ của ma trận kiểm tra chẵn lẻ H có thể được tính toán bởi biểu thức (10).

$$H_{w-j} = \text{mod}\{h_{i,j} + \text{mod}((w-1), P) \times q, M\} \cdots (10)$$

Trong trường hợp này, $\text{mod}(x, y)$ nghĩa là số dư mà thu được bằng cách chia x cho y.

Ngoài ra, P là số cột của đơn vị của cấu hình vòng được mô tả nêu trên. Ví dụ, theo tiêu chuẩn của DVB-S.2, DVB-T.2, và DVB-C.2, P là 360 như được mô tả nêu trên. Ngoài ra, q là giá trị $M/360$ mà thu được bằng cách chia độ dài chẵn lẻ M bởi số cột P ($= 360$) của đơn vị của cấu hình vòng.

Bộ tạo ma trận kiểm tra chẵn lẻ 613 (Fig.35) chỉ rõ các số hàng của các phần tử 1 của cột thứ $(1 + 360 \times (i - 1))$ của ma trận kiểm tra chẵn lẻ H bởi bảng giá trị khởi tạo ma trận kiểm tra chẵn lẻ.

Bộ tạo ma trận kiểm tra chẵn lẻ 613 (Fig.35) tính toán số hàng H_{w-j} của

phần tử 1 của cột thứ w là cột khác cột thứ $(1 + 360 \times (i - 1))$ của ma trận kiểm tra chẵn lẻ H , theo biểu thức (10), và tạo ra ma trận kiểm tra chẵn lẻ H trong đó phần tử của số hàng thu được được thiết lập là 1.

Mã LDPC mới

Ngoài ra, việc đề xuất tiêu chuẩn mà cải thiện DVB-S.2 (mà có thể được gọi là DVB-Sx dưới đây) được đề xuất.

Trong CfT (Call for Technology – Cuộc gọi kỹ thuật) được đưa tới hội nghị chuẩn hóa của DVB-Sx, số lượng ModCod (kết hợp của phương pháp điều biến (điều biến) và mã LDPC (mã)) định trước được yêu cầu đối với mỗi dải (dải) của C/N (tỷ số sóng mang trên tạp âm) (SNR (tỷ số tín hiệu trên tạp âm)) theo trường hợp sử dụng.

Tức là, trong CfT, như là yêu cầu thứ nhất, có yêu cầu rằng 20 đoạn ModCod được chuẩn bị trong dải 7 dB trong đó C/N là từ 5 dB tới 12 dB, đối với sử dụng của DTH (Direct To Home – Trực tiếp về gia đình).

Ngoài ra, trong CfT, như là yêu cầu thứ hai, có yêu cầu rằng 22 đoạn ModCod được chuẩn bị trong dải 12 dB trong đó C/N là từ 12 dB tới 24 dB, như là yêu cầu thứ ba, có yêu cầu rằng 12 đoạn ModCod được chuẩn bị trong dải 8 dB trong đó C/N là từ -3 dB tới 5 dB, và, như là yêu cầu thứ tư, có yêu cầu rằng 5 đoạn ModCod được chuẩn bị trong dải 7 dB trong đó C/N là từ -10 dB tới -3 dB.

Ngoài ra, trong CfT, có yêu cầu rằng FER (Frame Error Rate – tỷ lệ lỗi khung) của ModCod trong các yêu cầu thứ nhất hoặc thứ tư trở thành khoảng 10^{-5} (hoặc nhỏ hơn).

Ở đây, trong CfT, mức ưu tiên của yêu cầu thứ nhất là "1" mà là mức cao nhất, và mức ưu tiên của bất kỳ trong số các yêu cầu thứ hai đến thứ tư là "2" mà thấp hơn yêu cầu thứ nhất.

Do đó, theo sáng chế, ít nhất trong CfT, (ma trận kiểm tra chẵn lẻ) mã LDPC mà có thể thỏa mãn yêu cầu thứ nhất có mức ưu tiên cao nhất được đề xuất là mã LDPC mới.

Fig.39 minh họa đường cong BER/FER trong trường hợp mà QPSK được áp dụng như là phương pháp điều biến, đối với các mã LDPC có 11 tỷ lệ mã hóa với độ dài mã N là 64k.

Trên Fig.39, trục ngang thể hiện E_s/N_0 (tỷ số công suất tín hiệu trên tạp âm trên ký hiệu) tương ứng với C/N, và trục dọc thể hiện FER/BER. Ở đây, trên

Fig.39, đường liền thể hiện FER và đường chấm thể hiện BER (Bit Error Rate – Tỷ lệ lỗi bit).

Trên Fig.39, có đường cong FER (BER) trong trường hợp mà QPSK được áp dụng như là phương pháp mã hóa, đối với các mã LDPC của 11 tỷ lệ mã hóa với độ dài mã N là 64k được xác định trong DVB-S.2, trong dải trong đó E_s/N_0 là 10dB.

Tức là, trên Fig.39, có 11 đường cong FER của ModCod trong đó phương pháp điều biến được cố định là QPSK, trong dải khoảng 10 dB của E_s/N_0 từ khoảng -3 dB tới khoảng 7 dB.

Do đó, đối với các mã LDPC có 11 tỷ lệ mã hóa với độ dài mã N là 64k được xác định trong DVB-S.2, khoảng cách trung bình của các đường cong FER của ModCod (mà có thể được gọi là khoảng cách trung bình dưới đây) là khoảng 1 dB ($\approx 10 \text{ dB} / (10-1)$)

Trong khi đó, do được yêu cầu phải chuẩn bị 20 đoạn ModCod trong dải trong đó E_s/N_0 (C/N) là 7 dB trong yêu cầu thứ nhất của CFT, khoảng cách trung bình của các đường cong FER của ModCod là khoảng 0,3 dB ($\approx 7 \text{ dB} / (20-1)$).

Trong trường hợp mà phương pháp điều biến được cố định là một loại như QPSK để lấy làm biên, như so với trường hợp của DVB-S.2 trong đó ModCod với khoảng cách trung bình là khoảng 1 dB có thể thu được bởi các mã LDPC có 11 tỷ lệ mã hóa, các mã LDPC có số lượng khoảng gấp ba lần của 11 tỷ lệ mã hóa ($\approx 1 \text{ dB} / 0,3 \text{ dB}$), tức là, các mã LDPC có khoảng 30 tỷ lệ mã hóa chỉ phải được đề xuất để thu được ModCod với khoảng cách trung bình là 0,3 dB để thỏa mãn yêu cầu thứ nhất của CFT.

Do đó, sáng chế chuẩn bị mã LDPC với tỷ lệ mã hóa là $i/30$ (trong đó i ký hiệu số nguyên dương nhỏ hơn 30) và độ dài mã là 64k như là mã LDPC có tỷ lệ mã hóa mà để khoảng 30 tỷ lệ mã hóa được thiết lập dễ dàng, và cấp nó như là mã LDPC mới mà thỏa mãn ít nhất yêu cầu thứ nhất với mức ưu tiên cao nhất trong CFT.

Ở đây, đối với mã LDPC mới, từ quan điểm rằng tính tương tự (tính tương thích) với DVB-S.2 được duy trì nhiều nhất có thể, tương tự mã LDPC được xác định trong DVB-S.2, ma trận chẵn lẻ H_T của ma trận kiểm tra chẵn lẻ H được giả thiết để có cấu hình bậc thang (Fig.11).

Ngoài ra, đối với mã LDPC mới, tương tự mã LDPC được xác định trong DVB-S.2, ma trận thông tin H_A của ma trận kiểm tra chẵn lẻ H được giả

thiết là cấu hình vòng và số cột P mà là đơn vị của cấu hình vòng được giả thiết là 360.

Fig.40 đến Fig.106 là các sơ đồ minh họa các ví dụ của bảng giá trị khởi tạo ma trận kiểm tra chẵn lẻ của mã LDPC mới với độ dài mã N là 64k bit và tỷ lệ mã hóa là $i/30$ như được mô tả nêu trên.

Ở đây, do mã LDPC mới là mã LDPC trong đó tỷ lệ mã hóa được biểu diễn bởi $i/30$, có các mã LDPC với 29 tỷ lệ mã hóa là $1/30, 2/30, 3/30 \dots 28/30$ và $29/30$ tại tối đa.

Tuy nhiên, đối với mã LDPC với tỷ lệ mã hóa là $1/30$, có khả năng rằng việc sử dụng bị hạn chế về mặt hiệu quả. Ngoài ra, đối với mã LDPC với tỷ lệ mã hóa là $29/30$, việc sử dụng có thể bị hạn chế về mặt tỷ lệ lỗi (BER/FER).

Do đó, một trong số hoặc cả hai mã LDPC với tỷ lệ mã hóa là $1/30$ và mã LDPC với tỷ lệ mã hóa là $29/30$ trong số các mã LDPC với 29 tỷ lệ mã hóa trong số các tỷ lệ mã hóa $1/30$ đến $29/30$ có thể được giả thiết không phải là mã LDPC mới.

Ở đây, ví dụ, các mã LDPC với 28 tỷ lệ mã hóa trong số các tỷ lệ mã hóa $2/30$ tới $29/30$ trong số các tỷ lệ mã hóa $1/30$ tới $29/30$ được giả thiết là các mã LDPC mới, và bảng giá trị khởi tạo ma trận kiểm tra chẵn lẻ đối với ma trận kiểm tra chẵn lẻ H của các mã LDPC mới được thể hiện dưới đây.

Fig.40 minh họa bảng giá trị khởi tạo ma trận kiểm tra chẵn lẻ đối với ma trận kiểm tra chẵn lẻ H của mã LDPC với độ dài mã N là 64k bit và tỷ lệ mã hóa là $2/30$.

Fig.41 minh họa bảng giá trị khởi tạo ma trận kiểm tra chẵn lẻ đối với ma trận kiểm tra chẵn lẻ H của mã LDPC với độ dài mã N là 64k bit và tỷ lệ mã hóa là $3/30$.

Fig.42 minh họa bảng giá trị khởi tạo ma trận kiểm tra chẵn lẻ đối với ma trận kiểm tra chẵn lẻ H của mã LDPC với độ dài mã N là 64k bit và tỷ lệ mã hóa là $4/30$.

Fig.43 minh họa bảng giá trị khởi tạo ma trận kiểm tra chẵn lẻ đối với ma trận kiểm tra chẵn lẻ H của mã LDPC với độ dài mã N là 64k bit và tỷ lệ mã hóa là $5/30$.

Fig.44 minh họa bảng giá trị khởi tạo ma trận kiểm tra chẵn lẻ đối với ma trận kiểm tra chẵn lẻ H của mã LDPC với độ dài mã N là 64k bit và tỷ lệ mã hóa là $6/30$.

Fig.45 minh họa bảng giá trị khởi tạo ma trận kiểm tra chẵn lẻ đối với ma trận kiểm tra chẵn lẻ H của mã LDPC với độ dài mã N là 64k bit và tỷ lệ mã hóa là 7/30.

Fig.46 và Fig.47 minh họa bảng giá trị khởi tạo ma trận kiểm tra chẵn lẻ đối với ma trận kiểm tra chẵn lẻ H của mã LDPC với độ dài mã N là 64k bit và tỷ lệ mã hóa là 8/30.

Fig.48 và Fig.49 minh họa bảng giá trị khởi tạo ma trận kiểm tra chẵn lẻ đối với ma trận kiểm tra chẵn lẻ H của mã LDPC với độ dài mã N là 64k bit và tỷ lệ mã hóa là 9/30.

Fig.50 và Fig.51 minh họa bảng giá trị khởi tạo ma trận kiểm tra chẵn lẻ đối với ma trận kiểm tra chẵn lẻ H của mã LDPC với độ dài mã N là 64k bit và tỷ lệ mã hóa là 10/30.

Fig.52 và Fig.53 minh họa bảng giá trị khởi tạo ma trận kiểm tra chẵn lẻ đối với ma trận kiểm tra chẵn lẻ H của mã LDPC với độ dài mã N là 64k bit và tỷ lệ mã hóa là 11/30.

Fig.54 và Fig.55 minh họa bảng giá trị khởi tạo ma trận kiểm tra chẵn lẻ đối với ma trận kiểm tra chẵn lẻ H của mã LDPC với độ dài mã N là 64k bit và tỷ lệ mã hóa là 12/30.

Fig.56 và Fig.57 minh họa bảng giá trị khởi tạo ma trận kiểm tra chẵn lẻ đối với ma trận kiểm tra chẵn lẻ H của mã LDPC với độ dài mã N là 64k bit và tỷ lệ mã hóa là 13/30.

Fig.58 và Fig.59 minh họa bảng giá trị khởi tạo ma trận kiểm tra chẵn lẻ đối với ma trận kiểm tra chẵn lẻ H của mã LDPC với độ dài mã N là 64k bit và tỷ lệ mã hóa là 14/30.

Fig.60 và Fig.61 minh họa bảng giá trị khởi tạo ma trận kiểm tra chẵn lẻ đối với ma trận kiểm tra chẵn lẻ H của mã LDPC với độ dài mã N là 64k bit và tỷ lệ mã hóa là 15/30.

Fig.62, Fig.63, và Fig.64 minh họa bảng giá trị khởi tạo ma trận kiểm tra chẵn lẻ đối với ma trận kiểm tra chẵn lẻ H của mã LDPC với độ dài mã N là 64k bit và tỷ lệ mã hóa là 16/30.

Fig.65, Fig.66, và Fig.67 minh họa bảng giá trị khởi tạo ma trận kiểm tra chẵn lẻ đối với ma trận kiểm tra chẵn lẻ H của mã LDPC với độ dài mã N là 64k bit và tỷ lệ mã hóa là 17/30.

Fig.68, Fig.69, và Fig.70 minh họa bảng giá trị khởi tạo ma trận kiểm tra

chẵn lẻ đối với ma trận kiểm tra chẵn lẻ H của mã LDPC với độ dài mã N là 64k bit và tỷ lệ mã hóa là 18/30.

Fig.71, Fig.72, và Fig.73 minh họa bảng giá trị khởi tạo ma trận kiểm tra chẵn lẻ đối với ma trận kiểm tra chẵn lẻ H của mã LDPC với độ dài mã N là 64k bit và tỷ lệ mã hóa là 19/30.

Fig.74, Fig.75, và Fig.76 minh họa bảng giá trị khởi tạo ma trận kiểm tra chẵn lẻ đối với ma trận kiểm tra chẵn lẻ H của mã LDPC với độ dài mã N là 64k bit và tỷ lệ mã hóa là 20/30.

Fig.77, Fig.78, và Fig.79 minh họa bảng giá trị khởi tạo ma trận kiểm tra chẵn lẻ đối với ma trận kiểm tra chẵn lẻ H của mã LDPC với độ dài mã N là 64k bit và tỷ lệ mã hóa là 21/30.

Fig.80, Fig.81, và Fig.82 minh họa bảng giá trị khởi tạo ma trận kiểm tra chẵn lẻ đối với ma trận kiểm tra chẵn lẻ H của mã LDPC với độ dài mã N là 64k bit và tỷ lệ mã hóa là 22/30.

Fig.83, Fig.84, và Fig.85 minh họa bảng giá trị khởi tạo ma trận kiểm tra chẵn lẻ đối với ma trận kiểm tra chẵn lẻ H của mã LDPC với độ dài mã N là 64k bit và tỷ lệ mã hóa là 23/30.

Fig.86, Fig.87, và Fig.88 minh họa bảng giá trị khởi tạo ma trận kiểm tra chẵn lẻ đối với ma trận kiểm tra chẵn lẻ H của mã LDPC với độ dài mã N là 64k bit và tỷ lệ mã hóa là 24/30.

Fig.89, Fig.90, và Fig.91 minh họa bảng giá trị khởi tạo ma trận kiểm tra chẵn lẻ đối với ma trận kiểm tra chẵn lẻ H của mã LDPC với độ dài mã N là 64k bit và tỷ lệ mã hóa là 25/30.

Fig.92, Fig.93, và Fig.94 minh họa bảng giá trị khởi tạo ma trận kiểm tra chẵn lẻ đối với ma trận kiểm tra chẵn lẻ H của mã LDPC với độ dài mã N là 64k bit và tỷ lệ mã hóa là 26/30.

Fig.95, Fig.96, và Fig.97 minh họa bảng giá trị khởi tạo ma trận kiểm tra chẵn lẻ đối với ma trận kiểm tra chẵn lẻ H của mã LDPC với độ dài mã N là 64k bit và tỷ lệ mã hóa là 27/30.

Fig.99, Fig.100, Fig.101, và Fig.102 minh họa bảng giá trị khởi tạo ma trận kiểm tra chẵn lẻ đối với ma trận kiểm tra chẵn lẻ H của mã LDPC với độ dài mã N là 64k bit và tỷ lệ mã hóa là 28/30.

Fig.103, Fig.104, Fig.105, và Fig.106 minh họa bảng giá trị khởi tạo ma trận kiểm tra chẵn lẻ đối với ma trận kiểm tra chẵn lẻ H của mã LDPC với độ

dài mã N là 64k bit và tỷ lệ mã hóa là 29/30.

Bộ mã hóa LDPC 115 (Fig.8 và Fig.35) có thể thực hiện việc mã hóa thành bất kỳ mã LDPC (mới) với độ dài mã N là 64k trong số 28 loại tỷ lệ mã hóa r của 2/30 tới 29/30, bằng cách sử dụng ma trận kiểm tra chẵn lẻ H được tìm thấy từ các bảng giá trị khởi tạo ma trận kiểm tra chẵn lẻ được minh họa trên Fig.40 đến Fig.106.

Trong trường hợp này, các bảng giá trị khởi tạo ma trận kiểm tra chẵn lẻ được minh họa trên Fig.40 đến Fig.106 được lưu trữ trong bộ lưu trữ 602 của bộ mã hóa LDPC 115 (Fig.8).

Ở đây, tất cả mã LDPC với 28 loại tỷ lệ mã hóa r của 2/30 tới 29/30 (được thấy từ các bảng giá trị khởi tạo ma trận kiểm tra chẵn lẻ) trên Fig.40 đến Fig.106 không cần thiết phải được áp dụng như là LDPC mới. Tức là, đối với các mã LDPC với 28 loại tỷ lệ mã hóa r là 2/30 đến 29/30 trên Fig.40 đến Fig.106, các mã LDPC có một hoặc nhiều tỷ lệ mã hóa bất kỳ trong số chúng có thể được áp dụng như mã LDPC mới.

Mã LDPC thu được bằng cách sử dụng ma trận kiểm tra chẵn lẻ H được thấy từ các bảng giá trị khởi tạo ma trận kiểm tra chẵn lẻ trên Fig.40 đến Fig.106 là mã LDPC có hiệu năng tốt.

Ở đây, mã LDPC có hiệu năng tốt là mã LDPC thu được từ ma trận kiểm tra chẵn lẻ thích hợp H.

Ngoài ra, ma trận kiểm tra chẵn lẻ thích hợp H là ma trận kiểm tra chẵn lẻ mà thỏa mãn điều kiện định trước để làm cho BER (và FER) nhỏ hơn khi mã LDPC thu được từ ma trận kiểm tra chẵn lẻ H được truyền tại E_s/N_0 hoặc E_b/N_0 (tỷ số công suất tín hiệu trên tạp âm trên bit) thấp.

Ví dụ, ma trận kiểm tra chẵn lẻ thích hợp H có thể được tìm thấy bằng cách thực hiện mô phỏng để đo lường BER khi các mã LDPC thu được từ các ma trận kiểm tra chẵn lẻ khác nhau mà thỏa mãn điều kiện định trước được truyền tại E_s/N_0 thấp.

Như là điều kiện định trước cần được thỏa mã bởi ma trận kiểm tra chẵn lẻ thích hợp H, ví dụ, kết quả phân tích thu được bởi phương pháp phân tích hiệu năng mã được gọi là việc phát triển mật độ (Density Evolution) là tuyệt vời, và vòng của các phần tử 1 không tồn tại, mà được gọi là vòng 4, và v.v.

Ở đây, trong ma trận thông tin H_A , đã biết rằng hiệu quả giải mã của mã LDPC bị suy giảm khi các phần tử 1 là có mật độ dày như vòng 4, và do đó có

yêu cầu rằng vòng 4 không tồn tại, như là điều kiện định trước cần được thỏa mãn bởi ma trận kiểm tra chẵn lẻ thích hợp H.

Ở đây, điều kiện định trước cần được thỏa mãn bởi ma trận kiểm tra chẵn lẻ thích hợp H có thể được xác định tùy ý từ điểm về cải thiện hiệu quả giải mã của mã LDPC và việc thuận tiện (đơn giản) về quy trình xử lý giải mã của mã LDPC, và v.v.

Fig.107 và Fig.108 là các sơ đồ để mô tả việc phát triển mật độ mà có thể thu được kết quả phân tích như là điều kiện định trước cần được thỏa mãn bởi ma trận kiểm tra chẵn lẻ thích hợp H.

Việc phát triển mật độ là phương pháp phân tích mã mà tính toán giá trị kỳ vọng của xác suất lỗi của toàn bộ mã LDPC (tập hợp) với độ dài mã N là ∞ khác biệt bởi trình tự cấp bậc được mô tả sau đây.

Ví dụ, khi giá trị phân tán của tập âm được tăng đều đặn từ 0 trên kênh AWGN, giá trị kỳ vọng của xác suất lỗi của tập hợp bất kỳ là 0 đầu tiên, nhưng, khi giá trị phân tán của tập âm trở thành bằng hoặc lớn hơn ngưỡng bất kỳ, nó không phải là 0.

Theo việc phát triển mật độ, bằng việc so sánh ngưỡng của giá trị phân tán của tập âm (mà cũng có thể được gọi là ngưỡng hiệu năng) trong đó giá trị kỳ vọng của xác suất lỗi không phải là 0, có thể quyết định chất lượng của hiệu năng tập hợp (sự thích hợp của ma trận kiểm tra chẵn lẻ).

Ở đây, đối với mã LDPC cụ thể, khi tập hợp mã LDPC thuộc về đó được quyết định và việc phát triển mật độ được thực hiện đối với tập hợp, hiệu năng cao của mã LDPC có thể được kỳ vọng.

Do đó, nếu tập hợp có hiệu năng tốt được tìm thấy, mã LDPC có hiệu năng tốt có thể được tìm thấy từ các mã LDPC thuộc về tập hợp.

Ở đây, trình tự cấp bậc nêu trên thể hiện tại phần trăm nào nút biến thiên hoặc nút kiểm tra có trọng số của của mỗi giá trị tồn tại đối với độ dài mã N của mã LDPC.

Ví dụ, mã LDPC (3,6) đều đặn với tỷ lệ mã hóa là 1/2 thuộc về tập hợp khác biệt bởi trình tự cấp bậc trong đó trọng số (trọng số cột) của tất cả các nút biến thiên là 3 và trọng số (trọng số hàng) của tất cả nút kiểm tra là 6.

Fig.107 minh họa biểu đồ Tanner của tập hợp này.

Trong biểu đồ Tanner của Fig.107, có các nút biến thiên được thể hiện bởi các vòng tròn (ký hiệu O) trong sơ đồ chỉ bởi N đoạn bằng độ dài mã N, và

có các nút kiểm tra được thể hiện bởi các hình tứ giác (ký hiệu $\square$) chỉ bởi $N/2$ đoạn bằng giá trị phép nhân mà nhân tỷ lệ mã hóa $1/2$ với độ dài mã N .

Ba nhánh (biên) bằng trọng số cột được kết nối với mỗi nút biến thiên, và do đó có tổng $3N$ nhánh được kết nối với N nút biến thiên.

Ngoài ra, sáu nhánh (biên) bằng trọng số hàng được kết nối với mỗi nút kiểm tra, và do đó có tổng $3N$ nhánh được kết nối với $N/2$ nút kiểm tra.

Ngoài ra, có một bộ ghép xen trong biểu đồ Tanner trên Fig.107.

Bộ ghép xen một cách ngẫu nhiên sắp xếp lại $3N$ nhánh được kết nối với N nút biến thiên và kết nối mỗi nhánh được sắp xếp lại với bất kỳ $3N$ nhánh được kết nối với $N/2$ nút kiểm tra.

Có $(3N)!$ ($= (3N) \times (3N-1) \times \dots \times 1$) mẫu sắp xếp lại để sắp xếp lại $3N$ nhánh được kết nối với N nút biến thiên trong bộ ghép xen. Do đó, tập hợp khác biệt bởi trình tự cấp bậc trong đó trọng số của tất cả các nút biến thiên là 3 và trọng số của tất cả các nút kiểm tra là 6, trở thành kết hợp của $(3N)!$ mã LDPC.

Trong việc mô phỏng để tìm được mã LDPC có hiệu năng tốt (ma trận kiểm tra chẵn lẻ thích hợp), tập hợp của loại đa biên được sử dụng trong việc phát triển mật độ.

Trong loại đa biên, bộ ghép xen mà thông qua đó các nhánh được kết nối với các nút biến thiên và các nhánh được kết nối với các nút kiểm tra đi qua, được chia thành nhiều (đa biên), và, bằng cách này, tập hợp có đặc tính rõ ràng hơn.

Fig.108 minh họa ví dụ của biểu đồ Tanner của tập hợp của loại đa biên.

Trong biểu đồ Tanner của Fig.108, có hai bộ ghép xen là bộ ghép xen thứ nhất và bộ ghép xen thứ hai.

Ngoài ra, trong đồ thị biểu đồ Tanner của Fig.108, v1 nút biến thiên với một nhánh được kết nối với bộ ghép xen thứ nhất và không có nhánh được kết nối với bộ ghép xen thứ hai tồn tại, v2 nút biến thiên với một nhánh được kết nối với bộ ghép xen thứ nhất và hai nhánh được kết nối với bộ ghép xen thứ hai tồn tại, và v3 nút biến thiên với không nhánh được kết nối với bộ ghép xen thứ nhất và hai nhánh được kết nối với bộ ghép xen thứ hai tồn tại, một cách tương ứng.

Ngoài ra, trong đồ thị biểu đồ Tanner của Fig.108, c1 nút kiểm tra với hai nhánh được kết nối với bộ ghép xen thứ nhất và không có nhánh được kết nối với bộ ghép xen thứ hai tồn tại, c2 nút kiểm tra với hai nhánh được kết nối với bộ ghép xen thứ nhất và hai nhánh được kết nối với bộ ghép xen thứ hai tồn tại.

tại, và c3 nút kiểm tra với không nhánh được kết nối với bộ ghép xen thứ nhất và ba nhánh được kết nối với bộ ghép xen thứ hai tồn tại, một cách tương ứng.

Ở đây, ví dụ, phát triển mật độ và việc lắp đặt của nó được mô tả trong "On Design of Low-Density Parity-Check Codes within 0.0045 dB of Shannon Limit", S.Y.Chung, G.D.Forney, T.J.Richardson, R.Urbanke, IEEE Communications Letters, VOL.5, NO.2, Feb 2001.

Trong việc mô phỏng để tìm được (bảng giá trị khởi tạo ma trận kiểm tra chẵn lẻ) mã LDPC mới, bởi đánh giá mật độ của loại đa biên, tập hợp trong đó ngưỡng hiệu năng mà là E_b/N_0 (tỷ số công suất tín hiệu trên tạp âm trên bit) có suy giảm (làm giảm) BER là bằng hoặc nhỏ hơn giá trị định trước được tìm thấy, và mã LDPC mà làm giảm BER trong các phương pháp điều biến được sử dụng trong DVB-S.2 hoặc loại tương tự như QPSK được lựa chọn từ các mã LDPC thuộc về tập hợp như là mã LDPC có hiệu năng tốt.

Bảng giá trị khởi tạo ma trận kiểm tra chẵn lẻ nêu trên của mã LDPC mới là bảng giá trị khởi tạo ma trận kiểm tra chẵn lẻ của mã LDPC với độ dài mã N là 64k bit được tìm thấy từ mô phỏng nêu trên.

Fig.109 là sơ đồ minh họa độ dài vòng nhỏ nhất và ngưỡng hiệu năng của ma trận kiểm tra chẵn lẻ H được tìm thấy từ các bảng giá trị khởi tạo ma trận kiểm tra chẵn lẻ của các mã LDPC mới với 28 loại tỷ lệ mã hóa là 2/30 tới 29/30 và độ dài mã N là 64k bit trên Fig.40 đến Fig.106.

Ở đây, độ dài vòng lặp nhỏ nhất (girth) nghĩa là giá trị nhỏ nhất của độ dài của vòng lặp (độ dài vòng lặp) được tạo thành với các phần tử 1 trong ma trận kiểm tra chẵn lẻ H.

Trong ma trận kiểm tra chẵn lẻ H được tìm thấy từ bảng giá trị khởi tạo ma trận kiểm tra chẵn lẻ của mã LDPC mới, vòng 4 (vòng lặp của các phần tử 1 với độ dài vòng lặp là 4) không tồn tại.

Ngoài ra, do độ dư thừa của mã LDPC trở nên lớn hơn khi tỷ lệ mã hóa r trở thành nhỏ hơn, ngưỡng hiệu năng có xu hướng cải thiện (giảm) khi tỷ lệ mã hóa r giảm.

Fig.110 là sơ đồ minh họa ma trận kiểm tra chẵn lẻ H (mà có thể được gọi là ma trận kiểm tra chẵn lẻ mã LDPC mới H) của Fig.40 đến Fig.106 (mà được tìm thấy từ bảng giá trị khởi tạo ma trận kiểm tra chẵn lẻ).

Trọng số cột là X đối với cột KX từ cột thứ nhất của ma trận kiểm tra chẵn lẻ mã LDPC mới H, trọng số cột là Y1 đối với cột KY1 tiếp theo, trọng số

cột là Y2 đối với cột KY2 tiếp theo, trọng số cột là 2 đối với cột M-1 tiếp theo, và trọng số cột là 1 đối với cột cuối cùng.

Ở đây, $KX+KY1+KY2+M-1+1$ là bằng độ dài mã là $N=64800$ bit.

Fig.111 là sơ đồ minh họa các số cột KX , $KY1$, $KY2$ và M và các trọng số cột X , $Y1$ và $Y2$ trên Fig.110, đối với mỗi tỷ lệ mã hóa r của mã LDPC mới.

Đối với ma trận kiểm tra chẵn lẻ mã LDPC mới H với độ dài mã N là $64k$, tương tự ma trận kiểm tra chẵn lẻ được mô tả trên Fig.12 và Fig.13, trọng số cột có xu hướng lớn hơn trong cột gần về phía đầu (phía trái) hơn, và do đó bit mã gần phần đầu của mã LDPC mới có xu hướng chịu lỗi tốt hơn (có khả năng chịu lỗi).

Ở đây, lượng dịch q của dịch vòng, mà được thực hiện khi ma trận kiểm tra chẵn lẻ được tìm thấy từ bảng giá trị khởi tạo ma trận kiểm tra chẵn lẻ của mã LDPC mới với độ dài mã N là $64k$ như được mô tả trên Fig.38, được biểu diễn bởi biểu thức $q=M/P=M/360$.

Do đó, các lượng dịch của các mã LDPC mới với các tỷ lệ mã hóa là $2/30, 3/30, 4/30, 5/30, 6/30, 7/30, 8/30, 9/30, 10/30, 11/30, 12/30, 13/30, 14/30, 15/30, 16/30, 17/30, 18/30, 19/30, 20/30, 21/30, 22/30, 23/30, 24/30, 25/30, 26/30, 27/30, 28/30$ và $29/30$ là $168, 162, 156, 150, 144, 138, 132, 126, 120, 114, 108, 102, 96, 90, 84, 78, 72, 66, 60, 54, 48, 42, 36, 30, 24, 18, 12$ và 6 , một cách tương ứng.

Fig.112, Fig.113 và Fig.114 là các sơ đồ minh họa kết quả mô phỏng của BER/FER của các mã LDPC mới của Fig.40 đến Fig.106.

Theo mô phỏng, đường (kênh) truyền thông của AWGN được giả thiết, BPSK được áp dụng như là phương pháp điều biến và 50 lần được áp dụng như là số giải mã lặp lại $C(it)$.

Trên Fig.112, Fig.113 và Fig.114, trục ngang thể hiện E_s/N_0 và trục dọc thể hiện BER/FER. Ở đây, đường liền thể hiện BER và đường chấm thể hiện FER.

Đối với các đường cong FER (BER) của các mã LDPC mới tương ứng với 28 loại tỷ lệ mã hóa là $2/30$ tới $29/30$ trên Fig.112 đến Fig.114, FER là bằng hoặc nhỏ hơn 10^{-5} trong dải (khoảng) 15 dB của E_s/N_0 từ (gần) -10 dB đến 5 dB.

Theo việc mô phỏng, do có thể thiết lập 28 đoạn của ModCod trong đó FER là bằng hoặc nhỏ hơn 10^{-5} trong dải 15 dB trong đó E_s/N_0 là từ -10 dB đến 5 dB, bằng cách xem xét các phương pháp điều biến khác nhau như QPSK,

8PSK, 16APSK, 32APSK, 16QAM, 32QAM và 64QAM ngoài BPSK được sử dụng trong việc mô phỏng, có mong muốn rằng có thể thiết lập 20 đoạn ModCod hoặc nhiều hơn trong đó FER là bằng hoặc nhỏ hơn 10^{-5} trong dải 7 dB từ 5 dB đến 12 dB.

Do đó, có thể cung cấp mã LDPC có tỷ lệ lỗi tốt, mà thỏa mãn yêu cầu thứ nhất của CfT.

Ngoài ra, theo Fig.112 đến Fig.114, hầu hết tất cả các đường cong FER (BER) được sắp xếp tại các khoảng cách tương đối bằng nhau đối với mỗi nhóm với các tỷ lệ mã hóa là thấp, trung bình và cao tại các khoảng cách nhỏ hơn 1 dB. Do đó, đối với các nhà quảng bá mà quảng bá chương trình bởi thiết bị truyền 11, có ưu điểm rằng mã LDPC mới dễ dàng lựa chọn tỷ lệ mã hóa được sử dụng cho việc quảng bá theo việc mô phỏng của kênh (đường truyền thông 13), và v.v.

Ở đây, theo việc mô phỏng để tìm được các đường cong BER/FER trên Fig.112 đến Fig.114, thông tin được đưa vào mã hóa BCH và mã BCH thu được như là kết quả được đưa vào mã hóa LDPC.

Fig.115 là sơ đồ minh họa việc mã hóa BCH được sử dụng cho việc mô phỏng.

Tức là, phần A của Fig.115 là sơ đồ minh họa các tham số của việc mã hóa BCH được thực hiện trước khi mã hóa LDPC đối với mã LDPC của 64k được xác định trong DVB-S.2.

Trong DVB-S.2, bằng cách gán các bit dư thừa của 192 bit, 160 bit hoặc 128 bit theo tỷ lệ mã hóa của mã LDPC, việc mã hóa BCH mà cho phép sửa lỗi của 12 bit, 10 bit hoặc 8 bit được thực hiện.

Phần B của Fig.115 là sơ đồ minh họa các tham số của việc mã hóa BCH được sử dụng cho việc mô phỏng.

Theo mô phỏng, tương tự như trường hợp của DVB-S.2, bằng cách gán các bit dư thừa của 192 bit, 160 bit hoặc 128 bit theo tỷ lệ mã hóa của mã LDPC, việc mã hóa BCH mà cho phép sửa lỗi của 12 bit, 10 bit hoặc 8 bit được thực hiện.

Ví dụ cấu hình của thiết bị thu 12

Fig.116 là sơ đồ khối minh họa ví dụ cấu hình của thiết bị thu 12 của Fig.7.

Bộ thao tác OFDM 151 thu tín hiệu OFDM từ thiết bị truyền 11 (Fig.7) và thực hiện quy trình xử lý tín hiệu của tín hiệu OFDM. Dữ liệu (ký hiệu) mà

thu được bằng cách thực hiện quy trình xử lý tín hiệu bởi bộ thao tác OFDM 151 được cấp tới bộ quản lý khung 152.

Bộ quản lý khung 152 thực hiện quy trình xử lý (diễn dịch khung) của khung được cấu hình bởi ký hiệu được cấp từ bộ thao tác OFDM 151 và cấp ký hiệu của dữ liệu đích thu được như là kết quả và ký hiệu của báo hiệu tới các bộ giải ghép xen tần số 161 và 153.

Bộ giải ghép xen tần số 153 thực hiện việc giải ghép xen tần số theo đơn vị của ký hiệu, đối với ký hiệu được cấp từ bộ quản lý khung 152, và cấp ký hiệu tới bộ giải mã QAM 154.

Bộ giải mã QAM 154 giải ánh xạ (giải mã sắp xếp điểm tín hiệu) ký hiệu (ký hiệu được sắp xếp trên điểm tín hiệu) được cấp từ bộ giải ghép xen tần số 153, thực hiện giải điều biến trực giao, và cấp dữ liệu (mã LDPC) thu được như là kết quả tới bộ giải mã LDPC 155.

Bộ giải mã LDPC 155 thực hiện giải mã LDPC của mã LDPC được cấp từ bộ giải mã QAM 154 và cấp dữ liệu đích LDPC (trong trường hợp này, mã BCH) thu được như là kết quả tới bộ giải mã BCH 156.

Bộ giải mã BCH 156 thực hiện giải mã BCH của dữ liệu đích LDPC được cấp từ bộ giải mã LDPC 155 và xuất ra dữ liệu điều khiển (báo hiệu) thu được như là kết quả.

Trong khi đó, bộ giải ghép xen tần số 161 thực hiện giải ghép xen tần số theo đơn vị của ký hiệu, đối với ký hiệu được cấp từ bộ quản lý khung 152, và cấp ký hiệu tới bộ giải mã MISO/MIMO 162.

Bộ giải mã MISO/MIMO 162 thực hiện giải mã theo không gian thời gian của dữ liệu (ký hiệu) được cấp từ bộ giải ghép xen tần số 161 và cấp dữ liệu tới bộ giải ghép xen thời gian 163.

Bộ giải ghép xen thời gian 163 thực hiện việc giải ghép xen thời gian theo đơn vị của ký hiệu, đối với dữ liệu (ký hiệu) được cấp từ bộ giải mã MISO/MIMO 162, và cấp dữ liệu tới bộ giải mã QAM 164.

Bộ giải mã QAM 164 giải ánh xạ (giải mã sắp xếp điểm tín hiệu) ký hiệu (ký hiệu được sắp xếp trên điểm tín hiệu) được cấp từ bộ giải ghép xen thời gian 163, thực hiện giải điều biến trực giao, và cấp dữ liệu (ký hiệu) thu được như là kết quả tới bộ giải ghép xen bit 165.

Bộ giải ghép xen bit 165 thực hiện việc giải ghép xen bit của dữ liệu (ký hiệu) được cấp từ bộ giải mã QAM 164 và cấp mã LDPC thu được như là kết

quả tới bộ giải mã LDPC 166.

Bộ giải mã LDPC 166 thực hiện giải mã LDPC của mã LDPC được cấp từ bộ giải ghép xen bit 165 và cấp dữ liệu đích LDPC (trong trường hợp này, mã BCH) thu được như là kết quả tới bộ giải mã BCH 167.

Bộ giải mã BCH 167 thực hiện giải mã BCH của dữ liệu đích LDPC được cấp từ bộ giải mã LDPC 155 và cấp dữ liệu thu được như là kết quả tới bộ giải xáo trộn BB 168.

Bộ giải xáo trộn BB 168 thực hiện giải xáo trộn BB đối với dữ liệu được cấp từ bộ giải mã BCH 167 và cấp dữ liệu thu được như là kết quả tới bộ xóa rỗng 169.

Bộ xóa rỗng 169 xóa dữ liệu rỗng được chèn bởi bộ đệm 112 của Fig.8, từ dữ liệu được cấp từ bộ giải xáo trộn BB 168, và cấp dữ liệu này tới bộ giải ghép kênh 170.

Bộ giải ghép kênh 170 tách biệt một hoặc nhiều dòng (dữ liệu đích) được ghép kênh với dữ liệu được cấp từ bộ xóa rỗng 169, thực hiện quy trình xử lý cần thiết để xuất ra các dòng như là các dòng đầu ra.

Ở đây, thiết bị thu 12 có thể có cấu hình mà không bao gồm một phần của các khối được minh họa trên Fig.116. Tức là, ví dụ, trong trường hợp mà thiết bị truyền 11 (Fig.8) có cấu hình mà không bao gồm bộ ghép xen thời gian 118, bộ mã hóa MISO/MIMO 119, bộ ghép xen tần số 120 và bộ ghép xen tần số 124, thiết bị thu 12 có thể có cấu hình mà không bao gồm bộ giải ghép xen thời gian 163, bộ giải mã MISO/MIMO 162, bộ giải ghép xen tần số 161 và bộ giải ghép xen tần số 153 mà là các khối lần lượt tương ứng với bộ ghép xen thời gian 118, bộ mã hóa MISO/MIMO 119, bộ ghép xen tần số 120 và bộ ghép xen tần số 124 của thiết bị truyền 11.

Fig.117 là sơ đồ khối minh họa ví dụ cấu hình của bộ giải ghép xen bit 165 của Fig.116.

Bộ giải ghép xen bit 165 bao gồm bộ ghép kênh (MUX) 54 và bộ giải ghép xen xoắn cột 55 và thực hiện việc giải ghép xen (bit) của các bit ký hiệu của ký hiệu được cấp từ bộ giải mã QAM 164 (Fig.116).

Tức là, bộ ghép kênh 54 thực hiện quy trình xử lý hoán đổi ngược (quy trình xử lý ngược về quy trình xử lý hoán đổi) tương ứng với quy trình xử lý hoán đổi được thực hiện bởi bộ giải ghép kênh 25 của Fig.9, tức là, quy trình xử lý hoán đổi ngược để trả lại các vị trí của các bit mã (các bit ký hiệu) của các mã

LDPC được hoán đổi bởi quy trình xử lý hoán đổi thành các vị trí gốc, đối với các bit ký hiệu của ký hiệu được cấp từ bộ giải mã QAM 164, và cấp mã LDPC thu được như là kết quả tới bộ giải ghép xen xoắn cột 55.

Bộ giải ghép xen xoắn cột 55 thực hiện việc giải ghép xen xoắn cột (quy trình xử lý ngược của việc ghép xen xoắn cột) tương ứng với việc ghép xen xoắn cột như là quy trình xử lý sắp xếp lại được thực hiện bởi bộ ghép xen xoắn cột 24 của Fig.9, tức là, việc giải ghép xen xoắn cột như là quy trình xử lý sắp xếp lại ngược để trả lại các bit mã của các mã LDPC mà cách bố trí của nó được thay đổi bởi việc ghép xen xoắn cột như là quy trình xử lý sắp xếp lại thành cách bố trí gốc, đối với mã LDPC được cấp từ bộ ghép kênh 54.

Cụ thể, bộ giải ghép xen xoắn cột 55 ghi các bit mã của mã LDPC tới bộ nhớ cho việc giải ghép xen có cùng cấu hình như bộ nhớ 31 được minh họa trên Fig.28, đọc các bit mã, và thực hiện việc giải ghép xen xoắn cột.

Tuy nhiên, trong bộ giải ghép xen xoắn cột 55, việc ghi của các bit mã được thực hiện theo chiều hàng của bộ nhớ cho việc giải ghép xen, sử dụng các địa chỉ đọc khi các bit mã được đọc từ bộ nhớ 31 như các địa chỉ ghi. Ngoài ra, việc đọc của các bit mã được thực hiện theo chiều cột của bộ nhớ cho việc giải ghép xen, sử dụng các địa chỉ ghi khi các bit mã được ghi tới bộ nhớ 31 như các địa chỉ đọc.

Mã LDPC mà thu được như là kết quả của việc giải ghép xen xoắn cột được cấp từ bộ giải ghép xen xoắn cột 55 tới bộ giải mã LDPC 166.

Ở đây, trong trường hợp mà việc ghép xen chẵn lẻ, việc ghép xen xoắn cột và quy trình xử lý hoán đổi được thực hiện trên mã LDPC được cấp từ bộ giải mã QAM 164 tới bộ giải ghép xen bit 165, tất cả việc giải ghép xen chẵn lẻ (quy trình xử lý ngược với việc ghép xen chẵn lẻ, tức là, giải ghép xen chẵn lẻ mà trả lại các bit mã của mã LDPC trong đó cách bố trí được thay đổi bởi việc ghép xen chẵn lẻ thành cách bố trí gốc) tương ứng với việc ghép xen chẵn lẻ, quy trình xử lý hoán đổi ngược tương ứng với quy trình xử lý hoán đổi và giải ghép xen xoắn cột tương ứng với việc ghép xen xoắn cột có thể được thực hiện trong bộ giải ghép xen bit 165.

Tuy nhiên, bộ giải ghép xen bit 165 trên Fig.117 bao gồm bộ ghép kênh 54 mà thực hiện quy trình xử lý hoán đổi ngược tương ứng với quy trình xử lý hoán đổi và bộ giải ghép xen xoắn cột 55 mà thực hiện việc giải ghép xen xoắn cột tương ứng với việc ghép xen xoắn cột, nhưng không bao gồm khối mà thực

hiện việc giải ghép xen chắn lẻ tương ứng với việc ghép xen chắn lẻ, và việc giải ghép xen chắn lẻ không được thực hiện.

Do đó, mã LDPC trong đó quy trình xử lý hoán đổi ngược và việc giải ghép xen xoắn cột được thực hiện và việc giải ghép xen chắn lẻ không được thực hiện được cấp từ (bộ giải ghép xen xoắn cột 55) bộ giải ghép xen bit 165 tới bộ giải mã LDPC 166.

Bộ giải mã LDPC 166 thực hiện giải mã LDPC của mã LDPC được cấp từ bộ giải ghép xen bit 165, sử dụng ma trận kiểm tra chắn lẻ được biến đổi thu được bằng cách thực hiện ít nhất việc thay thế cột tương ứng với việc ghép xen chắn lẻ đối với ma trận kiểm tra chắn lẻ H được sử dụng bởi bộ mã hóa LDPC 115 của Fig.8 để thực hiện mã hóa LDPC, và xuất ra dữ liệu thu được như là kết quả tới kết quả giải mã của dữ liệu đích LDPC.

Fig.118 là lưu đồ minh họa quy trình xử lý mà được thực hiện bởi bộ giải mã QAM 164, bộ giải ghép xen bit 165, và bộ giải mã LDPC 166 của Fig.117.

Trong bước S111, bộ giải mã QAM 164 giải ánh xạ ký hiệu (ký hiệu được ánh xạ tới điểm tín hiệu) được cấp từ bộ giải ghép xen thời gian 163, thực hiện điều biến trực giao, và cấp ký hiệu tới bộ giải ghép xen bit 165, và quy trình xử lý chuyển sang bước S112.

Trong bước S112, bộ giải ghép xen bit 165 thực hiện việc giải ghép xen (giải ghép xen bit) của các bit ký hiệu của ký hiệu được cấp từ bộ giải mã QAM 164 và quy trình xử lý chuyển sang bước S113.

Tức là, trong bước S112, trong bộ giải ghép xen bit 165, bộ ghép kênh 54 thực hiện quy trình xử lý hoán đổi ngược đối với các bit ký hiệu của ký hiệu được cấp từ bộ giải mã QAM 164 và cấp các bit mã của mã LDPC thu được như là kết quả tới bộ giải ghép xen xoắn cột 55.

Bộ giải ghép xen xoắn cột 55 thực hiện việc giải ghép xen xoắn cột đối với mã LDPC được cấp từ bộ ghép kênh 54 và cấp mã LDPC thu được như là kết quả tới bộ giải mã LDPC 166.

Trong bước S113, bộ giải mã LDPC 166 thực hiện giải mã LDPC của mã LDPC được cấp từ bộ giải ghép xen xoắn cột 55, nhờ sử dụng ma trận kiểm tra chắn lẻ được biến đổi thu được bằng cách thực hiện ít nhất việc thay thế cột tương ứng với việc ghép xen chắn lẻ đối với ma trận kiểm tra chắn lẻ H được sử dụng bởi bộ mã hóa LDPC 115 của Fig.8 để thực hiện mã hóa LDPC, và xuất ra dữ liệu thu được như là kết quả, như là kết quả giải mã của dữ liệu đích LDPC,

tới bộ giải mã BCH 167.

Trên Fig.117, nhằm thuận tiện cho việc giải thích, bộ ghép kênh 54 mà thực hiện quy trình xử lý hoán đổi ngược và bộ giải ghép xen xoắn cột 55 mà thực hiện việc giải ghép xen xoắn cột có cấu hình riêng biệt, tương tự như trường hợp của Fig.9. Tuy nhiên, bộ ghép kênh 54 và bộ giải ghép xen xoắn cột 55 có thể có cấu hình nguyên khối.

Trong bộ ghép xen bit 116 của Fig.9, khi việc ghép xen xoắn cột không được thực hiện, không cần thiết bố trí bộ giải ghép xen xoắn cột 55 trong bộ giải ghép xen bit 165 của Fig.117.

Tiếp theo, việc giải mã LDPC mà được thực hiện bởi bộ giải mã LDPC 166 của Fig.116 sẽ còn được mô tả.

Trong bộ giải mã LDPC 166 của Fig.116, như được mô tả nêu trên, việc giải mã LDPC của mã LDPC từ bộ giải ghép xen xoắn cột 55, trong đó quy trình xử lý hoán đổi ngược và việc giải ghép xen xoắn cột được thực hiện và việc giải ghép xen chẵn lẻ không được thực hiện, được thực hiện sử dụng ma trận kiểm tra chẵn lẻ được biến đổi thu được bằng cách thực hiện ít nhất việc thay thế cột tương ứng với việc ghép xen chẵn lẻ đối với ma trận kiểm tra chẵn lẻ H được sử dụng bởi bộ mã hóa LDPC 115 của Fig.8 để thực hiện mã hóa LDPC.

Trong trường hợp này, việc giải mã LDPC mà có thể làm giảm tần suất thao tác tại dải có thể thực hiện đủ trong khi làm giảm tỷ lệ mạch, bằng cách thực hiện việc giải mã LDPC sử dụng ma trận kiểm tra chẵn lẻ được biến đổi, được đề xuất trước đó (ví dụ, viện dẫn tới JP 4224777B).

Do đó, đầu tiên, việc giải mã LDPC được đề xuất trước đó sử dụng ma trận kiểm tra chẵn lẻ được biến đổi sẽ được mô tả có viện dẫn tới các Fig.119 tới 122.

Fig.119 minh họa ví dụ của ma trận kiểm tra chẵn lẻ H của mã LDPC trong đó độ dài mã N là 90 và tỷ lệ mã hóa là 2/3.

Trên Fig.119 (và Fig.120 và Fig.121 được mô tả sau đây), 0 được biểu diễn bởi đoạn (·).

Trong ma trận kiểm tra chẵn lẻ H của Fig.119, ma trận chẵn lẻ trở thành cấu hình bậc thang.

Fig.120 minh họa ma trận kiểm tra chẵn lẻ H' mà đạt được bằng cách thực hiện thay thế hàng của biểu thức (11) và thay thế cột của biểu thức (12) đối với ma trận kiểm tra chẵn lẻ H của Fig.119.

Thay thế hàng: hàng thứ $(6s + t + 1) \rightarrow$ hàng thứ $(5t + s + 1) \cdots (11)$

Thay thế cột: cột thứ $(6x + y + 61) \rightarrow$ cột thứ $(5y + x + 61) \cdots (12)$

Trong các biểu thức (11) và (12), s , t , x , và y là các số nguyên trong dải $0 \leq s < 5$, $0 \leq t < 6$, $0 \leq x < 5$, và $0 \leq t < 6$, một cách tương ứng.

Theo việc thay thế hàng của biểu thức (11), việc thay thế được thực hiện sao cho các hàng thứ 1, 7, 13, 19, và 25 có các số dư là 1 khi được chia cho 6 được thay thế bởi các hàng thứ 1, 2, 3, 4, và 5, và các hàng thứ 2, 8, 14, 20, và 26 có các số dư là 2 khi được chia cho 6 được thay thế bởi các hàng thứ 6, 7, 8, 9, và 10, một cách tương ứng.

Theo việc thay thế cột của biểu thức (12), việc thay thế được thực hiện sao cho các cột thứ 61, 67, 73, 79, và 85 có các số dư là 1 khi được chia cho 6 được thay thế bởi các cột thứ 61, 62, 63, 64, và 65, một cách tương ứng, và các cột thứ 62, 68, 74, 80, và 86 có các số dư là 2 khi được chia cho 6 được thay thế bởi các cột thứ 66, 67, 68, 69, và 70, một cách tương ứng, đối với các cột thứ 61 và sau đó (ma trận chẵn lẻ).

Theo cách này, ma trận mà thu được bằng cách thực hiện các thay thế của các hàng và các cột đối với ma trận kiểm tra chẵn lẻ H của Fig.119 là ma trận kiểm tra chẵn lẻ H' của Fig.120.

Trong trường hợp này, ngay cả khi việc thay thế hàng của ma trận kiểm tra chẵn lẻ H được thực hiện, cách bố trí của các bit mã của mã LDPC không bị ảnh hưởng.

Việc thay thế cột của biểu thức (12) tương ứng với việc ghép xen chẵn lẻ để ghép xen bit mã thứ $(K + qx + y + 1)$ vào vị trí của bit mã thứ $(K + Py + x + 1)$, khi độ dài thông tin K là 60, số cột P của đơn vị của cấu hình vòng là 5, và số chia $q (= M/P)$ của độ dài chẵn lẻ M (trong trường hợp này, 30) là 6.

Do đó, ma trận kiểm tra chẵn lẻ H' trên Fig.120 là ma trận kiểm tra chẵn lẻ được biến đổi thu được bằng cách thực hiện ít nhất việc thay thế cột mà thay thế cột thứ $K+qx+y+1$ của ma trận kiểm tra chẵn lẻ H trên Fig.119 (mà có thể được gọi tùy ý là ma trận kiểm tra chẵn lẻ gốc dưới đây) bằng cột thứ $K+Py+x+1$.

Nếu ma trận kiểm tra chẵn lẻ H' của Fig.120 được nhân với kết quả thu được bằng cách thực hiện cùng việc thay thế như biểu thức (12) đối với mã LDPC của ma trận kiểm tra chẵn lẻ H của Fig.119, vector zero được xuất ra. Tức là, nếu vector hàng thu được bằng cách thực hiện việc thay thế cột của biểu thức

(12) đối với vectơ hàng c như là mã LDPC (một từ mã) của ma trận kiểm tra chẵn lẻ gốc H được biểu diễn như là c' , HcT trở thành vectơ zero từ đặc tính của ma trận kiểm tra chẵn lẻ. Do đó, $H'c'T$ một cách tự nhiên trở thành vectơ zero.

Do đó, ma trận kiểm tra chẵn lẻ được biến đổi H' của Fig.120 trở thành ma trận kiểm tra chẵn lẻ của mã LDPC c' mà thu được bằng cách thực hiện việc thay thế cột của biểu thức (12) đối với mã LDPC c của ma trận kiểm tra chẵn lẻ gốc H .

Do đó, việc thay thế cột của biểu thức (12) được thực hiện đối với mã LDPC của ma trận kiểm tra chẵn lẻ gốc H , mã LDPC c' sau khi thay thế cột được giải mã (giải mã LDPC) sử dụng ma trận kiểm tra chẵn lẻ được biến đổi H' của Fig.120, việc thay thế ngược của việc thay thế cột của biểu thức (12) được thực hiện đối với kết quả giải mã, và kết quả giải mã tương tự như trường hợp trong đó mã LDPC của ma trận kiểm tra chẵn lẻ gốc H được giải mã sử dụng ma trận kiểm tra chẵn lẻ H có thể thu được.

Fig.121 minh họa ma trận kiểm tra chẵn lẻ được biến đổi H' của Fig.120 được cách nhau theo các đơn vị của các ma trận 5×5 .

Trên Fig.121, ma trận kiểm tra chẵn lẻ được biến đổi H' được biểu diễn bởi kết hợp của ma trận đơn vị 5×5 ($= p \times p$), ma trận (sau đây, được gọi là ma trận cận đơn vị) thu được bằng cách thiết lập một hoặc nhiều 1 của ma trận đơn vị thành zero, ma trận (sau đây, được gọi là ma trận được dịch chuyển) thu được bằng cách dịch vòng ma trận đơn vị hoặc ma trận cận đơn vị, tổng (sau đây, được gọi là ma trận tổng) của hai hoặc nhiều hơn các ma trận của ma trận đơn vị, ma trận cận đơn vị, và ma trận được dịch chuyển, và ma trận zero 5×5 .

Ma trận kiểm tra chẵn lẻ được biến đổi H' của Fig.121 có thể được cấu hình nhờ sử dụng ma trận đơn vị 5×5 , ma trận cận đơn vị, ma trận được dịch chuyển, ma trận tổng, và ma trận zero. Do đó, các ma trận 5×5 (ma trận đơn vị, ma trận cận đơn vị, ma trận được dịch chuyển, ma trận tổng, và ma trận zero) mà cấu thành ma trận kiểm tra chẵn lẻ được biến đổi H' sau đây gọi là các ma trận liên tục sau đây.

Khi mã LDPC được biểu diễn bởi ma trận kiểm tra chẵn lẻ được biểu diễn bởi các ma trận liên tục $P \times P$ được giải mã, cấu hình trong đó P phép toán nút kiểm tra và phép toán nút biến thiên được thực hiện đồng thời có thể được sử dụng.

Fig.122 là sơ đồ khối minh họa ví dụ cấu hình của thiết bị giải mã mà

thực hiện việc giải mã.

Tức là, Fig.122 minh họa ví dụ cấu hình của thiết bị giải mã mà thực hiện việc giải mã của mã LDPC, sử dụng ma trận kiểm tra chẵn lẻ được biến đổi H' của Fig.119 thu được bằng cách thực hiện ít nhất việc thay thế cột của biểu thức (12) đối với ma trận kiểm tra chẵn lẻ gốc H của Fig.121.

Thiết bị giải mã của Fig.122 bao gồm bộ nhớ lưu trữ dữ liệu nhánh 300 mà bao gồm 6 FIFO 300₁ tới 300₆, bộ lựa chọn 301 mà lựa chọn các FIFO 300₁ tới 300₆, bộ tính toán nút kiểm tra 302, hai mạch dịch vòng 303 và 308, bộ nhớ lưu trữ dữ liệu nhánh 304 mà bao gồm 18 FIFO 304₁ tới 304₁₈, bộ lựa chọn 305 mà lựa chọn các FIFO 304₁ tới 304₁₈, bộ nhớ dữ liệu thu 306 mà lưu trữ dữ liệu thu, bộ tính toán nút biến thiên 307, bộ tính toán từ giải mã 309, bộ sắp xếp lại dữ liệu thu 310, và bộ sắp xếp lại dữ liệu được giải mã 311.

Đầu tiên, phương pháp lưu trữ dữ liệu trong các bộ nhớ lưu trữ dữ liệu nhánh 300 và 304 sẽ được mô tả.

Bộ nhớ lưu trữ dữ liệu nhánh 300 bao gồm 6 FIFO 300₁ tới 300₆ mà tương ứng với số thu được bằng cách chia số hàng 30 của ma trận kiểm tra chẵn lẻ được biến đổi H' của Fig.121 bởi số hàng 5 của ma trận liên tục (số cột P của đơn vị của cấu hình vòng). FIFO 300 _{y} ($y = 1, 2, \dots$, và 6) bao gồm các bước của các vùng lưu trữ. Trong vùng lưu trữ của mỗi bước, các tin nhắn tương ứng với năm nhánh là số hàng và số cột của ma trận liên tục (số cột P của đơn vị của cấu hình vòng) có thể được đọc hoặc ghi cùng lúc. Số lượng các bước của các vùng lưu trữ của FIFO 300 _{y} trở thành 9 là số lớn nhất của số (trọng số Hamming) của 1 của chiều hàng của ma trận kiểm tra chẵn lẻ được biến đổi của Fig.121.

Trong FIFO 300₁, dữ liệu (các tin nhắn v_i từ các nút biến thiên) tương ứng với các vị trí của 1 trong các hàng thứ nhất đến thứ năm của ma trận kiểm tra chẵn lẻ được biến đổi H' của Fig.121 được lưu trữ dưới dạng điền đầy mỗi hàng theo chiều ngang (dạng trong đó 0 được bỏ qua). Tức là, nếu hàng thứ j và cột thứ i được biểu diễn là (j, i) , dữ liệu tương ứng với các vị trí của 1 của ma trận đơn vị 5×5 của $(1, 1)$ đến $(5, 5)$ của ma trận kiểm tra chẵn lẻ được biến đổi H' được lưu trữ trong vùng lưu trữ của bước thứ nhất của FIFO 300₁. Trong vùng lưu trữ của bước thứ hai, dữ liệu tương ứng với các vị trí của 1 của ma trận được dịch chuyển (ma trận được dịch chuyển thu được bằng cách dịch vòng ma trận đơn vị 5×5 sang phía phải bởi 3) của $(1, 21)$ tới $(5, 25)$ của ma trận kiểm tra chẵn lẻ được biến đổi H' được lưu trữ. Tương tự trường hợp nêu trên, trong

các vùng lưu trữ của các bước thứ ba đến thứ tám, dữ liệu được lưu trữ kết hợp với ma trận kiểm tra chẵn lẻ được biến đổi H' . Trong vùng lưu trữ của bước thứ chín, dữ liệu tương ứng với các vị trí của 1 của ma trận được dịch chuyển (ma trận được dịch chuyển thu được bằng cách thay thế 1 của hàng thứ nhất của ma trận đơn vị 5×5 bằng 0 và dịch vòng ma trận đơn vị sang phía trái bởi 1) của (1, 86) tới (5, 90) của ma trận kiểm tra chẵn lẻ được biến đổi H' được lưu trữ.

Trong FIFO 300₂, dữ liệu tương ứng với các vị trí của 1 trong các hàng thứ sáu đến thứ mười của ma trận kiểm tra chẵn lẻ được biến đổi H' của Fig.121 được lưu trữ. Tức là, trong vùng lưu trữ của bước thứ nhất của FIFO 300₂, dữ liệu tương ứng với các vị trí của 1 của ma trận được dịch chuyển thứ nhất cấu thành ma trận tổng (ma trận tổng là tổng của ma trận được dịch chuyển thứ nhất thu được bằng cách dịch vòng ma trận đơn vị 5×5 sang phía phải bởi 1 và ma trận được dịch chuyển thứ hai thu được bằng cách dịch vòng ma trận đơn vị 5×5 sang phía phải bởi 2) của (6, 1) tới (10, 5) của ma trận kiểm tra chẵn lẻ được biến đổi H' được lưu trữ. Ngoài ra, trong vùng lưu trữ của bước thứ hai, dữ liệu tương ứng với các vị trí của 1 của ma trận được dịch chuyển thứ hai cấu thành ma trận tổng của (6, 1) tới (10, 5) của ma trận kiểm tra chẵn lẻ được biến đổi H' được lưu trữ.

Tức là, đối với ma trận liên tục mà trọng số của nó là hai hoặc lớn hơn, khi ma trận liên tục được biểu diễn bởi tổng của nhiều phần của ma trận đơn vị $P \times P$ mà trọng số của nó là 1, ma trận cận đơn vị trong đó một hoặc nhiều phần tử 1 trong ma trận đơn vị trở thành 0, hoặc ma trận được dịch chuyển thu được bằng cách dịch vòng ma trận đơn vị hoặc ma trận cận đơn vị, dữ liệu (các tín hiệu tương ứng với các nhánh thuộc về ma trận đơn vị, ma trận cận đơn vị, hoặc ma trận được dịch chuyển) tương ứng với các vị trí của 1 trong ma trận đơn vị có trọng số là 1, ma trận cận đơn vị, hoặc ma trận được dịch chuyển được lưu trữ tại cùng địa chỉ (cùng FIFO trong số các FIFO 300₁ tới 300₆).

Sau đó, trong các vùng lưu trữ của các bước thứ ba đến thứ chín, dữ liệu được lưu trữ kết hợp với ma trận kiểm tra chẵn lẻ được biến đổi H' , tương tự trường hợp nêu trên.

Trong các FIFO 300₃ tới 300₆, dữ liệu được lưu trữ kết hợp với ma trận kiểm tra chẵn lẻ được biến đổi H' , tương tự trường hợp nêu trên.

Bộ nhớ lưu trữ dữ liệu nhánh 304 bao gồm 18 FIFO 304₁ tới 304₁₈ mà tương ứng với số thu được bằng cách chia số cột 90 của ma trận kiểm tra chẵn lẻ

được biến đổi H' bởi 5 là số cột của ma trận liên tục (số cột P của đơn vị của cầu hình vòng). FIFO 304_x ($x = 1, 2, \dots$, và 18) bao gồm các bước của các vùng lưu trữ. Trong vùng lưu trữ của mỗi bước, các tin nhắn tương ứng với năm nhánh tương ứng với số hàng và số cột của ma trận liên tục (số cột P của đơn vị của cầu hình vòng) có thể được đọc hoặc ghi cùng lúc.

Trong FIFO 304₁, dữ liệu (các tin nhắn u_j từ các nút kiểm tra) tương ứng với các vị trí 1 trong các cột thứ nhất đến thứ năm của ma trận kiểm tra chẵn lẻ được biến đổi H' của Fig.121 được lưu trữ dưới dạng điền đầy mỗi cột theo chiều dọc (dạng trong đó 0 được bỏ qua). Tức là, nếu hàng thứ j và cột thứ i được biểu diễn là (j, i) , dữ liệu tương ứng với các vị trí của 1 của ma trận đơn vị 5×5 của $(1, 1)$ tới $(5, 5)$ của ma trận kiểm tra chẵn lẻ được biến đổi H' được lưu trữ trong vùng lưu trữ của bước thứ nhất của FIFO 304₁. Trong vùng lưu trữ của bước thứ hai, dữ liệu tương ứng với các vị trí của 1 của ma trận được dịch chuyển thứ nhất cấu thành ma trận tổng (ma trận tổng là tổng của ma trận được dịch chuyển thứ nhất thu được bằng cách dịch vòng ma trận đơn vị 5×5 sang phía phải bởi 1 và ma trận được dịch chuyển thứ hai thu được bằng cách dịch vòng ma trận đơn vị 5×5 sang phía phải bởi 2) của $(6, 1)$ tới $(10, 5)$ của ma trận kiểm tra chẵn lẻ được biến đổi H' được lưu trữ. Ngoài ra, trong vùng lưu trữ của bước thứ ba, dữ liệu tương ứng với các vị trí của 1 của ma trận được dịch chuyển thứ hai cấu thành ma trận tổng của $(6, 1)$ tới $(10, 5)$ của ma trận kiểm tra chẵn lẻ được biến đổi H' được lưu trữ.

Tức là, đối với ma trận liên tục mà trọng số của nó là hai hoặc lớn hơn, khi ma trận liên tục được biểu diễn bởi tổng của nhiều phần của ma trận đơn vị $P \times P$ mà trọng số của nó là 1, ma trận cận đơn vị trong đó một hoặc nhiều phần tử 1 trong ma trận đơn vị trở thành 0, hoặc ma trận được dịch chuyển thu được bằng cách dịch vòng ma trận đơn vị hoặc ma trận cận đơn vị, dữ liệu (các tin nhắn tương ứng với các nhánh thuộc về ma trận đơn vị, ma trận cận đơn vị, hoặc ma trận được dịch chuyển) tương ứng với các vị trí của 1 trong ma trận đơn vị có trọng số của 1, ma trận cận đơn vị, hoặc ma trận được dịch chuyển được lưu trữ tại cùng địa chỉ (cùng FIFO trong số các FIFO 304₁ tới 304₁₈).

Sau đó, trong các vùng lưu trữ của các bước thứ tư và thứ năm, dữ liệu được lưu trữ kết hợp với ma trận kiểm tra chẵn lẻ được biến đổi H' , tương tự trường hợp nêu trên. Số lượng các bước của các vùng lưu trữ của FIFO 304₁ trở thành 5 là số lớn nhất của số (trọng số Hamming) của 1 của chiều hàng trong các

cột thứ nhất đến thứ năm của ma trận kiểm tra chẵn lẻ được biến đổi H' .

Trong các FIFO 304₂ và 304₃, dữ liệu được lưu trữ kết hợp với ma trận kiểm tra chẵn lẻ được biến đổi H' , tương tự trường hợp nêu trên, và mỗi độ dài (số lượng các bước) là 5. Trong các FIFO 304₄ tới 304₁₂, dữ liệu được lưu trữ kết hợp với ma trận kiểm tra chẵn lẻ được biến đổi H' , tương tự trường hợp nêu trên, và mỗi độ dài là 3. Trong các FIFO 304₁₃ tới 304₁₈, dữ liệu được lưu trữ kết hợp với ma trận kiểm tra chẵn lẻ được biến đổi H' , tương tự trường hợp nêu trên, và mỗi độ dài là 2.

Tiếp theo, hoạt động của thiết bị giải mã của Fig.122 sẽ được mô tả.

Bộ nhớ lưu trữ dữ liệu nhánh 300 bao gồm 6 FIFO 300₁ tới 300₆. Theo thông tin (dữ liệu ma trận) D312 mà trên đó hàng của ma trận kiểm tra chẵn lẻ được biến đổi H' trên Fig.121, năm tin nhắn D311 được cấp từ mạch dịch vòng 308 của bước trước đó thuộc về, FIFO lưu trữ dữ liệu được lựa chọn từ các FIFO 300₁ đến 300₆ và năm tin nhắn D311 được lưu trữ chung tuần tự trong FIFO được lựa chọn. Khi dữ liệu được đọc, bộ nhớ lưu trữ dữ liệu nhánh 300 tuần tự đọc năm tin nhắn D300₁ từ FIFO 300₁ và cấp các tin nhắn tới bộ lựa chọn 301 của bước tiếp theo. Sau khi đọc các tin nhắn từ FIFO 300₁ kết thúc, bộ nhớ lưu trữ dữ liệu nhánh 300 đọc các tin nhắn tuần tự từ các FIFO 300₂ tới 300₆ và cấp các tin nhắn tới bộ lựa chọn 301.

Bộ lựa chọn 301 lựa chọn năm tin nhắn từ FIFO mà từ đó dữ liệu được đọc hiện tại, trong số các FIFO 300₁ tới 300₆, theo tín hiệu lựa chọn D301, và cấp các tin nhắn được lựa chọn như là các tin nhắn D302 tới bộ tính toán nút kiểm tra 302.

Bộ tính toán nút kiểm tra 302 bao gồm năm bộ tính toán nút kiểm tra 302₁ tới 302₅. Bộ tính toán nút kiểm tra 302 thực hiện phép toán nút kiểm tra theo biểu thức (7), nhờ sử dụng các tin nhắn D302 (D302₁ tới D302₅) (các tin nhắn v_i của biểu thức 7) được cấp thông qua bộ lựa chọn 301, và cấp năm tin nhắn D303 (D303₁ tới D303₅) (các tin nhắn u_j của biểu thức (7)) thu được như là kết quả của phép toán nút kiểm tra tới mạch dịch vòng 303.

Mạch dịch vòng 303 dịch vòng năm tin nhắn D303₁ tới D303₅ được tính toán bởi bộ tính toán nút kiểm tra 302, trên cơ sở của thông tin (dữ liệu ma trận) D305 về có bao nhiêu ma trận đơn vị (hoặc ma trận cận đơn vị) trở thành gốc trong ma trận kiểm tra chẵn lẻ được biến đổi H' được dịch vòng để thu được các nhánh tương ứng, và cấp kết quả như là các tin nhắn D304 tới bộ nhớ lưu trữ dữ

liệu nhánh 304.

Bộ nhớ lưu trữ dữ liệu nhánh 304 bao gồm mười tám FIFO 304₁ tới 304₁₈. Theo thông tin D305 mà trên đó hàng của ma trận kiểm tra chẵn lẻ được biến đổi H' năm tin nhắn D304 được cấp từ mạch dịch vòng 303 của bước trước đó thuộc về, FIFO lưu trữ dữ liệu được lựa chọn từ các FIFO 304₁ tới 304₁₈ và năm tin nhắn D304 được lưu trữ chung tuần tự trong FIFO được lựa chọn. Khi dữ liệu được đọc, bộ nhớ lưu trữ dữ liệu nhánh 304 tuần tự đọc năm tin nhắn D304₁ từ FIFO 304₁ và cấp các tin nhắn tới bộ lựa chọn 305 của bước tiếp theo. Sau khi việc đọc các tin nhắn từ FIFO 304₁ kết thúc, bộ nhớ lưu trữ dữ liệu nhánh 304 đọc các tin nhắn một cách tuần tự từ các FIFO 304₂ tới 304₁₈ và cấp các tin nhắn tới bộ lựa chọn 305.

Bộ lựa chọn 305 lựa chọn năm tin nhắn từ FIFO mà từ đó dữ liệu được đọc hiện tại, trong số các FIFO 304₁ tới 304₁₈, theo tín hiệu lựa chọn D307, và cấp các tin nhắn được lựa chọn như là các tin nhắn D308 tới bộ tính toán nút biến thiên 307 và bộ tính toán từ giải mã 309.

Trong khi đó, bộ sắp xếp lại dữ liệu thu 310 sắp xếp lại mã LDPC D313, mà tương ứng với ma trận kiểm tra chẵn lẻ H trên Fig.119, thu được thông qua đường truyền thông 13 bằng cách thực hiện việc thay thế cột của biểu thức (12) và cấp mã LDPC như là dữ liệu thu D314 tới bộ nhớ dữ liệu thu 306. Bộ nhớ dữ liệu thu 306 tính toán LLR (Log Likelihood Ratio – tỷ lệ hợp lẽ logarit) thu từ dữ liệu thu D314 được cấp từ bộ sắp xếp lại dữ liệu thu 310, lưu trữ LLR thu, tập hợp năm LLR thu, và cấp các LLR thu như là các giá trị thu D309 tới bộ tính toán nút biến thiên 307 và bộ tính toán từ giải mã 309.

Bộ tính toán nút biến thiên 307 bao gồm năm bộ tính toán nút biến thiên 307₁ tới 307₅. Bộ tính toán nút biến thiên 307 thực hiện phép toán nút biến thiên theo biểu thức (1), nhờ sử dụng các tin nhắn D308 (D308₁ tới D308₅) (các tin nhắn u_j của biểu thức (1)) được cấp thông qua bộ lựa chọn 305 và năm giá trị thu D309 (các giá trị thu u_{0i} của biểu thức (1)) được cấp từ bộ nhớ dữ liệu thu 306, và cấp các tin nhắn D310 (D310₁ tới D310₅) (tin nhắn v_i của biểu thức (1)) thu được như là kết quả tính toán tới mạch dịch vòng 308.

Mạch dịch vòng 308 dịch vòng các tin nhắn D310₁ tới D310₅ được tính toán bởi bộ tính toán nút biến thiên 307, trên cơ sở của thông tin về có bao nhiêu các ma trận đơn vị (hoặc ma trận cận đơn vị) trở thành gốc trong ma trận kiểm tra chẵn lẻ được biến đổi H' được dịch vòng để thu được các nhánh tương ứng,

và cấp kết quả là các tin nhắn D311 tới bộ nhớ lưu trữ dữ liệu nhánh 300.

Bằng cách tuần hoàn phép toán nêu trên trong một vòng, việc giải mã (phép toán nút biến thiên và phép toán nút kiểm tra) của mã LDPC có thể được thực hiện một lần. Sau khi giải mã mã LDPC bởi số lần định trước, thiết bị giải mã của Fig.122 tính toán kết quả giải mã cuối cùng và xuất ra kết quả giải mã cuối cùng, trong bộ tính toán từ giải mã 309 và bộ sắp xếp lại dữ liệu được giải mã 311.

Tức là, bộ tính toán từ giải mã 309 bao gồm năm bộ tính toán từ giải mã 309₁ tới 309₅. Bộ tính toán từ giải mã 309 tính toán kết quả giải mã (từ giải mã) trên cơ sở của biểu thức (5), như là bước cuối cùng của việc giải mã, sử dụng năm tin nhắn D308 (D308₁ tới D308₅) (các tin nhắn u_j của biểu thức) được xuất ra bởi bộ lựa chọn 305 và năm giá trị thu D309 (các giá trị thu u_{0i} của biểu thức (5)) được cấp từ bộ nhớ dữ liệu thu 306, và cấp dữ liệu được giải mã D315 thu được như là kết quả tới bộ sắp xếp lại dữ liệu được giải mã 311.

Bộ sắp xếp lại dữ liệu được giải mã 311 thực hiện việc thay thế ngược của việc thay thế cột của biểu thức (12) đối với dữ liệu được giải mã D315 được cấp từ bộ tính toán từ giải mã 309, sắp xếp lại thứ tự của nó, và xuất ra dữ liệu được giải mã như là kết quả giải mã cuối cùng D316.

Như được đề cập nêu trên, bằng cách thực hiện một hoặc cả hai việc thay thế hàng và thay thế cột trên ma trận kiểm tra chẵn lẻ (ma trận kiểm tra chẵn lẻ gốc) và chuyển đổi nó thành ma trận kiểm tra chẵn lẻ (ma trận kiểm tra chẵn lẻ được biến đổi) mà có thể được thể hiện bởi kết hợp của ma trận đơn vị $p \times p$, ma trận cận đơn vị trong đó một hoặc nhiều phần tử 1 của nó trở thành 0, ma trận được dịch chuyển mà dịch vòng ma trận đơn vị hoặc ma trận cận đơn vị, ma trận tổng mà là tổng của hai hoặc nhiều hơn hai ma trận đơn vị, ma trận cận đơn vị và ma trận được dịch chuyển, và ma trận $0 \times p$, tức là, kết hợp của các ma trận liên tục, đối với việc giải mã mã LDPC, có thể áp dụng cấu hình mà thực hiện đồng thời tính toán nút kiểm tra và tính toán nút biến thiên bởi P mà là số nhỏ hơn số hàng và số cột của ma trận kiểm tra chẵn lẻ. Trong trường hợp áp dụng cấu hình mà thực hiện đồng thời tính toán nút (tính toán nút kiểm tra và tính toán nút biến thiên) bởi P mà là số nhỏ hơn số hàng và số cột của ma trận kiểm tra chẵn lẻ, so với trường hợp mà tính toán nút được thực hiện đồng thời bởi số bằng số hàng và số cột của ma trận kiểm tra chẵn lẻ, có thể làm giảm tần suất thao tác trong dải có thể sử dụng và thực hiện nhiều mục giải mã lặp lại.

Bộ giải mã LDPC 166 mà cấu thành thiết bị thu 12 của Fig.116 thực hiện giải mã LDPC bằng thực hiện đồng thời P phép toán nút kiểm tra và phép toán nút biến thiên, tương tự thiết bị giải mã của Fig.122.

Tức là, nhằm đơn giản việc giải thích, nếu ma trận kiểm tra chẵn lẻ của mã LDPC được xuất ra bởi bộ mã hóa LDPC 115 cấu thành thiết bị truyền 11 của Fig.8 được xem là ma trận kiểm tra chẵn lẻ H được minh họa trên Fig.119 trong đó ma trận chẵn lẻ trở thành cấu hình bậc thang, trong bộ ghép xen chẵn lẻ 23 của thiết bị truyền 11, việc ghép xen chẵn lẻ để ghép xen bit mã thứ $(K + qx + y + 1)$ vào vị trí của bit mã thứ $(K + Py + x + 1)$ được thực hiện trong trạng thái trong đó thông tin K được thiết lập là 60, số cột P của đơn vị của cấu hình vòng được thiết lập là 5, và số chia $q (= M/P)$ của độ dài chẵn lẻ M được thiết lập là 6.

Do việc ghép xen chẵn lẻ tương ứng với việc thay thế cột của biểu thức (12) như được mô tả nêu trên, không cần thiết phải thực hiện việc thay thế cột của biểu thức (12) trong bộ giải mã LDPC 166.

Vì lý do này, trong thiết bị thu 12 của Fig.116, như được mô tả nêu trên, mã LDPC trong đó việc giải ghép xen chẵn lẻ không được thực hiện, tức là, mã LDPC trong trạng thái trong đó việc thay thế cột của biểu thức (12) được thực hiện được cấp từ bộ giải ghép xen xoắn cột 55 tới bộ giải mã LDPC 166. Trong bộ giải mã LDPC 166, quy trình xử lý tương tự như thiết bị giải mã của Fig.122, ngoại trừ việc thay thế cột của biểu thức (12) không được thực hiện, được thực hiện.

Tức là, Fig.123 minh họa ví dụ cấu hình của bộ giải mã LDPC 166 của Fig.116.

Trên Fig.123, bộ giải mã LDPC 166 có cùng cấu hình như thiết bị giải mã của Fig.122, ngoại trừ bộ sắp xếp lại dữ liệu thu 310 của Fig.122 không được bố trí, và thực hiện quy trình xử lý tương tự như thiết bị giải mã của Fig.122, ngoại trừ việc thay thế cột của biểu thức (12) không được thực hiện. Do đó, phần giải thích của bộ giải mã LDPC được bỏ qua.

Như được mô tả nêu trên, do bộ giải mã LDPC 166 có thể có cấu hình mà không bố trí bộ sắp xếp lại dữ liệu thu 310, tỷ lệ có thể được làm giảm so với thiết bị giải mã của Fig.122.

Trên các Fig.119 tới Fig.123, nhằm đơn giản việc giải thích, độ dài mã N của mã LDPC được thiết lập là 90, độ dài thông tin K được thiết lập là 60, số cột

(số hàng và số cột của ma trận liên tục) P của đơn vị của cấu hình vòng được thiết lập là 5, và số chia $q (= M/P)$ của độ dài chẵn lẻ M được thiết lập là 6. Tuy nhiên, độ dài mã N , độ dài thông tin K , số cột P của đơn vị của cấu hình vòng, và số chia $q (= M/P)$ không bị giới hạn ở các giá trị nêu trên.

Tức là, trong thiết bị truyền 11 của Fig.8, bộ mã hóa LDPC 115 xuất ra mã LDPC trong đó độ dài mã N được thiết lập là 64800 hoặc 16200, độ dài thông tin K được thiết lập là $N - Pq (= N - M)$, số cột P của đơn vị của cấu hình vòng được thiết lập là 360, và số chia q được thiết lập là M/P . Tuy nhiên, bộ giải mã LDPC 166 của Fig.123 có thể được áp dụng cho trường hợp trong đó P phép toán nút kiểm tra và phép toán nút biến thiên được thực hiện đồng thời đối với mã LDPC và việc giải mã LDPC được thực hiện.

Fig.124 là hình vẽ minh họa về quy trình xử lý của bộ ghép kênh 54 cấu thành bộ giải ghép xen bit 165 của Fig.117.

Tức là, A của Fig.124 minh họa ví dụ cấu hình chức năng của bộ ghép kênh 54.

Bộ ghép kênh 54 bao gồm bộ hoán đổi ngược 1001 và bộ nhớ 1002.

Bộ ghép kênh 54 thực hiện quy trình xử lý hoán đổi ngược (quy trình xử lý ngược về quy trình xử lý hoán đổi) tương ứng với quy trình xử lý hoán đổi được thực hiện bởi bộ giải ghép kênh 25 của thiết bị truyền 11, tức là, quy trình xử lý hoán đổi ngược để trả lại các vị trí của các bit mã (các bit ký hiệu) của các mã LDPC được hoán đổi bởi quy trình xử lý hoán đổi thành các vị trí gốc, đối với các bit ký hiệu của ký hiệu được cấp từ bộ giải mã QAM 164 của bước trước đó, và cấp mã LDPC thu được như là kết quả tới bộ giải ghép xen xoắn cột 55 của bước sau đây.

Tức là, trong bộ ghép kênh 54, các bit ký hiệu $y_0, y_1, \dots$, và y_{mb-1} của mb bit của b ký hiệu được cấp tới bộ hoán đổi ngược 1001 theo đơn vị của b ký hiệu (liên tiếp).

Bộ hoán đổi ngược 1001 thực hiện việc hoán đổi ngược để trả lại các bit ký hiệu $y_0, y_1, \dots$, và y_{mb-1} của mb bit thành cách bố trí của các bit mã $b_0, b_1, \dots$, và b_{mb-1} của mb bit gốc (cách bố trí của các bit mã b_0 tới b_{mb-1} trước khi hoán đổi được thực hiện trong bộ hoán đổi 32 cấu thành bộ giải ghép kênh 25 của phía của thiết bị truyền 11) và xuất ra các bit mã b_0 tới b_{mb-1} của mb bit thu được như là kết quả.

Bộ nhớ 1002 có dung lượng lưu trữ để lưu trữ mb bit theo chiều hàng

(ngang) và lưu trữ $N/(mb)$ bit theo chiều cột (dọc), tương tự bộ nhớ 31 cấu thành bộ giải ghép kênh 25 của phía của thiết bị truyền 11. Tức là, bộ nhớ 1002 bao gồm mb cột mà lưu trữ $N/(mb)$ bit.

Tuy nhiên, trong bộ nhớ 1002, việc ghi của các bit mã của mã LDPC được xuất ra bởi bộ hoán đổi ngược 1001 được thực hiện theo chiều trong đó việc đọc của các bit mã từ bộ nhớ 31 của bộ giải ghép kênh 25 của thiết bị truyền 11 được thực hiện và việc đọc của các bit mã được ghi tới bộ nhớ 1002 được thực hiện theo chiều trong đó việc ghi của các bit mã tới bộ nhớ 31 được thực hiện.

Tức là, trong bộ ghép kênh 54 của thiết bị thu 12, như được minh họa bởi phần A của Fig.124, việc ghi của các bit mã của mã LDPC được xuất ra bởi bộ hoán đổi ngược 1001 theo chiều hàng theo đơn vị của mb bit được thực hiện tuần tự hướng tới các hàng thấp hơn từ hàng thứ nhất của bộ nhớ 1002.

Nếu việc ghi của các bit mã tương ứng với một độ dài mã kết thúc, bộ ghép kênh 54 đọc các bit mã từ bộ nhớ 1002 theo chiều cột và cấp các bit mã tới bộ giải ghép xen xoắn cột 55 của bước sau đây.

Trong trường hợp này, phần B của Fig.124 là hình vẽ minh họa về việc đọc của các bit mã từ bộ nhớ 1002.

Trong bộ ghép kênh 54, việc đọc của các bit mã của mã LDPC theo chiều hướng xuống dưới (chiều cột) từ phía trên của các cột cấu thành bộ nhớ 1002 được thực hiện hướng tới các cột của chiều hướng sang phải từ phía trái.

Fig.125 là hình vẽ minh họa về quy trình xử lý của bộ giải ghép xen xoắn cột 55 cấu thành bộ giải ghép xen bit 165 của Fig.117.

Tức là, Fig.125 minh họa ví dụ cấu hình của bộ nhớ 1002 của bộ ghép kênh 54.

Bộ nhớ 1002 có dung lượng lưu trữ để lưu trữ mb bit theo chiều cột (dọc) và lưu trữ $N/(mb)$ bit theo chiều hàng (ngang) và bao gồm mb cột.

Bộ giải ghép xen xoắn cột 55 ghi các bit mã của mã LDPC tới bộ nhớ 1002 theo chiều hàng, điều khiển vị trí bắt đầu đọc khi các bit mã được đọc theo chiều cột, và thực hiện việc giải ghép xen xoắn cột.

Tức là, trong bộ giải ghép xen xoắn cột 55, vị trí bắt đầu đọc để bắt đầu việc đọc của các bit mã được thay đổi thích hợp đối với mỗi cột và quy trình xử lý sắp xếp lại ngược để trả lại cách bố trí của các bit mã được sắp xếp lại bởi việc ghép xen xoắn cột thành cách bố trí gốc được thực hiện.

Trong trường hợp này, Fig.125 minh họa ví dụ cấu hình của bộ nhớ 1002 khi phương pháp điều biến là 16APSK, 16QAM hoặc loại tương tự và bội b là 1, được mô tả trên Fig.28. Trong trường hợp này, số bit m của một ký hiệu là 4 bit và bộ nhớ 1002 bao gồm bốn ($= mb$) cột.

Bộ giải ghép xen xoắn cột 55, (thay vì bộ ghép kênh 54), tuần tự thực hiện việc ghi của các bit mã của mã LDPC được xuất ra bởi bộ hoán đổi ngược 1001 theo chiều hàng, hướng tới các hàng thấp hơn từ hàng thứ nhất của bộ nhớ 1002.

Nếu việc ghi của các bit mã tương ứng với một độ dài mã kết thúc, bộ giải ghép xen xoắn cột 55 thực hiện việc đọc của các bit mã theo chiều hướng xuống dưới (chiều cột) từ phía trên của bộ nhớ 1002, hướng tới các cột của chiều hướng sang phải từ phía trái.

Tuy nhiên, bộ giải ghép xen xoắn cột 55 thực hiện việc đọc của các bit mã từ bộ nhớ 1002, sử dụng vị trí bắt đầu ghi để ghi các bit mã bởi bộ ghép xen xoắn cột 24 của phía của thiết bị truyền 11 như là vị trí bắt đầu đọc của các bit mã.

Tức là, nếu địa chỉ của vị trí của đầu (đỉnh) của mỗi cột được thiết lập là 0 và địa chỉ của mỗi vị trí của chiều cột được biểu diễn bởi số nguyên có thứ tự tăng dần, khi phương pháp điều biến là 16APSK hoặc 16QAM và bội b là 1, trong bộ giải ghép xen xoắn cột 55, vị trí bắt đầu đọc được thiết lập là vị trí mà địa chỉ của nó là 0, đối với cột ngoài cùng phía trái. Đối với cột thứ hai (từ phía trái), vị trí bắt đầu đọc được thiết lập là vị trí mà địa chỉ của nó là 2. Đối với cột thứ ba, vị trí bắt đầu đọc được thiết lập là vị trí mà địa chỉ của nó là 4. Đối với cột thứ tư, vị trí bắt đầu đọc được thiết lập là vị trí mà địa chỉ của nó là 7.

Đối với các cột trong đó các vị trí bắt đầu đọc là các vị trí ngoài vị trí mà địa chỉ của nó là 0, sau khi việc đọc của các bit mã được thực hiện tới vị trí thấp nhất, vị trí quay trở lại phần đầu (vị trí mà địa chỉ của nó là 0), và việc đọc tới vị trí ngay trước vị trí bắt đầu đọc được thực hiện. Sau đó, việc đọc từ cột (phải) tiếp theo được thực hiện.

Bằng cách thực hiện việc giải ghép xen xoắn cột được mô tả nêu trên, cách bố trí của các bit mã mà được sắp xếp lại bởi việc ghép xen xoắn cột trở lại cách bố trí gốc.

Fig.126 là sơ đồ khối minh họa ví dụ cấu hình khác của bộ giải ghép xen bit 165 của Fig.116.

Trên hình vẽ, các phần mà tương ứng với trường hợp của Fig.117 được ký hiệu với cùng số chỉ dẫn và phần giải thích của nó được bỏ qua một cách thích hợp sau đây.

Tức là, bộ giải ghép xen bit 165 của Fig.126 có cùng cấu hình như trường hợp của Fig.117, ngoại trừ bộ giải ghép xen chẵn lẻ 1011 được bố trí mới.

Trên Fig.126, bộ giải ghép xen bit 165 bao gồm bộ ghép kênh (MUX) 54, bộ giải ghép xen xoắn cột 55, và bộ giải ghép xen chẵn lẻ 1011 và thực hiện việc giải ghép xen bit của các bit mã của mã LDPC được cấp từ bộ giải mã QAM 164.

Tức là, bộ ghép kênh 54 thực hiện quy trình xử lý hoán đổi ngược (quy trình xử lý ngược về quy trình xử lý hoán đổi) tương ứng với quy trình xử lý hoán đổi được thực hiện bởi bộ giải ghép kênh 25 của thiết bị truyền 11, tức là, quy trình xử lý hoán đổi ngược để trả lại các vị trí của các bit mã được hoán đổi bởi quy trình xử lý hoán đổi thành các vị trí gốc, đối với mã LDPC được cấp từ bộ giải mã QAM 164, và cấp mã LDPC thu được như là kết quả tới bộ giải ghép xen xoắn cột 55.

Bộ giải ghép xen xoắn cột 55 thực hiện việc giải ghép xen xoắn cột tương ứng với việc ghép xen xoắn cột như là quy trình xử lý sắp xếp lại được thực hiện bởi bộ ghép xen xoắn cột 24 của thiết bị truyền 11, đối với mã LDPC được cấp từ bộ ghép kênh 54.

Mã LDPC mà thu được như là kết quả của việc giải ghép xen xoắn cột được cấp từ bộ giải ghép xen xoắn cột 55 tới bộ giải ghép xen chẵn lẻ 1011.

Bộ giải ghép xen chẵn lẻ 1011 thực hiện việc giải ghép xen chẵn lẻ (quy trình xử lý ngược của việc ghép xen chẵn lẻ) tương ứng với việc ghép xen chẵn lẻ được thực hiện bởi bộ ghép xen chẵn lẻ 23 của thiết bị truyền 11, tức là, việc giải ghép xen chẵn lẻ để trả lại cách bố trí của các bit mã của mã LDPC mà cách bố trí của nó được thay đổi bởi việc ghép xen chẵn lẻ thành cách bố trí gốc, đối với các bit mã sau khi giải ghép xen xoắn cột trong bộ giải ghép xen xoắn cột 55.

Mã LDPC mà thu được như là kết quả của việc giải ghép xen chẵn lẻ được cấp từ bộ giải ghép xen chẵn lẻ 1011 tới bộ giải mã LDPC 166.

Do đó, trong bộ giải ghép xen bit 165 của Fig.126, mã LDPC trong đó quy trình xử lý hoán đổi ngược, việc giải ghép xen xoắn cột, và việc giải ghép xen chẵn lẻ được thực hiện, tức là, mã LDPC mà thu được bởi việc mã hóa LDPC theo ma trận kiểm tra chẵn lẻ H được cấp tới bộ giải mã LDPC 166.

Bộ giải mã LDPC 166 thực hiện giải mã LDPC của mã LDPC từ bộ giải

ghép xen bit 165 bằng cách sử dụng ma trận kiểm tra chẵn lẻ H được sử dụng cho việc mã hóa LDPC bởi bộ mã hóa LDPC 115 của thiết bị truyền 11. Tức là, bộ giải mã LDPC 166 thực hiện giải mã LDPC của mã LDPC từ bộ giải ghép xen bit 165 bằng cách sử dụng ma trận kiểm tra chẵn lẻ H bản thân nó được sử dụng cho mã hóa LDPC bởi bộ mã hóa LDPC 115 của thiết bị truyền 11 hoặc bằng cách sử dụng ma trận kiểm tra chẵn lẻ được biến đổi thu được bằng cách thực hiện ít nhất việc thay thế cột tương ứng với ghép xen chẵn lẻ đối với ma trận kiểm tra chẵn lẻ H.

Trên Fig.126, mã LDPC mà thu được bởi việc mã hóa LDPC theo ma trận kiểm tra chẵn lẻ H được cấp từ (bộ giải ghép xen chẵn lẻ 1011) bộ giải ghép xen bit 165 tới bộ giải mã LDPC 166. Vì lý do này, khi việc giải mã LDPC của mã LDPC được thực hiện sử dụng ma trận kiểm tra chẵn lẻ H được sử dụng bởi bộ mã hóa LDPC 115 của thiết bị truyền 11 để thực hiện mã hóa LDPC, bộ giải mã LDPC 166 có thể được cấu hình bởi thiết bị giải mã thực hiện việc giải mã LDPC theo phương pháp giải mã tuần tự toàn phần để tuần tự thực hiện các phép toán của các tin nhắn (tin nhắn nút kiểm tra và tin nhắn nút biến thiên) đối với mỗi nút hoặc thiết bị giải mã thực hiện việc giải mã LDPC theo phương pháp giải mã song song toàn phần để thực hiện đồng thời (song song) các phép toán của các tin nhắn đối với tất cả các nút.

Trong bộ giải mã LDPC 166, khi việc giải mã LDPC của mã LDPC được thực hiện sử dụng ma trận kiểm tra chẵn lẻ được biến đổi thu được bằng cách thực hiện ít nhất việc thay thế cột tương ứng với việc ghép xen chẵn lẻ đối với ma trận kiểm tra chẵn lẻ H được sử dụng bởi bộ mã hóa LDPC 115 của thiết bị truyền 11 để thực hiện mã hóa LDPC, bộ giải mã LDPC 166 có thể được cấu hình bởi thiết bị giải mã (Fig.122) mà là thiết bị giải mã có cấu hình thực hiện đồng thời P (hoặc số chia của P khác 1) phép toán nút kiểm tra và phép toán nút biến thiên và có bộ sắp xếp lại dữ liệu thu 310 để thực hiện cùng việc thay thế cột như việc thay thế cột để thu được ma trận kiểm tra chẵn lẻ được biến đổi đối với mã LDPC và sắp xếp lại các bit mã của mã LDPC.

Trên Fig.126, nhằm thuận tiện cho việc giải thích, bộ ghép kênh 54 thực hiện quy trình xử lý hoán đổi ngược, bộ giải ghép xen xoắn cột 55 thực hiện việc giải ghép xen xoắn cột, và bộ giải ghép xen chẵn lẻ 1011 thực hiện việc giải ghép xen chẵn lẻ có cấu hình riêng biệt. Tuy nhiên, hai thành phần hoặc nhiều hơn của bộ ghép kênh 54, bộ giải ghép xen xoắn cột 55, và bộ giải ghép xen

chắn lẻ 1011 có thể có cấu hình nguyên khối, tương tự bộ ghép xen chắn lẻ 23, bộ ghép xen xoắn cột 24, và bộ giải ghép kênh 25 của thiết bị truyền 11.

Ngoài ra, trong trường hợp mà bộ ghép xen bit 116 (Fig.8) của thiết bị truyền 11 có cấu hình mà không bao gồm bộ ghép xen chắn lẻ 23 và bộ ghép xen xoắn cột 24, trên Fig.126, bộ giải ghép xen bit 165 có thể có cấu hình mà không bao gồm bộ giải ghép xen xoắn cột 55 và bộ giải ghép xen chắn lẻ 1011.

Ngay cả trong trường hợp này, bộ giải mã LDPC 166 có thể được cấu hình với thiết bị giải mã có phương pháp giải mã tuần tự toàn phần để thực hiện giải mã LDPC bằng cách sử dụng chính ma trận kiểm tra chắn lẻ H, thiết bị giải mã có phương pháp giải mã song song toàn phần để thực hiện giải mã LDPC bằng cách sử dụng chính ma trận kiểm tra chắn lẻ H, và thiết bị giải mã (Fig.122) có bộ sắp xếp lại dữ liệu thu 310 mà thực hiện giải mã LDPC bởi P tính toán nút kiểm tra và tính toán nút biến thiên cùng lúc bằng cách sử dụng ma trận kiểm tra chắn lẻ được biến đổi H'.

Ví dụ cấu hình của hệ thống thu

Fig.127 là sơ đồ khối minh họa ví dụ cấu hình thứ nhất của hệ thống thu mà có thể được áp dụng cho thiết bị thu 12.

Trên Fig.127, hệ thống thu bao gồm bộ thu nhận 1101, bộ xử lý giải mã đường truyền 1102, và bộ xử lý giải mã nguồn thông tin 1103.

Bộ thu nhận 1101 thu được tín hiệu bao gồm mã LDPC thu được bằng cách thực hiện ít nhất mã hóa LDPC đối với dữ liệu đích LDPC như dữ liệu ảnh hoặc dữ liệu âm thanh của chương trình, thông qua đường truyền (đường truyền thông) không được minh họa trên các hình vẽ, như quảng bá số mặt đất, quảng bá số vệ tinh, mạng CATV, Internet, hoặc các mạng khác, và cấp tín hiệu này tới bộ xử lý giải mã đường truyền 1102.

Trong trường hợp này, khi tín hiệu thu được bởi bộ thu nhận 1101 được quảng bá từ trạm quảng bá thông qua sóng mặt đất, sóng vệ tinh, hoặc mạng CATV (Cable Television – truyền hình cáp), bộ thu nhận 1101 được cấu hình sử dụng bộ điều hướng và STB (Set Top Box – Hộp giải mã). Khi tín hiệu thu được bởi bộ thu nhận 1101 được truyền từ máy chủ mạng bằng cách truyền đa hướng như IPTV (Internet Protocol Television – truyền hình giao thức internet), bộ thu nhận 1101 được cấu hình sử dụng I/F (Giao diện) mạng như NIC (Network Interface Card – Thẻ giao diện mạng).

Bộ xử lý giải mã đường truyền 1102 tương ứng với thiết bị thu 12. Bộ xử

lý giải mã đường truyền 1102 thực hiện quy trình xử lý giải mã đường truyền bao gồm ít nhất quy trình xử lý để sửa lỗi được tạo ra trong đường truyền, đối với tín hiệu thu được bởi bộ thu nhận 1101 thông qua đường truyền, và cấp tín hiệu thu được như là kết quả tới bộ xử lý giải mã nguồn thông tin 1103.

Tức là, tín hiệu mà thu được bởi bộ thu nhận 1101 thông qua đường truyền là tín hiệu mà thu được bằng cách thực hiện ít nhất mã hóa sửa lỗi để sửa lỗi được tạo ra trên đường truyền. Bộ xử lý giải mã đường truyền 1102 thực hiện quy trình xử lý giải mã đường truyền như quy trình xử lý sửa lỗi, đối với tín hiệu.

Như là mã hóa sửa lỗi, ví dụ, mã hóa LDPC hoặc mã hóa BCH tồn tại. Trong trường hợp này, như là mã hóa sửa lỗi, ít nhất việc mã hóa LDPC được thực hiện.

Quy trình xử lý giải mã đường truyền bao gồm việc giải điều biến tín hiệu điều biến.

Bộ xử lý giải mã nguồn thông tin 1103 thực hiện quy trình xử lý giải mã nguồn thông tin bao gồm ít nhất quy trình xử lý để mở rộng thông tin được nén thành thông tin gốc, đối với tín hiệu mà trên đó quy trình xử lý giải mã đường truyền được thực hiện.

Tức là, việc mã hóa nén mà nén thông tin có thể được thực hiện đối với tín hiệu thu được bởi bộ thu nhận 1101 thông qua đường truyền để làm giảm lượng dữ liệu của ảnh hoặc âm thanh tương ứng với thông tin. Trong trường hợp này, bộ xử lý giải mã nguồn thông tin 1103 thực hiện quy trình xử lý giải mã nguồn thông tin như quy trình xử lý (quy trình xử lý mở rộng) để mở rộng thông tin được nén thành thông tin gốc, đối với tín hiệu mà trên đó quy trình xử lý giải mã đường truyền được thực hiện.

Khi việc mã hóa nén không được thực hiện đối với tín hiệu thu được bởi bộ thu nhận 1101 thông qua đường truyền, quy trình xử lý để mở rộng thông tin được nén thành thông tin gốc không được thực hiện trong bộ xử lý giải mã nguồn thông tin 1103.

Trong trường hợp này, đối với quy trình xử lý mở rộng, ví dụ, giải mã MPEG tồn tại. Trong quy trình xử lý giải mã đường truyền, ngoài quy trình xử lý mở rộng, việc giải xáo trộn có thể được bao gồm.

Trong hệ thống thu mà có cấu hình như được mô tả nêu trên, trong bộ thu nhận 1101, tín hiệu trong đó việc mã hóa nén như mã hóa MPEG và mã hóa sửa lỗi như việc mã hóa LDPC được thực hiện đối với dữ liệu như ảnh hoặc âm

thanh thu được thông qua đường truyền và được cấp tới bộ xử lý giải mã đường truyền 1102.

Trong bộ xử lý giải mã đường truyền 1102, quy trình xử lý tương tự như thiết bị thu 12 thực hiện như là quy trình xử lý giải mã đường truyền đối với tín hiệu được cấp từ bộ thu nhận 1101 và tín hiệu thu được như là kết quả được cấp tới bộ xử lý giải mã nguồn thông tin 1103.

Trong bộ xử lý giải mã nguồn thông tin 1103, quy trình xử lý giải mã nguồn thông tin như giải mã MPEG được thực hiện đối với tín hiệu được cấp từ bộ xử lý giải mã đường truyền 1102 và ảnh hoặc âm thanh thu được như là kết quả được xuất ra.

Hệ thống thu của Fig.127 được mô tả nêu trên có thể được áp dụng cho bộ điều hướng truyền hình để thu quảng bá truyền hình tương ứng với quảng bá số.

Mỗi bộ thu nhận 1101, bộ xử lý giải mã đường truyền 1102, và bộ xử lý giải mã nguồn thông tin 1103 có thể có cấu hình như một thiết bị độc lập (phần cứng (IC (Integrated Circuit – mạch tích hợp) và loại tương tự) hoặc môđun phần mềm).

Đối với bộ thu nhận 1101, bộ xử lý giải mã đường truyền 1102, và bộ xử lý giải mã nguồn thông tin 1103, mỗi tập hợp của bộ thu nhận 1101 và bộ xử lý giải mã đường truyền 1102, tập hợp của bộ xử lý giải mã đường truyền 1102 và bộ xử lý giải mã nguồn thông tin 1103, và tập hợp của bộ thu nhận 1101, bộ xử lý giải mã đường truyền 1102, và bộ xử lý giải mã nguồn thông tin 1103 có thể có cấu hình như là một thiết bị độc lập.

Fig.128 là sơ đồ khối minh họa ví dụ cấu hình thứ hai của hệ thống thu mà có thể được áp dụng cho thiết bị thu 12.

Trên hình vẽ, các thành phần mà tương ứng với trường hợp của Fig.127 được ký hiệu với cùng số chỉ dẫn và phần giải thích của nó được bỏ qua một cách thích hợp sau đây.

Hệ thống thu của Fig.128 là chung đối với trường hợp của Fig.127 ở chỗ bộ thu nhận 1101, bộ xử lý giải mã đường truyền 1102, và bộ xử lý giải mã nguồn thông tin 1103 được bố trí và khác với trường hợp của Fig.127 ở chỗ bộ đầu ra 1111 được bố trí mới.

Bộ đầu ra 1111 là thiết bị hiển thị để hiển thị ảnh hoặc loa để xuất ra âm thanh và xuất ra ảnh hoặc âm thanh tương ứng với tín hiệu được xuất ra từ bộ xử

lý giải mã nguồn thông tin 1103. Tức là, bộ đầu ra 1111 hiển thị ảnh hoặc xuất ra âm thanh.

Hệ thống thu của Fig.128 được mô tả nêu trên có thể được áp dụng cho TV (bộ thu truyền hình) thu quảng bá truyền hình tương ứng với quảng bá số hoặc bộ thu vô tuyến thu quảng bá vô tuyến.

Khi việc mã hóa nén không được thực hiện đối với tín hiệu thu được trong bộ thu nhận 1101, tín hiệu mà được xuất ra bởi bộ xử lý giải mã đường truyền 1102 được cấp tới bộ đầu ra 1111.

Fig.129 là sơ đồ khối minh họa ví dụ cấu hình thứ ba của hệ thống thu mà có thể được áp dụng cho thiết bị thu 12.

Trên hình vẽ, các thành phần mà tương ứng với trường hợp của Fig.127 được ký hiệu với cùng số chỉ dẫn và phần giải thích của nó được bỏ qua một cách thích hợp sau đây.

Hệ thống thu của Fig.129 là chung đối với trường hợp của Fig.127 ở chỗ bộ thu nhận 1101 và bộ xử lý giải mã đường truyền 1102 được bố trí.

Tuy nhiên, hệ thống thu của Fig.129 khác với trường hợp của Fig.127 ở chỗ bộ xử lý giải mã nguồn thông tin 1103 không được bố trí và bộ ghi 1121 được bố trí mới.

Bộ ghi 1121 ghi (lưu trữ) tín hiệu (ví dụ, các gói tin TS của TS của MPEG) được xuất ra bởi bộ xử lý giải mã đường truyền 1102 trên phương tiện ghi (lưu trữ) như đĩa quang, đĩa cứng (đĩa từ), và bộ nhớ chớp.

Hệ thống thu của Fig.129 được mô tả nêu trên có thể được áp dụng cho bộ ghi mà ghi quảng bá truyền hình.

Trên Fig.129, hệ thống thu được cấu hình bằng cách bố trí bộ xử lý giải mã nguồn thông tin 1103 và có thể ghi tín hiệu thu được bằng cách thực hiện xử lý giải mã nguồn thông tin bởi bộ xử lý giải mã nguồn thông tin 1103, tức là, ảnh hoặc âm thanh thu được bằng việc giải mã, bởi bộ ghi 1121.

Phương án máy tính

Tiếp theo, chuỗi xử lý được mô tả nêu trên có thể được thực hiện bởi phần cứng hoặc có thể được thực hiện bởi phần mềm. Trong trường hợp trong đó chuỗi xử lý được thực hiện bởi phần mềm, chương trình cấu hình phần mềm được cài đặt trong máy tính mục đích chung.

Do đó, Fig.130 minh họa ví dụ cấu hình của phương án về máy tính trong đó chương trình thực hiện chuỗi xử lý được cài đặt.

Chương trình có thể được ghi trước trên đĩa cứng 705 và ROM 703 tương ứng với phương tiện ghi được gắn trong máy tính.

Ngoài ra, chương trình có thể lưu trữ (được ghi) tạm thời hoặc cố định trên phương tiện ghi tháo rời 711 như đĩa mềm, CD-ROM (Compact Disc Read Only Memory – Bộ nhớ chỉ đọc đĩa compact), đĩa MO (Magneto Optical – Quang từ), DVD (Digital Versatile Disc – Đĩa đa năng số), đĩa từ, và bộ nhớ bán dẫn. Phương tiện ghi tháo rời 711 có thể được đưa ra như là phần mềm đóng gói.

Chương trình được cài đặt từ phương tiện ghi tháo rời 711 vào máy tính. Ngoài ra, chương trình có thể được truyền từ vùng tải xuống tới máy tính bằng không dây thông qua vệ tinh nhân tạo dùng cho quảng bá vệ tinh số hoặc có thể được truyền tới máy tính bằng có dây thông qua mạng như LAN (Local Area Network – mạng cục bộ) hoặc Internet. Máy tính có thể thu chương trình được truyền như được mô tả nêu trên bởi bộ truyền thông 708 và cài đặt chương trình trong đĩa cứng gắn trong 705.

Máy tính bao gồm CPU (Central Processing Unit – Bộ xử lý trung tâm) 702 được gắn trong đó. Giao diện vào/ra 710 được kết nối tới CPU 702 thông qua bus 701. Nếu người dùng thao tác bộ đầu vào 707 có cấu hình sử dụng bàn phím, chuột, và micrô và lệnh được đưa vào thông qua giao diện vào/ra 710, CPU 702 thực hiện chương trình được lưu trữ trong ROM (Read Only Memory – Bộ nhớ chỉ đọc) 703 theo lệnh này. Ngoài ra, CPU 702 tải chương trình được lưu trữ trong đĩa cứng 705, chương trình được truyền từ vệ tinh hoặc mạng, được thu bởi bộ truyền thông 708, và được cài đặt trong đĩa cứng 705, hoặc chương trình được đọc từ phương tiện ghi tháo rời 711 được lắp vào ổ đĩa 709 và được cài đặt trong đĩa cứng 705 tới RAM (Random Access Memory – Bộ nhớ truy nhập ngẫu nhiên) 704 và thực hiện chương trình. Nhờ đó, CPU 702 thực hiện quy trình xử lý theo các lưu đồ được mô tả nêu trên hoặc quy trình xử lý được thực hiện bởi các cấu hình của các sơ đồ khối được mô tả nêu trên. Ngoài ra, CPU 702 xuất ra kết quả xử lý từ bộ đầu ra 706 có cấu hình sử dụng LCD (Liquid Crystal Display – Màn hình tinh thể lỏng) hoặc loa, truyền kết quả xử lý từ bộ truyền thông 708, và ghi kết quả xử lý trên đĩa cứng 705, thông qua giao diện vào/ra 710, nếu cần thiết.

Trong bản mô tả này, không cần thiết xử lý các bước xử lý mô tả chương trình để làm cho máy tính thực hiện quy trình xử lý khác nhau theo trình tự thời gian theo thứ tự được mô tả như các lưu đồ và quy trình xử lý được thực hiện

song song hoặc riêng biệt (ví dụ, quy trình xử lý song song hoặc quy trình xử lý sử dụng đối tượng) cũng được bao gồm.

Chương trình có thể được xử lý bởi một máy tính hoặc có thể được xử lý bởi nhiều máy tính theo cách phân phối. Chương trình có thể được truyền tới máy tính đầu xa và có thể được thực hiện.

Phương án của sáng chế không bị giới hạn ở các phương án được mô tả nêu trên, và các thay đổi hoặc cải biến khác nhau có thể được thực hiện mà không chệch khỏi phạm vi của sáng chế.

Tức là, ví dụ, (bảng giá trị khởi tạo ma trận kiểm tra chẵn lẻ) mã LDPC mới được mô tả nêu trên có thể được sử dụng ngay cả nếu đường truyền thông 13 (Fig.7) là bất kỳ trong số mạch vệ tinh, sóng mặt đất, cáp (mạch có dây) và các đường truyền khác. Ngoài ra, mã LDPC mới cũng có thể được sử dụng cho việc truyền dữ liệu ngoài quảng bá số.

Danh sách số chỉ dẫn

- 11 thiết bị truyền
- 12 thiết bị thu
- 23 bộ ghép xen chẵn lẻ
- 24 bộ ghép xen xoắn cột
- 25 bộ giải ghép kênh
- 31 bộ nhớ
- 32 bộ hoán đổi
- 54 bộ ghép kênh
- 55 bộ ghép xen xoắn cột
- 111 bộ ghép kênh/áp dụng chế độ
- 112 bộ đệm
- 113 bộ xáo trộn BB
- 114 bộ mã hóa BCH
- 115 bộ mã hóa LDPC
- 116 bộ ghép xen bit
- 117 bộ mã hóa QAM
- 118 bộ ghép xen thời gian
- 119 bộ mã hóa MISO/MIMO
- 120 bộ ghép xen tần số
- 121 bộ mã hóa BCH

122	bộ mã hóa LDPC
123	bộ mã hóa QAM
124	bộ ghép xen tần số
131	bộ tạo khung/bộ cấp phát tài nguyên
132	bộ tạo OFDM
151	bộ thao tác OFDM
152	bộ quản lý khung
153	bộ giải ghép xen tần số
154	bộ giải mã QAM
155	bộ giải mã LDPC
156	bộ giải mã BCH
161	bộ giải ghép xen tần số
162	bộ giải mã MISO/MIMO
163	bộ giải ghép xen thời gian
164	bộ giải mã QAM
165	bộ giải ghép xen bit
166	bộ giải mã LDPC
167	bộ giải mã BCH
168	bộ giải xáo trộn BB
169	bộ xóa rỗng
170	bộ giải ghép kênh
300	bộ nhớ lưu trữ dữ liệu nhánh
301	bộ lựa chọn
302	bộ tính toán nút kiểm tra
303	mạch dịch vòng
304	bộ nhớ lưu trữ dữ liệu nhánh
305	bộ lựa chọn
306	bộ nhớ dữ liệu thu
307	bộ tính toán nút biến thiên
308	mạch dịch vòng
309	bộ tính toán từ giải mã
310	bộ sắp xếp lại dữ liệu thu
311	bộ sắp xếp lại dữ liệu được giải mã
601	bộ xử lý mã hóa

602	bộ lưu trữ
611	bộ thiết lập tỷ lệ mã hóa
612	bộ đọc bảng giá trị khởi tạo
613	bộ tạo ma trận kiểm tra chẵn lẻ
614	bộ đọc bit thông tin
615	bộ tính toán chẵn lẻ mã hóa
616	bộ điều khiển
701	bus
702	CPU
703	ROM
704	RAM
705	đĩa cứng
706	bộ đầu ra
707	bộ đầu vào
708	bộ truyền thông
709	ổ đĩa
710	giao diện vào/ra
711	phương tiện ghi tháo rời
1001	bộ hoán đổi ngược
1002	bộ nhớ
1011	bộ giải ghép xen chẵn lẻ
1101	bộ thu nhận
1101	bộ xử lý giải mã đường truyền
1103	bộ xử lý giải mã nguồn thông tin
1111	bộ đầu ra
1121	bộ ghi

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Thiết bị xử lý dữ liệu bao gồm:

bộ mã hóa được tạo cấu hình để mã hóa các bit thông tin vào trong mã LDPC (Low Density Parity Check – kiểm tra chẵn lẻ mật độ thấp) có độ dài mã, N , là 64800 bit và tỷ lệ mã, r , là 18/30 trên cơ sở ma trận kiểm tra chẵn lẻ của mã LDPC, trong đó:

mã LDPC bao gồm các bit thông tin và các bit chẵn lẻ,

các bit thông tin bao gồm dữ liệu hình ảnh và dữ liệu audio,

ma trận kiểm tra chẵn lẻ bao gồm phần ma trận thông tin có kích thước $M \times K$ tương ứng với các bit thông tin và phần ma trận chẵn lẻ có kích thước $M \times M$ tương ứng với các bit chẵn lẻ, K là độ dài thông tin và M là độ dài chẵn lẻ, trong đó $N = K + M$ và $K = N \times r$,

phần ma trận chẵn lẻ có cấu hình bậc thang, trong đó các phần tử “1” được bố trí theo kiểu từng bậc, trong đó trọng số hàng là 1 tại hàng thứ nhất và 2 tại các hàng còn lại và trong đó trọng số cột là 1 tại cột cuối cùng và 2 tại các cột còn lại,

phần ma trận thông tin được thể hiện bởi bảng giá trị ban đầu ma trận kiểm tra chẵn lẻ, trong đó bảng giá trị ban đầu ma trận kiểm tra chẵn lẻ là bảng thể hiện tại hàng thứ i của nó, $1 \leq i \leq K/360$, các vị trí của các phần tử “1” tại cột thứ $(1 + 360 \times (i-1))$ của ma trận thông tin, và trong đó dựa trên mỗi cột thứ $(1 + 360 \times (i-1))$, $1 \leq i \leq K/360$, các cột $(2 + 360 \times (i-1))$ đến $(360 \times i)$ của ma trận thông tin được xác định bằng cách dịch chuyển xuống theo chu kỳ cột phía trước đó tương ứng theo $M/360$, và

bảng giá trị ban đầu ma trận kiểm tra chẵn lẻ bao gồm:

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	23938	25351	25590	25876	25910			

73 605 872 4008 6279 7653 10346 10799 12482 12935 13604 15909
16526 19782 20506 22804 23629 24859 25600
1445 1690 4304 4851 8919 9176 9252 13783 16076 16675 17274 18806
18882 20819 21958 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 25635 25678 25807 25857 25872
1 19 5958 8548 8860 11489 16845 18450 18469 19496 20190 23173
25262 25566 25668 25679 25858 25888 25915
7520 7690 8855 9183 14654 16695 17121 17854 18083 18428 19633
20470 20736 21720 22335 23273 25083 25293 25403
48 58 410 1299 3786 10668 18523 18963 20864 22106 22308 23033
23107 23128 23990 24286 24409 24595 25802
12 51 3894 6539 8276 10885 11644 12777 13427 14039 15954 17078
19053 20537 22863 24521 25087 25463 25838
3509 8748 9581 11509 15884 16230 17583 19264 20900 21001 21310
22547 22756 22959 24768 24814 25594 25626 25880
21 29 69 1448 2386 4601 6626 6667 10242 13141 13852 14137 18640
19951 22449 23454 24431 25512 25814
18 53 7890 9934 10063 16728 19040 19809 20825 21522 21800 23582
24556 25031 25547 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 24890 25758 25784 25807
34 40 44 4215 6076 7427 7965 8777 11017 15593 19542 22202 22973
23397 23423 24418 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
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 25548
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
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.

2. Thiết bị xử lý dữ liệu theo điểm 1, trong đó các bit thông tin bao gồm dữ liệu chương trình phát sóng truyền hình.
3. Thiết bị xử lý dữ liệu theo điểm 1, trong đó thiết bị được tạo cấu hình để truyền mã LDPC qua liên kết mặt đất.
4. Thiết bị xử lý dữ liệu theo điểm 1, trong đó thiết bị được tạo cấu hình để truyền mã LDPC qua liên kết vệ tinh.
5. Phương pháp xử lý dữ liệu bao gồm:

bước mã hóa mã hóa các bit thông tin thành mã LDPC (Low Density Parity Check – kiểm tra chẵn lẻ mật độ thấp) có độ dài mã, N , là 64800 bit và tỷ lệ mã, r , là 18/30 trên cơ sở ma trận kiểm tra chẵn lẻ của mã LDPC, trong đó:

mã LDPC bao gồm các bit thông tin và các bit chẵn lẻ,

các bit thông tin bao gồm dữ liệu hình ảnh và dữ liệu audio,

ma trận kiểm tra chẵn lẻ bao gồm phần ma trận thông tin có kích thước $M \times K$ tương ứng với các bit thông tin và phần ma trận chẵn lẻ có kích thước $M \times M$ tương ứng với các bit chẵn lẻ, K là độ dài thông tin và M là độ dài chẵn lẻ, trong đó $N = K + M$ và $K = N \times r$,

phần ma trận chẵn lẻ có cấu hình bậc thang, trong đó các phần tử “1” được bố trí theo kiểu từng bậc, trong đó trọng số hàng là 1 tại hàng thứ nhất và 2 tại các hàng còn lại và trong đó trọng số cột là 1 tại cột cuối cùng và 2 tại các cột còn lại,

phần ma trận thông tin được thể hiện bởi bảng giá trị ban đầu ma trận

kiểm tra chẵn lẻ, trong đó bảng giá trị ban đầu ma trận kiểm tra chẵn lẻ là bảng thể hiện tại hàng thứ i của nó, $1 \leq i \leq K/360$, các vị trí của các phần tử “1” trong cột thứ $(1 + 360 \times (i-1))$ của ma trận thông tin, và trong đó dựa trên mỗi cột thứ $(1 + 360 \times (i-1))$, $1 \leq i \leq K/360$, các cột $(2 + 360 \times (i-1))$ đến $(360 \times i)$ của ma trận thông tin được xác định bằng cách dịch chuyển xuống theo chu kỳ cột trước đó tương ứng theo $M/360$, và

bảng giá trị ban đầu ma trận kiểm tra chẵn lẻ bao gồm:

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 23938 25351 25590 25876 25910
 73 605 872 4008 6279 7653 10346 10799 12482 12935 13604 15909
 16526 19782 20506 22804 23629 24859 25600
 1445 1690 4304 4851 8919 9176 9252 13783 16076 16675 17274 18806
 18882 20819 21958 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 25635 25678 25807 25857 25872
 1 19 5958 8548 8860 11489 16845 18450 18469 19496 20190 23173
 25262 25566 25668 25679 25858 25888 25915
 7520 7690 8855 9183 14654 16695 17121 17854 18083 18428 19633
 20470 20736 21720 22335 23273 25083 25293 25403

48 58 410 1299 3786 10668 18523 18963 20864 22106 22308 23033
 23107 23128 23990 24286 24409 24595 25802
 12 51 3894 6539 8276 10885 11644 12777 13427 14039 15954 17078
 19053 20537 22863 24521 25087 25463 25838
 3509 8748 9581 11509 15884 16230 17583 19264 20900 21001 21310
 22547 22756 22959 24768 24814 25594 25626 25880
 21 29 69 1448 2386 4601 6626 6667 10242 13141 13852 14137 18640
 19951 22449 23454 24431 25512 25814
 18 53 7890 9934 10063 16728 19040 19809 20825 21522 21800 23582
 24556 25031 25547 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 24890 25758 25784 25807
 34 40 44 4215 6076 7427 7965 8777 11017 15593 19542 22202 22973
 23397 23423 24418 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
 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 25548
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
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.

6. Phương pháp xử lý dữ liệu theo điểm 5, trong đó các bit thông tin bao gồm dữ liệu chương trình phát sóng truyền hình.
7. Phương pháp xử lý dữ liệu theo điểm 5, trong đó phương pháp bao gồm sự truyền của mã LDPC qua liên kết mặt đất.
8. Phương pháp xử lý dữ liệu theo điểm 5, trong đó phương pháp bao gồm sự truyền của mã LDPC qua liên kết vệ tinh.
9. Thiết bị xử lý dữ liệu bao gồm:

bộ giải mã được tạo cấu hình để giải mã mã LDPC (Low Density Parity Check – kiểm tra chẵn lẻ mật độ thấp) có độ dài mã, N , là 64800 bit và tỷ lệ mã, r , là 18/30 trên cơ sở ma trận kiểm tra chẵn lẻ của mã LDPC, trong đó:

mã LDPC bao gồm các bit thông tin và các bit chẵn lẻ,

các bit thông tin bao gồm dữ liệu hình ảnh và dữ liệu audio, ma trận kiểm tra chẵn lẻ bao gồm phần ma trận thông tin có kích thước $M \times K$ tương ứng với các bit thông tin và phần ma trận chẵn lẻ có kích thước $M \times M$ tương ứng với các bit chẵn lẻ, K là độ dài thông tin và M là độ dài chẵn lẻ, trong đó $N = K + M$ và $K = N \times r$,

phần ma trận chẵn lẻ có cấu hình bậc thang, trong đó các phần tử “1” được bố trí theo kiểu từng bậc, trong đó trọng số hàng là 1 tại hàng thứ nhất và 2 tại các hàng còn lại và trong đó trọng số cột là 1 tại cột cuối cùng và 2 tại các cột còn lại,

phần ma trận thông tin được thể hiện bởi bảng giá trị ban đầu ma trận kiểm tra chẵn lẻ, trong đó bảng giá trị ban đầu ma trận kiểm tra chẵn lẻ là bảng thể hiện tại hàng thứ i của nó, $1 \leq i \leq K/360$, các vị trí của các phần tử “1” tại cột thứ $(1 + 360 \times (i-1))$ của ma trận thông tin, và trong đó dựa trên mỗi cột thứ $(1 + 360 \times (i-1))$, $1 \leq i \leq K/360$, các cột $(2 + 360 \times (i-1))$ đến $(360 \times i)$ của ma trận thông tin được xác định bằng cách dịch chuyển xuống theo chu kỳ cột trước đó tương ứng theo $M/360$, và

bảng giá trị ban đầu ma trận kiểm tra chẵn lẻ bao gồm:

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
21502	22023	23938	25351	25590	25876	25910				
73	605	872	4008	6279	7653	10346	10799	12482	12935	13604
16526	19782	20506	22804	23629	24859	25600				
1445	1690	4304	4851	8919	9176	9252	13783	16076	16675	17274
18882	20819	21958	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
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 25635 25678 25807 25857 25872
 1 19 5958 8548 8860 11489 16845 18450 18469 19496 20190 23173
 25262 25566 25668 25679 25858 25888 25915
 7520 7690 8855 9183 14654 16695 17121 17854 18083 18428 19633
 20470 20736 21720 22335 23273 25083 25293 25403
 48 58 410 1299 3786 10668 18523 18963 20864 22106 22308 23033
 23107 23128 23990 24286 24409 24595 25802
 12 51 3894 6539 8276 10885 11644 12777 13427 14039 15954 17078
 19053 20537 22863 24521 25087 25463 25838
 3509 8748 9581 11509 15884 16230 17583 19264 20900 21001 21310
 22547 22756 22959 24768 24814 25594 25626 25880
 21 29 69 1448 2386 4601 6626 6667 10242 13141 13852 14137 18640
 19951 22449 23454 24431 25512 25814
 18 53 7890 9934 10063 16728 19040 19809 20825 21522 21800 23582
 24556 25031 25547 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 24890 25758 25784 25807
 34 40 44 4215 6076 7427 7965 8777 11017 15593 19542 22202 22973
 23397 23423 24418 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
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 25548
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

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.

10. Thiết bị xử lý dữ liệu theo điểm 9, trong đó các bit thông tin bao gồm dữ liệu

chương trình phát sóng truyền hình.

11. Thiết bị xử lý dữ liệu theo điểm 9, trong đó thiết bị bao gồm việc thu mã LDPC qua liên kết mặt đất.

12. Thiết bị xử lý dữ liệu theo điểm 10, trong đó thiết bị bao gồm việc thu mã LDPC qua liên kết vệ tinh.

13. Bộ thu truyền hình bao gồm thiết bị xử lý dữ liệu theo điểm bất kỳ trong số các điểm 9 đến 12.

14. Phương pháp xử lý dữ liệu bao gồm:

bước giải mã giải mã mã LDPC (Low Density Parity Check – kiểm tra chẵn lẻ mật độ thấp) có độ dài mã, N , là 64800 bit và tỷ lệ mã, r , là 18/30 trên cơ sở ma trận kiểm tra chẵn lẻ của mã LDPC, trong đó

mã LDPC bao gồm các bit thông tin và các bit chẵn lẻ,

các bit thông tin bao gồm dữ liệu hình ảnh và dữ liệu audio,

ma trận kiểm tra chẵn lẻ bao gồm phần ma trận thông tin có kích thước $M \times K$ tương ứng với các bit thông tin và phần ma trận chẵn lẻ có kích thước $M \times M$ tương ứng với các bit chẵn lẻ, K là độ dài thông tin và M là độ dài chẵn lẻ, trong đó $N = K + M$ và $K = N \times r$,

phần ma trận chẵn lẻ có cấu hình bậc thang, trong đó các phần tử “1” được bố trí theo kiểu từng bậc, trong đó trọng số hàng là 1 tại hàng thứ nhất và 2 tại các hàng còn lại và trong đó trọng số cột là 1 tại cột cuối cùng và 2 tại các cột còn lại,

phần ma trận thông tin được thể hiện bởi bảng giá trị ban đầu ma trận kiểm tra chẵn lẻ, trong đó bảng giá trị ban đầu ma trận kiểm tra chẵn lẻ là bảng thể hiện tại hàng thứ i của nó, $1 \leq i \leq K/360$, các vị trí của các phần tử “1” tại cột thứ $(1 + 360 \times (i-1))$ của ma trận thông tin, và trong đó dựa trên mỗi cột thứ $(1 + 360 \times (i-1))$, $1 \leq i \leq K/360$, các cột $(2 + 360 \times (i-1))$ đến $(360 \times i)$ của ma trận thông tin được xác định bằng cách dịch chuyển xuống theo chu kỳ cột trước đó tương ứng theo $M/360$, và

bảng giá trị ban đầu ma trận kiểm tra chẵn lẻ bao gồm:

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 23938 25351 25590 25876 25910
 73 605 872 4008 6279 7653 10346 10799 12482 12935 13604 15909
 16526 19782 20506 22804 23629 24859 25600
 1445 1690 4304 4851 8919 9176 9252 13783 16076 16675 17274 18806
 18882 20819 21958 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 25635 25678 25807 25857 25872
 1 19 5958 8548 8860 11489 16845 18450 18469 19496 20190 23173
 25262 25566 25668 25679 25858 25888 25915
 7520 7690 8855 9183 14654 16695 17121 17854 18083 18428 19633
 20470 20736 21720 22335 23273 25083 25293 25403
 48 58 410 1299 3786 10668 18523 18963 20864 22106 22308 23033
 23107 23128 23990 24286 24409 24595 25802
 12 51 3894 6539 8276 10885 11644 12777 13427 14039 15954 17078
 19053 20537 22863 24521 25087 25463 25838
 3509 8748 9581 11509 15884 16230 17583 19264 20900 21001 21310
 22547 22756 22959 24768 24814 25594 25626 25880

21 29 69 1448 2386 4601 6626 6667 10242 13141 13852 14137 18640
19951 22449 23454 24431 25512 25814

18 53 7890 9934 10063 16728 19040 19809 20825 21522 21800 23582
24556 25031 25547 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 24890 25758 25784 25807

34 40 44 4215 6076 7427 7965 8777 11017 15593 19542 22202 22973
23397 23423 24418 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

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 25548
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
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.

15. Phương pháp xử lý dữ liệu theo điểm 14, trong đó các bit thông tin bao gồm dữ liệu chương trình phát sóng truyền hình.
16. Phương pháp xử lý dữ liệu theo điểm 14, trong đó phương pháp bao gồm việc thu mã LDPC qua liên kết mặt đất.
17. Phương pháp xử lý dữ liệu theo điểm 14, trong đó phương pháp bao gồm việc thu mã LDPC qua liên kết vệ tinh.
18. Phương tiện ghi lưu trữ các lệnh mà khi được thực hiện bởi máy tính khiến máy tính thực hiện phương pháp xử lý dữ liệu theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 5 đến 8.
19. Phương tiện ghi lưu trữ các lệnh mà khi được thực hiện bởi máy tính khiến máy tính thực hiện phương pháp xử lý dữ liệu theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 14 đến 17.

FIG. 1

[illegible]

FIG. 2

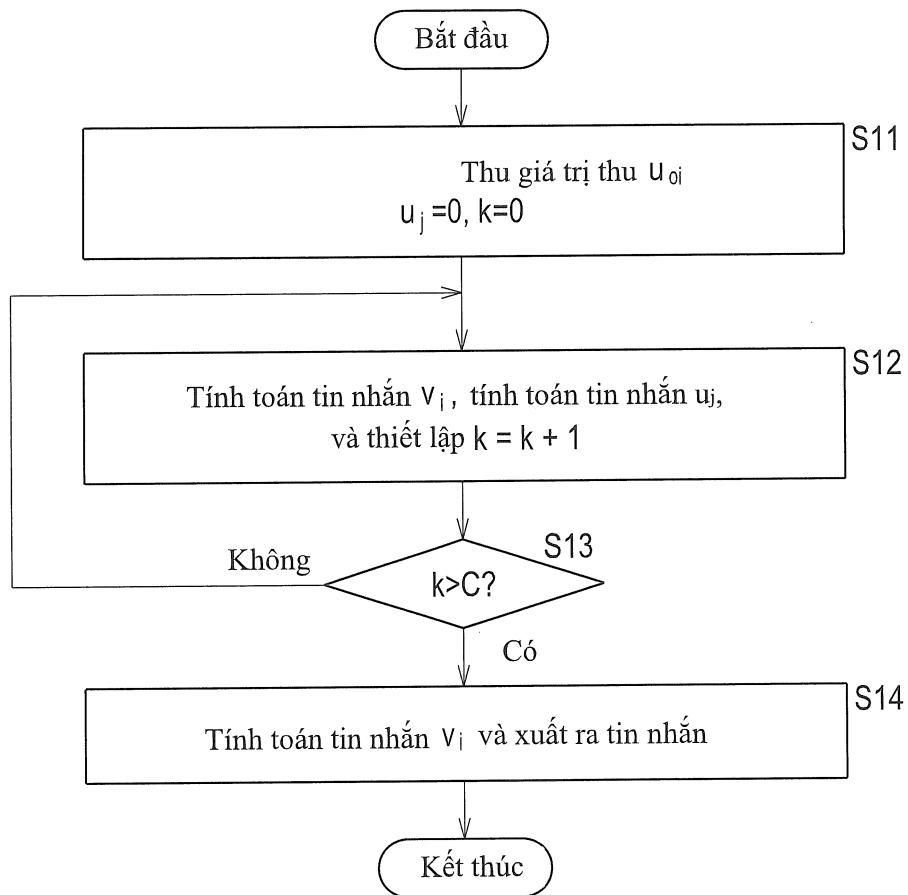


FIG. 3

$$H = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

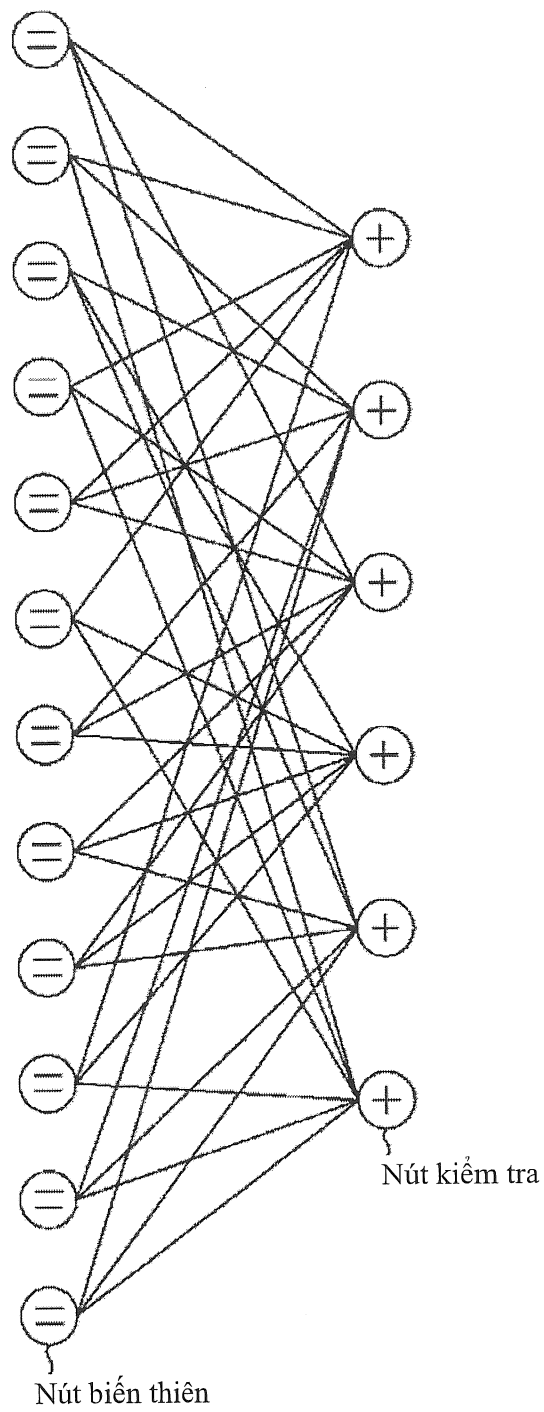
FIG. 4

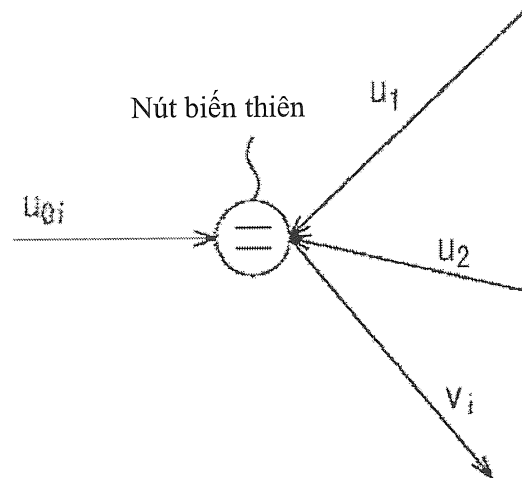
FIG. 5

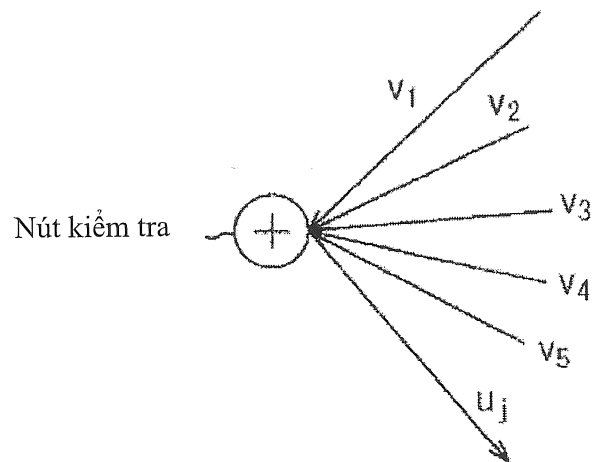
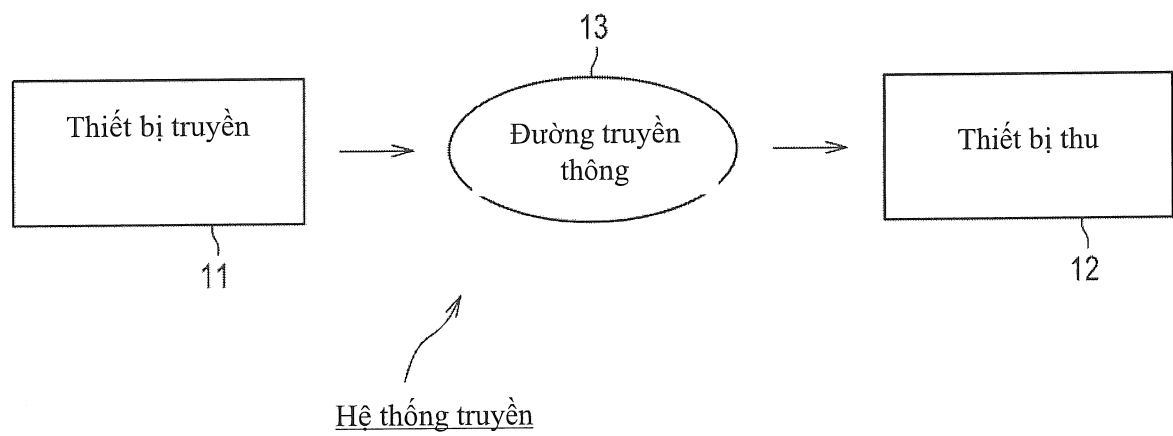
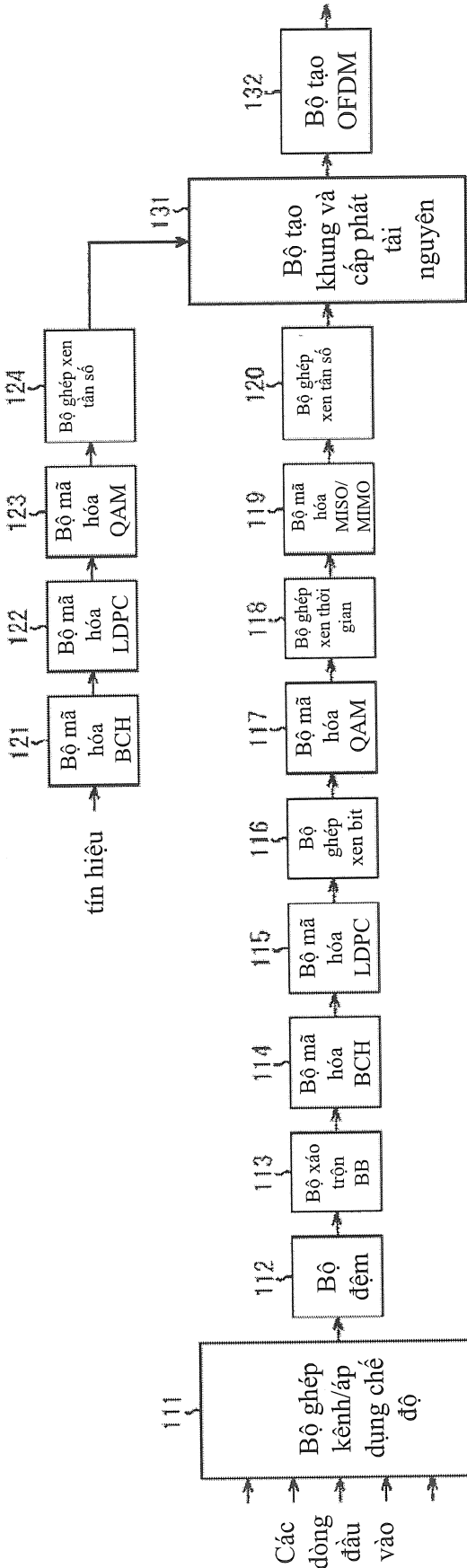
FIG. 6

FIG. 7

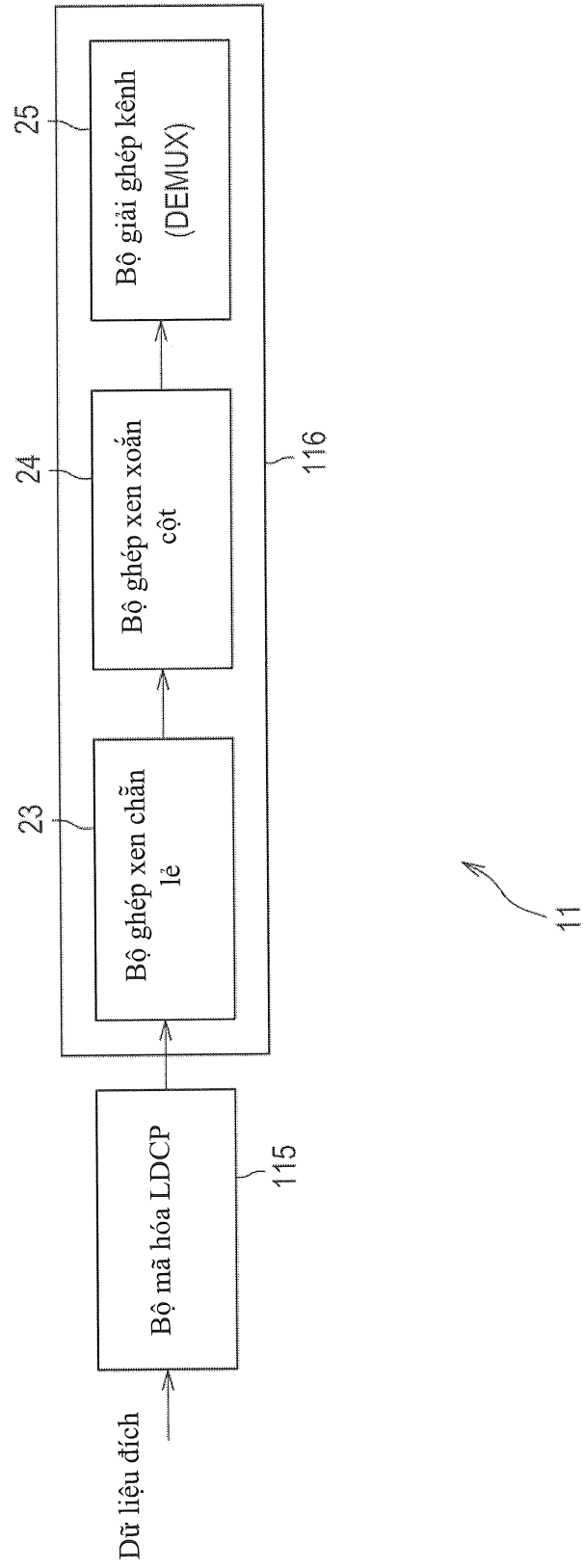
8/130

FIG. 8



11

9/130

FIG. 9

10/130
FIG. 10

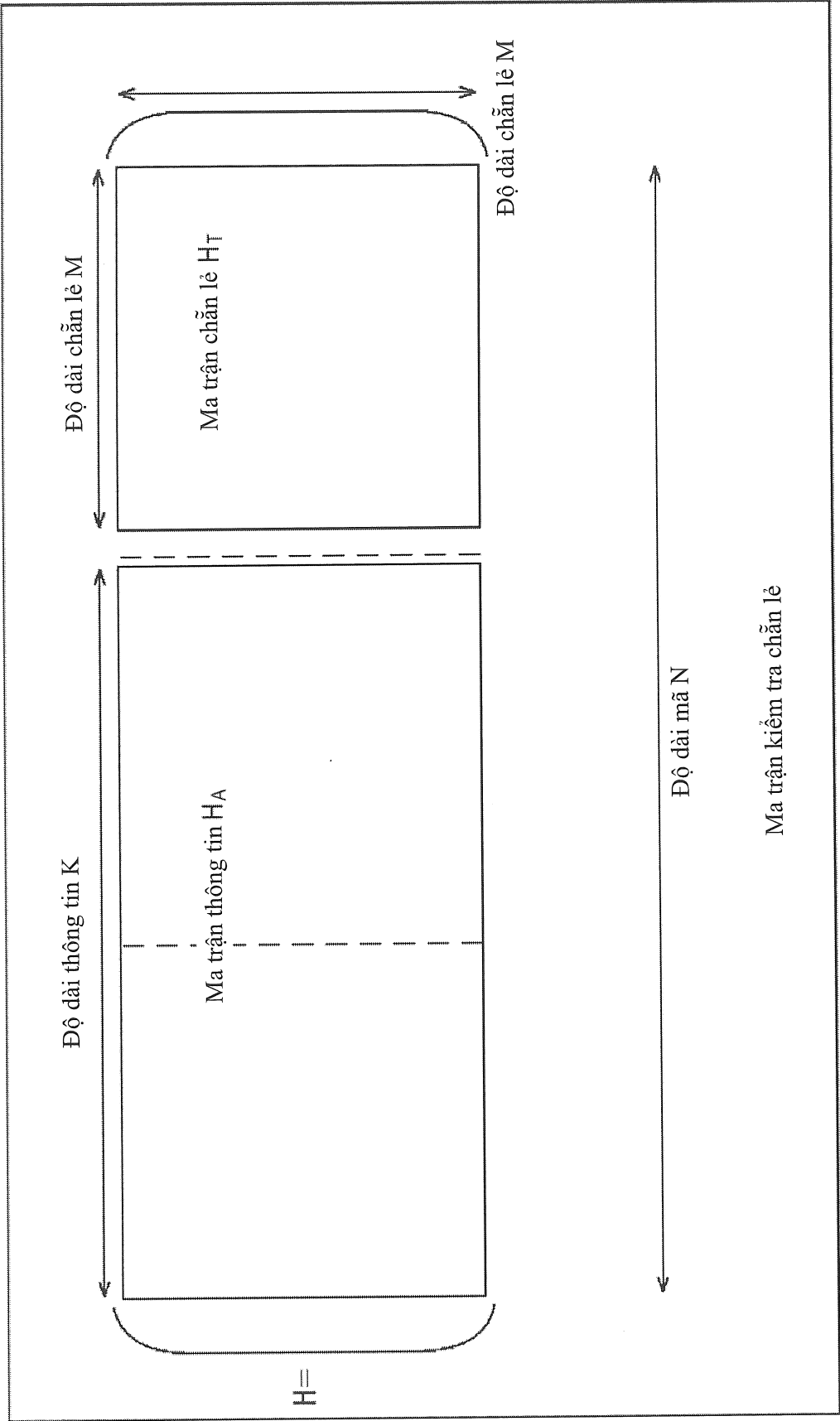


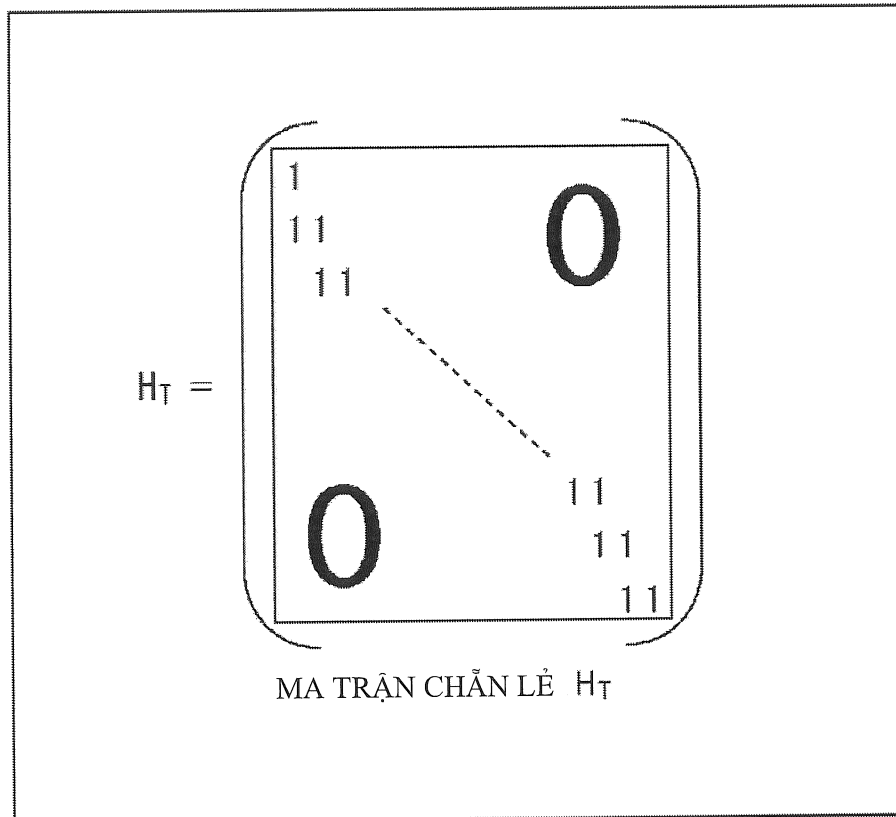
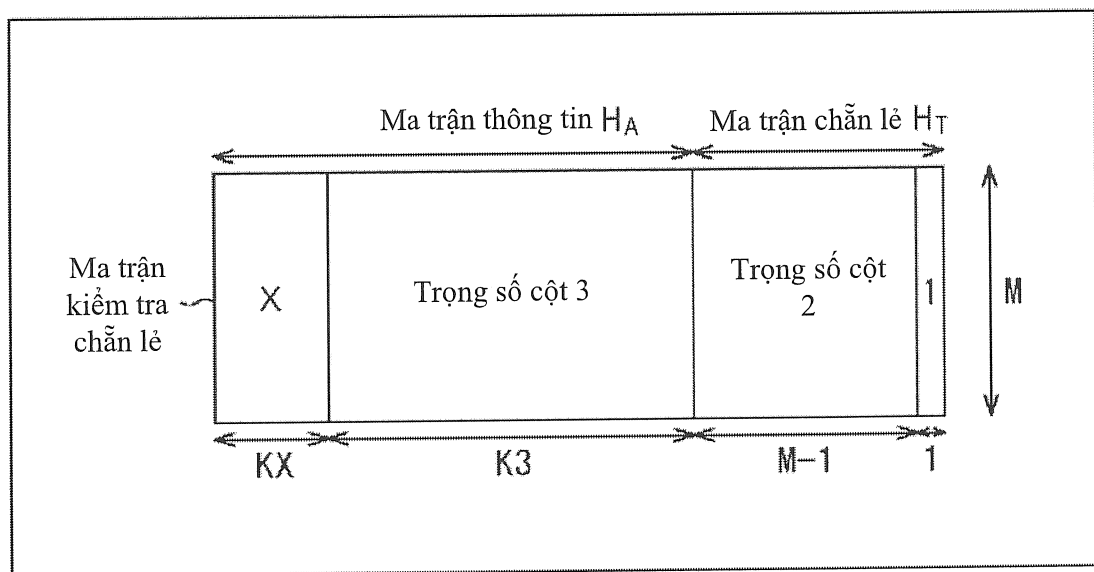
FIG. 11

FIG. 12

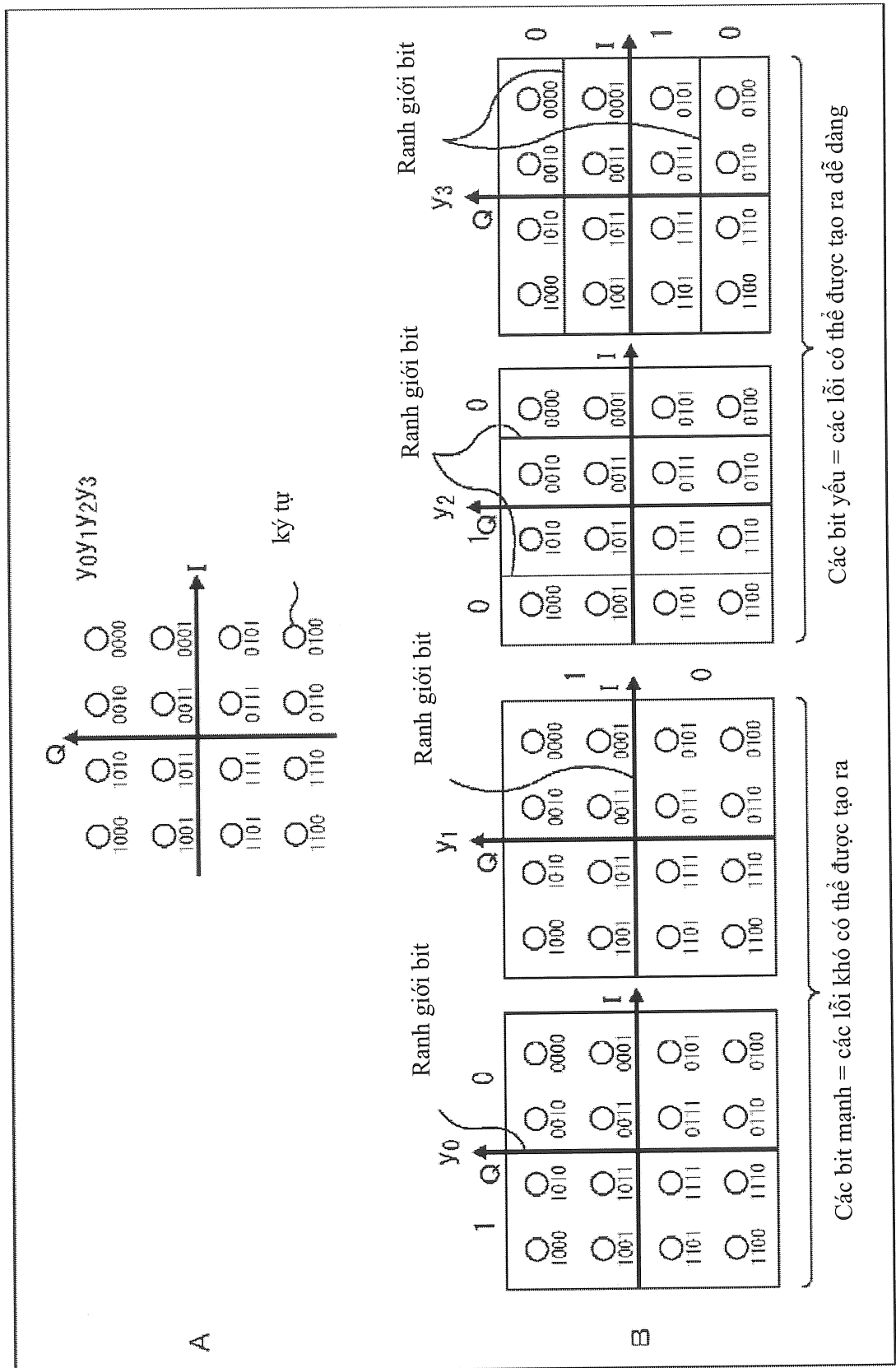
Số lượng cột
của mỗi trọng
số cột

13/130

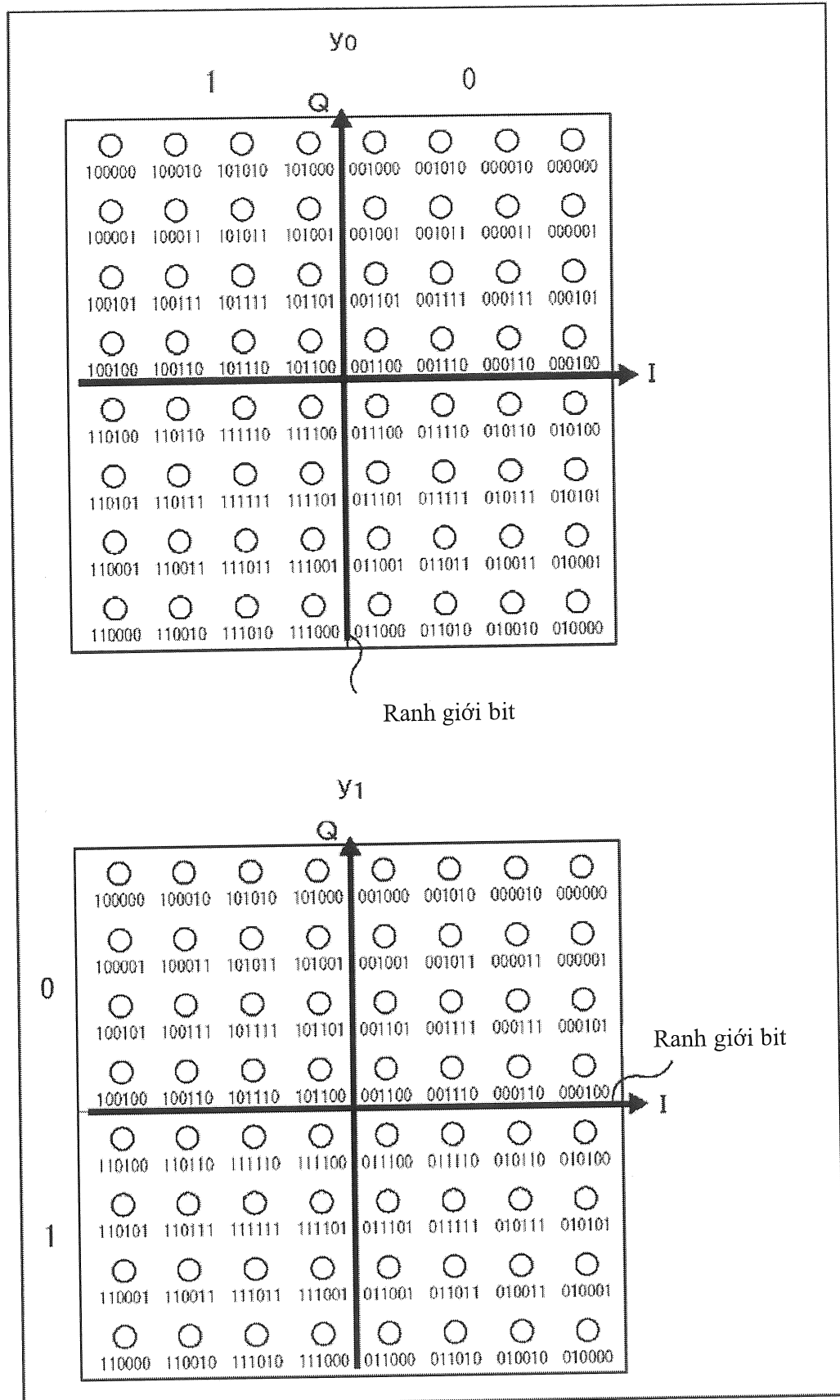
FIG. 13

Các tỷ lệ mã hóa danh định	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				

14/130

FIG. 14

15/130

FIG. 15

16/130

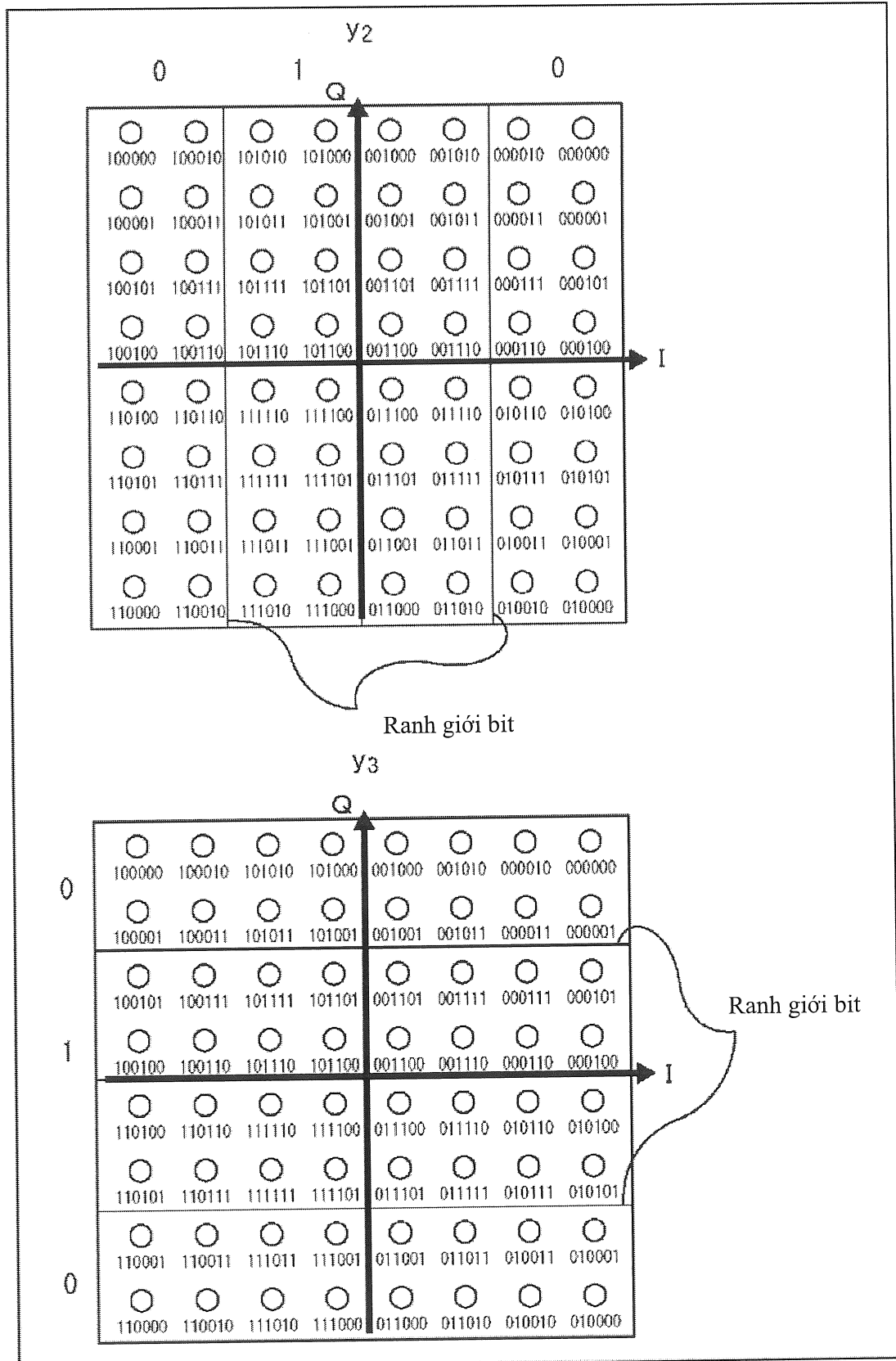
FIG. 16

FIG. 17

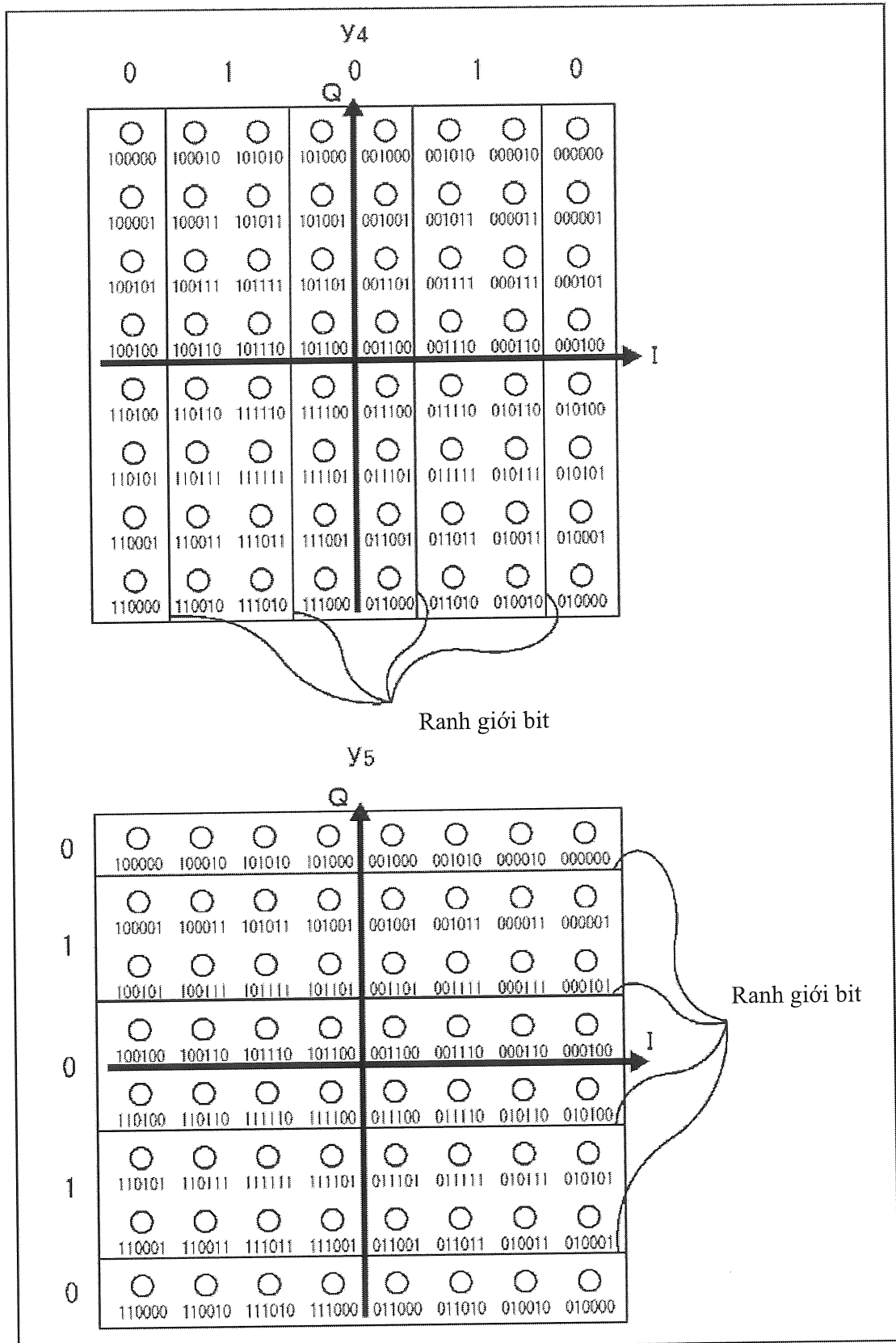


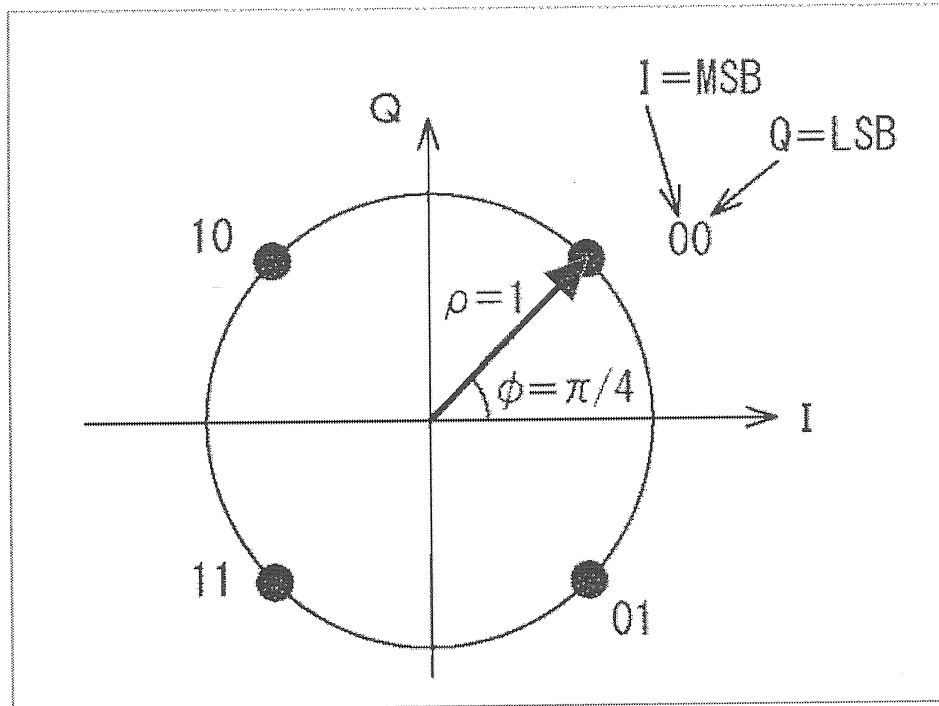
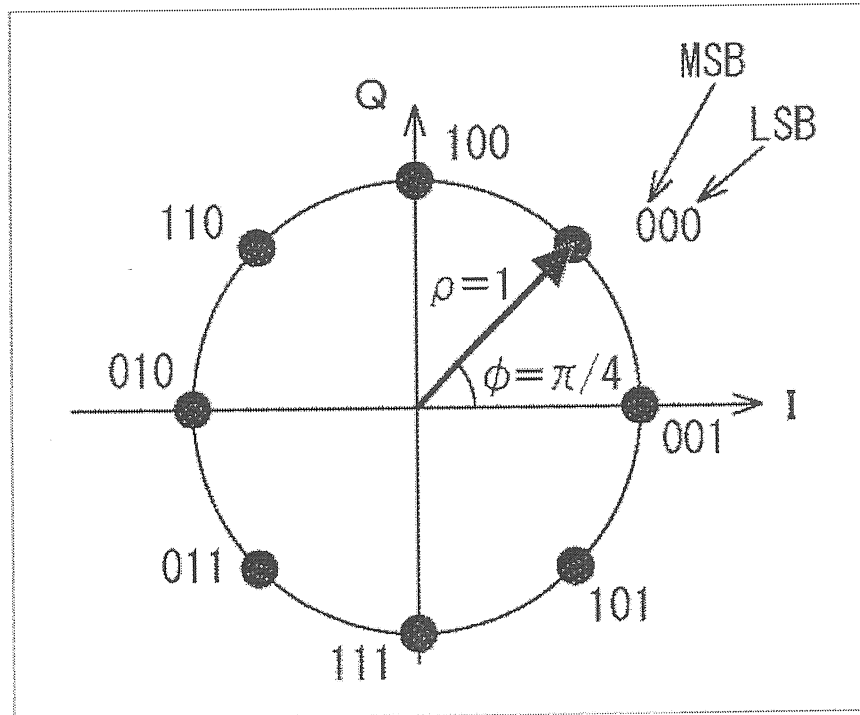
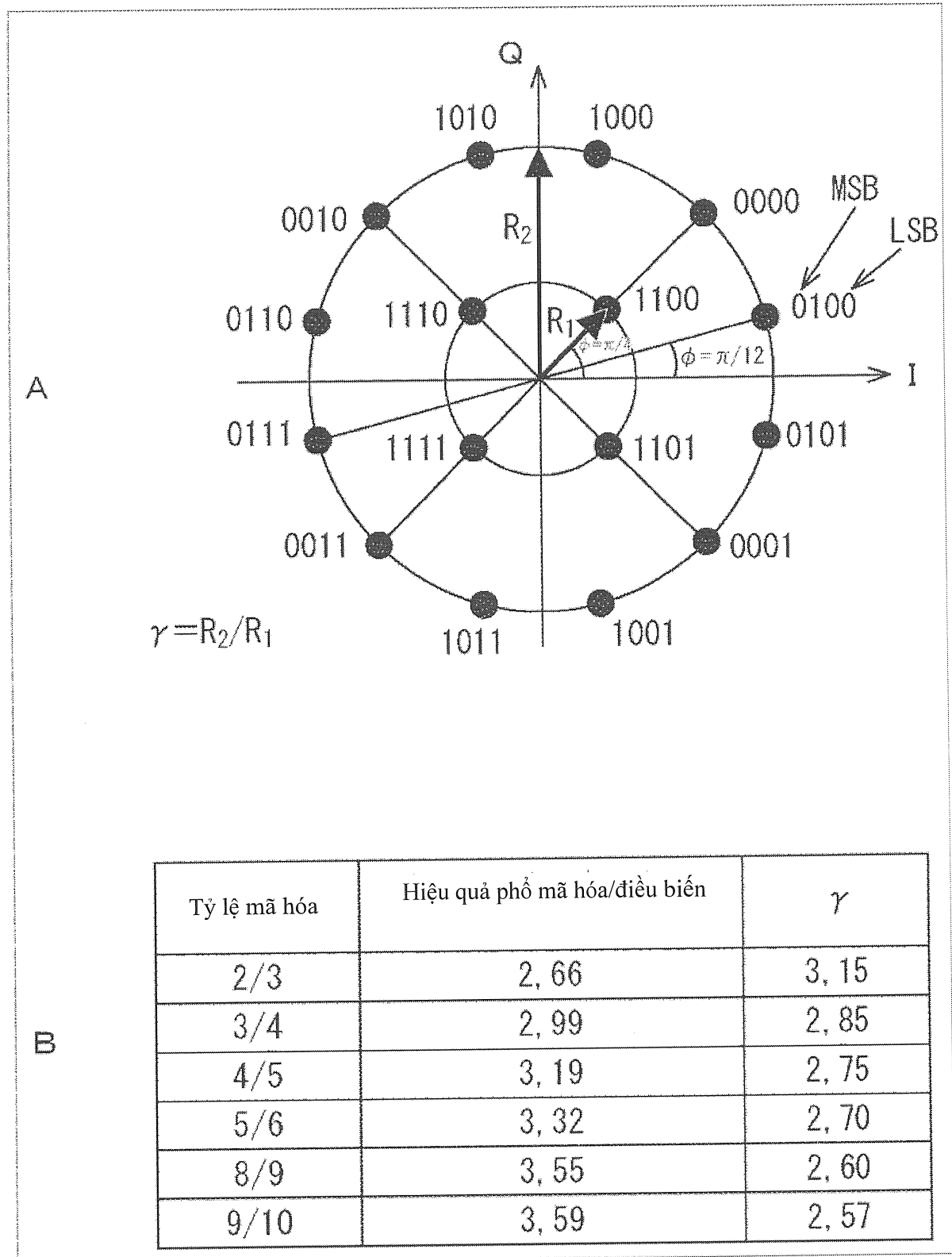
FIG. 18

FIG. 19

20/130

FIG. 20

22/130

FIG. 22

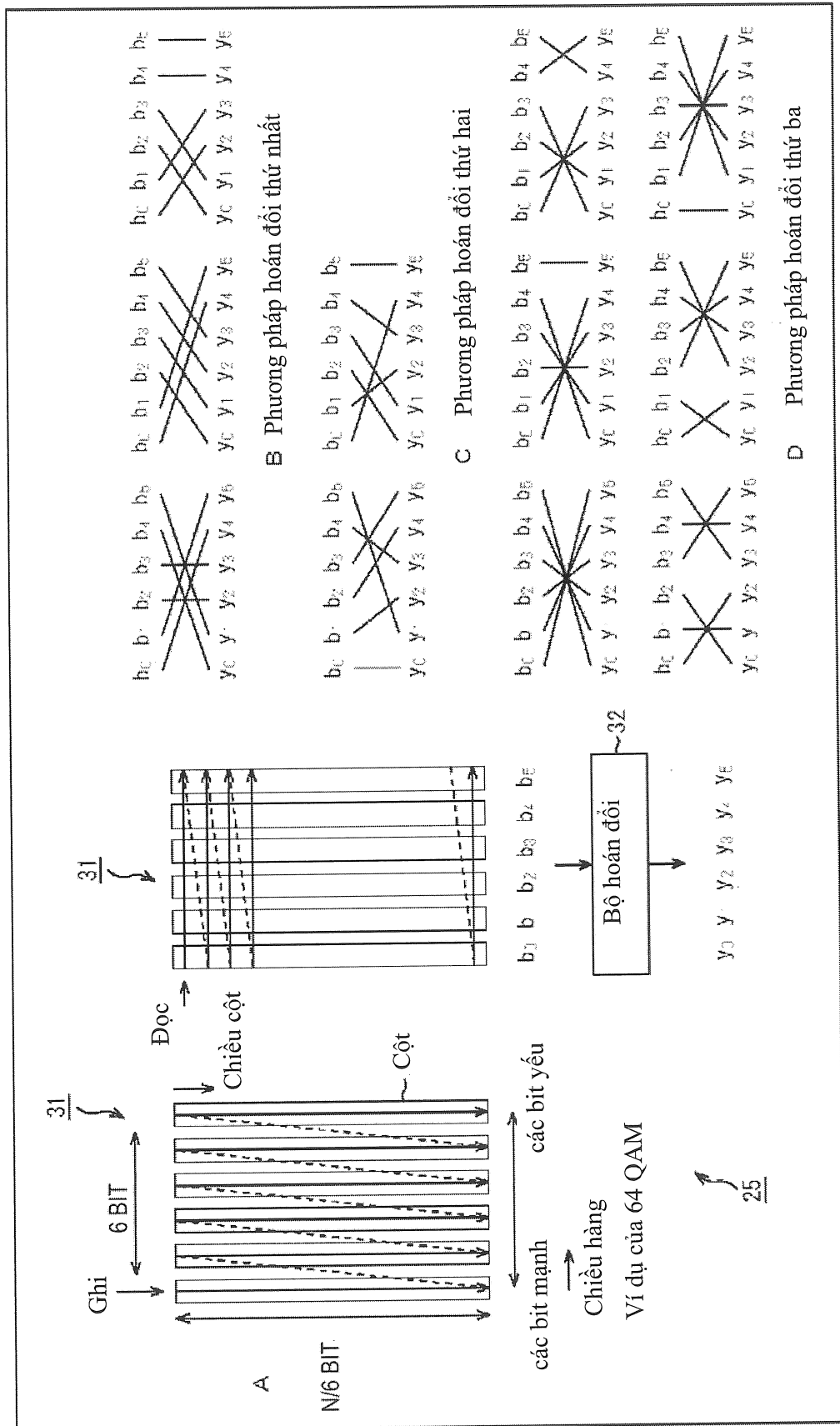
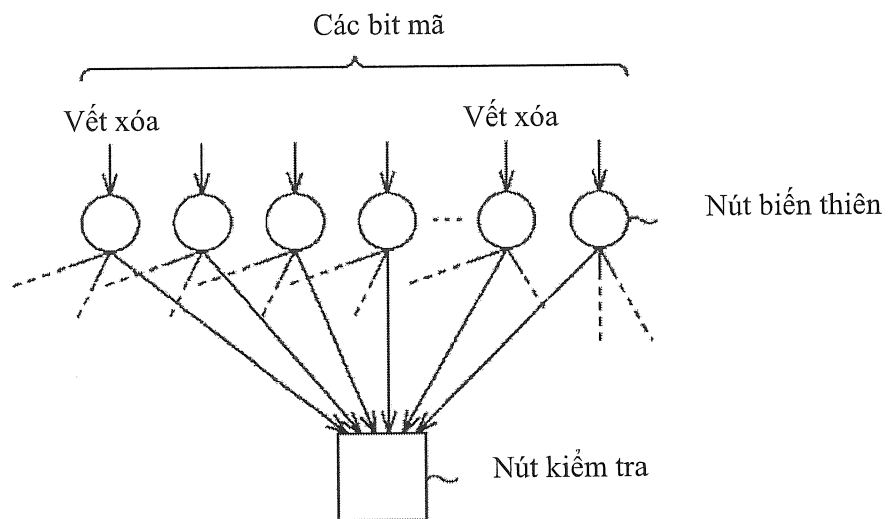


FIG. 24

26/130

FIG. 26

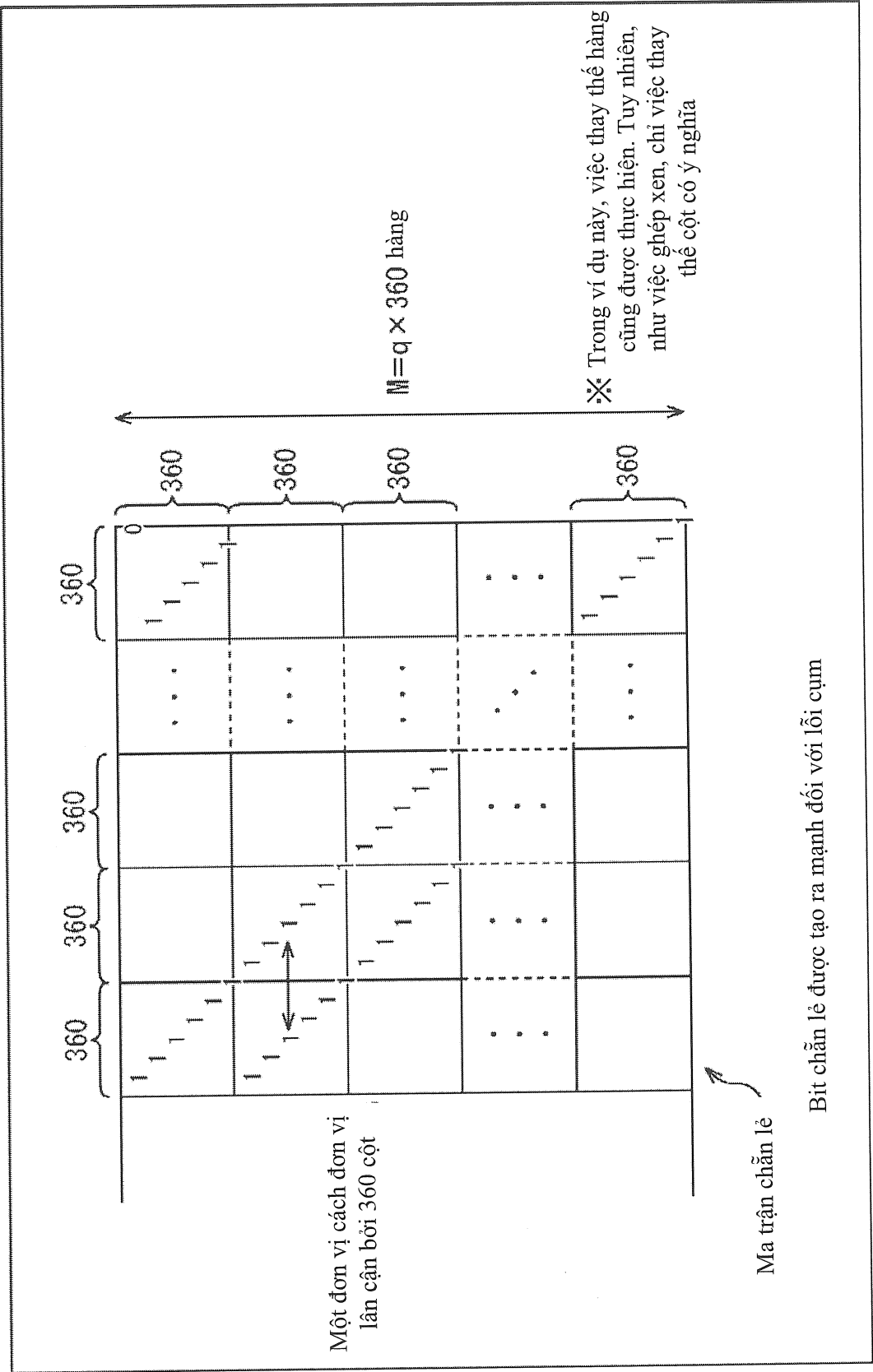
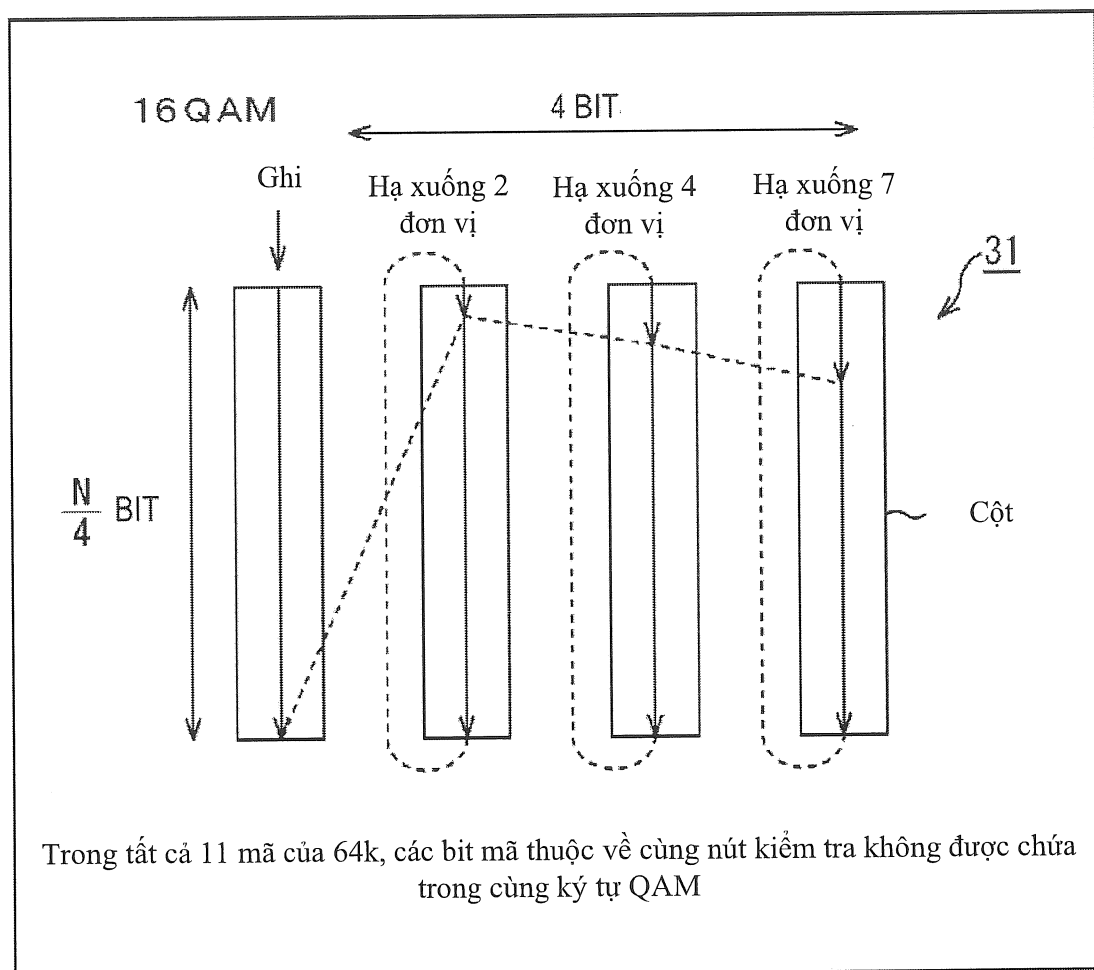


FIG. 28

29/130

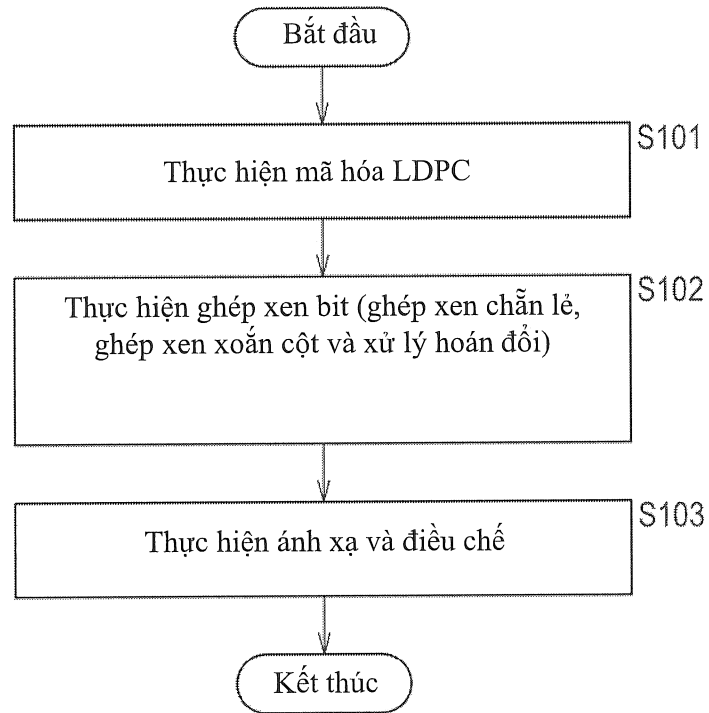
FIG. 29

Vị trí bắt đầu ghi của mỗi mb cột																											
Số lượng cột nhớ cần thiết	$b = 1$ $\left(\begin{array}{c} \text{Các phương} \\ \text{pháp hoán đổi} \\ \text{thứ nhất đến} \\ \text{thứ ba} \end{array} \right)$	$b = 2$ $\left(\begin{array}{c} \text{Phương} \\ \text{pháp hoán} \\ \text{đổi thứ tư} \end{array} \right)$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
2	QPSK			0	2																						
4	16QAM	QPSK		0	2	4	7																				
6	64QAM			0	2	5	9	10	13																		
8	256QAM	16QAM		0	0	2	4	4	5	7	7																
10	1024QAM			0	3	6	8	11	13	15	17	18	20														
12	4096QAM	64QAM		0	0	2	2	3	4	4	5	5	7	8	9												
16		256QAM		0	2	2	2	2	3	7	15	16	20	22	22	27	28	32									
20		1024QAM		0	1	3	4	5	6	6	9	13	14	14	16	21	21	23	25	25	26	28	30				
24		4096QAM		0	5	8	8	8	8	10	10	10	12	13	16	17	19	21	22	23	26	27	39	40	41	41	

30/130

FIG.30

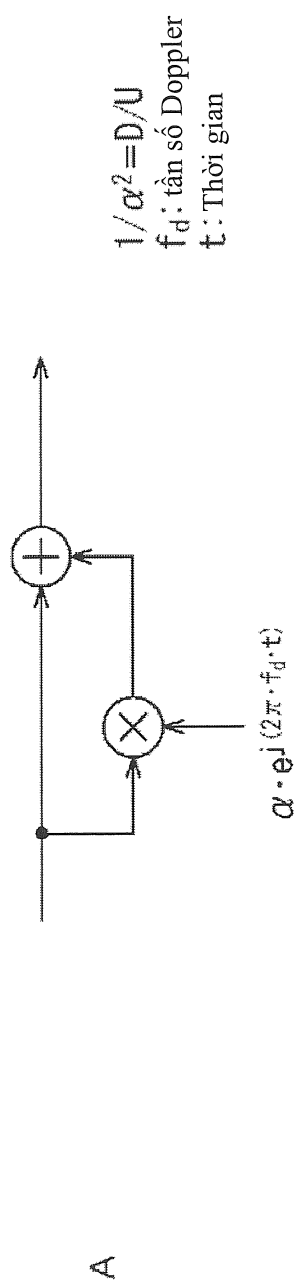
		Vị trí bắt đầu ghi của mỗi mb cột																								
Số lượng cột nhớ cần thiết	$\left(\begin{array}{c} b = 1 \\ \text{Các phương} \\ \text{pháp hoán đổi} \\ \text{thứ nhất đến} \\ \text{thứ ba} \end{array} \right)$	$\left(\begin{array}{c} b = 2 \\ \text{Phương} \\ \text{pháp hoán} \\ \text{đổi thứ tư} \end{array} \right)$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
2	QPSK		0	0																						
4	16QAM	QPSK	0	2	3	3																				
6	64QAM		0	0	2	3	7	7																		
8	256QAM	16QAM	0	0	0	1	7	20	20	21																
10	1024QAM		0	1	2	2	3	3	4	4	5	7														
12	4096QAM	64QAM	0	0	0	2	2	2	3	3	3	6	7	7												
20		1024QAM	0	0	0	2	2	2	2	2	5	5	5	5	5	7	7	7	7	8	8	10				
24		4096QAM	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	2	2	2	3	7	9	9	10	10	10	10	10	11	

FIG. 31

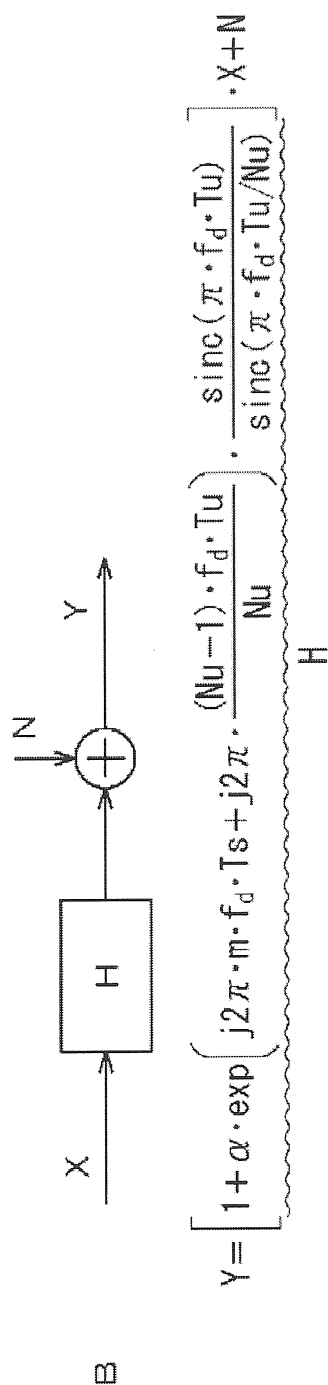
32/130

FIG. 32

Mô hình suy giảm tương đương của méo rung



Ký tự OFDM được truyền bởi kênh và mô phỏng được thực hiện bởi mô hình được tách bởi một sóng mang sau khi FFT tại phía thu

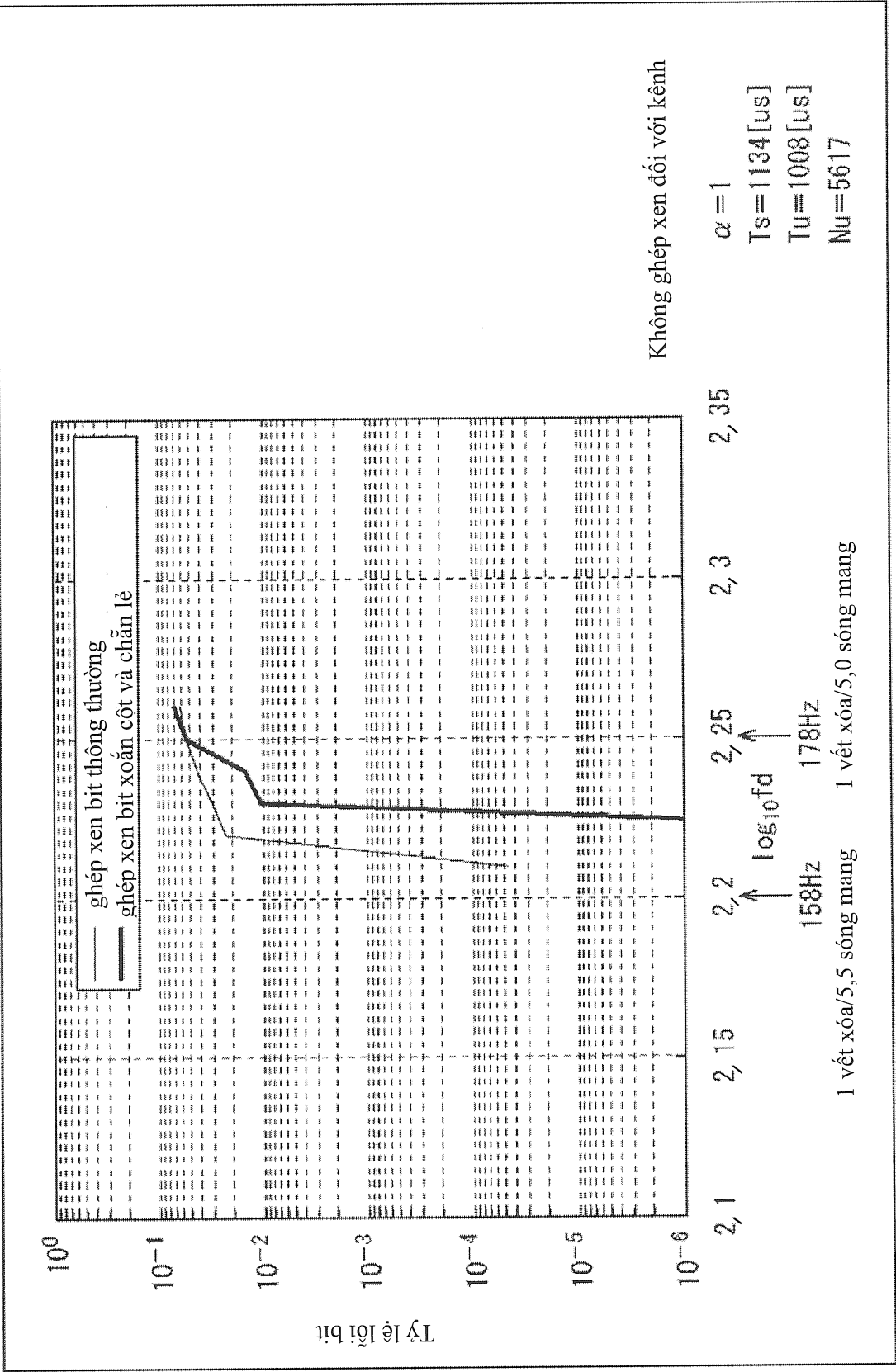


$$E[N^2] = \alpha^2 \cdot \left[1 - \left| \frac{\text{sinc}(\pi \cdot f_d \cdot Tu)}{\text{sinc}(\pi \cdot f_d \cdot Tu / Nu)} \right|^2 \right]$$

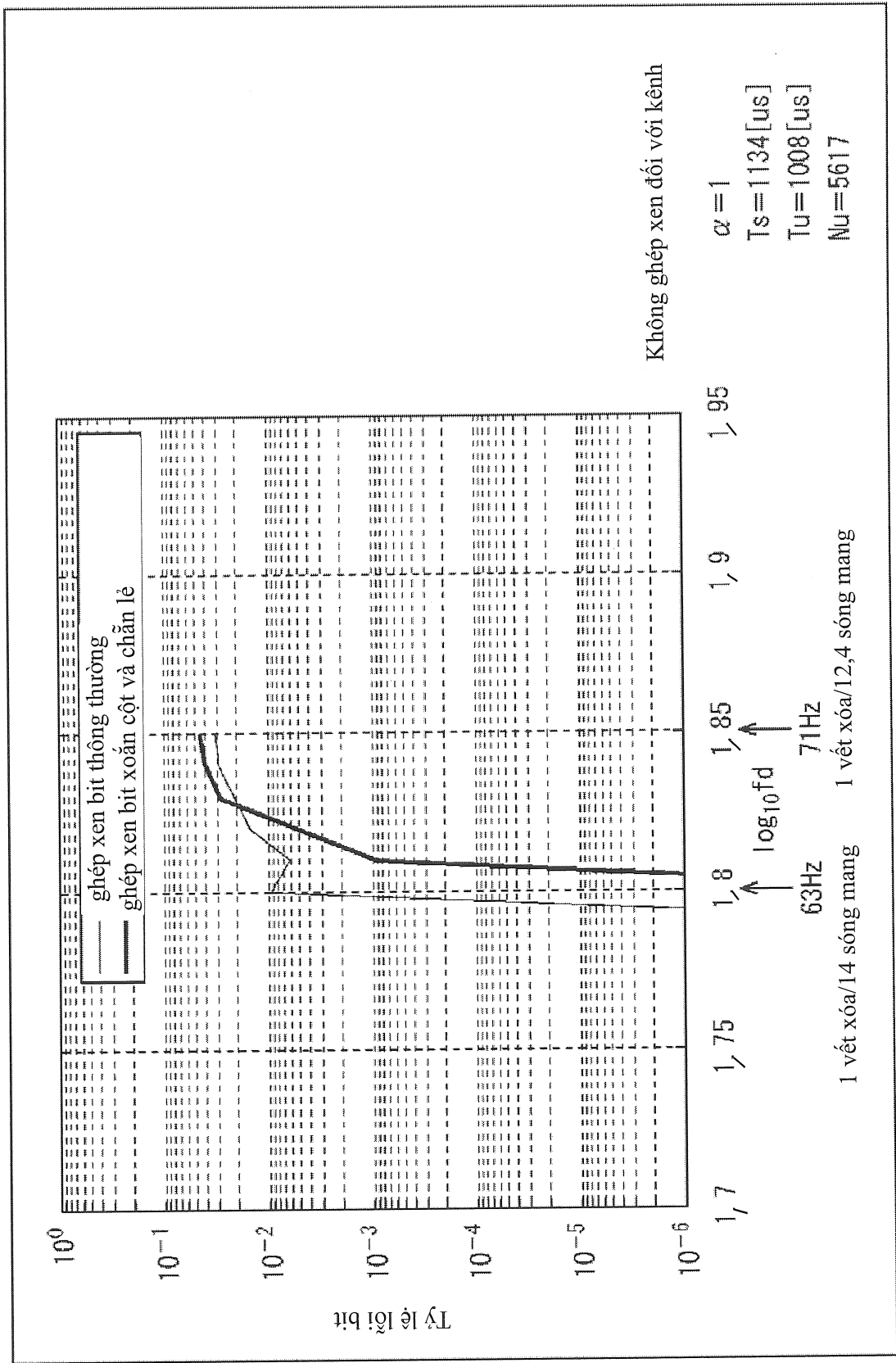
Công suất của $|C|$: được lấy xấp xỉ bởi AWGN

m : số ký tự
 T_s : độ dài ký tự (giây)
 T_u : độ dài ký tự hiệu dụng (giây)
 N_u : Số lượng sóng mang OFDM

33/130
FIG. 33



34/130
FIG. 34



35/130

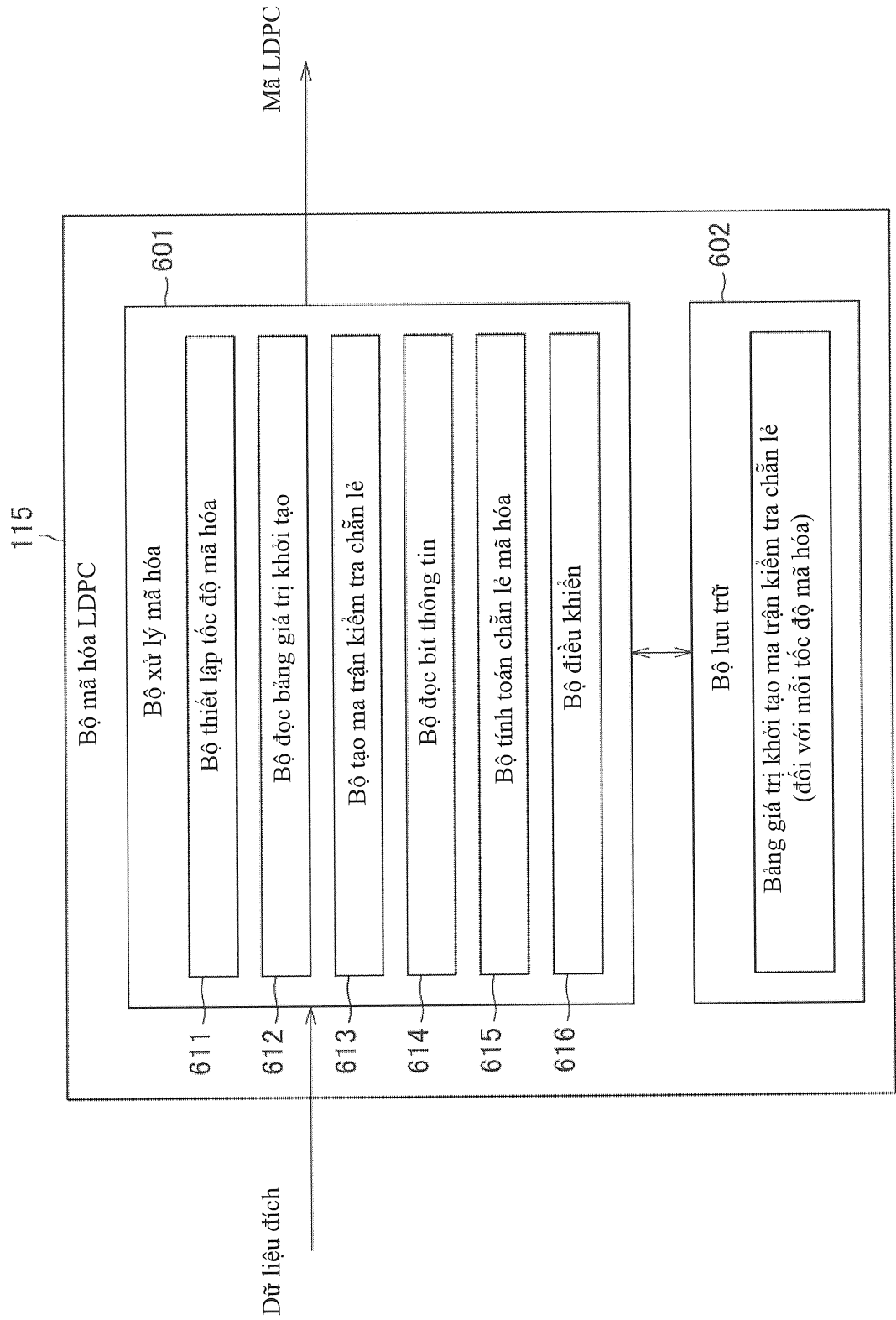
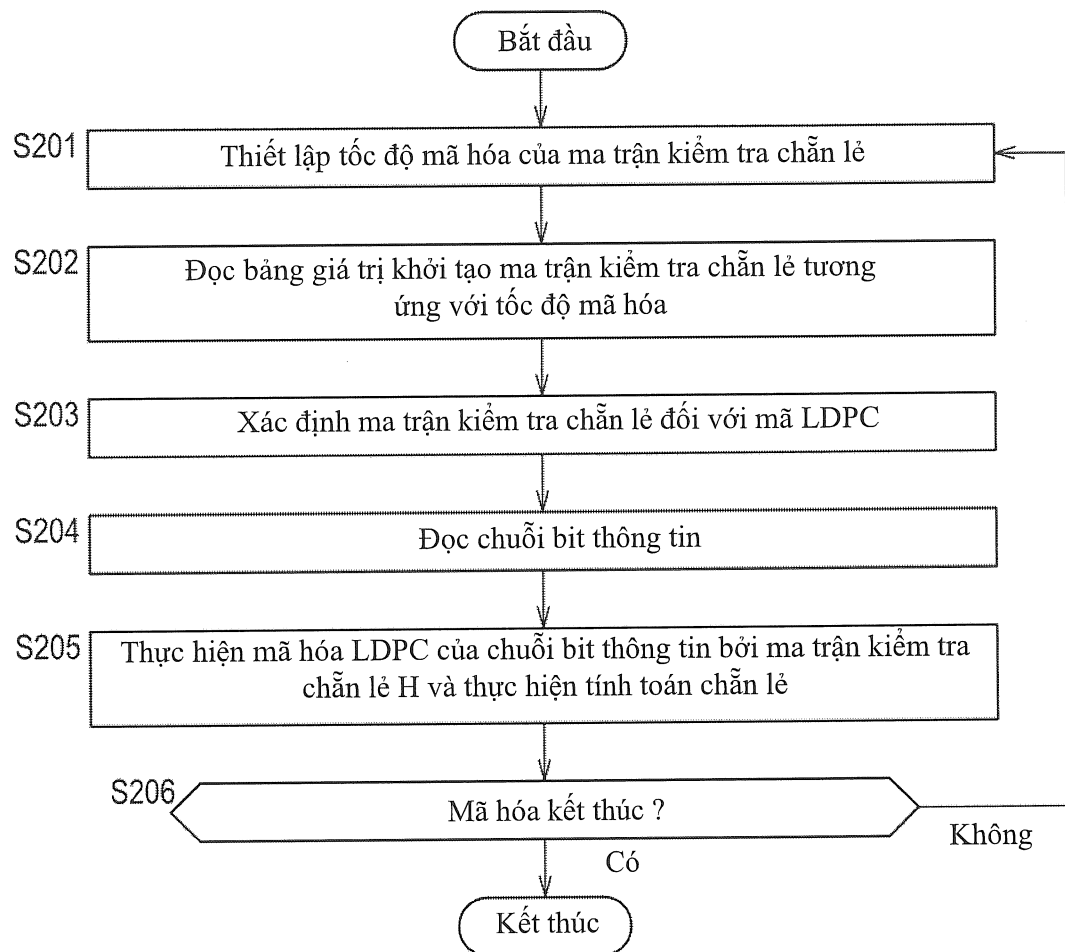
FIG. 35

FIG. 36

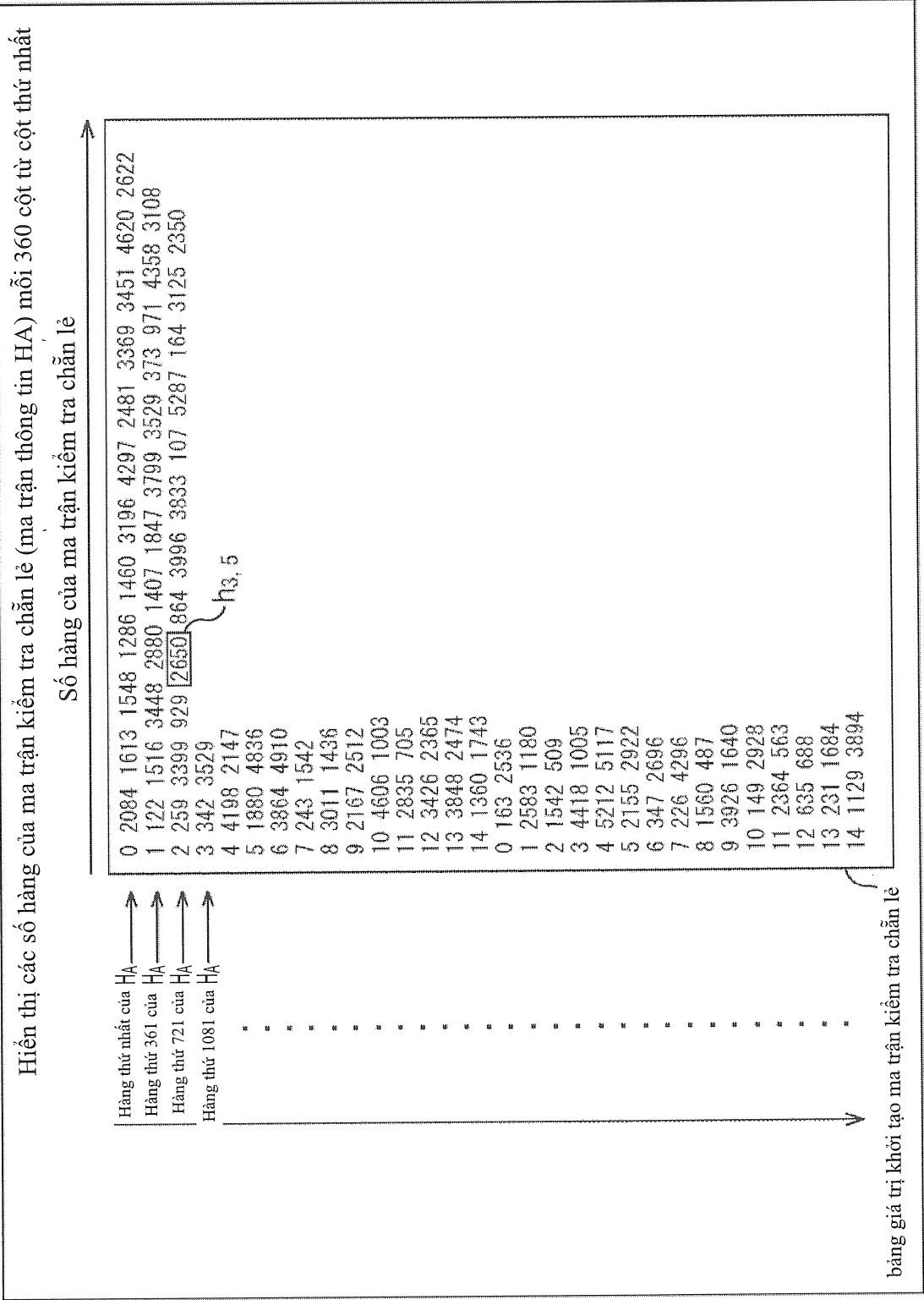
37/130

FIG. 37

r1/4 16K

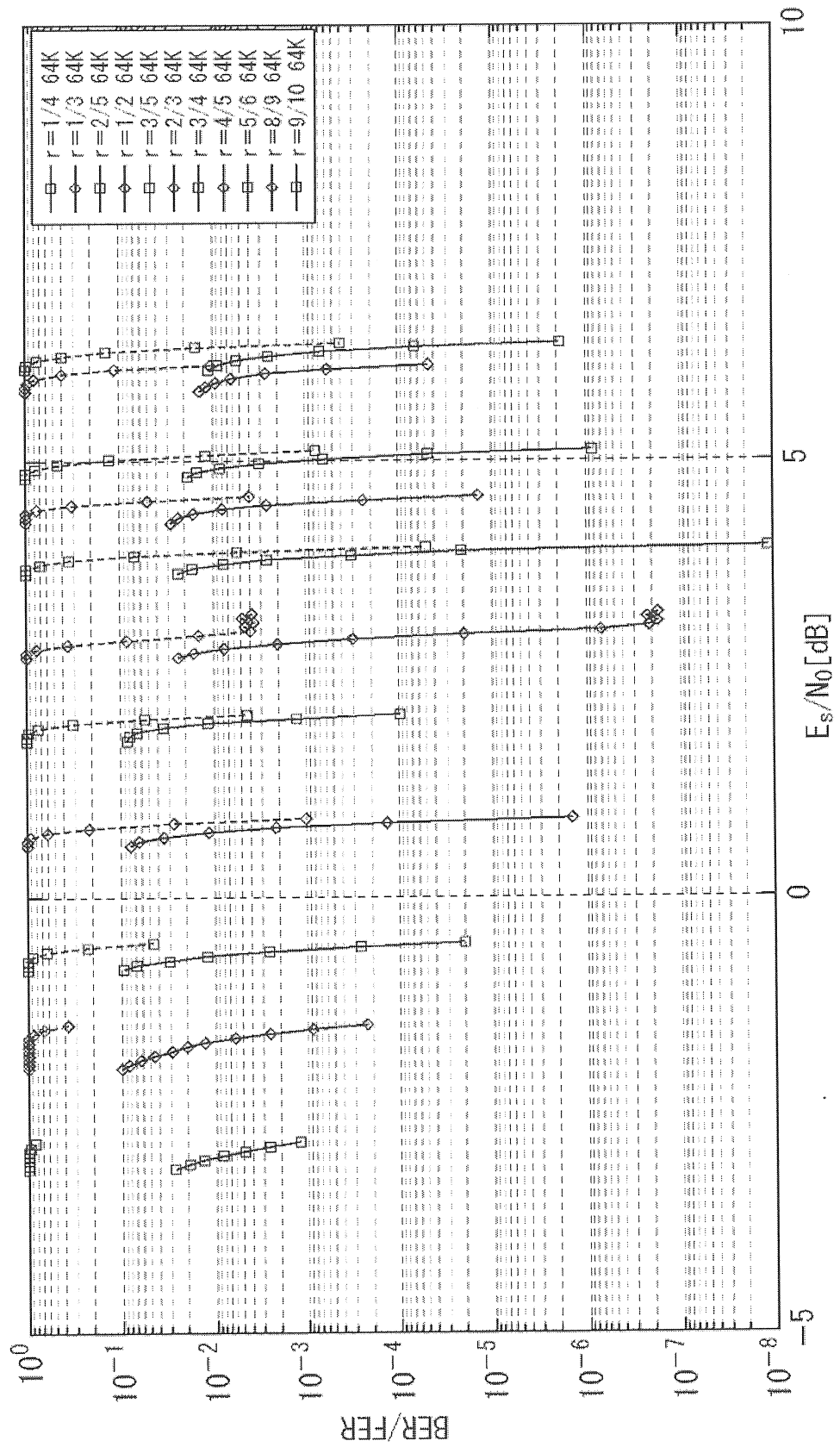
6295	9626	304	7695	4839	4936	1660	144	11203	5567	6347	12557
10691	4988	3859	3734	3071	3494	7687	10313	5964	8069	8296	11090
10774	3613	5208	11177	7676	3549	8746	6583	7239	12265	2674	4292
11869	3708	5981	8718	4908	10650	6805	3334	2627	10461	9285	11120
7844	3079	10773									
3385	10854	5747									
1360	12010	12202									
6189	4241	2343									
9840	12726	4977									

38/130
FIG. 38



39/130

FIG. 39



40/130

FIG. 40

N=64800, tỷ lệ =2/30

30 251 2458 3467 9897 12052 12191 15073 15949 16328 16972 17704 20672 22200 22276 25349
 26106 28258 29737 30518 30951 32440 43031 46622 47113 52077 52609 52750 54295 55384 56954
 57155 57853 59942
 6985 7975 8681 10628 10866 13223 14882 18449 19570 24418 24538 24556 25926 26162 26947
 28181 30049 33678 35497 37980 41276 43443 44124 48684 50382 51223 53635 57661 58040 59128
 59300 59614 60200 60329
 1896 5169 7347 10895 14434 14583 15125 15279 17169 18374 20805 25203 29509 30267 30925
 33774 34653 34827 35707 36868 38136 38926 42690 43464 44624 46562 50291 50321 51544 56470
 56532 58199 58398 60423
 144 152 1236 8826 11983 12930 13349 19562 20564 30203 31766 35635 40367 40905 41792 41872
 42428 43828 44359 47973 48041 49046 50158 50786 55527 55541 57260 57353 57821 58770 59098
 59407 60358 60475
 2085 28320 37838 50085
 6903 21724 38880 59861
 17156 20293 21231 44440
 16799 38095 41049 44269
 11939 30310 39689 47323
 10563 17282 45331 60186
 19860 23595 59085 60417
 10403 19812 27225 48006

41/130

FIG. 41

N=64800, tỷ lệ =3/30

153 2939 6037 11618 12401 17787 18472 22673 25220 26245 29839 35106 36915 37622 37655
 45425 55595 56308 56726 58286
 146 160 9060 12867 16536 20818 31754 35546 36480 36698 56314 56509 56837 57342 57373
 57895 57947 58163 58202 58262
 58 1555 10183 10446 12204 16197 16830 17382 19144 19565 21476 29121 41158 49953 51531
 55642 57423 57587 57627 57974
 120 9906 12466 21668 26856 27304 28451 29413 30168 31274 33309 33499 37486 38265 43457
 50299 55218 56971 57059 58115
 80 6649 9541 12490 14153 14346 19926 20677 23672 42397 45629 46288 55935 56115 56555
 56865 56993 57921 58049 58190
 46 152 3536 7134 9040 10474 10504 11549 17066 19102 27486 29364 39577 39995 48289 56236
 57279 57560 57608 57930
 19824 21165 34427 58143
 22747 50215 50864 58176
 2943 31340 39711 57281
 1186 20802 27612 33409
 1347 20868 29222 48776
 19 8548 46255 56946
 10762 20467 48519
 39 7401 34355
 142 10827 17009
 1822 29424 39439
 5944 11349 28870
 4981 14731 15377

42/130

FIG. 42

N=64800, tỷ lệ =4/30

7248 8578 11266 16015 17433 18038 20159 20848 22164 23848 24516 25093 25888 28382 31701
 33259 33540 34615 36428 38595 38683 38814 41592 44323 44522 44859 45857 48657 49686 53354
 54260 54853 55069 55426 56127
 715 1505 3314 5537 6377 6750 11039 11271 15840 16615 24045 24314 24435 26992 28524 28745
 28935 32956 33359 34964 36217 37546 38189 42599 44326 49694 54236 54779 55501 55543 55721
 55865 55961 55966 55988
 70 116 613 2482 6204 6608 7392 13585 14175 14228 17842 20004 20142 21324 22575 24443
 24497 25394 26585 30222 37825 38548 41709 44999 50925 52186 53793 54177 54705 55096 55489
 55584 56019 56055 56151
 9 2054 3493 3584 3989 5916 11915 14323 15091 16998 17631 18645 18882 20510 27499 28990
 30054 32231 36556 37437 39651 41543 41963 42798 42937 44864 48056 48971 53104 54511 54610
 55151 55216 55470 55736
 30 81 110 294 1636 2152 4312 6098 9415 12105 14021 15226 15618 18614 21368 23154 28913
 29260 36969 37792 39386 42362 42949 43758 43765 44572 45877 46424 46948 47683 47903 48245
 51804 52166 53264
 3 50 987 1771 4255 9714 9907 13728 17807 20438 24206 24326 24458 26039 26898 35691 36875
 37877 38103 38398 38671 39288 40642 41533 41753 42069 45374 46377 48016 48165 48805 49392
 50660 51907 51968
 138 441 4163 6450 7419 10743 11330 14962 14984 15032 24819 28987 29221 33223 35464 37535
 38213 39085 39223 39925 41220 41341 41643 44944 46330 46870 47142 48577 49387 50732 52578
 53839 54085 55426 56132
 3773 41938 55428 55720
 8833 47844 49437 50265
 7054 31403 48642 53739
 2286 22401 42270 53546
 14435 24811 29047 36135
 21010 23783 55073 55612
 20516 27533 51132 52391
 884 22844 25100 56123
 1150 12133 44416 53752
 9761 38585 52021 55545
 1476 5057 49721 50744
 16334 39503 40494 43840
 24 31960 33866 53369
 22065 22989 32356 52287
 111 155 3706 13753
 17878 18240 27828 55776
 13582 47019 54558 55557

FIG. 43

N=64800, tỷ lệ =5/30

2035 5424 6737 8778 10775 15496 17467 21825 23901 27869 28939 29614 34298 34951 35578
 37326 39797 44488 45293 45900 49239 53415 53900
 2090 4170 12643 12925 13383 17659 23995 24520 25766 26042 26585 29531 31126 34856 43610
 49028 49872 50309 50455 51586 52161 52207 53263
 819 1629 5521 8339 8501 18663 22208 24768 25082 35272 35560 40387 40618 42891 44288
 46834 47264 47458 47561 48563 49141 49583 51837
 100 564 4861 9130 15954 22395 23542 26105 27127 31905 33977 35256 37679 40472 40912
 42224 43230 44945 45473 52217 52707 52953 53468
 73 86 6004 9799 13581 14067 14910 14944 15502 22412 26032 27498 27746 27993 28590 35442
 38766 44649 47956 48653 48724 50247 52165
 108 1173 5321 6132 7304 15477 18466 19091 20238 23398 26431 34944 36899 40209 42997 48433
 48762 49752 49826 50984 51319 53634 53657
 4541 7635 11720 12065 16896 28028 28457 30950 35156 38740 39045 43153 43802 44180 45186
 45716 45794 46645 48679 49071 49181 53212 53489
 6118 8633 11204 11448 15114 19954 24570 26810 28236 39277 43584 46042 47499 48573 48715
 49697 50511 51228 51563 51635 53410 53760 53851
 1223 4008 8948 9130 16129 17767 22039 23572 24550 28200 29157 32730 33821 38449 39758
 48433 49362 52582 53129 53282 53407 53414 53972
 176 10948 11719 12340 13870 15842 18928 20987 24540 24852 28366 30017 36547 37426 38667
 40361 44725 48275 48825 51211 52901 53737 53868
 21792 35759 44481 53371
 147 33771 34263 35853
 15696 41236 46244 46674
 48208 52868 53324 53794
 34077 36441 49909 53506
 34932 51666 53755 53974
 18455 38927 49349 51201
 3836 31114 37755 53469
 31831 42633 46626 52743
 21053 28415 46538 53154
 5752 19363 42484
 719 48444 52185
 25502 53443 53739
 11596 53495 53635
 43934 52112 53323
 42015 52196 52288
 72 129 52340
 9 17870 43153
 24743 41406 53180
 23388 48087 52441

44/130

FIG. 44N=64800, $\tau = 6/30$

13033 14477 15028 17763 19244 20156 22458 24073 32202 32591 33531 33552 35823 41495
 46351 49442 51612
 44 66 8422 8760 14694 18768 20943 27806 29012 33594 36262 36820 40434 47704 49355 51729
 51758
 4233 16270 18958 20915 21313 27009 28249 33438 33855 34475 34541 37093 38835 42139 42169
 44757 50122
 82 10760 14292 17911 18008 23008 33152 34162 35749 36166 37411 37523 40838 42786 43581
 46177 48829
 4661 5201 5824 6014 8283 12840 22044 22103 29657 29722 32246 32893 34131 36007 40779
 44900 51089
 5869 12204 14095 26632 27101 27300 32344 33761 35081 38057 40709 46805 47733 48220 49806
 51318 51691
 87 5764 16204 20947 23257 31579 38832 40942 43112 43239 44602 49032 49482 49727 49929
 50186 50593
 880 1883 8876 9204 12370 21536 32858 35875 36247 36319 37151 38601 48914 49533 51239
 51399 51824
 20 129 2841 5695 8176 15720 26066 26197 34149 35814 36477 37478 45338 48988 50675 51071
 51774
 7252 14498 19246 20257 20693 22336 26037 29523 29844 34015 35828 38232 40999 41437 43343
 44109 49883
 4859 8000 9342 16137 21600 24083 36364 37038 38988 44465 45445 46569 48994 50591 51065
 51166 51268
 7728 9766 11199 11244 13877 14245 23083 27064 28433 28810 34979 39031 42939 44517 45730
 48365 51374
 67 135 1601 6123 9100 22043 24498 25417 30186 34430 34535 37216 40359 42794 47908 50685
 51501
 1006 10492 18259 51816
 27272 49144 51574 51631
 23 5636 38161 39514
 9490 41564 46463 51162
 33623 41959 50610
 11626 22027 50936
 28345 39504 45097
 46639 50046 50319
 74 18582 27985
 102 17060 43142
 38765 49453 51242
 6102 41272 51729
 24686 33446 49011
 19634 49837 50000
 569 22448 25746
 33986 50729 51301
 9883 14876 29601
 9142 29505 50604
 22623 40979 51260
 23109 33398 51819
 163 50643 50984
 47021 47381 50970
 16215 20964 21588

FIG. 45

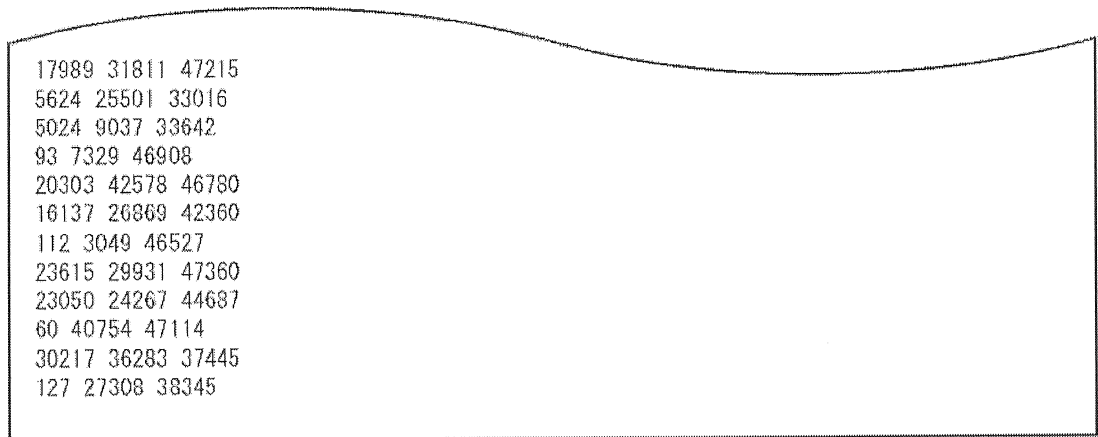
—N=64800, tỷ lệ =7/30—

548 9528 12205 12770 22023 22082 25884 27421 33215 36046 43580 43953 47539
 919 2623 5098 5514 5645 6348 9666 13795 14555 43224 44048 44948 47964
 995 7270 17753 21272 29228 29916 31634 34055 35205 37499 37777 47490 49301
 645 3803 8836 9470 11054 20253 29417 31243 31990 36468 38715 39932 43045
 14572 18646 21100 26617 32033 32410 37195 38586 43833 44577 45584 46453 49515
 6004 16982 17829 24616 28056 29646 32944 39051 42517 47086 48585 48772 49247
 1306 1447 4898 7781 18587 25724 26672 35062 35202 37080 39781 46111 47595
 92 3231 13043 22258 24198 28923 33303 37846 43610 44857 47322 48914 49291
 298 12557 13469 14451 21917 23539 26310 29839 37050 38507 41377 46971 48155
 12582 13044 21039 30600 34202 34947 37120 39108 39203 43449 46941 48542 49354
 871 12218 12680 14152 17171 25797 29021 37783 43728 47519 48794 48898 48980
 35 4623 13422 15881 16692 17463 23675 28063 31248 41997 44246 47992 48339
 7150 13015 17950 18214 20659 23579 25714 28328 32658 39717 39995 43322 45884
 82 11054 11845 19085 24174 26694 41530 45954 46508 46892 48832 49097 49420
 5789 13839 18512 25596 26478 26736 29431 32349 33384 41765 46661 49206 49543
 13805 17786 17798 29653 30310 34870 40176 40391 43227 45292 46423 46855 49454
 12433 27119 34645
 32065 34998 44021
 5158 16546 34359
 44 33285 39929
 39032 39296 40317
 9885 45251 47640
 14383 43446 44478
 31280 39945 48472
 27961 38221 48391
 2927 37404 38716
 19461 42462 46162
 24909 25915 40636
 11029 35538 45381
 26880 34179 48775
 192 6032 26853
 4563 14952 24256
 10003 30853 43811
 749 36334 41363
 100 17006 24982
 9507 20228 31214
 41691 44310 47083
 24070 30411 46982
 2727 28251 49289
 16689 21167 32590
 40813 41198 46175
 8336 32714 43075

46/130

FIG. 46N=64800, t_{yl} = 8/30

100 3433 4111 9089 13360 24012 26305 30252 31430 31769 34689 34917 36091 40873 41983
 42689 43835 44318 47109
 3 48 124 2240 7029 21694 24565 29302 39777 42706 43631 43784 46033 47064 47079 47141
 47239 47439 47479
 2 5675 7056 12715 24128 26596 30571 38210 38586 41138 42272 43336 43444 43917 45812 46840
 47245 47286 47510
 2103 4285 10068 10702 12693 17619 18711 21309 22191 22999 37432 45646 46275 46338 46777
 46860 46963 47432 47472
 6827 8209 8606 10412 15670 19469 22205 22215 25425 29565 34843 34985 37686 39277 44625
 45016 45623 47069 47250
 58 114 1751 7913 24642 26995 40734 41486 43133 44804 45490 45725 46122 46412 47019 47080
 47103 47495 47506
 96 5952 9078 9786 17738 17888 17986 31657 34430 34763 35450 37276 42395 43223 43283
 44261 45648 47014 47276
 106 5405 9614 20500 21633 23242 28875 37238 38854 41778 42292 43883 45909 46558 46826
 47292 47353 47436 47504
 32 11217 12153 26818 27616 38783 39976 40842 43581 43703 44287 44435 44576 44774 46080
 46098 46801 46813 47168
 65 102 111 3879 11224 11772 23623 27306 28726 34663 34873 36288 39196 42003 45279 45629
 46836 47021 47419
 77 131 11275 18964 20418 22364 22635 27727 28689 29720 29781 32110 41597 42046 43952
 44786 46416 46808 47200
 87 8637 10829 23737 24117 26486 29603 34389 35509 35872 38948 40643 42898 45949 46159
 46660 47041 47165 47220
 2 58 3110 7539 8886 10422 11597 13385 27870 35895 38120 43546 44948 46272 46369 46596
 47199 47317 47351
 78 16119 27780 32231 38973 39088 40118 40231 43170 44131 44203 44878 45905 46250 47011
 47113 47195 47303 47427
 2960 6685 8830 11107 11843 12811 30030 36574 36850 36920 37706 38025 41007 43554 44109
 44643 45874 46469 46565
 125 366 10175 29860
 45 17503 44634 45789
 6272 19614 34408 37248
 14785 41017 44274 46858
 19935 22960 44726 44919
 15247 17925 33947 37392
 34631 39148 43287 45443
 8544 26457 30996 38672
 11725 31442 42167 45461
 22357 41743 46702 47285
 13786 26288 41358 43082
 7306 21352 43298 47359
 77 5188 20988 45572
 10334 23790 40878
 9304 29379 47450
 22048 44762 47300
 8529 8825 47443
 40831 41328 46415
 26715 43038 46498
 26925 30797 43181
 32434 45624 47460

FIG. 47

48/130

FIG. 48

N=64800, t_{yl} = 9/30

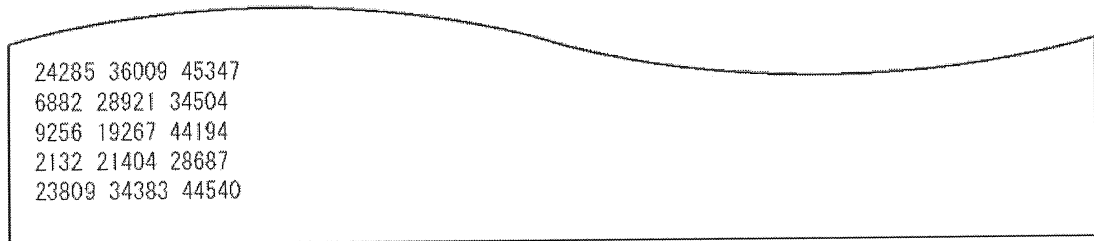
339 4777 5366 7623 13034 13260 15107 17772 20338 21178 25914 27663 29948 37489 41021
 3871 5812 9795 23437 24079 27699 33471 39878 40302 41038 41217 42316 42765 43675 45118
 3699 4072 16553 21492 26210 29839 30322 34139 38227 39696 40762 41156 41269 45168 45350
 995 12194 12494 16542 20423 21950 23519 26215 26708 30587 38352 38840 39729 41645 43210
 3963 4315 6832 11354 21042 21084 21108 25595 33109 34029 34448 35129 38018 39012 44791
 164 887 2902 9021 9193 16705 17850 19241 25893 33427 37416 41024 41355 44381 45303
 1367 1495 5495 14440 18026 18130 18178 21946 24057 25663 29216 31965 38107 43907 44278
 10763 13722 13975 18294 20813 23028 23353 24211 37366 38805 40985 41792 42495 43259

43528

1580 12448 21464 31246 33058 34794 35760 36021 36426 37138 37478 38199 42138 42335 45207
 83 112 12225 15224 18205 21345 28488 34362 37195 39660 42371 42814 44509 45201 45244
 6836 7635 11644 16591 17121 19307 21456 23544 30596 37887 38141 38581 43607 44246 45097
 9174 14934 17131 29762 30243 31656 33251 35498 37106 37655 41462 44002 44649 45032 45230
 33 5376 13536 17068 18581 23478 32021 32074 33716 38434 39452 42166 44305 44979 45306
 6013 7553 10023 19354 23126 25427 27665 30239 32699 34123 36171 38898 38972 41974 45213
 41 98 3088 8522 26252 29602 30009 30138 30948 32190 32428 32498 34273 34955 45311
 2000 15664 20677 20792 22980 25111 31491 37611 37981 39872 41668 42336 43602 43828 45329
 23 67 97 5339 8121 8583 20647 25425 32305 37158 40968 41578 43492 44929 45273
 1643 3496 5121 6546 15643 16423 20602 39950 43178 43252 43683 43992 44001 44611 45125
 11093 19172 20548 24518 28289 29246 30148 34884 40403 40745 42723 43064 44448 44723

44812

12748 12799 28567 41605
 1965 4087 31879
 27178 33638 38344
 9580 13096 45337
 2672 22800 43869
 28287 31407 31975
 2823 5108 9945
 5891 30848 42082
 23 41944 44909
 909 2311 45162
 24998 37829 44704
 35339 40087 45019
 16928 26505 35256
 26462 27297 37766
 19656 35067 38586
 6958 17172 41412
 72 26012 37231
 15259 16044 30243
 2879 12148 34601
 36173 39731 42668
 20670 35816 43266
 22570 27213 30404
 40284 44171 45313
 17765 22514 38347
 24711 39892 45132
 13741 34633 44535
 15209 31692 45280
 11189 43771 45303
 28294 31110 32287
 29085 39876 45246

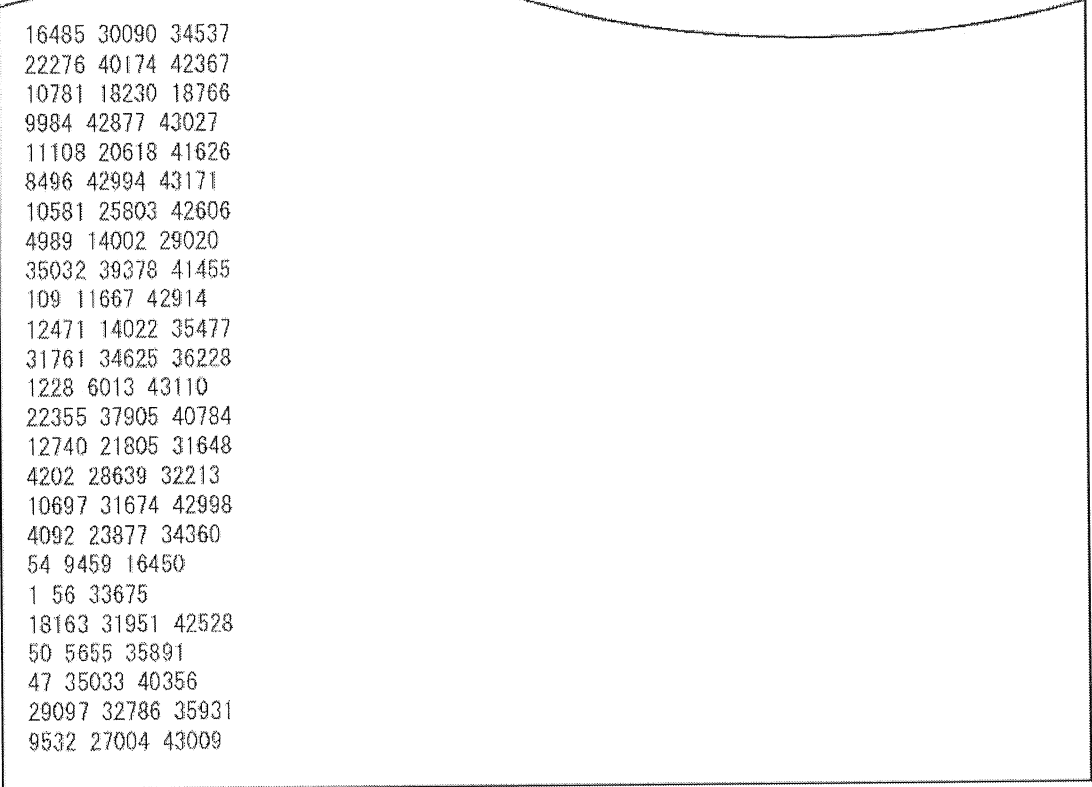
FIG. 49

50/130

FIG. 50

N=64800, tyle =10/30

867 2733 2978 8947 10214 11810 13566 15922 18838 20543 25845 29179 30055 31284 33447
 34330 35081 35605 36268 39563 42331 43174
 2765 6017 6394 6769 12351 13567 15195 19900 23094 27077 28626 28914 32219 33106 33662
 33905 34878 37861 39749 39862 40976 42690
 2343 4231 7603 7789 8396 8783 15636 16221 20591 21538 24008 25117 25663 26817 29692 30937
 31472 32070 33793 39506 41763 43172
 8536 10705 10960 11206 12513 15399 17108 17224 17512 20180 25288 27824 28958 30600 36792
 36828 38891 39575 39581 42342 42914 42961
 9 107 681 1195 9957 14055 21420 23279 26129 32044 35750 37065 37092 37165 37179 40127
 40835 41476 41564 41571 42576 42910
 86 1760 6842 8119 8904 12644 17603 18189 20018 22259 22654 25620 27606 27833 28002 31053
 31814 31848 35573 36133 40698 41370
 28 115 4354 9276 11229 11252 13848 21112 22851 29912 32453 34693 37344 37420 40926 40992
 41063 41762 41856 42012 42642 43045
 1589 7190 7221 7668 11805 14071 14367 14629 17087 19579 19861 25505 35471 35514 37495
 38375 40286 40330 40402 41662 42638 43126
 76 99 3237 5137 7982 9598 13470 14045 26680 27058 32025 32235 34601 35658 36841 38408
 40517 40987 41400 41861 42691 42772
 54 2470 2728 3177 3484 8267 9351 17523 18513 21119 22947 23771 26569 27308 31217 35887
 36449 38529 40424 41873 42146 42706
 39 80 385 1386 3397 5234 14733 16955 17656 23262 23463 25340 31638 31676 32683 37130
 37641 39064 41839 42193 42495 43063
 62 573 11847 14616 16033 16064 16302 18776 19434 23845 23873 25937 27741 32244 32612
 33554 38445 38480 38610 40933 42386 42520
 33 183 968 5477 6173 7363 10358 12597 14468 18025 23369 23387 24723 25254 28299 28989
 31675 32776 35077 40241 41572 42035
 36 2529 2543 3891 7108 9002 9481 16496 19796 26687 27343 33300 35495 37070 39247 40126
 41758 41892 42124 42622 42738 43100
 91 6897 8794 9581 12922 15711 18539 19227 21592 22906 26449 29804 30895 31538 31930 33392
 38006 38294 38705 38952 39005 42120
 64 76 709 1155 3162 7099 8740 9670 12678 21126 29239 29844 31248 32001 35243 36814 38008
 42050 42149 42631 42705 43119
 17670 40897 42359
 17471 20895 32101
 5458 5508 30504
 17291 19627 27186
 14600 41106 43103
 18059 28398 40623
 23776 30190 32880
 4676 13593 21791
 19 2832 27959
 6193 21762 42854
 64 16088 42982
 29425 35004 42209
 14338 31982 41789
 21572 42838 42923
 5 87 6639
 5529 42541 43173
 15512 31740 35801
 44 86 43183
 26027 26995 36455

FIG. 51

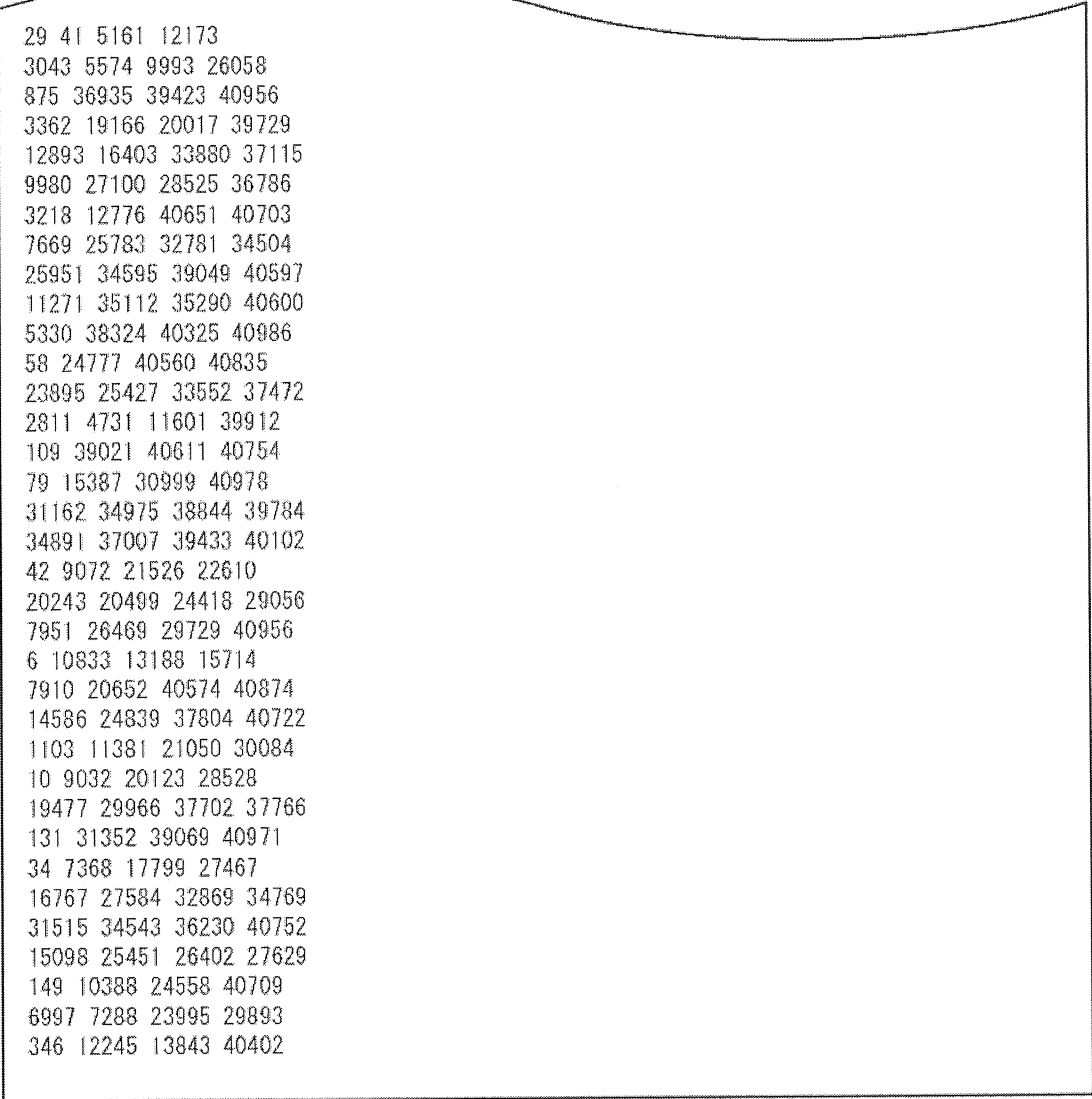
16485 30090 34537
22276 40174 42367
10781 18230 18766
9984 42877 43027
11108 20618 41626
8496 42994 43171
10581 25803 42606
4989 14002 29020
35032 39378 41455
109 11667 42914
12471 14022 35477
31761 34625 36228
1228 6013 43110
22355 37905 40784
12740 21805 31648
4202 28639 32213
10697 31674 42998
4092 23877 34360
54 9459 16450
1 56 33675
18163 31951 42528
50 5655 35891
47 35033 40356
29097 32786 35931
9532 27004 43009

52/130

FIG. 52

N=64800, type = 11/30

3208 6587 9493 9539 12368 12501 14811 15784 17625 18654 18721 19471 19503 20079 20411
 20876 21493 22083 22430 27275 29322 32758 33227 33347 33715 34472 34711 38450 39151 39709
 39862 40093 40497 40912
 42 1118 3086 5466 6379 8483 9051 9330 13250 13898 14055 15033 18094 21429 22652 25251
 28709 29909 30233 30472 30635 31367 32603 33614 33708 36404 36530 37039 37782 38115 38307
 40225 40597 40822
 5939 11990 15027 15162 16503 17171 17806 17902 18031 18077 21216 22134 22660 24170 28558
 29364 30003 31128 32674 33103 33361 34196 34435 34626 34991 35974 36022 37459 38170 38709
 39774 39960 40571 40858
 63 3871 9148 10328 12830 12912 18361 18839 20122 23126 23795 28612 30350 32251 32750
 33762 33866 36188 36979 37562 37836 38536 38705 38829 39609 40219 40324 40336 40367 40638
 40699 40809 40987 41019
 36 70 104 3737 5028 19023 19575 19746 23840 24611 24661 26741 27749 30359 31027 31509
 32621 32859 33830 34619 35281 35479 36796 37344 37555 38993 39088 39445 40276 40299 40762
 40771 40835 40967
 113 2313 4411 5858 9909 10426 18955 21663 21884 24105 24472 26944 27826 28574 28689 29579
 30903 32352 33334 36408 36795 36805 37112 37121 38731 39080 39739 40007 40326 40356 40472
 40476 40622 40778
 54 84 3529 5202 9825 9900 10846 12104 13332 14493 14584 23772 24084 25786 25963 26145
 28306 29514 30050 30060 33171 33416 33657 33951 34908 37715 37854 38088 38966 39148 40166
 40633 40746 40939
 105 8722 10244 12148 13029 16368 18186 19660 19830 21616 22256 22534 23100 23219 25473
 26585 29858 32350 33305 34290 34356 34675 35297 37052 37144 37934 38201 39867 40270 40539
 40781 40804 40944 40966
 53 61 82 96 2665 6552 9517 15693 17214 17588 18347 19039 20679 21962 24255 25861 27117
 27919 30691 36195 36379 37031 37309 37535 37793 38198 38212 38595 38808 38911 39474 39677
 40135 40935
 15 67 723 2962 4991 5285 11583 13398 16301 16338 20996 21510 25697 28214 29143 30539
 30573 31108 32500 32506 32727 32755 36134 37226 37655 37799 39219 39626 39980 40093 40105
 40623 40634 40816
 18854 37884 40104 40772
 35209 40379 40447 40508
 3049 36078 39403 40402
 19118 27981 35730 36649
 20465 28570 39076 40910
 24047 31275 39790 40126
 31041 33526 34162 39092
 1152 8976 24071 35698
 3 27991 31485 40934
 6245 20676 30579 38823
 47 11196 38674 38894
 14920 15270 16047 40928
 23974 30146 39805 40911
 8791 16641 25060 31681
 1147 4233 34386 37802
 58 5354 22265 41018
 869 3078 39882 40730
 1071 6322 9163 10642
 7235 32596 35540 37487
 26910 35537 40830 41035
 81 11905 16179 19558

FIG. 53

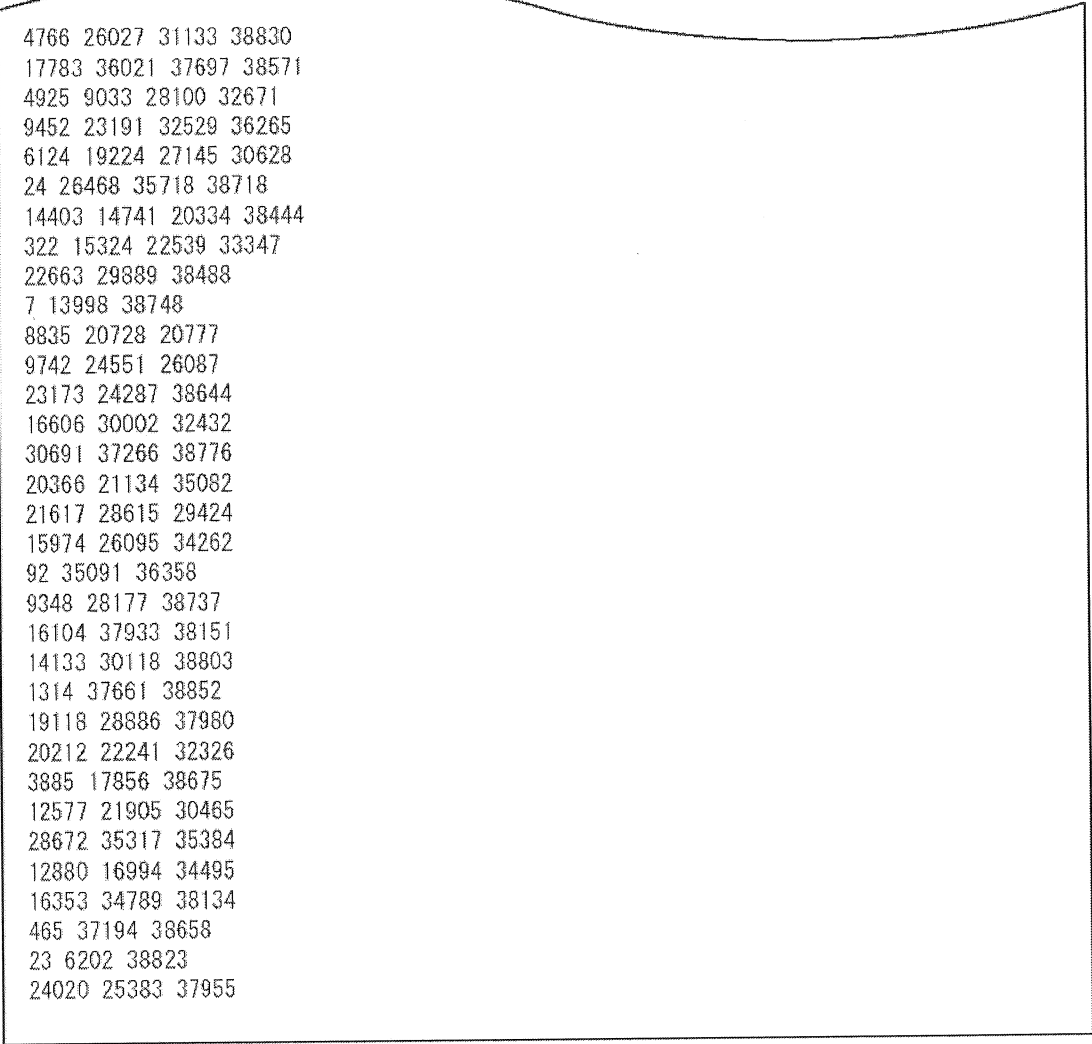
29 41 5161 12173
3043 5574 9993 26058
875 36935 39423 40956
3362 19166 20017 39729
12893 16403 33880 37115
9980 27100 28525 36786
3218 12776 40651 40703
7669 25783 32781 34504
25951 34595 39049 40597
11271 35112 35290 40600
5330 38324 40325 40986
58 24777 40560 40835
23895 25427 33552 37472
2811 4731 11601 39912
109 39021 40611 40754
79 15387 30999 40978
31162 34975 38844 39784
34891 37007 39433 40102
42 9072 21526 22610
20243 20499 24418 29056
7951 26469 29729 40956
6 10833 13188 15714
7910 20652 40574 40874
14586 24839 37804 40722
1103 11381 21050 30084
10 9032 20123 28528
19477 29966 37702 37766
131 31352 39069 40971
34 7368 17799 27467
16767 27584 32869 34769
31515 34543 36230 40752
15098 25451 26402 27629
149 10388 24558 40709
6997 7288 23995 29893
346 12245 13843 40402

54/130

FIG. 54

N=64800, tỷ lệ =12/30

2455 2650 6184 7016 7280 7409 7507 8261 8591 8829 11277 13729 14302 15883 17754 18506
 19816 19940 22442 23981 26881 26981 28760 29688 31138 31497 32673 35889 37690 38665
 50 327 3574 4465 5954 9702 10606 11684 11715 12627 14132 14951 20099 24111 24283 27026
 27473 28162 30076 31032 31476 35031 36675 36914 37008 37425 37530 37689 38830 38856
 59 102 5278 5548 5850 11840 13813 16641 19597 20543 24088 24298 25171 25224 26925 28312
 28867 31551 31898 32849 33616 34486 34562 35252 35931 36107 37950 38494 38537 38547
 79 2084 2361 2922 3048 3525 5712 9376 10012 10463 11842 15200 18443 19223 20476 21361
 22584 24343 24594 28001 28304 28475 28969 31149 31528 32574 33007 35120 38245 38253
 821 2803 8187 8501 10063 10497 14472 14570 15613 18469 19620 23034 24029 24578 26538
 31025 32621 34134 34508 34988 35201 35907 36693 36793 37608 37998 38090 38506 38611 38682
 9 50 88 1222 2430 2824 7233 9972 10225 15762 18283 18961 20711 28455 29946 32016 35611
 35763 37263 37325 38287 38360 38416 38471 38518 38551 38643 38759 38763 38818
 33 38 151 2523 3787 5069 6710 7667 8501 11083 17631 19589 24263 24684 24940 28493 30646
 31916 33741 35060 35810 36284 36394 36400 38209 38312 38340 38782 38825 38858
 8 49 84 381 4009 6978 9983 14028 14051 16325 17393 24325 25130 25838 30998 35159 36135
 37516 37636 37837 37927 38433 38620 38647 38650 38699 38733 38784 38804 38862
 44 76 4362 4480 8679 8833 13730 16493 16507 22419 24544 25614 25671 33032 33120 35219
 35986 36415 36505 38169 38173 38327 38371 38468 38508 38546 38551 38747 38761 38853
 16 683 1013 8364 8665 12213 12279 12643 13134 15450 16703 17846 20656 21664 22896 23487
 25022 32049 32482 33647 35029 35197 36636 37162 38376 38408 38430 38520 38721 38734
 3 760 1052 6377 8526 9014 11769 12589 16661 18156 20521 21303 23361 27434 32315 34602
 34892 35078 35262 35639 36655 37893 38063 38578 38602 38719 38737 38748 38837 38861
 15 30 79 99 16844 19586 24117 24702 25088 26129 27790 28383 30976 33472 34613 35266 35337
 36278 36841 36980 37214 37651 37817 38085 38218 38338 38396 38432 38760 38812
 12483 24049 35782 38706
 12146 19270 23193 38389
 26418 34831 37883 38501
 25045 36512 37567 38487
 15238 33547 38210 38696
 14 6773 17384 38679
 14367 16694 16867 38453
 15371 37498 37910 38610
 2509 18705 27907 28422
 21246 37360 38125 38868
 11357 23312 24884 36318
 14467 19559 22338 37893
 26899 35264 36300 37973
 17311 28273 32934 38607
 0 14452 16264 38585
 6736 19801 31034 38279
 35256 36593 38204 38655
 10037 29019 32956 38670
 98 17138 28233 37750
 576 4888 14014 23030
 2003 2470 18968 38841
 1042 4623 8098 9963
 61 3037 9719 27052
 15129 26628 31307 37604
 9791 11904 12369 34528
 7996 15467 21456 38165
 7644 12741 34083 38851

FIG. 55

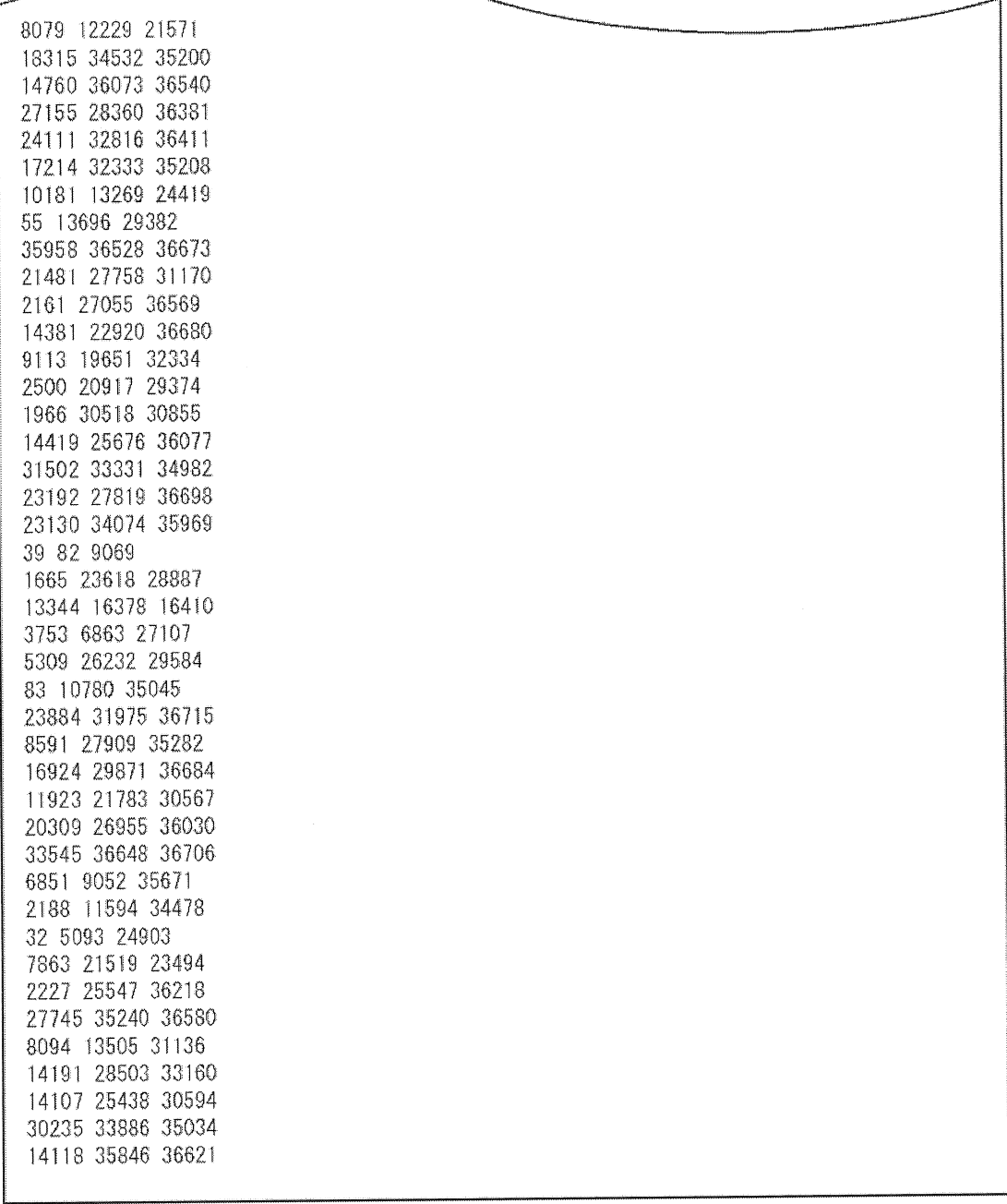
4766 26027 31133 38830
17783 36021 37697 38571
4925 9033 28100 32671
9452 23191 32529 36265
6124 19224 27145 30628
24 26468 35718 38718
14403 14741 20334 38444
322 15324 22539 33347
22663 29889 38488
7 13998 38748
8835 20728 20777
9742 24551 26087
23173 24287 38644
16606 30002 32432
30691 37266 38776
20366 21134 35082
21617 28615 29424
15974 26095 34262
92 35091 36358
9348 28177 38737
16104 37933 38151
14133 30118 38803
1314 37661 38852
19118 28886 37980
20212 22241 32326
3885 17856 38675
12577 21905 30465
28672 35317 35384
12880 16994 34495
16353 34789 38134
465 37194 38658
23 6202 38823
24020 25383 37955

56/130

FIG. 56

N=64800, type =13/30

1153 2676 2759 5782 7192 10887 11573 11888 12383 18472 20695 21466 21753 23630 24580
 25006 25182 25636 25887 29615 29677 31968 32188 32277 33135
 935 5609 7730 9427 9519 10465 11182 12164 15765 17266 18156 20309 20542 21193 21697 22913
 22989 23780 27048 30762 31731 35754 36161 36379 36710
 644 2718 6995 7088 7898 11242 13921 14068 14328 15840 19581 19919 21938 22749 23311 23767
 25945 26731 27405 27830 31023 32589 33239 33957 34456
 17 131 2331 6624 10568 12965 16184 17665 19575 20690 22609 23378 24385 28281 30808 33083
 34435 34509 36016 36355 36525 36580 36586 36636 36644
 5 42 59 80 100 3327 4882 5238 6588 15417 17416 17476 18307 19336 20336 22770 33204 33302
 34207 35133 35594 35650 36090 36619 36659
 46 141 308 995 2267 2645 5224 5839 7945 8336 10865 14607 21285 22062 23225 23772 24190
 25324 26738 29253 29674 33264 35593 36564 36608
 55 2316 8545 13623 14353 14516 15773 18442 20172 21970 22319 26595 27849 29185 30141
 31195 33614 34586 35699 35994 36309 36445 36516 36662 36665
 17 59 82 955 5050 7239 17495 19753 23481 25131 30124 32434 33042 34583 35231 35786 36232
 36336 36518 36530 36541 36584 36592 36629 36648
 1 16 78 717 5622 7351 7729 9200 10674 12647 22946 24316 25268 28139 31794 32278 33243
 34217 34485 34505 34929 35450 35865 36340 36565
 15 36 73 2381 4118 6829 9453 11705 12402 14884 17442 19226 21328 25523 26538 29300 34635
 35066 35547 35617 36285 36343 36599 36607 36708
 27 58 3657 8026 9245 11874 14579 15588 16280 16426 22692 25061 27788 29797 31776 34992
 35324 35529 36295 36298 36469 36608 36626 36661 36679
 13 36 78 3785 5888 10015 13647 14824 18283 20262 26268 26890 27517 33128 33659 34191
 35729 35965 36196 36381 36395 36501 36593 36659 36667
 0 6 63 1713 8050 11113 18981 20118 22082 23210 24401 27239 31104 32963 33846 34334 35232
 35626 36159 36424 36441 36457 36523 36609 36640
 39 60 64 92 438 4764 6022 9256 14471 20458 23327 26872 30944 34061 34882 35249 35586 35642
 35680 36092 36126 36548 36626 36633 36649
 40 67 6336 8195 9735 19400 20396 21095 22015 28597 31367 33511 33932 34732 34847 35247
 35543 36020 36258 36619 36651 36688 36693 36709 36717
 13990 15734 24992 35907
 448 14650 29725 36141
 27195 27825 34118 35317
 2514 7964 31027 31885
 12966 22180 24997 33406
 13568 17438 18377 36038
 76 15846 25385 35720
 1 758 23751 36083
 2238 8449 29406 31840
 80 14882 15923 33878
 86 18320 24636 36111
 5392 24119 31102 34507
 6485 8182 14790 21264
 13702 29065 35939 36554
 9160 11429 36663 36691
 9153 12051 20063 25493
 37 3918 13758 18923
 18643 24675 31646 33893
 3941 9238 30160 36584
 26037 31006 35886
 115 8925 13728

FIG. 57

8079 12229 21571
18315 34532 35200
14760 36073 36540
27155 28360 36381
24111 32816 36411
17214 32333 35208
10181 13269 24419
55 13696 29382
35958 36528 36673
21481 27758 31170
2161 27055 36569
14381 22920 36680
9113 19651 32334
2500 20917 29374
1966 30518 30855
14419 25676 36077
31502 33331 34982
23192 27819 36698
23130 34074 35969
39 82 9069
1665 23618 28887
13344 16378 16410
3753 6863 27107
5309 26232 29584
83 10780 35045
23884 31975 36715
8591 27909 35282
16924 29871 36684
11923 21783 30567
20309 26955 36030
33545 36648 36706
6851 9052 35671
2188 11594 34478
32 5093 24903
7863 21519 23494
2227 25547 36218
27745 35240 36580
8094 13505 31136
14191 28503 33160
14107 25438 30594
30235 33886 35034
14118 35846 36621

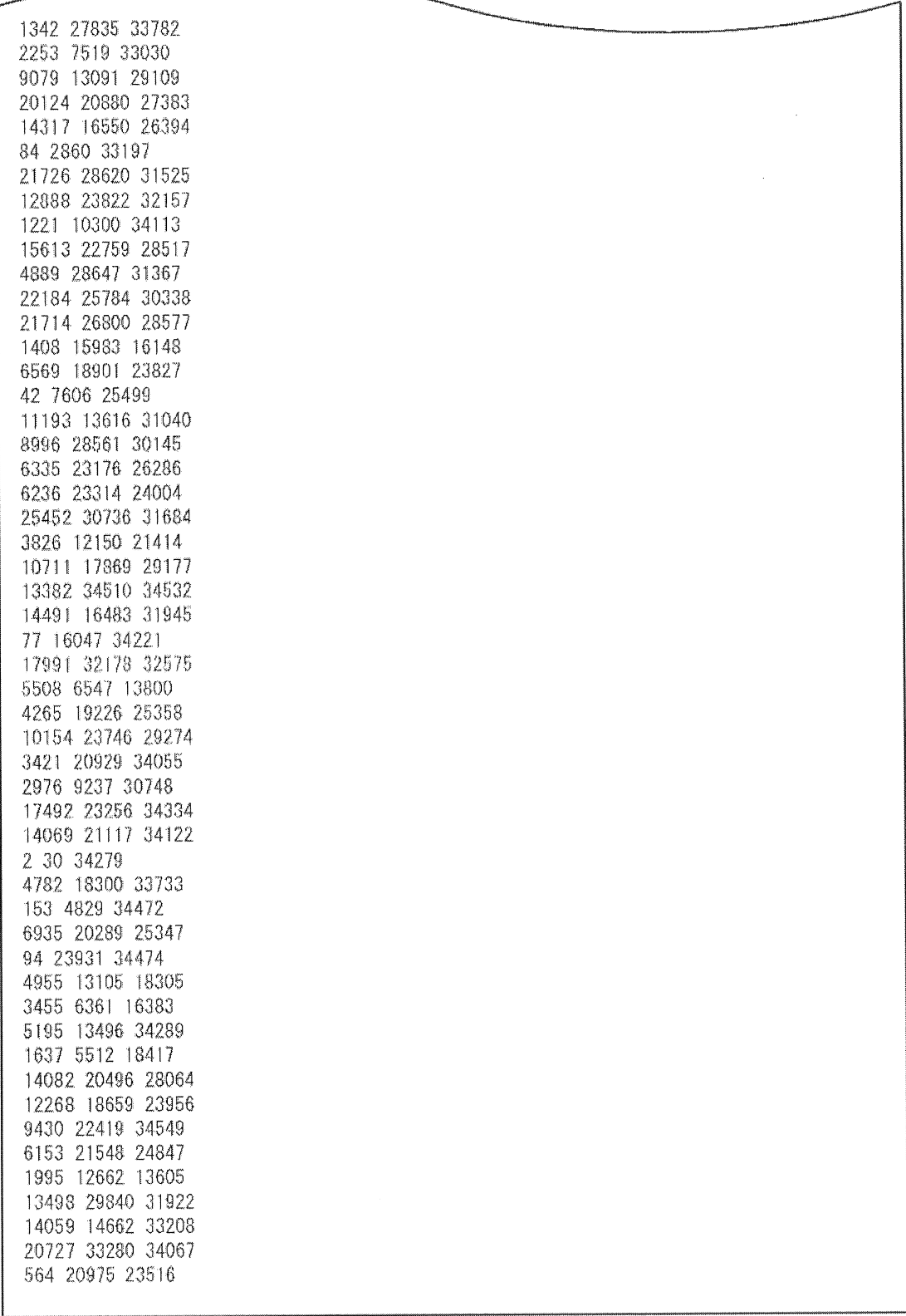
58/130

FIG. 58

N=64800, tỷ lệ =14/30

2422	2919	3173	3795	4428	12681	13428	14654	17367	17687	19587	20017	23588	24353	25280
27167	29853	32040	32473	33170	33375									
34	79	817	12478	12769	14798	15383	16688	16739	17538	21654	22792	25145	25588	26995
31655	32133	32601	33452	34471										
88	986	1907	2868	3657	6826	8595	11922	14704	17681	19503	20604	24251	28125	28612
30687	31208	31464	33686	33909										
526	3853	4486	6507	10616	11300	11453	13385	20007	21420	21441	22554	23794	24581	24959
27083	28710	30235	32852	34179	34327									
43	1775	4405	5644	6553	8885	10337	11178	14114	15108	16189	16192	18490	18801	21475
28269	28970	30758	31968	33554										
27	624	1191	1470	4277	5054	5695	9632	10911	11365	13339	21097	23810	26677	27822
29878	31026	32525	33335	33873										
14	45	760	1098	1567	2003	6710	10195	12052	13024	13337	19088	22647	25050	25899
29927	33916	34033	34490											
30	94	4493	11928	14051	17759	18541	20842	21277	24587	24948	25790	27442	31120	31205
32107	32263	33696	34393	34529										
3	4245	5284	7791	10196	10922	13992	14397	14947	16908	21032	24585	27219	30300	30981
33362	33558	33725	34424	34537										
78	6958	8297	15781	23302	23386	23863	25570	25734	31844	31919	32100	32815	33345	33531
33561	33889	34348	34504	34512	34530									
52	90	775	3760	4099	6945	8954	11931	16578	20804	23252	26583	29420	32461	33695
34018	34177	34483	34506											
81	1162	3084	3986	4494	8523	10309	10934	12819	16784	23113	23803	25952	29134	29930
32021	33343	33400	33664	33685										
0	35	57	1564	9062	19694	24489	24737	26422	27021	30630	31513	33317	33425	33545
33869	33875	34046	34519											
58	639	2340	3613	19319	21917	24284	29214	29430	29736	32496	32785	32830	32835	33176
33711	33967	34197	34438	34468										
71	77	88	953	4233	7365	8395	15176	16662	18280	21989	24348	26847	27645	31050
34223	34235	34548	34551											
163	4304	4697	7470	11857	12787	12837	18000	18472	18489	19730	27014	29653	29740	30070
30252	32769	33637	34382	34394	34555									
7	29	79	7321	9770	11315	15354	16240	18888	19559	27783	28220	28924	30659	31474
33644	34282	34452	34557											
8	24	41	4491	11252	14225	18230	25845	30258	30801	31349	32655	32932	32951	33058
33889	34150	34338	34463	34494										
13	13092	15747	23904	29675	29732	30199	31273	31928	32211	32704	32959	33056	33374	33646
33931	34043	34203	34426	34429	34509									
6	11188	19937												
11738	14763	34508												
11	4674	25431												
6346	9658	31716												
13231	32283	33193												
19187	31166	33846												
297	27886	32712												
74	8683	24435												
2200	20501	21571												
25	10097	29631												
4515	32145	33245												
13010	26434	29967												
0	30598	33940												

59/130

FIG. 59

1342 27835 33782
2253 7519 33030
9079 13091 29109
20124 20880 27383
14317 16550 26394
84 2860 33197
21726 28620 31525
12888 23822 32157
1221 10300 34113
15613 22759 28517
4889 28647 31367
22184 25784 30338
21714 26800 28577
1408 15983 16148
6569 18901 23827
42 7606 25499
11193 13616 31040
8996 28561 30145
6335 23176 26286
6236 23314 24004
25452 30736 31684
3826 12150 21414
10711 17869 29177
13382 34510 34532
14491 16483 31945
77 16047 34221
17991 32178 32575
5508 6547 13800
4265 19226 25358
10154 23746 29274
3421 20929 34055
2976 9237 30748
17492 23256 34334
14069 21117 34122
2 30 34279
4782 18300 33733
153 4829 34472
6935 20289 25347
94 23931 34474
4955 13105 18305
3455 6361 16383
5195 13496 34289
1637 5512 18417
14082 20496 28064
12268 18659 23956
9430 22419 34549
6153 21548 24847
1995 12662 13605
13498 29840 31922
14059 14662 33208
20727 33280 34067
564 20975 23516

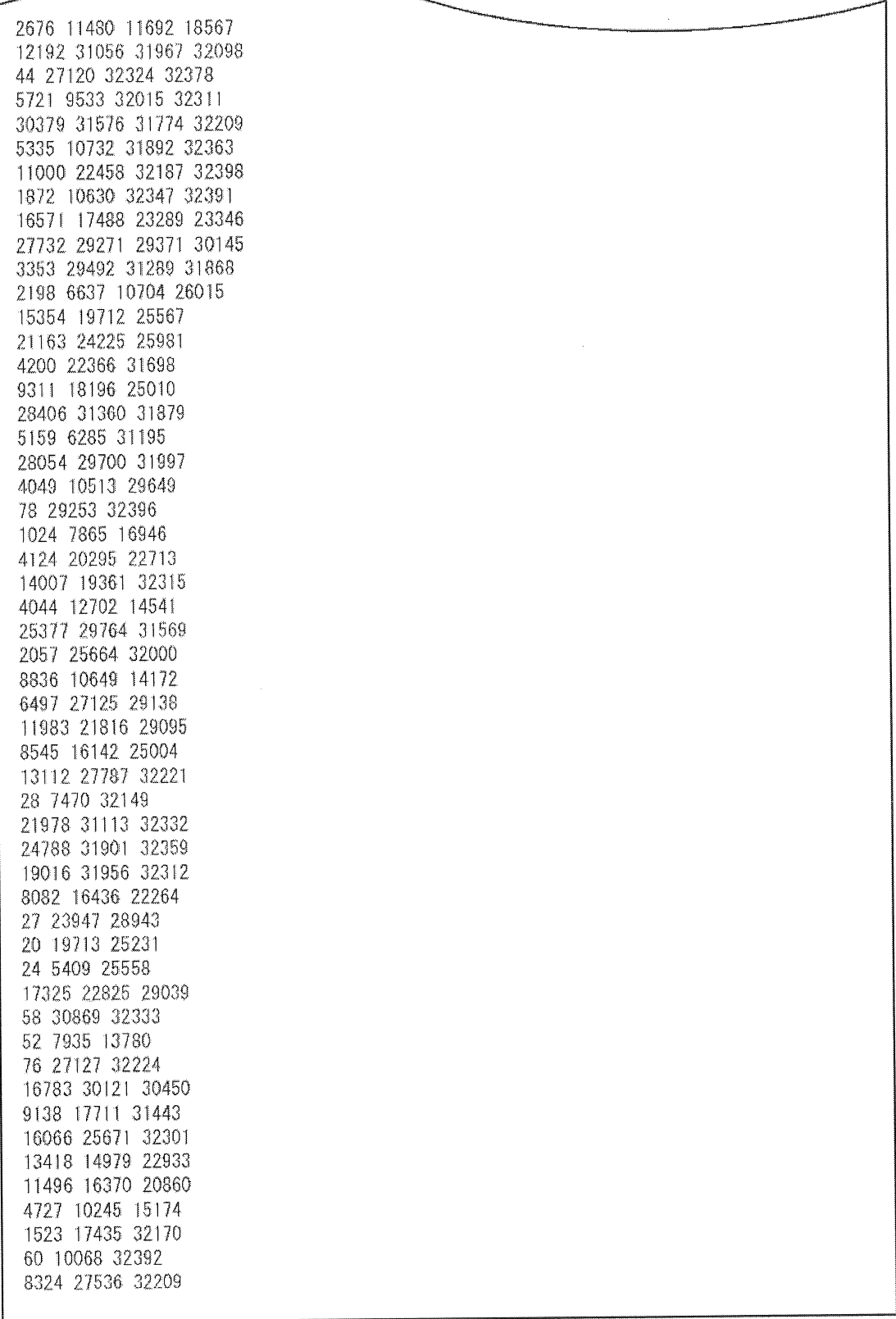
60/130

FIG. 60

N=64800, tyle =15/30

760 874 3785 6601 10266 14790 16713 18014 18215 20992 21237 21250 24161 24295 25360
 25380 26306 28764 30139 30708 31719 31730 32179
 191 7294 12316 12887 15172 15688 16749 18425 21102 25133 25875 25892 26013 26763 27058
 29510 29746 30265 30326 30386 31467 31665 32391
 76 2184 4641 6139 8656 9053 10603 15456 15797 15853 19689 21857 23984 24703 24732 26828
 26912 27714 27978 28627 30815 31332 31701
 13 5917 11178 13332 13401 16567 18144 18332 21502 22585 26654 27287 27474 27580 28266
 28949 30045 30669 30950 31388 31786 31820 32319
 723 9266 11501 12279 14691 14757 16829 18863 19022 19311 21466 22322 23441 23479 26959
 29450 29621 30075 30305 32044 32050 32110 32387
 42 3584 3807 6900 8188 12414 14341 20161 20466 23466 23722 26503 28207 29006 30745 30942
 31023 31647 31668 31908 32130 32332 32338
 2108 6363 8375 8971 10744 12734 15004 16460 16558 21479 22043 23858 24423 27887 28871
 30000 30089 30596 30926 31378 31525 32333 32355
 28 948 5841 6154 6643 10141 11528 12498 12525 13792 15031 18762 20383 20443 23824 25767
 27445 27558 27979 31402 32064 32133 32394
 14 19 2616 3474 4620 5333 6095 8507 8656 9411 13922 17800 18897 23695 25311 29891 30342
 31067 31124 31139 31467 32019 32240
 0 1082 2189 4147 8496 8986 10062 11294 16960 20197 23516 23989 24429 25718 29296 30293
 31195 31351 31665 31820 32073 32355 32376
 1661 4207 5859 14432 17329 18592 20431 20758 23186 23573 29558 29974 30107 30295 30396
 30635 30935 31185 31534 31650 31685 31960 32007
 89 4834 5934 6765 7256 7928 9025 12135 14585 23859 25231 25332 26519 26921 30891 31001
 31496 31625 31700 31730 31852 32022 32224
 5460 6506 6639 10691 16488 20520 21627 22963 25303 26209 26647 27502 27898 28112 28982
 29023 29188 31060 31193 31673 31911 32200 32343
 4652 9366 12753 13047 16124 19840 19846 19928 22041 26095 27473 28784 29506 29827 29958
 30347 31018 31027 31904 32274 32300 32383 32387
 2265 3996 4208 6150 7258 9151 9983 12269 12788 12986 15469 17063 26727 26859 28941 30162
 30172 30616 30714 31315 31357 31818 32284
 6518 11111 24325 32103
 72 12699 23236 30992
 8360 19792 19940 32358
 14197 21794 25358 27036
 4398 6859 18988 32137
 841 22129 27876 31949
 6974 7937 17758 27732
 7040 9749 9755 32242
 2949 17069 29881 30587
 1373 9669 30875 32281
 11884 12078 27981 32205
 7736 24771 25380 32163
 74 3602 19540 25410
 16273 30193 32344 32355
 1315 13197 20672 25600
 13 9947 14814 27294
 21919 29940 31822 32276
 11 3234 17261 27366
 18543 21226 24436 32375
 18492 19557 22383 30490
 24 17620 23927 32049
 14847 22301 22903 29032

61/130

FIG. 61

2676 11480 11692 18567
12192 31056 31967 32098
44 27120 32324 32378
5721 9533 32015 32311
30379 31576 31774 32209
5335 10732 31892 32363
11000 22458 32187 32398
1872 10630 32347 32391
16571 17488 23289 23346
27732 29271 29371 30145
3353 29492 31289 31868
2198 6637 10704 26015
15354 19712 25567
21163 24225 25981
4200 22366 31698
9311 18196 25010
28406 31360 31879
5159 6285 31195
28054 29700 31997
4049 10513 29649
78 29253 32396
1024 7865 16946
4124 20295 22713
14007 19361 32315
4044 12702 14541
25377 29764 31569
2057 25664 32000
8836 10649 14172
6497 27125 29138
11983 21816 29095
8545 16142 25004
13112 27787 32221
28 7470 32149
21978 31113 32332
24788 31901 32359
19016 31956 32312
8082 16436 22264
27 23947 28943
20 19713 25231
24 5409 25558
17325 22825 29039
58 30869 32333
52 7935 13780
76 27127 32224
16783 30121 30450
9138 17711 31443
16066 25671 32301
13418 14979 22933
11496 16370 20860
4727 10245 15174
1523 17435 32170
60 10068 32392
8324 27536 32209

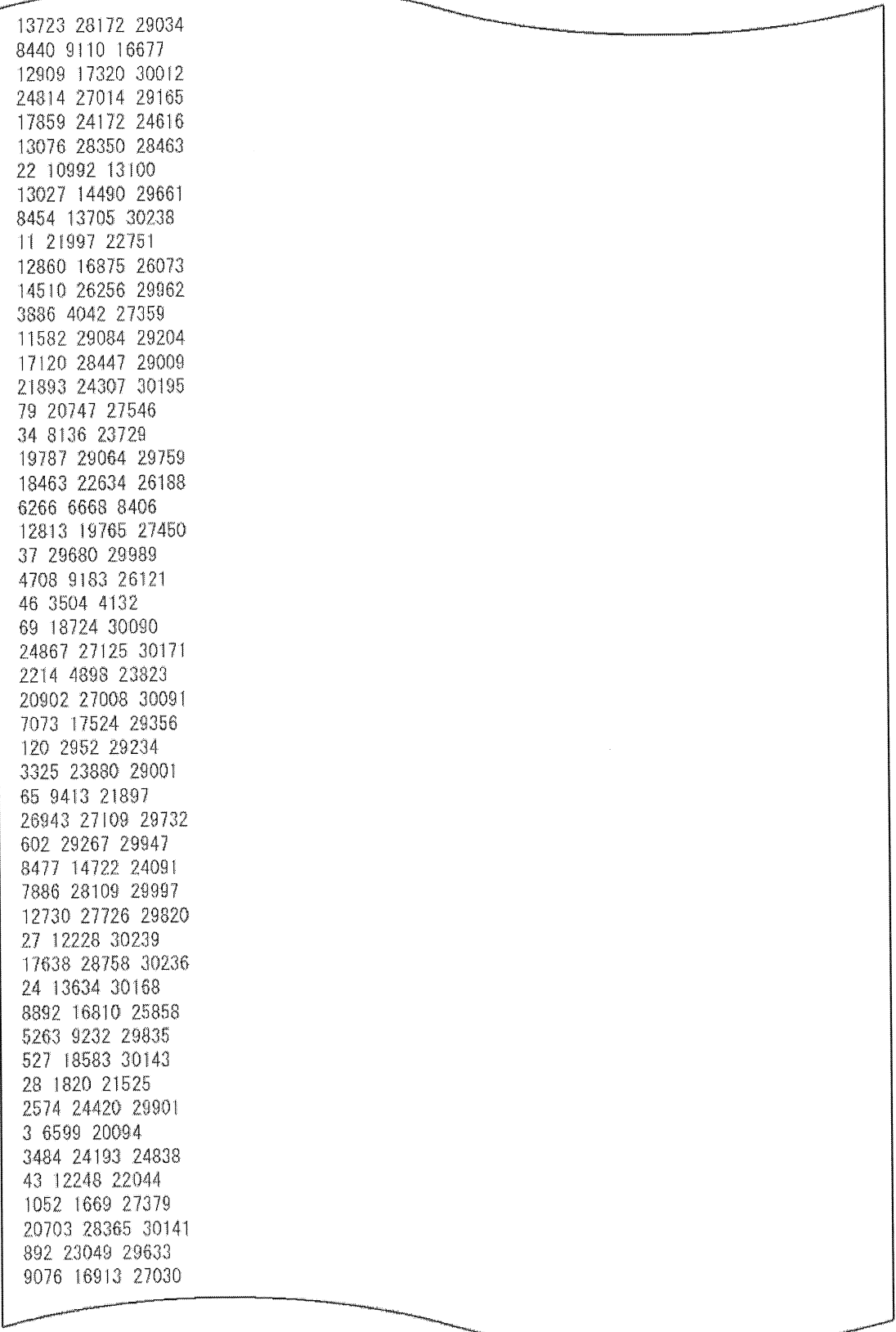
62/130

FIG. 62

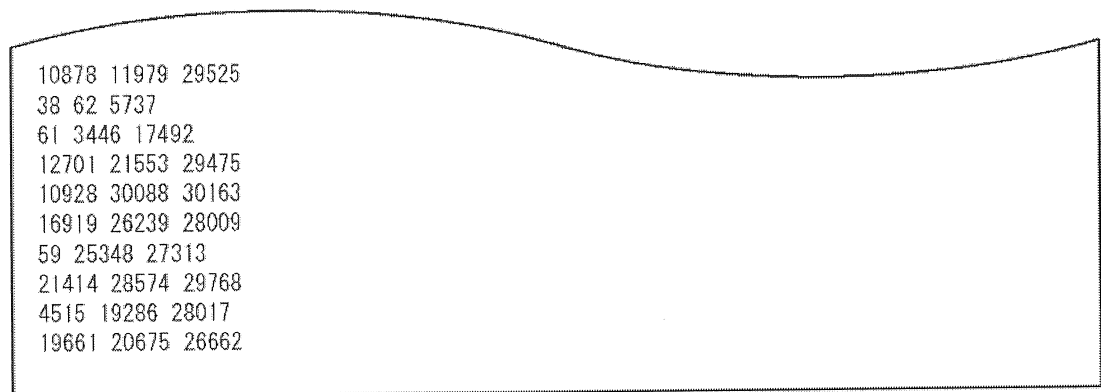
N=64800, tyle =16/30

3111 4871 6505 6799 7635 11197 14052 14348 14826 15557 15659 18613 21220 22340 22401
 27614 28374 29255 29841
 3361 4302 5676 9039 12309 14206 14677 15432 18320 20678 22348 23548 24612 27694 28211
 28562 29155 29406 29548
 5 53 3037 4529 5584 5648 17104 18025 18489 20393 24434 24500 24814 25552 25565 26415
 27851 29090 29780
 5161 5493 5523 10121 12283 13234 14979 17374 18240 20035 24222 25047 26289 26734 28216
 28403 28465 28810 29385
 43 186 1836 4590 11586 12799 13507 13724 14711 15317 21647 23476 24193 24699 25994 28699
 29940 30122 30203
 2003 3800 5130 6577 9365 10145 11356 15819 15932 16104 18223 19103 20631 22002 23366
 26895 28896 28976 30165
 23 9657 11412 13196 15347 15358 16644 17463 18784 19185 26582 28301 28342 28525 28922
 29224 29957 30116 30120
 2206 3177 4177 6441 7458 11162 15727 16894 19718 20753 20946 22516 22660 26757 26827
 26850 28909 29822 30046
 739 3969 4582 14549 15188 15831 21294 22417 22460 23015 25237 25515 26568 26656 27187
 27924 28526 29071 29734
 4208 4241 4427 6512 14103 18082 22518 23522 24048 24879 27014 28704 28753 29196 29438
 29571 29695 29829 30174
 13 32 3455 8111 10978 13661 13856 18718 19398 20224 22663 23517 26241 27440 28748 28817
 28979 29377 30187
 1463 3641 4046 6345 6676 10287 12165 13506 15052 15192 20449 23322 23426 24120 25788
 26284 27049 28460 30124
 1569 3052 3370 5187 6418 12733 15343 15725 16555 19231 25563 26273 27866 28411 28938
 29006 29339 29387 29566
 77 4306 7810 12815 18400 19686 19803 20446 20940 21189 22144 23248 24200 25226 28695
 28801 29268 30118 30206
 45 649 1691 4421 8406 9642 10567 11550 12441 15117 17109 18327 19727 24980 26328 27075
 27235 28892 30221
 12483 13895 20152 20245 20655 21468 22162 22961 24057 24365 24605 25411 26180 26761
 27446 29507 30100 30181 30216
 44 1264 3026 7950 8626 14270 17615 17922 18819 23010 23725 25137 25284 25409 27704 28128
 28675 29774 30092
 55 2812 7572 7825 8647 19309 20122 20243 20787 22530 22612 24719 24955 25546 26352 26396
 26477 29301 29918
 6419 11660 28980 30169
 62 7613 22157 25645
 3958 5559 27517 28608
 2395 6628 21235 27555
 750 14167 14443 29001
 14265 15570 28940 29039
 77 600 7982 16623
 19331 26506 29810 30208
 1269 1541 23861 27282
 19 12841 24031 27927
 1666 14901 16818 28517
 3189 11786 18478 23399
 6495 10934 16584 25011
 8 28009 28559 30049
 58 1288 17394 18565

63/130

FIG. 63

13723 28172 29034
8440 9110 16677
12909 17320 30012
24814 27014 29165
17859 24172 24616
13076 28350 28463
22 10992 13100
13027 14490 29661
8454 13705 30238
11 21997 22751
12860 16875 26073
14510 26256 29962
3886 4042 27359
11582 29084 29204
17120 28447 29009
21893 24307 30195
79 20747 27546
34 8136 23729
19787 29064 29759
18463 22634 26188
6266 6668 8406
12813 19765 27450
37 29680 29989
4708 9183 26121
46 3504 4132
69 18724 30090
24867 27125 30171
2214 4898 23823
20902 27008 30091
7073 17524 29356
120 2952 29234
3325 23880 29001
65 9413 21897
26943 27109 29732
602 29267 29947
8477 14722 24091
7886 28109 29997
12730 27726 29820
27 12228 30239
17638 28758 30236
24 13634 30168
8892 16810 25858
5263 9232 29835
527 18583 30143
28 1820 21525
2574 24420 29901
3 6599 20094
3484 24193 24838
43 12248 22044
1052 1669 27379
20703 28365 30141
892 23049 29633
9076 16913 27030

FIG. 64

10878	11979	29525
38	62	5737
61	3446	17492
12701	21553	29475
10928	30088	30163
16919	26239	28009
59	25348	27313
21414	28574	29768
4515	19286	28017
19661	20675	26662

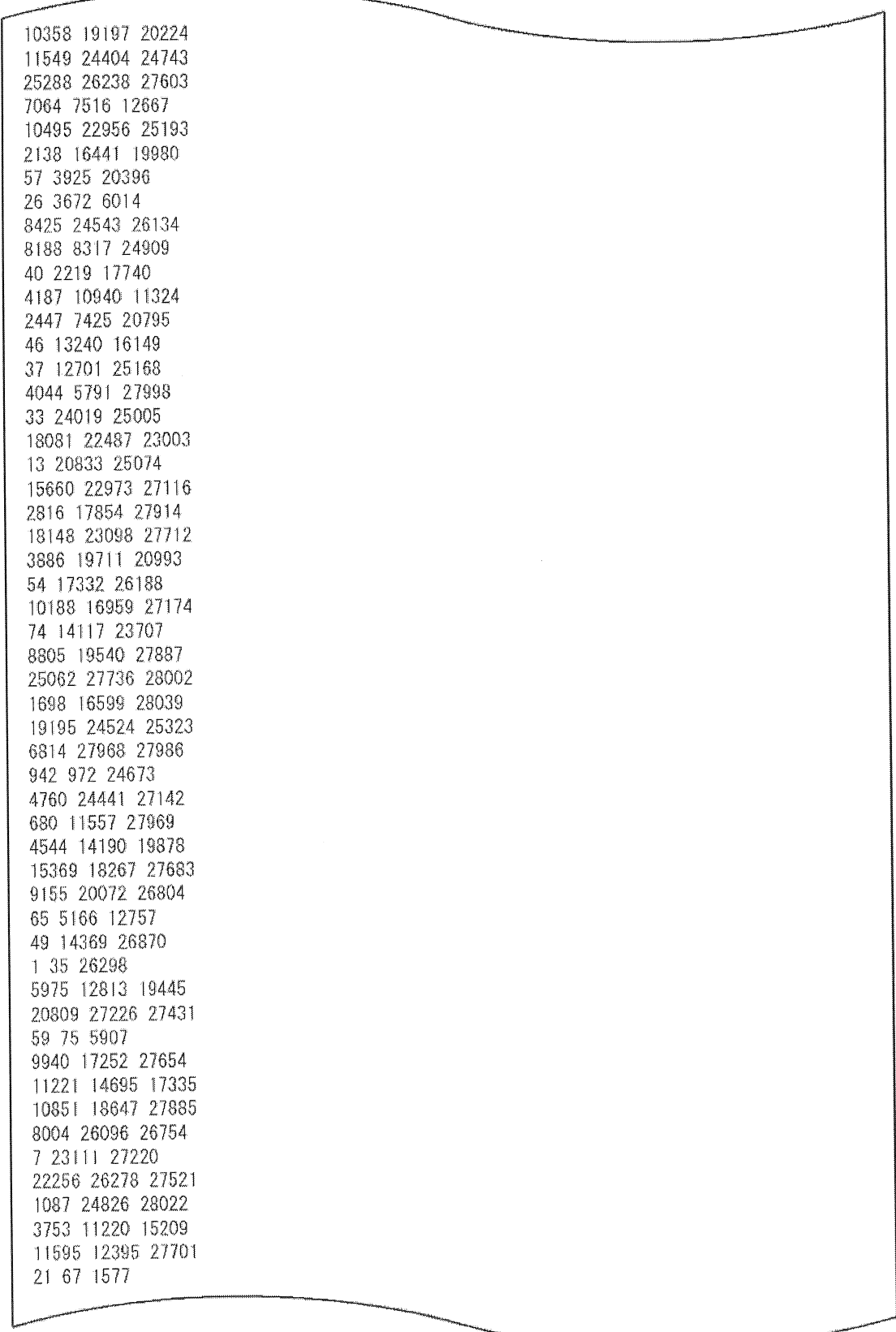
65/130

FIG. 65

N=64800, tỷ lệ =17/30

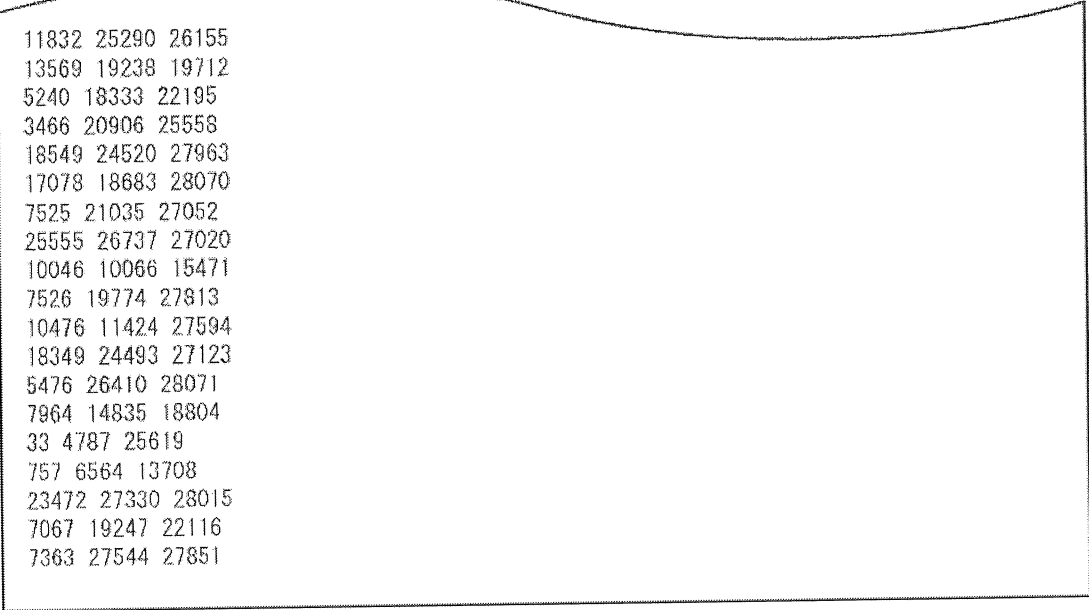
3638 3722 7015 10458 11119 12197 14103 14536 17412 18774 22287 22612 22713 25635 27548
 27686 27778 27826
 5324 7803 10924 11606 12282 12502 12860 16739 22141 23364 23709 23875 25369 26285 26862
 26922 26948 27844
 118 2886 6188 8567 8753 10752 11895 11939 12361 12739 14031 15749 16127 16638 18517 22030
 23682 27925
 158 489 824 1854 2935 4257 6997 11791 15452 15664 16719 19672 24085 25188 25240 25283
 25636 27011
 2918 5981 6349 7833 12983 14033 14242 14344 17083 17405 19655 21959 22550 23777 27153
 27827 27848 27921
 3265 5089 6050 6323 10714 18435 20910 21582 24038 24361 24712 25131 25484 26901 27073
 27174 27309 27693
 17 26 32 3083 10749 11918 11982 12657 13842 14454 18559 20569 23993 27282 27712 27732
 27772 27820
 3991 4273 5550 8223 9048 10163 12392 15961 19676 20564 20586 21360 24139 26555 27189
 27334 27708 27844
 1611 3553 6046 8278 10150 13220 13670 14436 17764 19828 20986 21353 21723 25542 25691
 26339 27591 27823
 6173 6835 7028 7803 8388 8626 11307 15884 17784 18339 19512 24249 26438 27137 27255 27594
 27770 28072
 67 486 3205 5487 10201 11054 14546 20328 23045 23272 23673 25248 25527 25802 26578 27235
 27872 27971
 23 3605 3873 13976 16258 18335 18529 20465 22508 24880 24946 25672 26326 26479 26514
 27758 28026 28047
 2183 7317 10716 11014 11637 20111 21269 22729 23581 25870 25891 27176 27185 27709 27747
 27912 28003 28024
 12 31 53 68 1402 9988 15395 19124 20807 23692 25299 25979 26394 27022 27026 27092 27576
 28041
 18 52 4442 12761 15481 17938 20266 24312 24821 25137 25916 26131 26642 26851 27065 27311
 27697 27987
 49 4516 5076 12930 15048 20703 21360 22615 25025 25577 25997 26353 26659 26701 27206
 27655 28030 28037
 36 1654 2703 8738 13150 15338 18464 20505 21404 25826 25911 27400 27433 27513 27891 28011
 28015 28043
 40 54 6027 11231 14164 15995 17839 19890 22537 25509 26043 26700 27141 27166 27182 27660
 27893 27990
 2840 11826 14170 15701 15758 17947 19094 23029 26232 26528 26556 26849 27015 27456 27761
 27881 27987 28036
 30 680 1541 5734 8251 19767 20127 21120 22480 25861 25867 26517 26755 26821 27220 27547
 27793 27875
 1630 5956 7702 9606 10458 10541 17763 19609 21908 23593 24189 24356 24896 25180 26091
 27038 27081 27422
 2459 2748 22536 23254
 597 7455 22226 26562
 12250 13286 13325 25013
 8523 13590 27754
 39 19867 24723
 19403 21896 22752
 8491 20514 23236
 4300 25422 27311
 11586 19002 28004

66/130

FIG. 66

10358 19197 20224
11549 24404 24743
25288 26238 27603
7064 7516 12667
10495 22956 25193
2138 16441 19980
57 3925 20396
26 3672 6014
8425 24543 26134
8188 8317 24909
40 2219 17740
4187 10940 11324
2447 7425 20795
46 13240 16149
37 12701 25168
4044 5791 27998
33 24019 25005
18081 22487 23003
13 20833 25074
15660 22973 27116
2816 17854 27914
18148 23098 27712
3886 19711 20993
54 17332 26188
10188 16959 27174
74 14117 23707
8805 19540 27887
25082 27736 28002
1698 16599 28039
19195 24524 25323
6814 27968 27986
942 972 24673
4760 24441 27142
680 11557 27969
4544 14190 19878
15369 18267 27683
9155 20072 26804
65 5166 12757
49 14369 26870
1 35 26298
5975 12813 19445
20809 27226 27431
59 75 5907
9940 17252 27654
11221 14695 17335
10851 18647 27885
8004 26096 26754
7 23111 27220
22256 26278 27521
1087 24826 28022
3753 11220 15209
11595 12395 27701
21 67 1577

67/130

FIG. 67

11832	25290	26155
13569	19238	19712
5240	18333	22195
3466	20906	25558
18549	24520	27963
17078	18683	28070
7525	21035	27052
25555	26737	27020
10046	10066	15471
7526	19774	27813
10476	11424	27594
18349	24493	27123
5476	26410	28071
7964	14835	18804
33	4787	25619
757	6564	13708
23472	27330	28015
7067	19247	22116
7363	27544	27851

68/130

FIG. 68

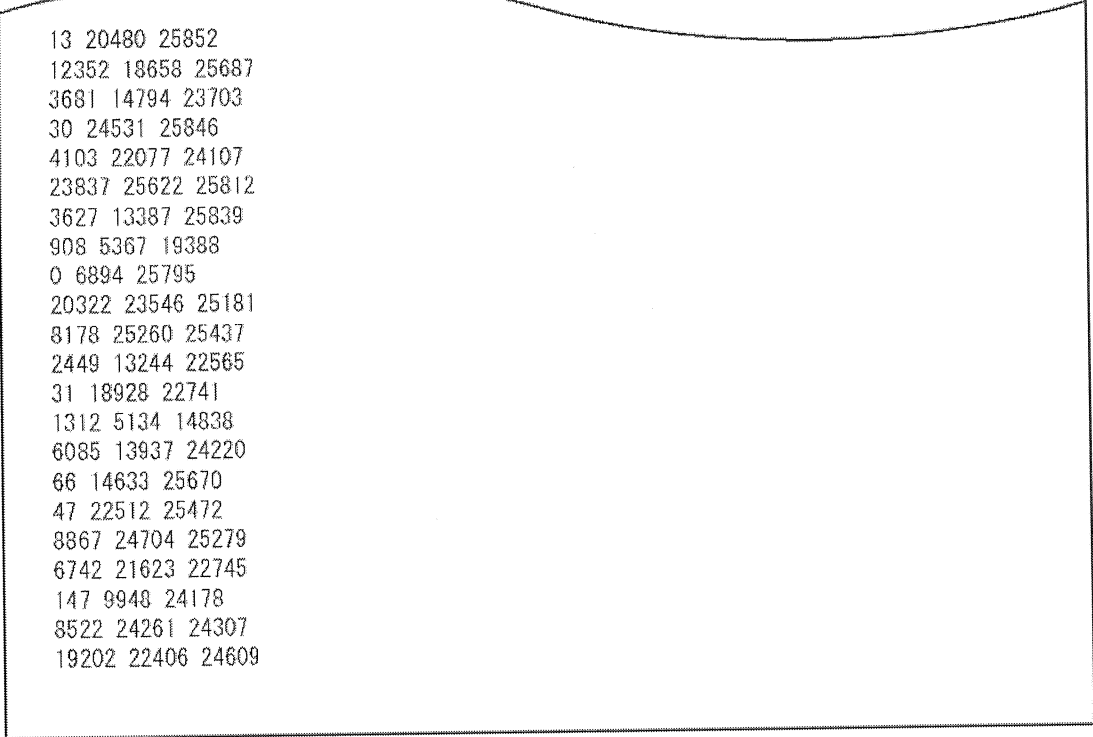
N=64800, $\gamma_1 = 18/30$

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 23938 25351
 25590 25876 25910
 73 605 872 4008 6279 7653 10346 10799 12482 12935 13604 15909 16526 19782 20506 22804
 23629 24859 25600
 1445 1690 4304 4851 8919 9176 9252 13783 16076 16675 17274 18806 18882 20819 21958 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 25635 25678
 25807 25857 25872
 1 19 5958 8548 8860 11489 16845 18450 18469 19496 20190 23173 25262 25566 25668 25679
 25858 25888 25915
 7520 7690 8855 9183 14654 16695 17121 17854 18083 18428 19633 20470 20736 21720 22335
 23273 25083 25293 25403
 48 58 410 1299 3786 10668 18523 18963 20864 22106 22308 23033 23107 23128 23990 24286
 24409 24595 25802
 12 51 3894 6539 8276 10885 11644 12777 13427 14039 15954 17078 19053 20537 22863 24521
 25087 25463 25838
 3509 8748 9581 11509 15884 16230 17583 19264 20900 21001 21310 22547 22756 22959 24768
 24814 25594 25626 25880
 21 29 69 1448 2386 4601 6626 6667 10242 13141 13852 14137 18640 19951 22449 23454 24431
 25512 25814
 18 53 7890 9934 10063 16728 19040 19809 20825 21522 21800 23582 24556 25031 25547 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 24890 25758
 25784 25807
 34 40 44 4215 6076 7427 7965 8777 11017 15593 19542 22202 22873 23397 23423 24418 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
 6896 12761 13206 25873
 2 1380 12322 21701
 11600 21306 25753 25790

69/130

FIG. 69

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 25548
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
2223 17905 25484
16782 17135 20446
475 2861 3457
16218 22449 24362
11716 22200 25897
8315 15009 22633

FIG. 70

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

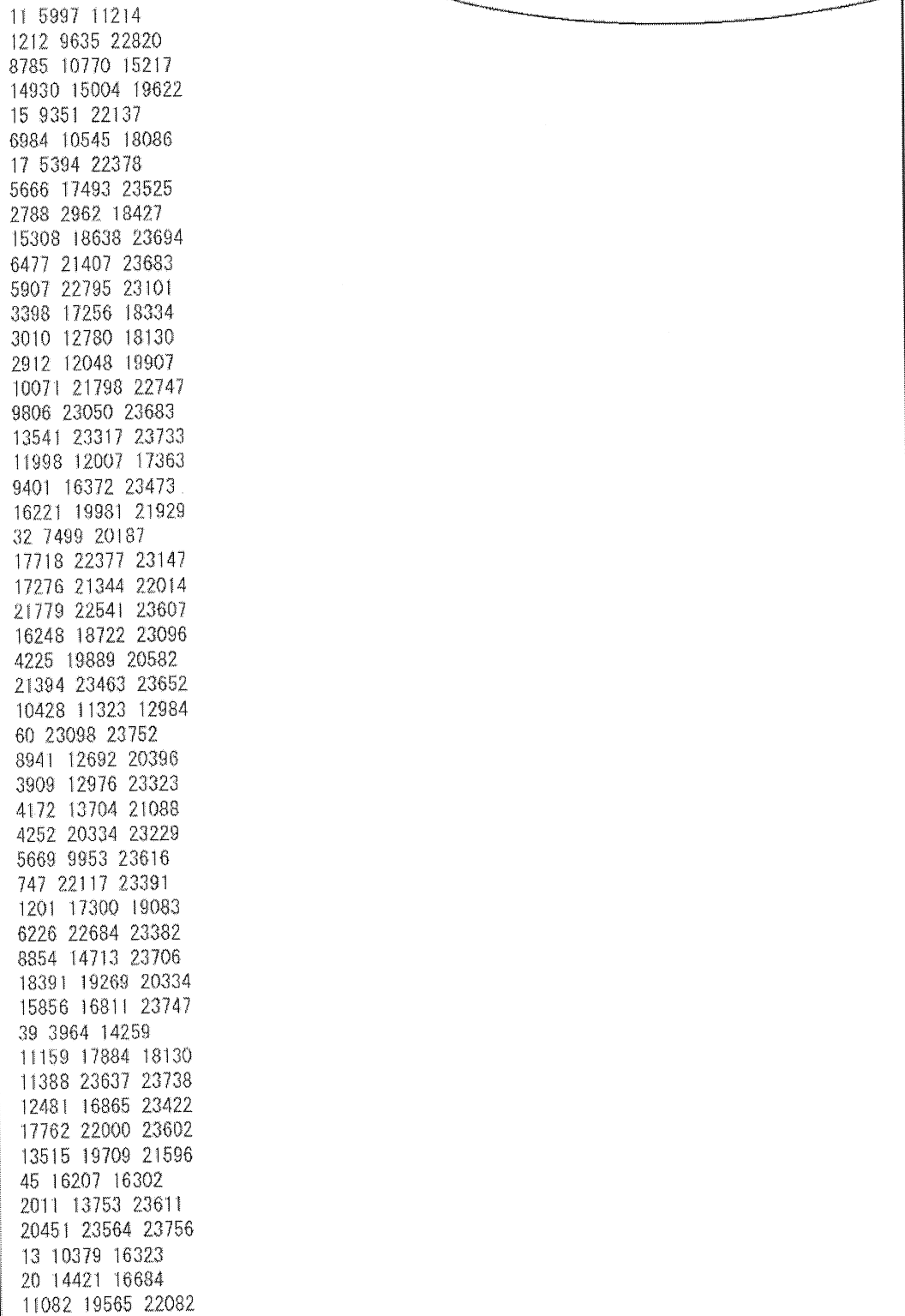
71/130

FIG. 71

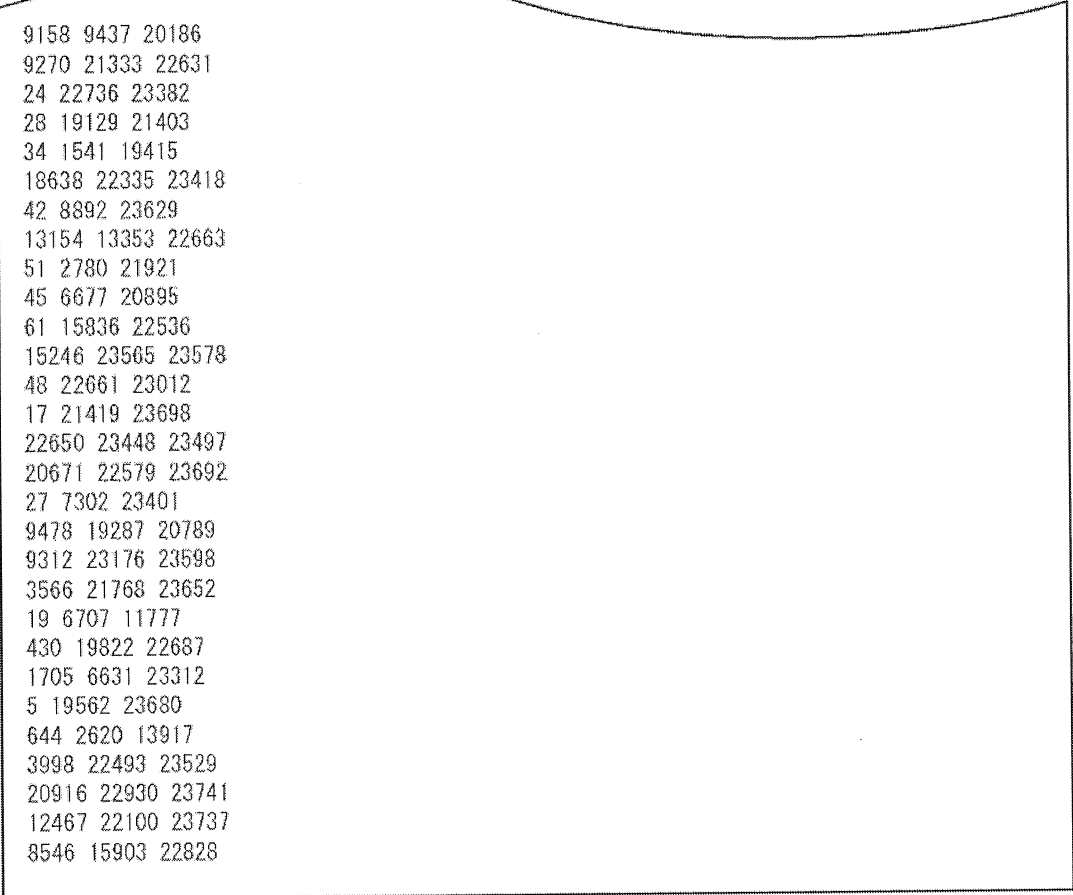
N=64800, t_{yl} = 19/30

354 794 1214 1640 8278 9195 11069 11580 11911 13276 13438 14495 14734 15741 19195 19537
 21951
 4657 5351 5887 6634 7718 8327 10300 10815 11822 13506 16746 19429 19920 21548 22087 23650
 23712
 4603 5160 6345 7259 8428 8937 9665 11623 11864 13590 13613 17117 18678 19118 21126 21884
 23054
 27 2157 3039 3219 4191 5651 7098 12555 12634 13791 14885 15505 16163 16664 19792 20437
 23588
 30 49 2768 3314 4345 6972 8994 15294 16653 18282 18808 19324 20597 21510 21643 23741
 23748
 1 553 2228 4277 4499 5818 10560 10823 12135 14102 14923 15980 15995 16319 18577 22838
 23058
 4 2307 2764 3075 4755 8064 9673 12150 21139 21224 21572 21682 23415 23598 23703 23710
 23739
 4 9 13 5867 6028 7730 10859 14755 14879 15746 21166 21643 22777 23409 23502 23511 23734
 13 28 481 7146 8144 13768 15081 19349 20187 20858 21913 22025 23134 23472 23506 23711
 23744
 12 24 36 1004 3080 3496 7356 7834 16011 16492 19536 20918 22833 22937 23717 23745 23749
 31 378 812 1578 1957 5163 14759 16701 16829 18111 22931 23253 23314 23351 23584 23660
 23699
 25 38 1183 6573 9556 12523 14303 14412 18209 18530 21334 21770 21809 22630 22734 23154
 23186
 57 3497 6667 9653 10168 12771 15082 19365 19415 19514 19611 19785 21242 22974 23107 23690
 23715
 2456 2562 6223 7150 12652 14580 14807 20072 20513 21091 21201 21922 23010 23046 23215
 23514 23663
 5 635 3760 4981 6824 8425 13532 14618 19654 20026 21439 21684 22023 23027 23499 23691
 23707
 8 3018 4509 9002 11537 17156 17490 17779 20182 22018 22416 23348 23497 23575 23685 23708
 23753
 3 19 60 9502 12512 12907 17118 20225 20508 21429 21695 22010 22187 22347 23574 23608
 23617
 2 5 22 61 6583 15302 17930 18081 18562 19427 21204 21744 22713 23422 23503 23597 23730
 15 4333 9774 11921 15075 20998 21581 21622 22468 22638 23104 23530 23593 23613 23645
 23648 23719
 16 48 65 2563 3079 12594 17391 17524 20302 21062 21809 22772 23189 23501 23625 23628
 23756
 59 4288 6124 13237 13580 13607 19899 20348 21481 22380 22510 22883 23114 23233 23709
 23715 23735
 46 2949 3278 6100 9887 10255 19509 19883 20022 21147 21422 21915 22489 22777 23422 23750
 23754
 761 8196 8895 23472
 10842 15470 23658 23748
 13 16585 19888 21445
 13341 17522 18603 20826
 2932 8194 19093 21220
 6202 9623 23715
 2288 21290 22116
 5143 10529 19731
 15559 16069 23704
 137 11927 20849

72/130

FIG. 72

11 5997 11214
1212 9635 22820
8785 10770 15217
14930 15004 19622
15 9351 22137
6984 10545 18086
17 5394 22378
5666 17493 23525
2788 2962 18427
15308 18638 23694
6477 21407 23683
5907 22795 23101
3398 17256 18334
3010 12780 18130
2912 12048 19907
10071 21798 22747
9806 23050 23683
13541 23317 23733
11998 12007 17363
9401 16372 23473
16221 19881 21929
32 7499 20187
17718 22377 23147
17276 21344 22014
21779 22541 23607
16248 18722 23096
4225 19889 20582
21394 23463 23652
10428 11323 12984
60 23098 23752
8941 12692 20396
3909 12976 23323
4172 13704 21088
4252 20334 23229
5669 9953 23616
747 22117 23391
1201 17300 19083
6226 22684 23382
8854 14713 23706
18391 19269 20334
15856 16811 23747
39 3964 14259
11159 17884 18130
11388 23637 23738
12481 16865 23422
17762 22000 23602
13515 19709 21596
45 16207 16302
2011 13753 23611
20451 23564 23756
13 10379 16323
20 14421 16684
11082 19565 22082

FIG. 73

9158 9437 20186
9270 21333 22631
24 22736 23382
28 19129 21403
34 1541 19415
18638 22335 23418
42 8892 23629
13154 13353 22663
51 2780 21921
45 6677 20895
61 15836 22536
15246 23565 23578
48 22661 23012
17 21419 23698
22650 23448 23497
20671 22579 23692
27 7302 23401
9478 19287 20789
9312 23176 23598
3566 21768 23652
19 6707 11777
430 19822 22687
1705 6631 23312
5 19562 23680
644 2620 13917
3998 22493 23529
20916 22930 23741
12467 22100 23737
8546 15903 22828

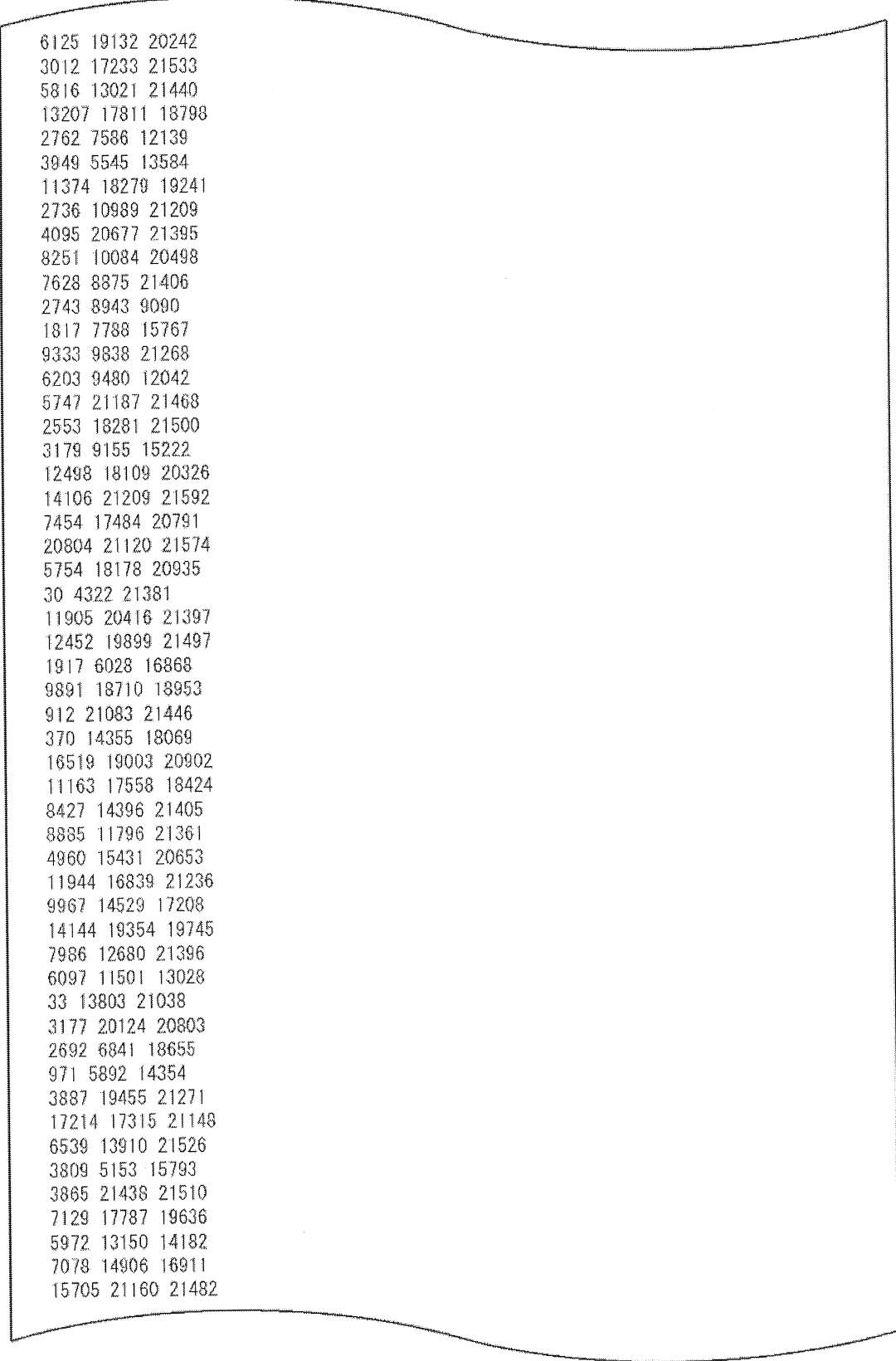
74/130

FIG. 74

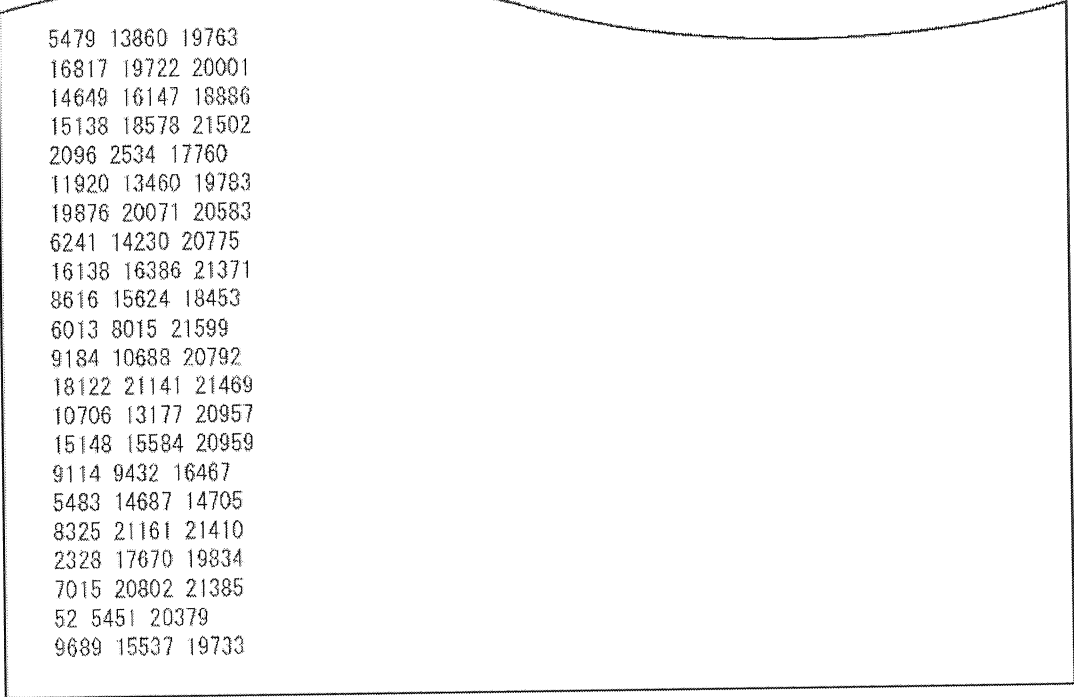
N=64800, tỷ lệ =20/30

692 1779 1973 2726 5151 6088 7921 9618 11804 13043 15975 16214 16889 16980 18585 18648
 13 4090 4319 5288 8102 10110 10481 10527 10953 11185 12069 13177 14217 15963 17661 20959
 2330 2516 2902 4087 6338 8015 8638 9436 10294 10843 11802 12304 12371 14095 18486 18996
 125 586 5137 5701 6432 6500 8131 8327 10488 11032 11334 11449 12504 16000 20753 21317
 30 480 2681 3635 3898 4058 12803 14734 20252 20306 20680 21329 21333 21466 21562 21568
 20 44 738 4965 5516 7659 8464 8759 12216 14630 18241 18711 19093 20217 21316 21490
 31 43 3554 5289 5667 8687 14885 16579 17883 18384 18486 19142 20785 20932 21131 21308
 7054 9276 10435 12324 12354 13849 14285 16482 19212 19217 19221 20499 20831 20925 21195
 21247
 9 13 4099 10353 10747 14884 15492 17650 19291 19394 20356 20658 21068 21117 21183 21586
 28 2250 2980 8988 10282 12503 13301 18351 20546 20622 21006 21293 21344 21472 21530
 21542
 17 32 2521 4374 5098 7525 13035 14437 15283 18635 19136 20240 21147 21179 21300 21349
 57 4735 5657 7649 8807 12375 16092 16178 16379 17545 19461 19489 20321 20530 21453 21457
 35 55 5333 14423 14670 15438 19468 19667 20823 21084 21241 21344 21447 21520 21554 21586
 13 20 2025 11854 12516 14938 15929 18081 19730 19929 20408 21338 21391 21425 21468 21546
 54 7451 8176 10136 15240 16442 16482 19431 19483 19762 20647 20839 20966 21512 21579
 21592
 26 465 3604 4233 9831 11741 13692 18953 18974 21021 21039 21133 21282 21488 21532 21558
 1 7 16 59 6979 7675 7717 9791 12370 13050 18534 18729 19846 19864 20127 20165
 15 31 11089 12360 13640 14237 17937 18043 18410 19443 21107 21444 21449 21528 21576 21584
 32 51 9768 17848 18095 19326 19594 19618 19765 20440 20482 20582 21236 21338 21563 21587
 44 55 4864 10253 11306 12117 13076 13901 15610 17057 18205 19794 20939 21132 21267 21573
 3436 11304 15361 16511 16860 18238 18639 19341 20106 20123 20407 21200 21280 21452 21526
 21569
 679 8822 11045 14403 16588 17838 19117 19453 20265 20558 21374 21396 21428 21442 21529
 21590
 391 13002 13140 14314 17169 17175 17846 18122 19447 20075 20212 20436 20583 21330 21359
 21403
 7601 10257 20060 21285
 4419 9150 18097 20315
 4675 13376 21435
 610 1238 16704
 5732 7096 21104
 5690 13531 14545
 4334 14839 17357
 8 2814 17674
 2392 8128 18369
 502 7403 15133
 343 13624 20673
 13188 15687 21593
 321 16866 21347
 1242 4261 17449
 4691 8086 8691
 8500 11538 20278
 6269 12905 18192
 5984 15452 17111
 11541 18717 21534
 16 10780 16107
 12310 12959 20390
 1365 18306 19634

75/130

FIG. 75

6125 19132 20242
3012 17233 21533
5816 13021 21440
13207 17811 18798
2762 7586 12139
3049 5545 13584
11374 18279 19241
2736 10989 21209
4095 20677 21395
8251 10084 20498
7628 8875 21406
2743 8943 9090
1817 7788 15767
9333 9838 21268
6203 9480 12042
5747 21187 21468
2553 18281 21500
3179 9155 15222
12498 18109 20326
14106 21209 21592
7454 17484 20791
20804 21120 21574
5754 18178 20935
30 4322 21381
11905 20416 21397
12452 19899 21497
1917 6028 16868
9891 18710 18953
912 21083 21446
370 14355 18069
16519 19003 20902
11163 17558 18424
8427 14396 21405
8885 11796 21361
4960 15431 20653
11944 16839 21236
9967 14529 17208
14144 19354 19745
7986 12680 21396
6097 11501 13028
33 13803 21038
3177 20124 20803
2692 6841 18655
971 5892 14354
3887 19455 21271
17214 17315 21148
6539 13910 21526
3809 5153 15793
3865 21438 21510
7129 17787 19636
5972 13150 14182
7078 14906 16911
15705 21160 21482

FIG. 76

5479 13860 19763
16817 19722 20001
14649 16147 18886
15138 18578 21502
2096 2534 17760
11920 13460 19783
19876 20071 20583
6241 14230 20775
16138 16386 21371
8616 15624 18453
6013 8015 21599
9184 10688 20792
18122 21141 21469
10706 13177 20957
15148 15584 20959
9114 9432 16467
5483 14687 14705
8325 21161 21410
2328 17670 19834
7015 20802 21385
52 5451 20379
9689 15537 19733

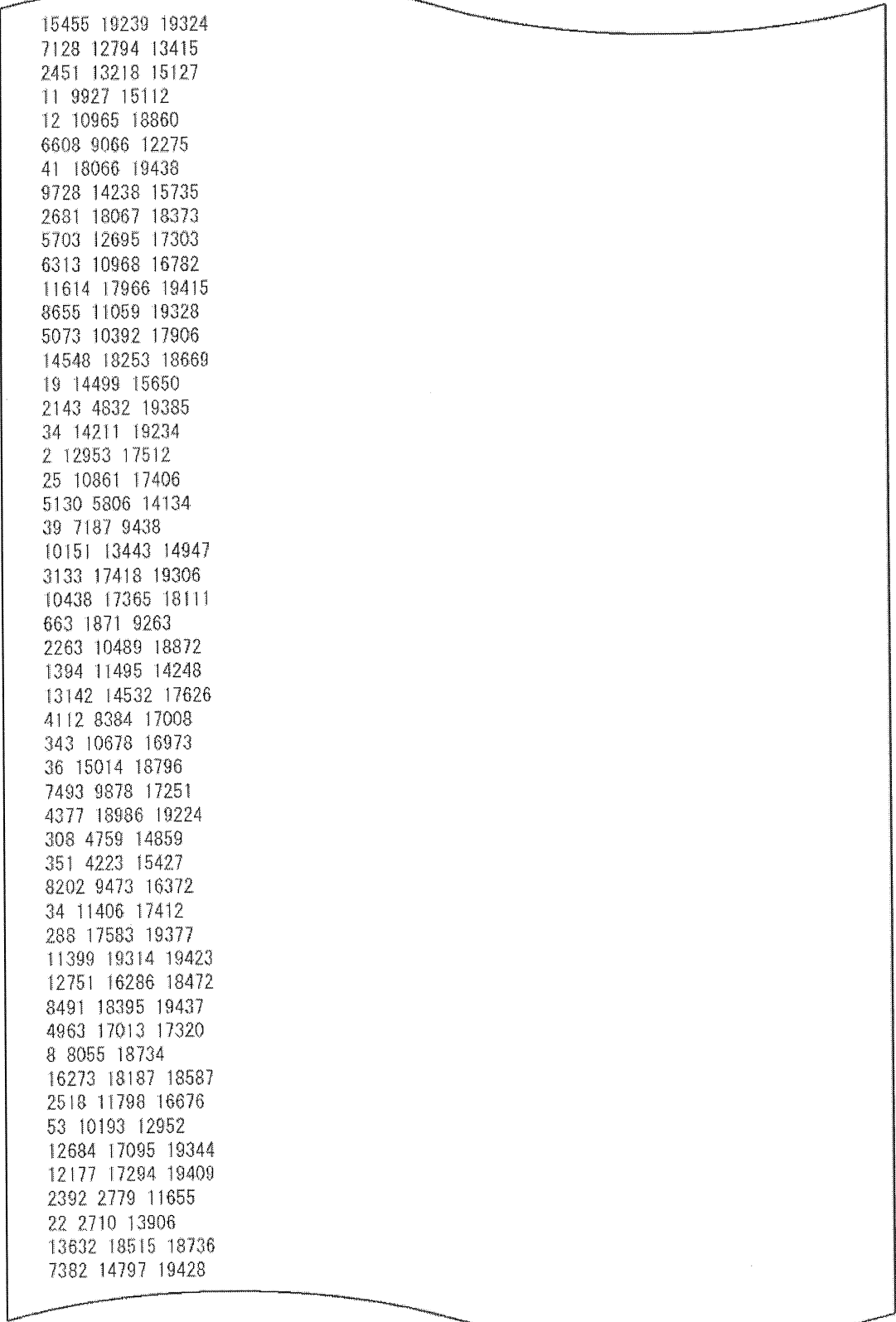
77/130

FIG. 77

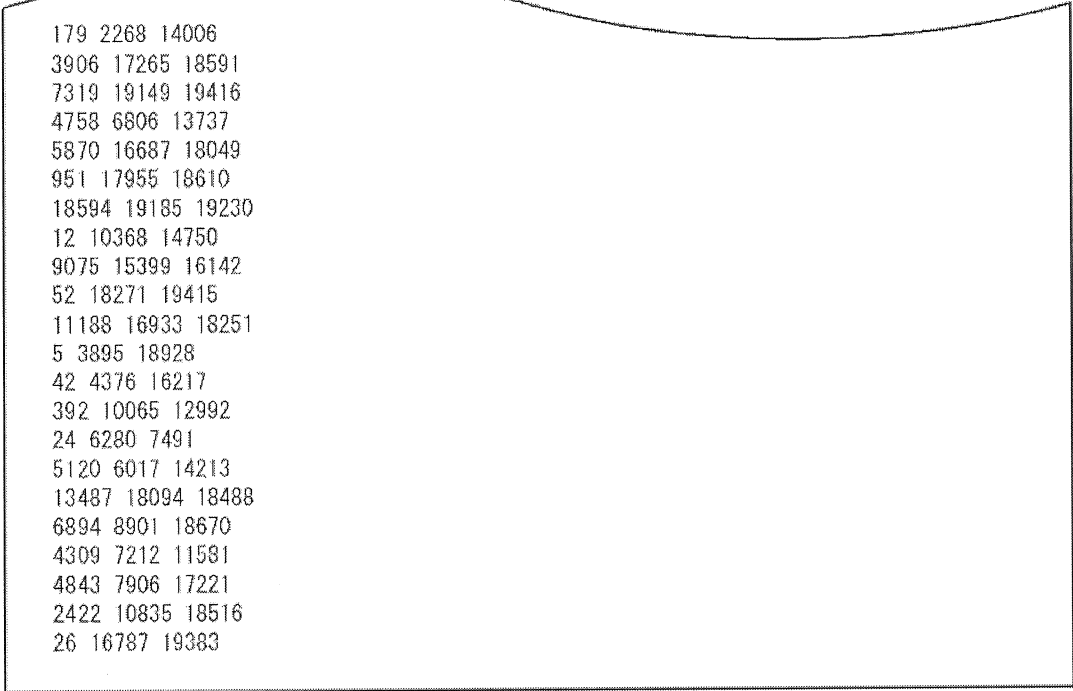
N=64800, tỷ lệ =21/30

549 611 1357 3717 5079 5412 5964 10310 13716 16028 16067 16726 16856 18095 18515
 25 163 1310 4468 5938 8348 9208 11118 13355 13539 14004 14869 16512 17878 19194
 9 3271 4816 5091 5642 6704 8049 8431 8513 9264 10118 10905 17317 19047 19204
 1775 2009 2741 3978 5427 6376 8143 9682 12173 13086 13232 14386 15220 17433 19332
 18 519 4261 4265 6356 6409 11253 12973 14592 16637 17039 18474 19112 19202 19214
 874 2918 3977 8791 9100 10391 10623 11738 16545 16968 17928 19049 19251 19295 19384
 15 2832 4906 5010 7208 7315 8266 12524 14718 14789 16532 16637 17333 19314 19361
 1 44 169 967 3980 7358 8489 9672 11731 12519 19027 19030 19156 19348 19434
 32 112 2611 5885 6907 9231 9890 10047 10456 17955 17959 19236 19361 19395 19419
 5 13 38 51 1307 6348 7275 10351 11869 13074 17179 17889 18802 18957 18963
 45 1114 1822 13768 13968 16002 17945 18577 18944 19097 19142 19191 19211 19280 19410
 16 25 31 6527 7318 10336 11522 11826 12038 17843 19218 19270 19346 19365 19428
 44 3166 11719 13946 14592 16659 17881 18127 18335 18401 18672 19025 19093 19218 19233
 3890 4804 10421 11575 15260 15641 15738 15835 16462 17085 17902 18650 19131 19328 19336
 40 4635 6324 12215 13030 14029 15387 16287 18128 18893 18939 19138 19409 19416 19422
 26 10421 10487 11386 12158 13231 16951 17521 18100 18309 18468 18689 18745 18862 19350
 33 1635 8499 10728 12209 15641 16482 17298 18157 18247 18498 18885 19018 19304 19340
 155 7584 9130 9253 10095 14414 15396 16572 16660 18942 19031 19287 19319 19334 19418
 0 452 4180 6281 7401 13527 13855 14524 16190 18133 18346 18428 18983 19370 19377
 43 5974 9711 10621 11296 13782 16955 17413 17514 17949 18441 18465 18800 19368 19380
 20 2462 6141 6157 7855 13754 17444 17900 18517 19099 19217 19392 19416 19419 19436
 44 3197 6827 8627 12967 13503 14327 15070 16306 17079 18212 18283 19000 19021 19318
 0 9 24 784 875 2519 3900 5797 13090 13395 18070 18095 18767 19024 19212
 27 1943 4688 5617 7512 7773 10220 13453 15976 15984 17284 17785 18950 19187 19422
 2095 17203 18559
 29 10616 15594
 14366 14924 15179
 5487 7882 14228
 1228 19301 19420
 2144 9744 10245
 47 12037 16969
 4990 8811 19259
 13271 13624 18766
 11793 15199 18405
 13618 15135 16272
 9174 15906 19070
 10882 15172 19435
 2925 5216 18611
 8983 16271 19303
 5729 11533 19203
 3507 5159 11003
 11001 13292 17253
 101 1300 14833
 8847 16410 19344
 38 3941 11470
 10236 12322 19338
 1260 12919 18542
 14 1600 18816
 7291 10840 19376
 13341 17748 18862
 2024 16189 16472

78/130

FIG. 78

15455 19239 19324
7128 12794 13415
2451 13218 15127
11 9927 15112
12 10965 18860
6608 9066 12275
41 18066 19438
9728 14238 15735
2681 18067 18373
5703 12695 17303
6313 10968 16782
11614 17966 19415
8655 11059 19328
5073 10392 17906
14548 18253 18669
19 14499 15650
2143 4832 19385
34 14211 19234
2 12953 17512
25 10861 17406
5130 5806 14134
39 7187 9438
10151 13443 14947
3133 17418 19306
10438 17365 18111
663 1871 9263
2263 10489 18872
1394 11495 14248
13142 14532 17626
4112 8384 17008
343 10678 16973
36 15014 18796
7493 9878 17251
4377 18986 19224
308 4759 14859
351 4223 15427
8202 9473 16372
34 11406 17412
288 17583 19377
11399 19314 19423
12751 16286 18472
8491 18395 19437
4963 17013 17320
8 8055 18734
16273 18187 18587
2518 11798 16676
53 10193 12952
12684 17095 19344
12177 17294 19409
2392 2779 11655
22 2710 13906
13632 18515 18736
7382 14797 19428

FIG. 79

179 2268 14006
3906 17265 18591
7319 19149 19416
4758 6806 13737
5870 16687 18049
951 17955 18610
18594 19185 19230
12 10368 14750
9075 15399 16142
52 18271 19415
11188 16933 18251
5 3895 18928
42 4376 16217
392 10065 12992
24 6280 7491
5120 6017 14213
13487 18094 18488
6894 8901 18670
4309 7212 11581
4843 7906 17221
2422 10835 18516
26 16787 19383

80/130

FIG. 80

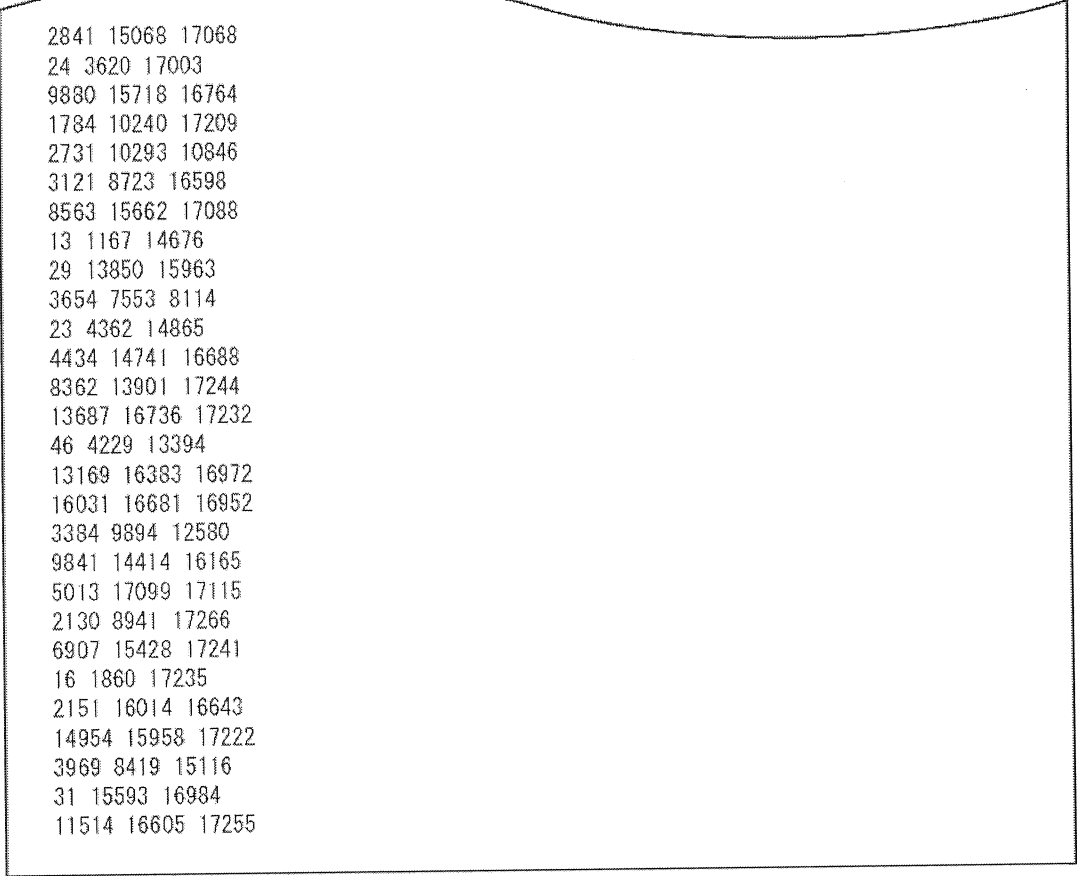
N=64800, type =22/30

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 17205
 542 1190 6883 7911 8349 8835 10489 11631 14195 15009 15454 15482 16632 17040 17063
 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 17209
 0 3926 5869 8696 9351 9391 11371 14052 14172 14636 14974 16619 16961 17033 17237
 3033 5317 6501 8579 10698 12168 12966 14019 15392 15806 15991 16493 16690 17062 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 17080 17175 17273
 1807 5921 9960 10011 14305 14490 14872 15852 16054 16061 16306 16799 16833 17136 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 16735 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 17266
 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 17253
 4410 8066 8596 9631 10369 11249 12610 15769 16791 16960 17018 17037 17062 17165 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
 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

81/130

FIG. 81

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
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

FIG. 82

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
31 15593 16984
11514 16605 17255

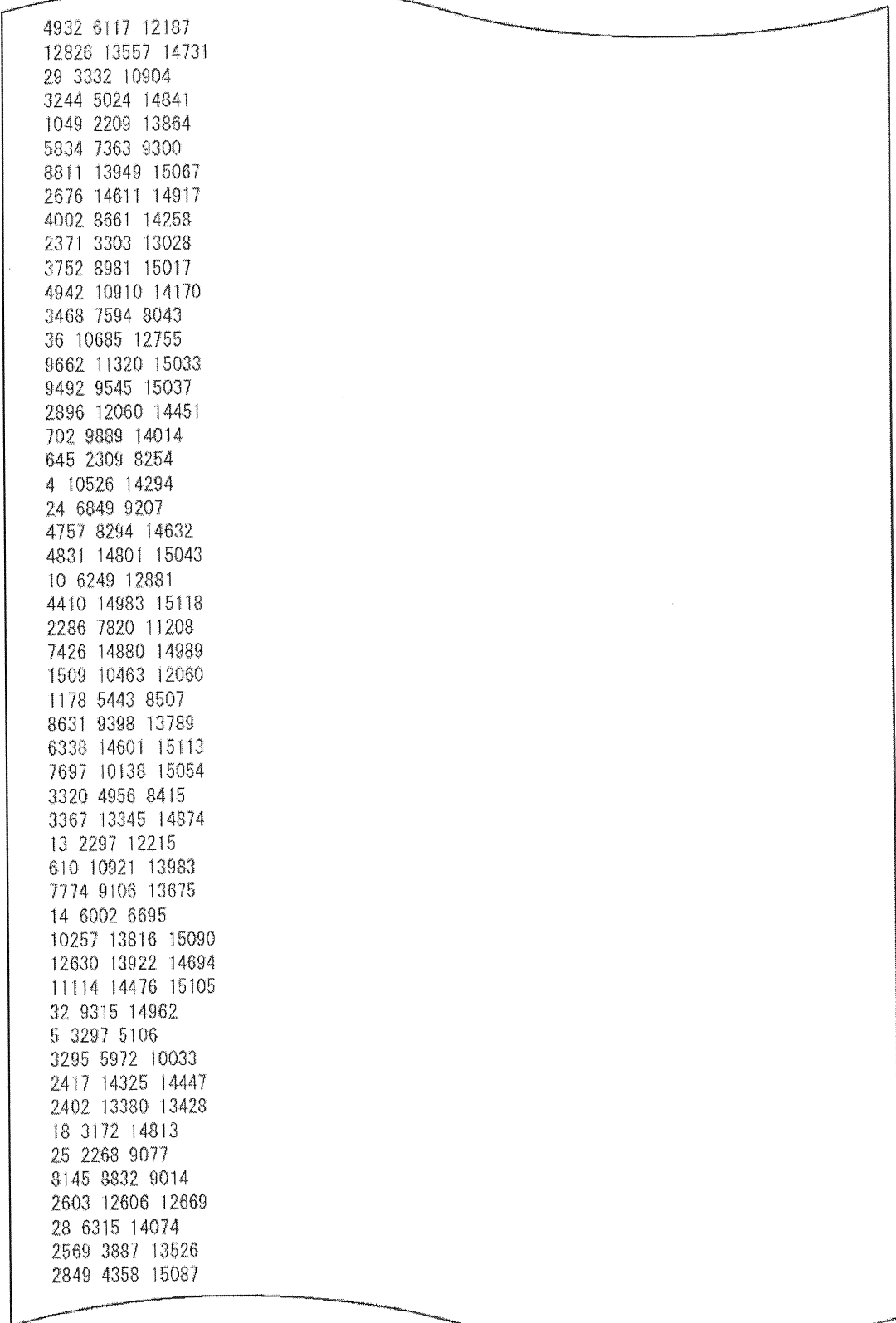
83/130

FIG. 83

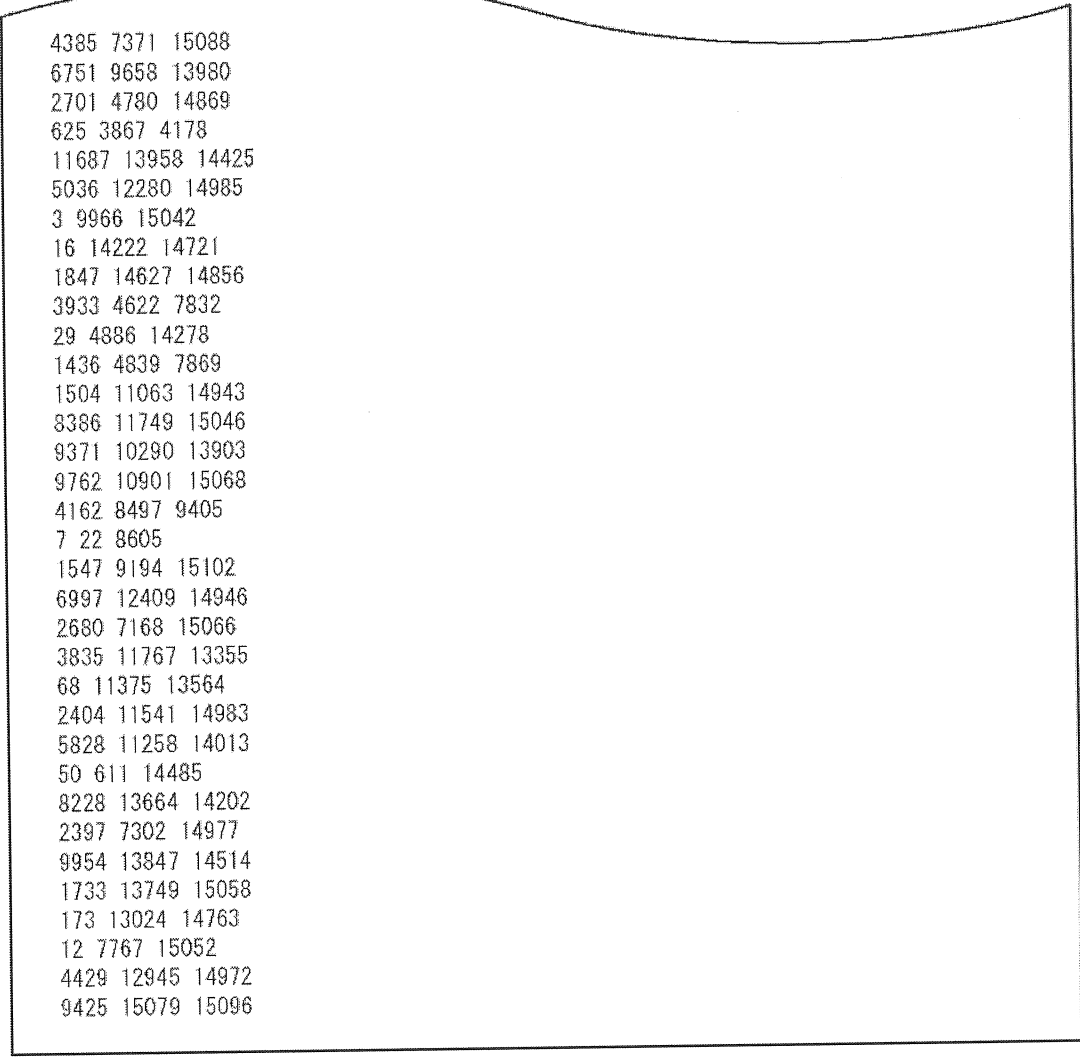
N=64800, tile =23/30

310 1729 3466 4343 5079 5360 6486 7268 8660 8684 9687 10496 12682 13283 14142
 10 35 3137 4489 4906 5614 6655 9072 10341 10512 11699 12547 12992 15098 15103
 20 28 1671 4321 8051 8676 9003 10395 11047 11259 12221 13005 14041 14459 15078
 82 329 2415 3798 8856 11071 11483 12210 12283 13592 14111 14118 14890 15043 15080
 38 3425 4256 5892 6586 9088 10029 10168 10845 13170 13742 14143 14505 14648 14949
 24 1462 5755 9371 9921 10303 11838 13574 13755 13982 14821 14848 14916 15082 15088
 27 4818 7432 7508 8148 9725 10575 13009 13205 13469 14264 14707 14967 15029 15092
 4118 6906 8252 10421 11578 12851 13114 13662 13815 14535 14795 14971 15007 15019 15094
 34 5330 7799 9336 10563 11473 11624 13103 13490 13664 14286 14782 15013 15075 15089
 30 1833 4359 7535 10347 10691 12403 13357 14063 14358 14554 14563 14611 14886 14894
 2 11 2662 3363 5469 5674 8489 9870 11571 12625 14094 14602 14962 14972 15016
 2666 3305 4681 8359 9701 9970 10838 11432 12869 13053 13873 14664 14703 14928 14998
 3164 5920 5949 9228 10188 11757 12119 12878 13410 13951 14398 14652 14910 14967 15103
 7840 9295 9875 11112 12316 12463 12771 13094 13197 13712 14085 14444 14707 14947 14987
 1110 1223 3530 6281 10867 13008 14412 14528 14628 14753 14901 14938 15063 15087 15112
 21 791 3863 5611 8101 10837 12988 13585 13731 14228 14435 14843 14910 15052 15082
 40 1358 6434 9368 9892 10005 11561 11996 12506 13093 13167 14607 14674 14844 15030
 803 1072 4593 6553 8291 8954 10035 11469 13719 14077 14173 14771 14812 14888 14992
 6 5334 7322 7499 9560 10116 11560 11795 11874 11994 13936 14284 14376 14671 14863
 41 5509 7768 9585 9698 10441 11621 12907 13092 13535 13832 14759 14887 14903 14972
 4836 6794 8298 8883 10019 11625 12322 12563 13084 14192 14431 14526 14611 14883 15044
 39 2210 7759 8572 8654 13258 13651 14070 14115 14279 14418 14566 14718 14811 15004
 19 3975 4451 5642 6685 7975 8633 9640 9811 10753 10890 11243 11269 12598 14952
 6363 6545 9439 9791 9818 13695 14229 14556 14711 14730 14744 14758 14844 14962 15032
 6068 6472 6852 7431
 3260 8709 11880 14644
 8072 10635 12785 14902
 936 12069 14934 14957
 31 3503 7561 14443
 4377 13028 14483 14513
 397 6963 12232
 8743 10726 14721
 2800 3819 12560
 11057 13202 15084
 2256 4829 13796
 2759 3104 14683
 139 10014 12174
 3531 9304 14860
 3890 5170 13556
 10401 13606 14910
 4070 4564 7583
 13749 14399 15019
 2025 13882 15031
 10616 11730 14148
 2890 6342 12520
 2071 6431 14496
 8209 9125 13522
 6008 7161 12442
 14655 14792 15037
 9054 14297 15119
 5028 6219 12074

84/130

FIG. 84

4932 6117 12187
12826 13557 14731
29 3332 10904
3244 5024 14841
1049 2209 13864
5834 7363 9300
8811 13949 15067
2676 14611 14917
4002 8661 14258
2371 3303 13028
3752 8981 15017
4942 10910 14170
3468 7594 8043
36 10685 12755
9662 11320 15033
9492 9545 15037
2896 12060 14451
702 9889 14014
645 2309 8254
4 10526 14294
24 6849 9207
4757 8294 14632
4831 14801 15043
10 6249 12881
4410 14983 15118
2286 7820 11208
7426 14880 14989
1509 10463 12060
1178 5443 8507
8631 9398 13789
6338 14601 15113
7697 10138 15054
3320 4956 8415
3367 13345 14874
13 2297 12215
610 10921 13983
7774 9106 13675
14 6002 6695
10257 13816 15090
12630 13922 14694
11114 14476 15105
32 9315 14962
5 3297 5106
3295 5972 10033
2417 14325 14447
2402 13380 13428
18 3172 14813
25 2268 9077
8145 8832 9014
2603 12606 12669
28 6315 14074
2569 3887 13526
2849 4358 15087

FIG. 85

4385 7371 15088
6751 9658 13980
2701 4780 14869
625 3867 4178
11687 13958 14425
5036 12280 14985
3 9966 15042
16 14222 14721
1847 14627 14856
3933 4622 7832
29 4886 14278
1436 4839 7869
1504 11063 14943
8386 11749 15046
9371 10290 13903
9762 10901 15068
4162 8497 9405
7 22 8605
1547 9194 15102
6997 12409 14946
2680 7168 15066
3835 11767 13355
68 11375 13564
2404 11541 14983
5828 11258 14013
50 611 14485
8228 13664 14202
2397 7302 14977
9954 13847 14514
1733 13749 15058
173 13024 14763
12 7767 15052
4429 12945 14972
9425 15079 15096

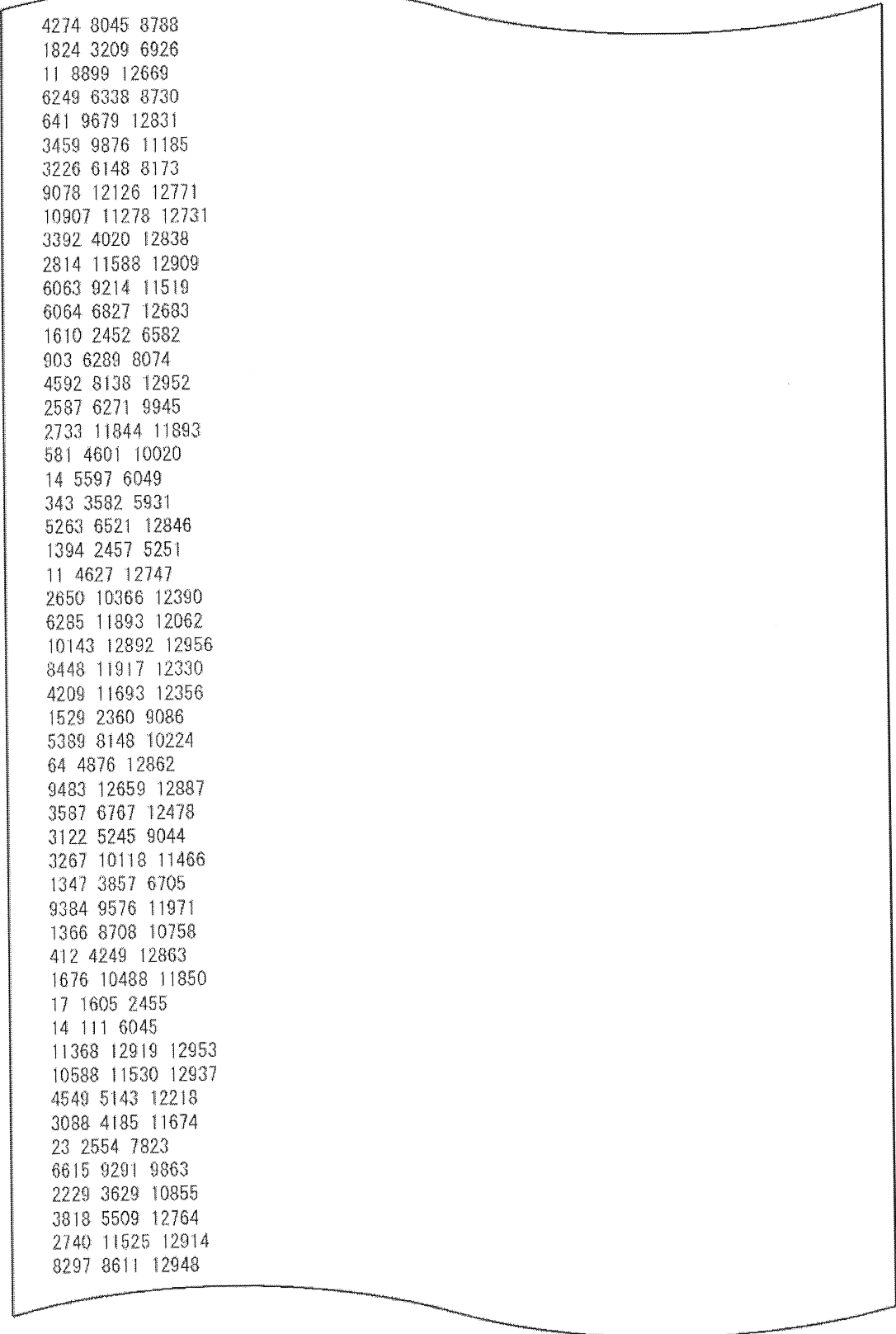
86/130

FIG. 86

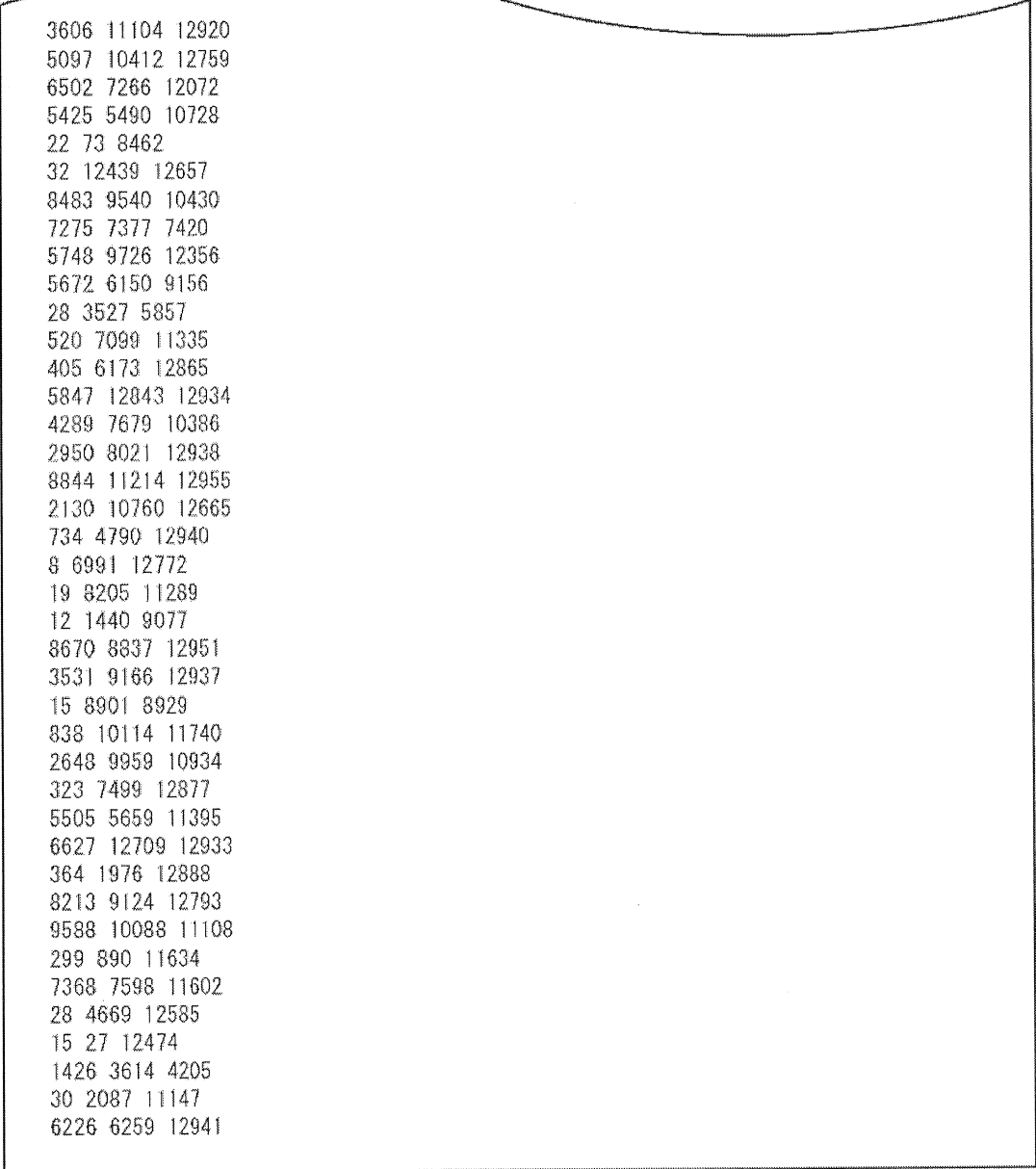
N=64800, tile =24/30

1504 2103 2621 2840 3869 4594 5246 6314 7327 7364 10425 11934 12898 12954
 27 1903 3923 4513 7812 8098 8428 9789 10519 11345 12032 12157 12573 12930
 17 191 660 2451 2475 2976 3398 3616 5769 6724 8641 10046 11552 12842
 13 1366 4993 6468 7689 8563 9131 10012 10914 11574 11837 12203 12715 12946
 432 872 2603 3286 3306 3385 4137 5563 7540 9339 9948 12315 12656 12929
 1113 1394 4104 4186 7240 8827 11522 11833 12359 12363 12629 12821 12904 12946
 14 441 1432 1677 2432 8981 11478 11507 12599 12783 12793 12912 12922 12943
 1579 1806 7971 8586 9845 10357 11600 12007 12020 12339 12576 12817 12830 12904
 20 546 3672 5538 6944 8052 8781 9743 12269 12393 12418 12549 12555 12718
 1 3540 4397 5011 6626 8617 9587 10360 10602 11402 11983 12068 12495 12838
 30 1572 4908 7421 8041 8910 8963 11005 11930 12240 12340 12467 12892 12933
 33 2060 3907 4215 5545 8306 8655 8743 8806 9315 9364 10685 11954 12959
 1338 2596 4876 5207 9555 10421 10929 11648 11739 12375 12416 12643 12742 12754
 9469 10544 10932 11250 11426 11582 11846 12139 12202 12210 12356 12378 12873 12929
 2681 3337 3616 6113 7078 8167 8624 9697 10908 11781 11855 12095 12475 12659
 28 4086 5432 6555 6848 7368 8794 11483 11572 12414 12816 12894 12936 12957
 5 5044 5572 9023 9192 9589 9979 10009 10855 10991 11715 12314 12610 12945
 17 272 602 5681 6530 9572 9886 11061 11495 12238 12265 12483 12885 12955
 22 2245 4282 4469 5007 6650 6733 10151 10401 11571 12004 12261 12805 12844
 23 3270 4468 8621 9662 11240 11934 12091 12444 12691 12717 12858 12888 12917
 740 1519 4923 6191 7878 8350 9293 10779 11020 11287 11630 12792 12862 12920
 12 28 3584 6072 7079 8075 10477 11130 11383 11780 12341 12667 12818 12927
 14 118 5283 5382 8301 9097 9413 9664 10437 10701 11124 12685 12730 12734
 32 1426 3078 4325 5353 7780 9042 9928 10077 10377 10679 11191 11750 12611
 1 669 3831 3980 5381 5412 6552 8453 9435 10243 11546 11821 11987 12807
 232 483 919 1232 2156 2396 2990 3774 8539 8704 8819 10810 11868 12634
 2381 7309 9334
 348 6494 12623
 4872 6257 11090
 7 11970 11985
 6615 12788 12855
 1173 5269 12647
 1944 7738 8116
 17 4828 9175
 2329 6034 12642
 1254 2366 5013
 2984 5078 5664
 7423 10265 11528
 1656 8526 8716
 22 287 2837
 18 100 3079
 299 3171 12169
 33 5920 11144
 1286 3650 9309
 2283 8809 12588
 3199 8242 9081
 2507 6846 8113
 5211 8722 12689
 1064 2592 8659
 6136 6925 12958
 1256 12789 12932

87/130

FIG. 87

4274 8045 8788
1824 3209 6926
11 8899 12669
6249 6338 8730
641 9679 12831
3459 9876 11185
3226 6148 8173
9078 12126 12771
10907 11278 12731
3392 4020 12838
2814 11588 12909
6063 9214 11519
6064 6827 12683
1610 2452 6582
903 6289 8074
4592 8138 12952
2587 6271 9945
2733 11844 11893
581 4601 10020
14 5597 6049
343 3582 5931
5263 6521 12846
1394 2457 5251
11 4627 12747
2650 10366 12390
6285 11893 12062
10143 12892 12956
8448 11917 12330
4209 11693 12356
1529 2360 9086
5389 8148 10224
64 4876 12862
9483 12659 12887
3587 6767 12478
3122 5245 9044
3267 10118 11466
1347 3857 6705
9384 9576 11971
1366 8708 10758
412 4249 12863
1676 10488 11850
17 1605 2455
14 111 6045
11368 12919 12953
10588 11530 12937
4549 5143 12218
3088 4185 11674
23 2554 7823
6615 9291 9863
2229 3629 10855
3818 5509 12764
2740 11525 12914
8297 8611 12948

FIG. 88

3606 11104 12920
5097 10412 12759
6502 7266 12072
5425 5490 10728
22 73 8462
32 12439 12657
8483 9540 10430
7275 7377 7420
5748 9726 12356
5672 6150 9156
28 3527 5857
520 7099 11335
405 6173 12865
5847 12843 12934
4289 7679 10386
2950 8021 12938
8844 11214 12955
2130 10760 12665
734 4790 12940
8 6991 12772
19 8205 11289
12 1440 9077
8670 8837 12951
3531 9166 12937
15 8901 8929
838 10114 11740
2648 9959 10934
323 7499 12877
5505 5659 11395
6627 12709 12933
364 1976 12888
8213 9124 12793
9588 10088 11108
299 890 11634
7368 7598 11602
28 4669 12585
15 27 12474
1426 3614 4205
30 2087 11147
6226 6259 12941

89/130

FIG. 89

N=64800, $t_y l_e = 25/30$

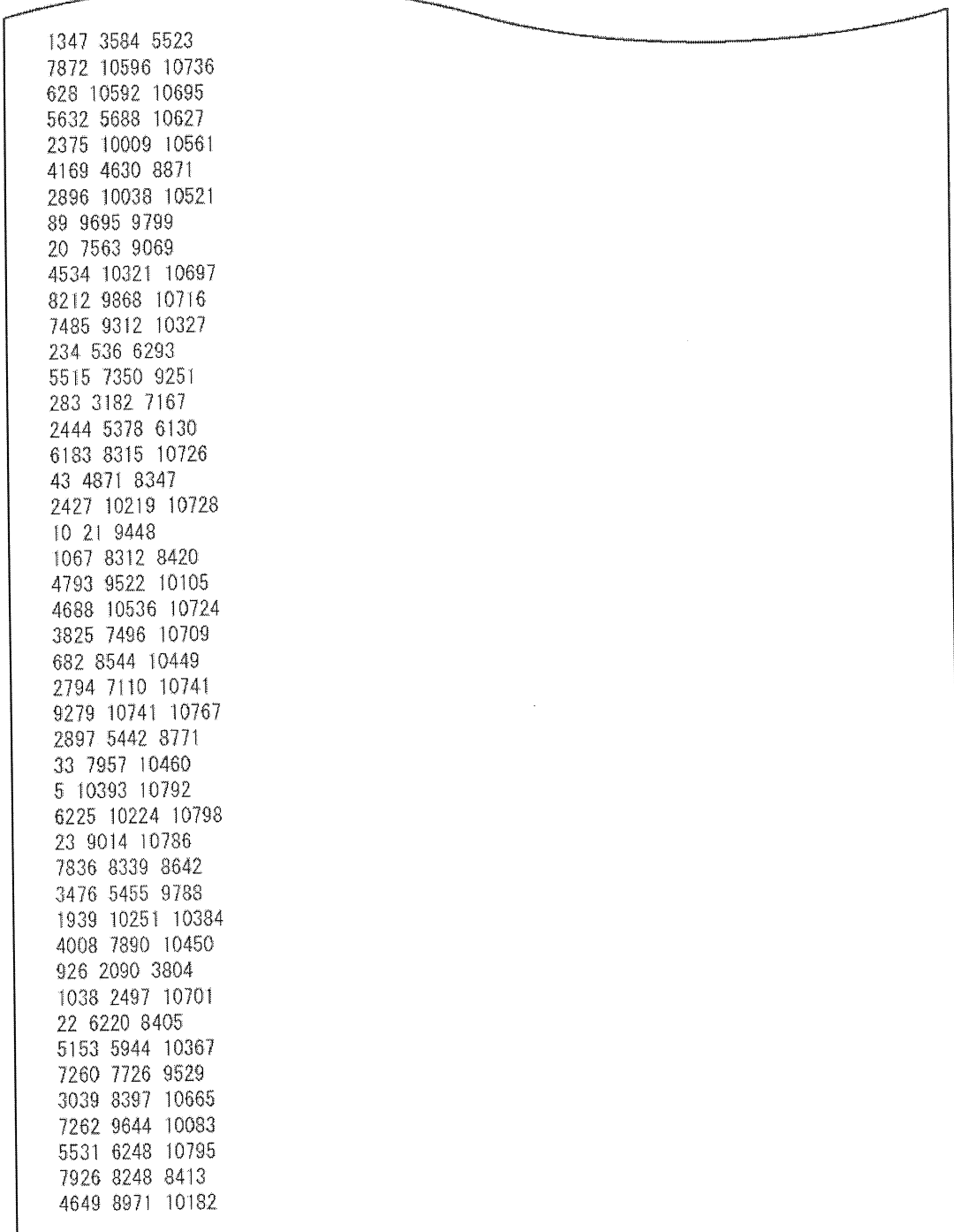
1860 2354 3967 4292 4488 5243 5373 5766 8378 9111 10468 10505 10774
 24 2266 2380 3282 4255 4779 8729 9140 9566 10102 10661 10711 10797
 605 650 1108 1669 2251 3133 5847 6197 6902 7545 10521 10600 10773
 1016 1428 1612 2335 3102 3810 4926 5953 9964 10246 10569 10734 10784
 3195 6308 8029 9030 9397 9461 9833 10239 10499 10675 10736 10757 10773
 2 27 3641 4566 7332 9318 9323 9916 10365 10438 10561 10581 10750
 2405 2458 4820 6232 6254 6347 7139 7474 8623 8779 8798 10747 10794
 3164 4736 6474 7162 7420 7517 7835 8238 8412 8489 9006 10113 10440
 20 2372 5561 5649 6907 8393 8505 9181 9567 9595 10388 10483 10714
 1071 2899 5135 5780 6616 7111 7773 8582 9015 9912 10139 10387 10768
 292 2833 5490 6011 6136 6713 7517 9096 10128 10328 10407 10525 10736
 1044 3711 4421 5140 5207 8118 8749 8884 9205 10359 10372 10746 10784
 3241 5696 6440 7240 7419 8613 8878 9593 9959 9997 10401 10404 10754
 3133 4647 5912 6065 6694 7208 7346 8227 9465 9739 10452 10516 10770
 2254 6444 7449 8095 8120 8710 9030 9162 9643 9968 10101 10571 10678
 918 1445 2217 4262 4623 5401 5749 7446 7907 9539 10125 10514 10726
 6 1341 1788 3105 4359 5263 5470 7552 8249 8644 10609 10674 10733
 1994 3000 3151 3173 7742 8335 8438 8741 9232 9296 9817 10023 10257
 467 1674 3016 3950 4055 5399 6688 7113 7273 8658 8702 9642 10545
 2007 2541 3125 7380 7550 8122 8501 8665 9882 10403 10519 10594 10696
 334 587 709 1540 2023 2876 6216 8768 9328 9481 10424 10507 10779
 2165 4185 4306 5019 6961 7386 8447 9082 9837 10091 10461 10559 10570
 7 903 2948 6312 6854 7738 7980 8312 9104 9743 10070 10278 10406
 3047 3154 4160 4378 5461 8711 8809 9040 9173 9252 9537 9995 10735
 2018 2355 3828 3854 6201 6696 8313 8459 8550 8833 9586 10202 10224
 1402 1908 4286 4660 6029 6115 6737 7538 9495 9517 10055 10509 10644
 3442 3589 3868 5051 5322 5580 8725 9046 9170 10041 10613 10681 10689
 2733 7826 10622
 3597 4753 7086
 1394 7297 10264
 2848 7502 10304
 1649 2405 10783
 647 2911 9069
 2572 4006 7508
 1361 8887 10103
 3681 4023 9090
 1496 4962 6325
 2016 5120 9747
 3954 5260 8568
 3364 8719 10035
 4208 4806 9973
 29 3361 3490
 1835 2317 10436
 7312 8177 9041
 7728 8097 10761
 2109 7902 9685
 5424 8943 9436
 4369 7643 9152
 2240 10140 10528
 3435 6124 10604
 8962 9357 10040

90/130

FIG. 90

26 1931 8629
8275 10455 10643
8 24 4952
3995 6456 10633
28 10300 10337
4884 9286 9429
5587 6721 9120
1859 9198 9762
6374 6453 7011
1319 4530 5442
1507 10711 10798
2115 3445 3641
6668 9139 10163
4038 8117 10295
1479 3403 8247
2522 2934 3562
1526 5073 9650
2136 9820 10636
4214 8464 9891
8018 10330 10610
8984 10209 10647
3414 7272 8599
4883 9077 9525
22 8173 8425
2941 6536 10126
29 6540 7361
5 3787 10468
4264 4818 6906
3903 7041 10412
6078 7661 10619
6922 9723 9890
5112 5416 6253
5925 9961 10447
9 10311 10598
8790 8814 10793
4768 5466 10664
10 10675 10766
6814 8705 10737
17 769 6692
1503 10696 10742
1285 4632 8976
4279 4973 7907
4650 4775 10785
28 729 10331
1914 5240 10723
3569 4921 9561
4 9442 10796
494 2328 9507
1717 8768 10750
9540 10599 10774
11 10075 10644
10246 10607 10753
5510 7088 9053

91/130

FIG. 91

1347 3584 5523
7872 10596 10736
628 10592 10695
5632 5688 10627
2375 10009 10561
4169 4630 8871
2896 10038 10521
89 9695 9799
20 7563 9069
4534 10321 10697
8212 9868 10716
7485 9312 10327
234 536 6293
5515 7350 9251
283 3182 7167
2444 5378 6130
6183 8315 10726
43 4871 8347
2427 10219 10728
10 21 9448
1067 8312 8420
4793 9522 10105
4688 10536 10724
3825 7496 10709
682 8544 10449
2794 7110 10741
9279 10741 10767
2897 5442 8771
33 7957 10460
5 10393 10792
6225 10224 10798
23 9014 10786
7836 8339 8642
3476 5455 9788
1939 10251 10384
4008 7890 10450
926 2090 3804
1038 2497 10701
22 6220 8405
5153 5844 10367
7260 7726 9529
3039 8397 10665
7262 9644 10083
5531 6248 10795
7926 8248 8413
4649 8971 10182

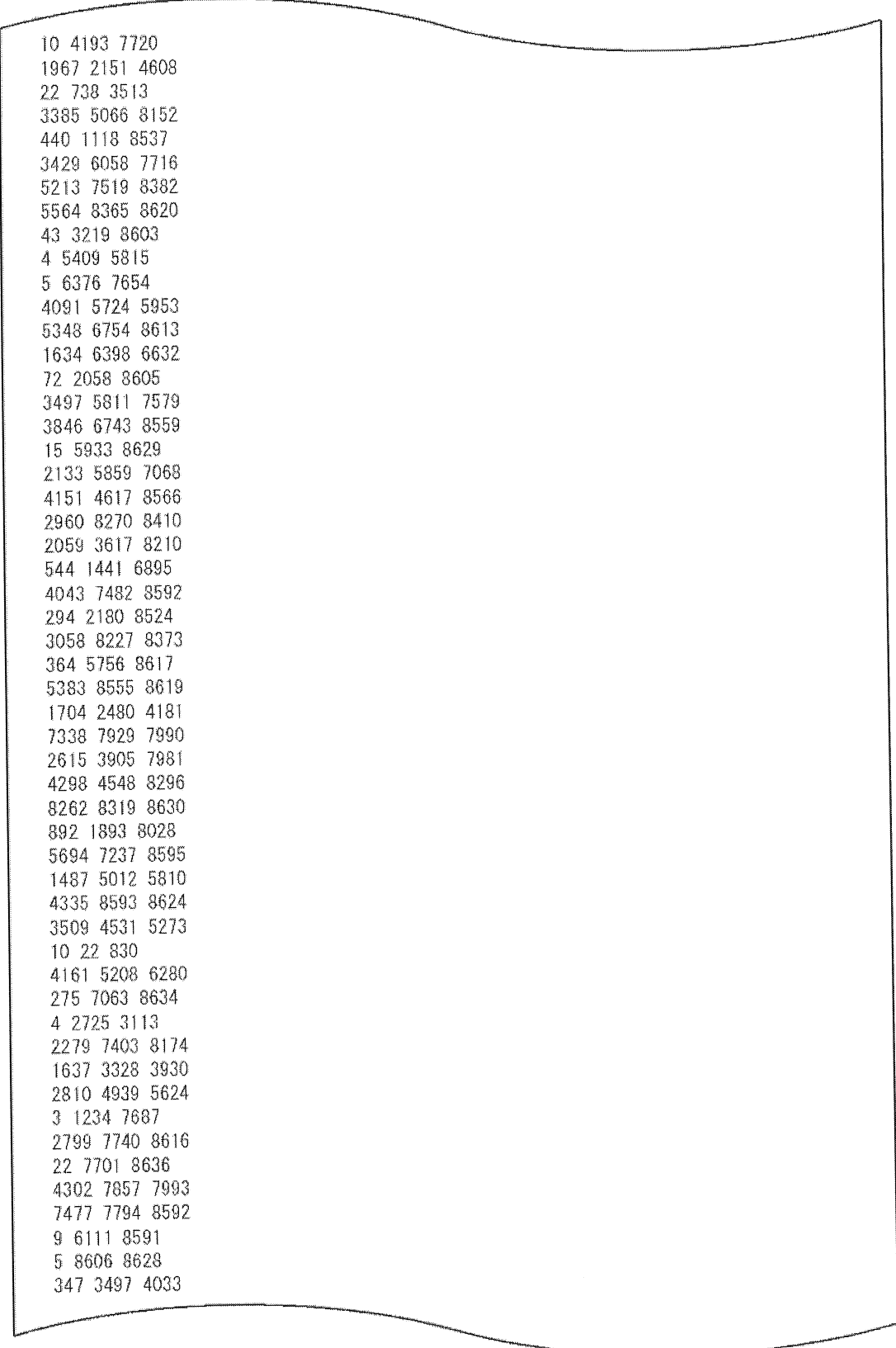
92/130

FIG. 92

N=64800, tył = 26/30

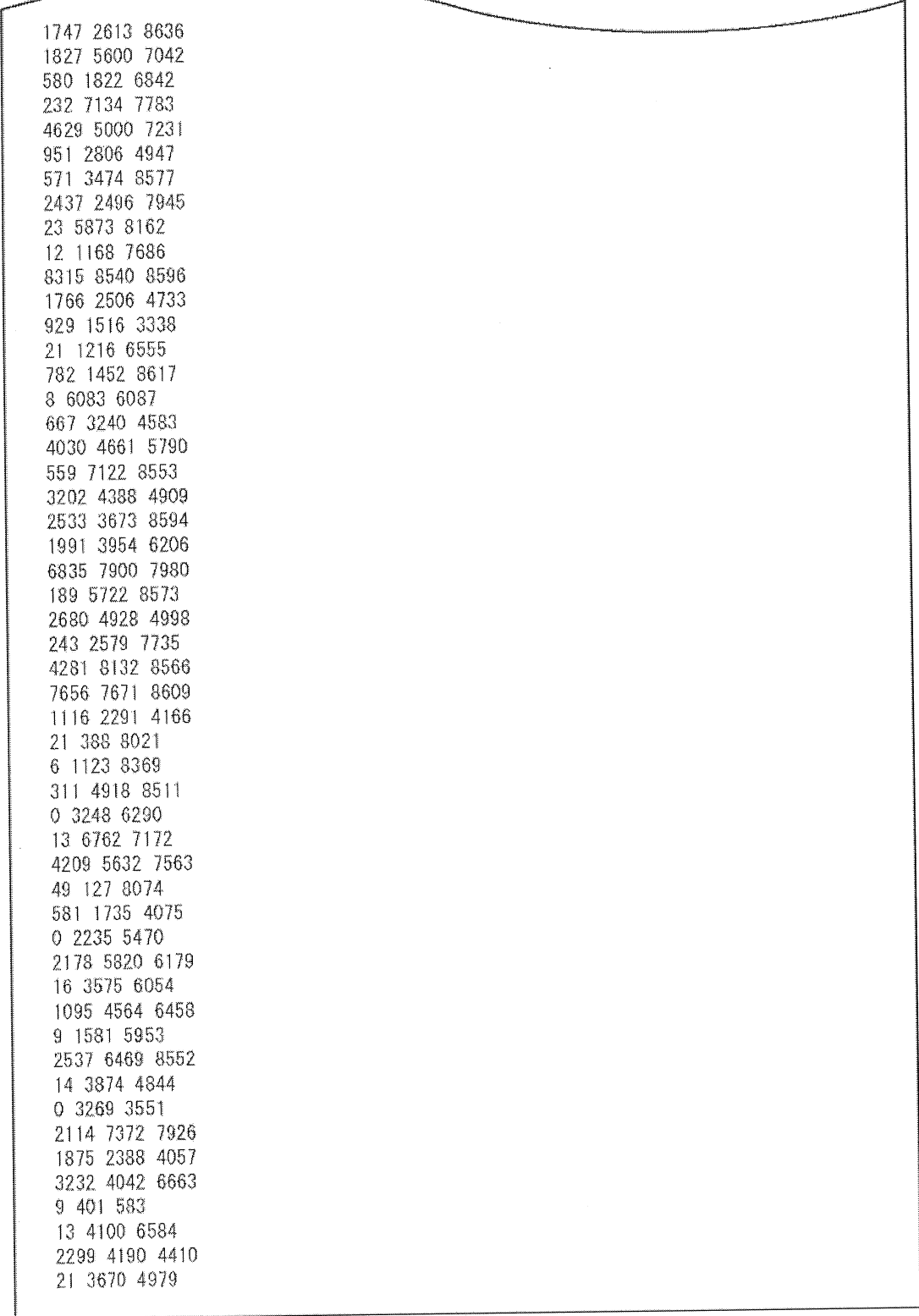
142 2307 2598 2650 4028 4434 5781 5881 6016 6323 6681 6698 8125
 2932 4928 5248 5256 5983 6773 6828 7789 8426 8494 8534 8539 8583
 899 3295 3833 5399 6820 7400 7753 7890 8109 8451 8529 8564 8602
 21 3060 4720 5429 5636 5927 6966 8110 8170 8247 8355 8365 8616
 20 1745 2838 3799 4380 4418 4646 5059 7343 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
 3082 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 4028 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
 200 2053 8206
 1089 5126 5562

93/130

FIG. 93

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 6632
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
4302 7857 7993
7477 7794 8592
9 6111 8591
5 8606 8628
347 3497 4033

94/130

FIG. 94

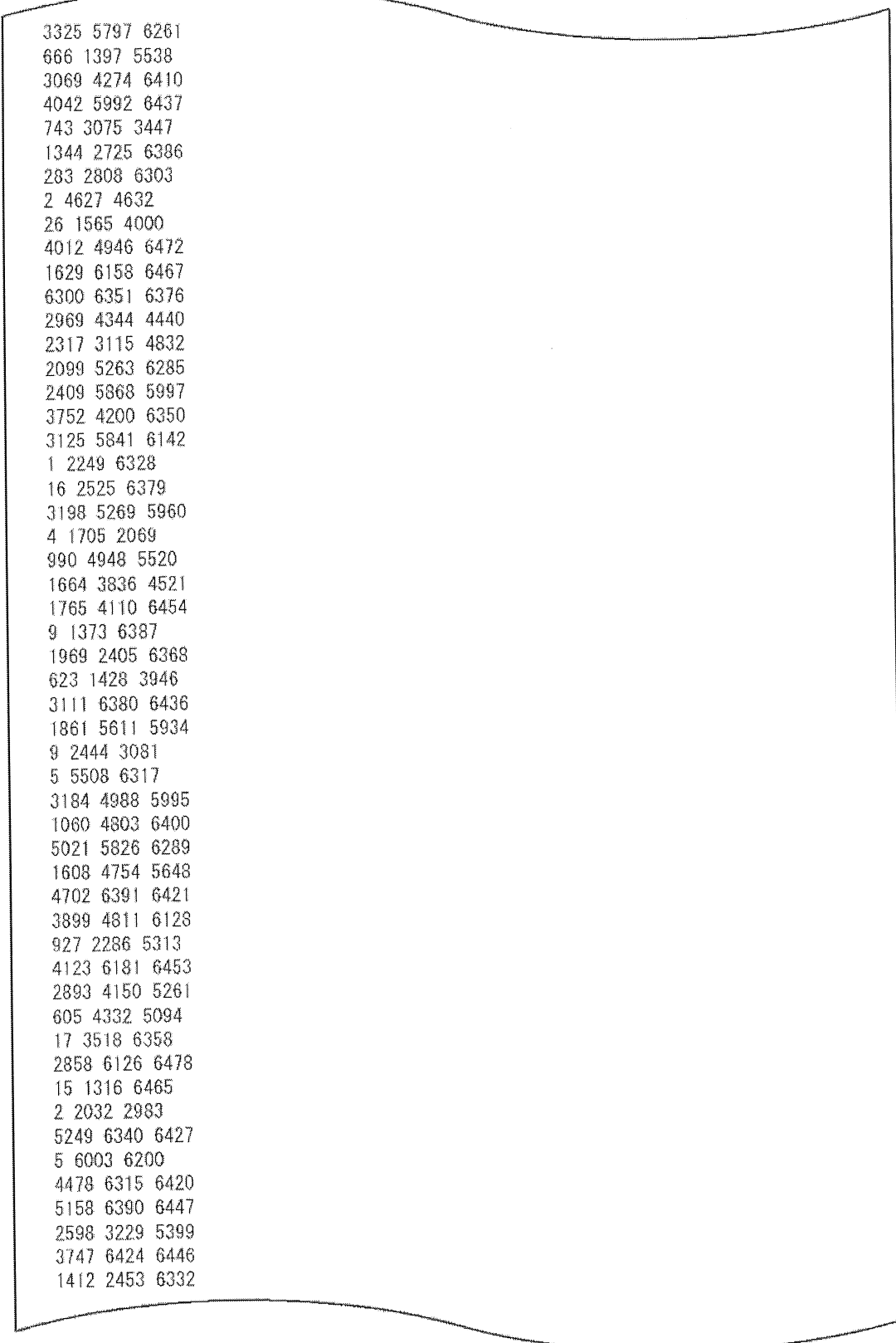
1747 2613 8636
1827 5600 7042
580 1822 6842
232 7134 7783
4629 5000 7231
951 2806 4947
571 3474 8577
2437 2496 7945
23 5873 8162
12 1168 7686
8315 8540 8596
1766 2506 4733
929 1516 3338
21 1216 6555
782 1452 8617
8 6083 6087
667 3240 4583
4030 4661 5790
559 7122 8553
3202 4388 4909
2533 3673 8594
1991 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
2114 7372 7926
1875 2388 4057
3232 4042 6663
9 401 583
13 4100 6584
2299 4190 4410
21 3670 4979

95/130

FIG. 95N=64800, t_{yl} = 27/30

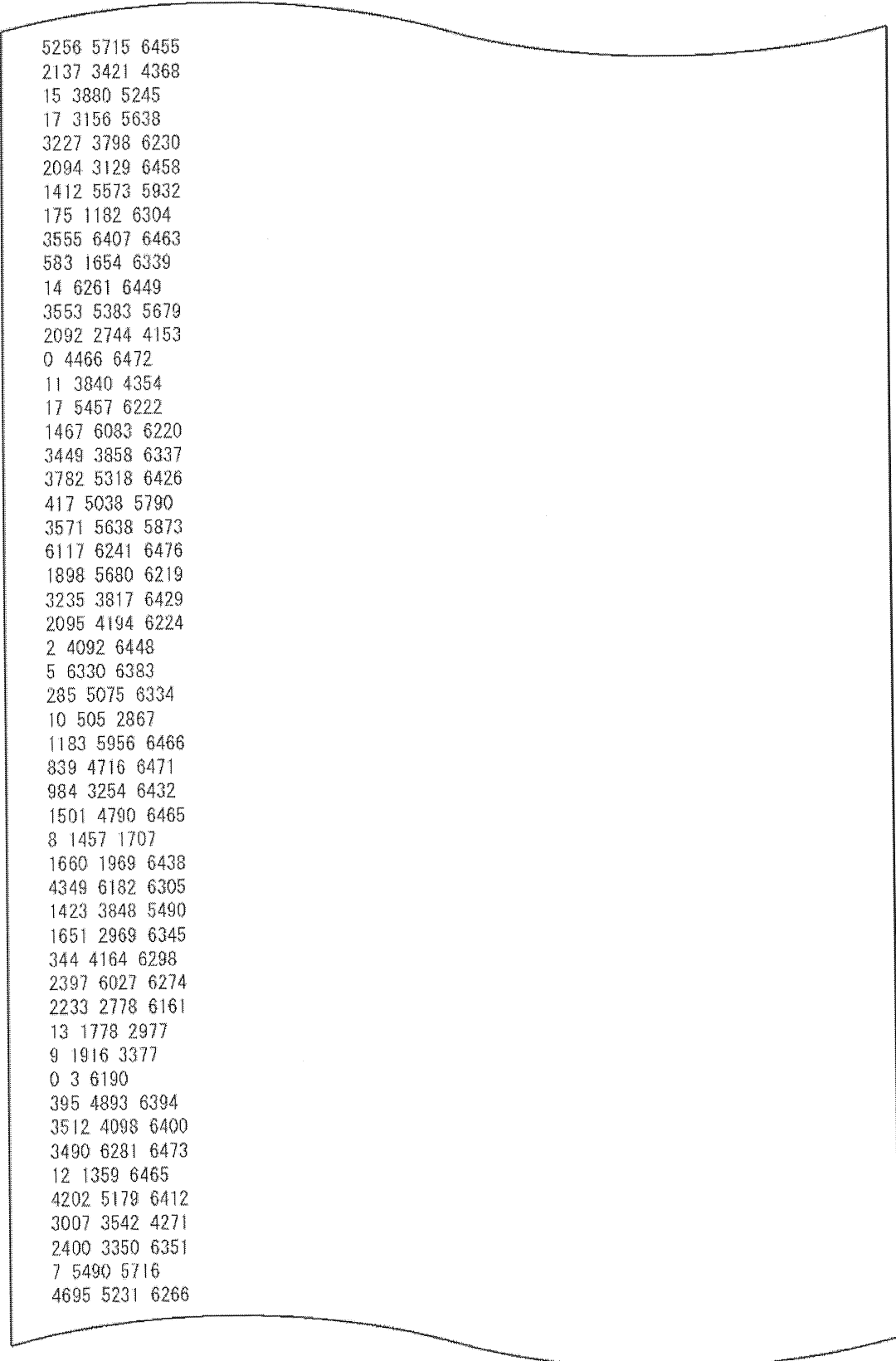
658 706 898 1149 2577 2622 2772 3266 3329 5243 6079 6271
 289 784 1682 3584 3995 4821 4856 5063 5974 6168 6437 6453
 658 1426 2043 2065 2986 4118 4284 5394 5444 5477 5727 6018
 641 928 1225 2841 4052 4840 4992 5268 5533 6249 6461 6475
 2312 2917 3713 3849 4059 4241 4610 5440 5727 6101 6397 6444
 1165 1592 1891 2154 3981 4817 5181 5748 5788 6012 6266 6350
 13 2758 3069 4233 4697 5100 5279 5677 5919 5969 6280 6422
 818 1500 2125 2340 3774 4707 4901 5170 5744 6008 6316 6353
 857 3054 3409 3496 3704 4868 5326 6211 6292 6356 6367 6381
 0 7 12 1709 2166 3418 3723 4887 5770 6043 6069 6431
 2481 3379 4650 4900 4919 5060 5410 5425 6056 6173 6283 6386
 15 814 854 1871 2934 3387 3915 5180 5303 5442 5581 5665
 146 1882 3076 4458 4848 5252 5602 5778 5821 6213 6251 6401
 2 947 1419 1566 3437 3646 4615 4634 4735 5819 5943 6280
 1231 2309 2920 4158 4185 4298 4711 5082 5757 5762 6204 6209
 257 297 337 2783 3230 4134 4480 4749 5295 5689 5921 6202
 1436 2151 2629 3217 3930 4078 5386 5799 5906 6146 6226 6366
 133 530 2448 4745 5000 5020 5224 5273 6211 6266 6431 6453
 13 2644 3895 3898 4485 4722 5142 5462 5951 6031 6084 6351
 6 3000 3873 3995 4680 5158 5504 5692 5755 6255 6338 6359
 166 465 1658 2549 2941 4244 5071 5149 5452 5874 5939 6038
 2309 2937 4282 4628 5113 5454 5731 5825 6021 6171 6402 6472
 3 1077 2116 2426 2830 4853 5066 5571 5850 5916 6389 6421
 817 1608 2229 2925 3281 4393 5042 5058 5377 5464 5588 6448
 1848 3871 4381 4776 5366 5578 5648 6143 6389 6434 6465 6473
 1263 1616 3150 3497 3759 4078 5530 5665 5694 5913 6397 6420
 11 813 2185 2795 3349 4652 4678 5078 5504 6011 6286 6387
 3060 3161 4584 4996 5143 5542 5697 5937 6141 6155 6342 6445
 1638 2333 2632 3450 3505 3911 4399 4454 5499 5860 6044 6360
 650 1744 4517
 5772 6071 6471
 3582 3622 5776
 6153 6380 6446
 3977 5932 6447
 2071 4597 4891
 11 1428 3776
 1111 3874 5048
 1410 2144 4445
 4681 5481 6462
 4044 5037 5497
 2716 2891 6411
 3299 4384 6224
 1843 6087 6400
 4664 5009 5856
 1548 4383 5055
 3172 4190 6373
 5899 6443 6470
 2572 3647 6240
 1295 2158 6466
 5604 6269 6368
 3 5551 6454

96/130

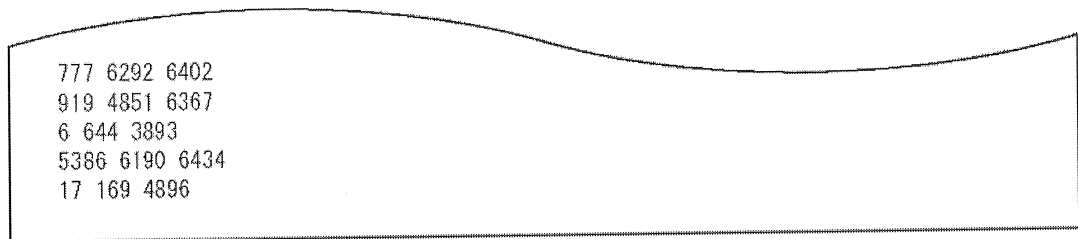
FIG. 96

3325 5797 6261
666 1397 5538
3069 4274 6410
4042 5992 6437
743 3075 3447
1344 2725 6386
283 2808 6303
2 4627 4632
26 1565 4000
4012 4946 6472
1629 6158 6467
6300 6351 6376
2969 4344 4440
2317 3115 4832
2099 5263 6285
2409 5868 5997
3752 4200 6350
3125 5841 6142
1 2249 6328
16 2525 6379
3198 5269 5960
4 1705 2069
990 4948 5520
1664 3836 4521
1765 4110 6454
9 1373 6387
1969 2405 6368
623 1428 3946
3111 6380 6436
1861 5611 5934
9 2444 3081
5 5508 6317
3184 4988 5995
1060 4803 6400
5021 5826 6289
1608 4754 5648
4702 6391 6421
3899 4811 6128
927 2286 5313
4123 6181 6453
2893 4150 5261
605 4332 5094
17 3518 6358
2858 6126 6478
15 1316 6465
2 2032 2983
5249 6340 6427
5 6003 6200
4478 6315 6420
5158 6390 6447
2598 3229 5399
3747 6424 6446
1412 2453 6332

97/130

FIG. 97

5256 5715 6455
2137 3421 4368
15 3880 5245
17 3156 5638
3227 3798 6230
2094 3129 6458
1412 5573 5932
175 1182 6304
3555 6407 6463
583 1654 6339
14 6261 6449
3553 5383 5679
2092 2744 4153
0 4466 6472
11 3840 4354
17 5457 6222
1467 6083 6220
3449 3858 6337
3782 5318 6426
417 5038 5790
3571 5638 5873
6117 6241 6476
1898 5680 6219
3235 3817 6429
2095 4194 6224
2 4092 6448
5 6330 6383
285 5075 6334
10 505 2867
1183 5956 6466
839 4716 6471
984 3254 6432
1501 4790 6465
8 1457 1707
1660 1969 6438
4349 6182 6305
1423 3848 5490
1651 2969 6345
344 4164 6298
2397 6027 6274
2233 2778 6161
13 1778 2977
9 1916 3377
0 3 6190
395 4893 6394
3512 4098 6400
3490 6281 6473
12 1359 6465
4202 5179 6412
3007 3542 4271
2400 3350 6351
7 5490 5716
4695 5231 6266

FIG. 98

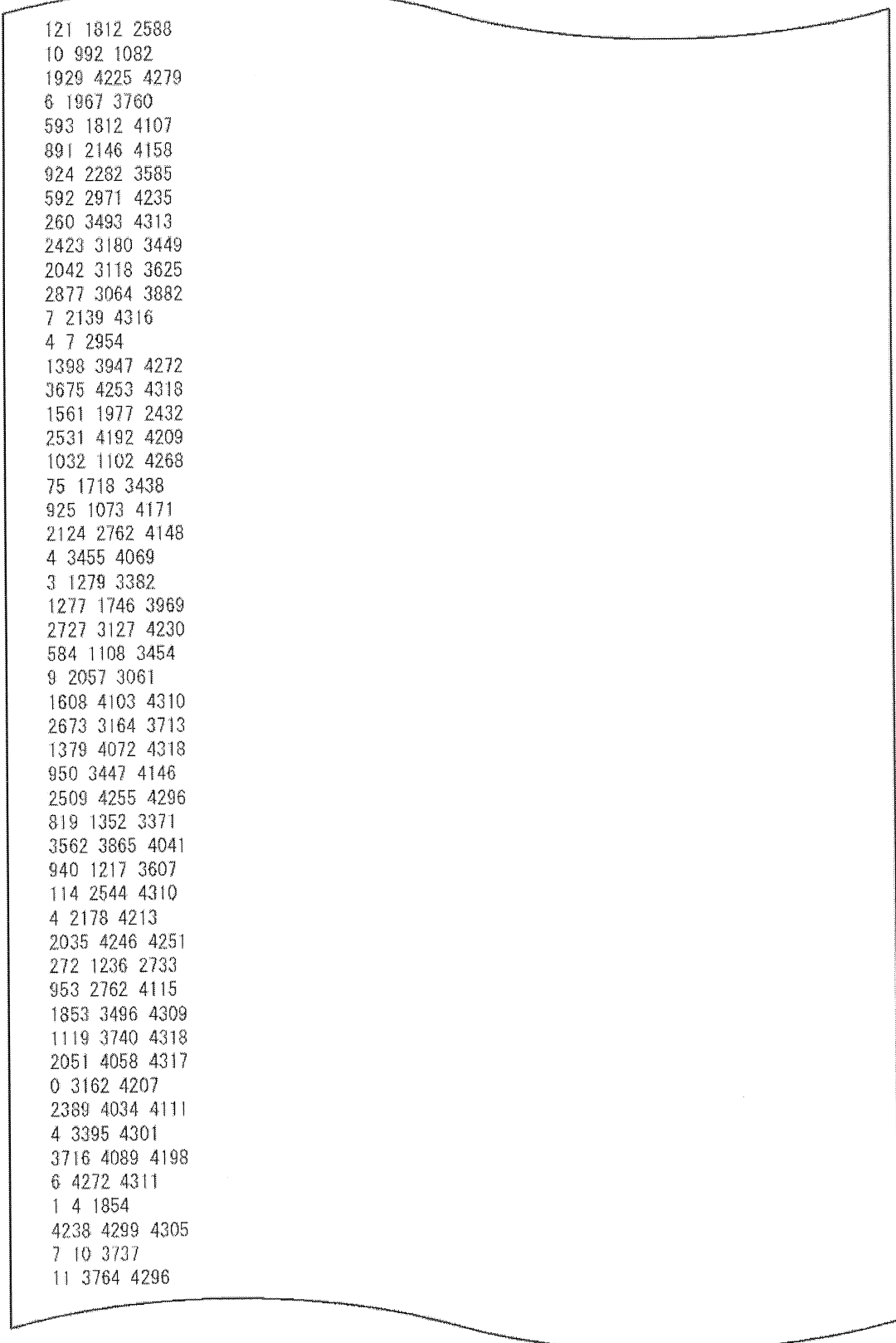
99/130

FIG. 99

N=64800, t_y l_e =28/30

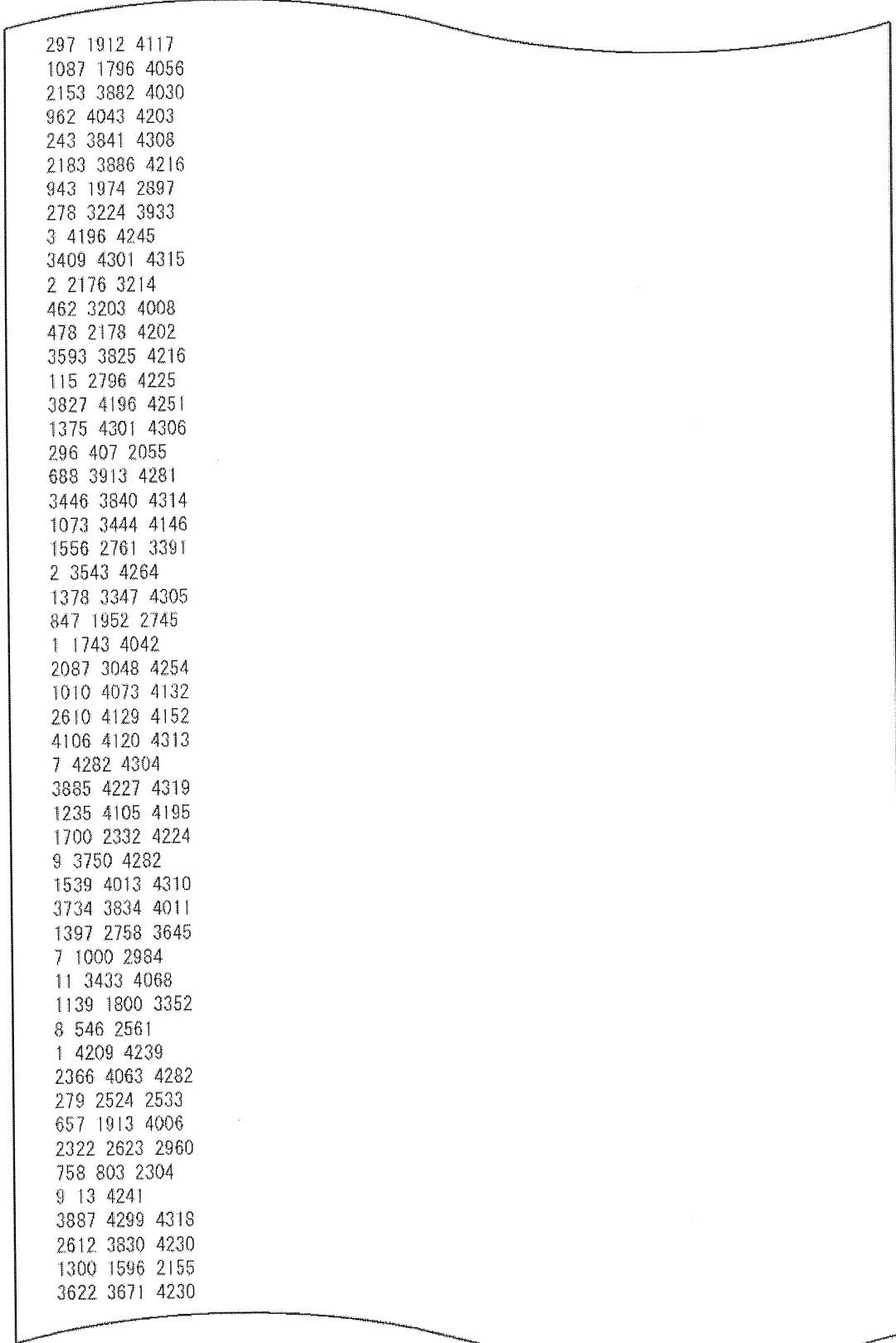
85 314 1602 1728 1929 2295 2729 2924 3779 4054 4276
 918 1378 1838 1903 2399 2524 2937 3615 3740 4140 4213
 1361 1430 2639 2648 2910 3418 3511 3543 4177 4209 4248
 472 1143 1318 1545 1830 2228 2249 2256 3626 3839 3991
 226 1401 2154 2318 2851 3317 3468 3944 3983 4047 4093
 490 1145 1247 1851 2671 2776 3152 3229 3345 3758 3786
 522 1393 1473 2196 2707 3052 3398 3814 3827 4148 4301
 417 1982 2176 2336 2459 2806 3005 3771 3870 4080 4243
 112 1040 1596 1621 1685 2118 2571 3359 3945 4034 4171
 646 1705 2181 2439 2808 2851 2987 3044 3494 4049 4312
 6 11 115 245 663 1773 2624 3444 3601 3952 4246
 11 541 1020 1326 2259 2347 2750 2861 3328 3428 4126
 515 941 1233 1804 2295 2528 3265 3826 4002 4022 4224
 46 484 679 1949 2342 2929 3555 3860 3918 4068 4113
 1832 2023 2279 2376 2965 3278 3318 3549 3640 3843 3910
 241 943 1222 1583 1637 2745 3338 4080 4086 4203 4300
 11 1419 1841 2398 2920 3409 3703 3768 3878 4052 4254
 878 2049 2123 2431 2657 2704 3135 3342 3728 4141 4162
 16 837 1267 1410 2100 3026 3099 3107 4042 4129 4157
 133 646 1367 1394 2118 2311 2676 2956 3195 3536 3657
 698 1444 2129 2432 2494 2793 2947 3852 3985 4254 4319
 11 1076 1618 1995 2332 2743 2934 3009 3565 4169 4188
 14 20 808 2629 2681 3090 3491 3835 4017 4068 4083
 433 1386 2416 2570 2950 3611 3869 3969 4248 4251 4316
 384 1292 1534 2610 2617 3559 3638 3964 4131 4293 4313
 271 564 1719 2288 2597 2674 3429 3455 3793 4074 4286
 133 190 815 955 1485 2000 2860 3000 3734 4013 4287
 559 771 1762 2537 2764 2816 3186 3806 3933 4224 4271
 11 733 1198 1735 1856 2668 2754 3216 4070 4113 4311
 4 806 1832 2047 2058 2724 3387 3793 3833 4005 4319
 506 1456 2339 3069 3343 3442 3889 3939 4013 4212 4278
 2038 3980 4313
 64 2373 4080
 800 1535 4166
 1030 3759 4002
 1687 3269 4225
 1219 2632 3878
 719 2916 4277
 1261 1930 3459
 777 1568 1914
 4 397 3290
 10 3451 4115
 3629 3885 4155
 2652 3668 4026
 135 3172 4319
 1426 1970 3657
 199 1268 2064
 570 845 2761
 41 1067 3498
 1588 2482 2750
 1615 2013 2715

100/130

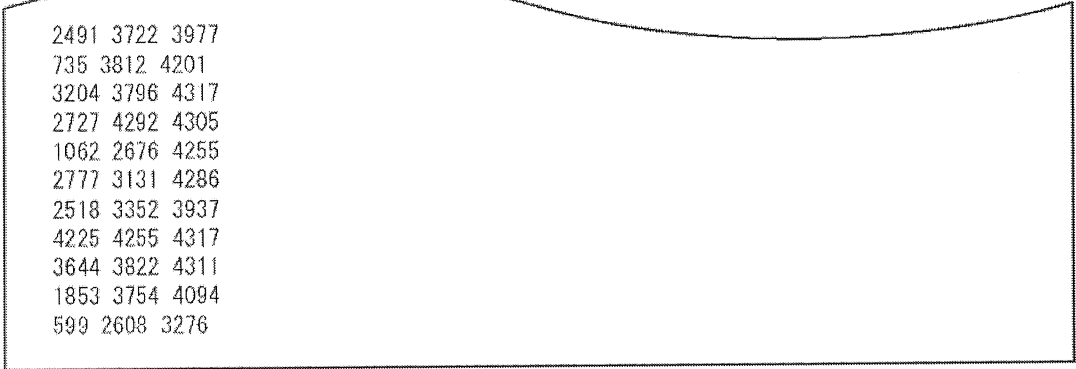
FIG. 100

121 1812 2588
10 992 1082
1929 4225 4279
6 1967 3760
593 1812 4107
891 2146 4158
924 2282 3585
592 2971 4235
260 3493 4313
2423 3180 3449
2042 3118 3625
2877 3064 3882
7 2139 4316
4 7 2954
1398 3947 4272
3675 4253 4318
1561 1977 2432
2531 4192 4209
1032 1102 4268
75 1718 3438
925 1073 4171
2124 2762 4148
4 3455 4069
3 1279 3382
1277 1746 3969
2727 3127 4230
584 1108 3454
9 2057 3061
1608 4103 4310
2673 3164 3713
1379 4072 4318
950 3447 4146
2509 4255 4296
819 1352 3371
3562 3865 4041
940 1217 3607
114 2544 4310
4 2178 4213
2035 4246 4251
272 1236 2733
953 2762 4115
1853 3496 4309
1119 3740 4318
2051 4058 4317
0 3162 4207
2389 4034 4111
4 3395 4301
3716 4089 4198
6 4272 4311
1 4 1854
4238 4299 4305
7 10 3737
11 3764 4296

101/130

FIG. 101

297 1912 4117
1087 1796 4056
2153 3882 4030
962 4043 4203
243 3841 4308
2183 3886 4216
943 1974 2897
278 3224 3933
3 4196 4245
3409 4301 4315
2 2176 3214
462 3203 4008
478 2178 4202
3593 3825 4216
115 2796 4225
3827 4196 4251
1375 4301 4306
296 407 2055
688 3913 4281
3446 3840 4314
1073 3444 4146
1556 2761 3391
2 3543 4264
1378 3347 4305
847 1952 2745
1 1743 4042
2087 3048 4254
1010 4073 4132
2610 4129 4152
4106 4120 4313
7 4282 4304
3885 4227 4319
1235 4105 4195
1700 2332 4224
9 3750 4282
1539 4013 4310
3734 3834 4011
1397 2758 3645
7 1000 2984
11 3433 4068
1139 1800 3352
8 546 2561
1 4209 4239
2366 4063 4282
279 2524 2533
657 1913 4006
2322 2623 2960
758 803 2304
9 13 4241
3887 4299 4318
2612 3830 4230
1300 1596 2155
3622 3671 4230

FIG. 102

2491 3722 3977
735 3812 4201
3204 3796 4317
2727 4292 4305
1062 2676 4255
2777 3131 4286
2518 3352 3937
4225 4255 4317
3644 3822 4311
1853 3754 4094
599 2608 3276

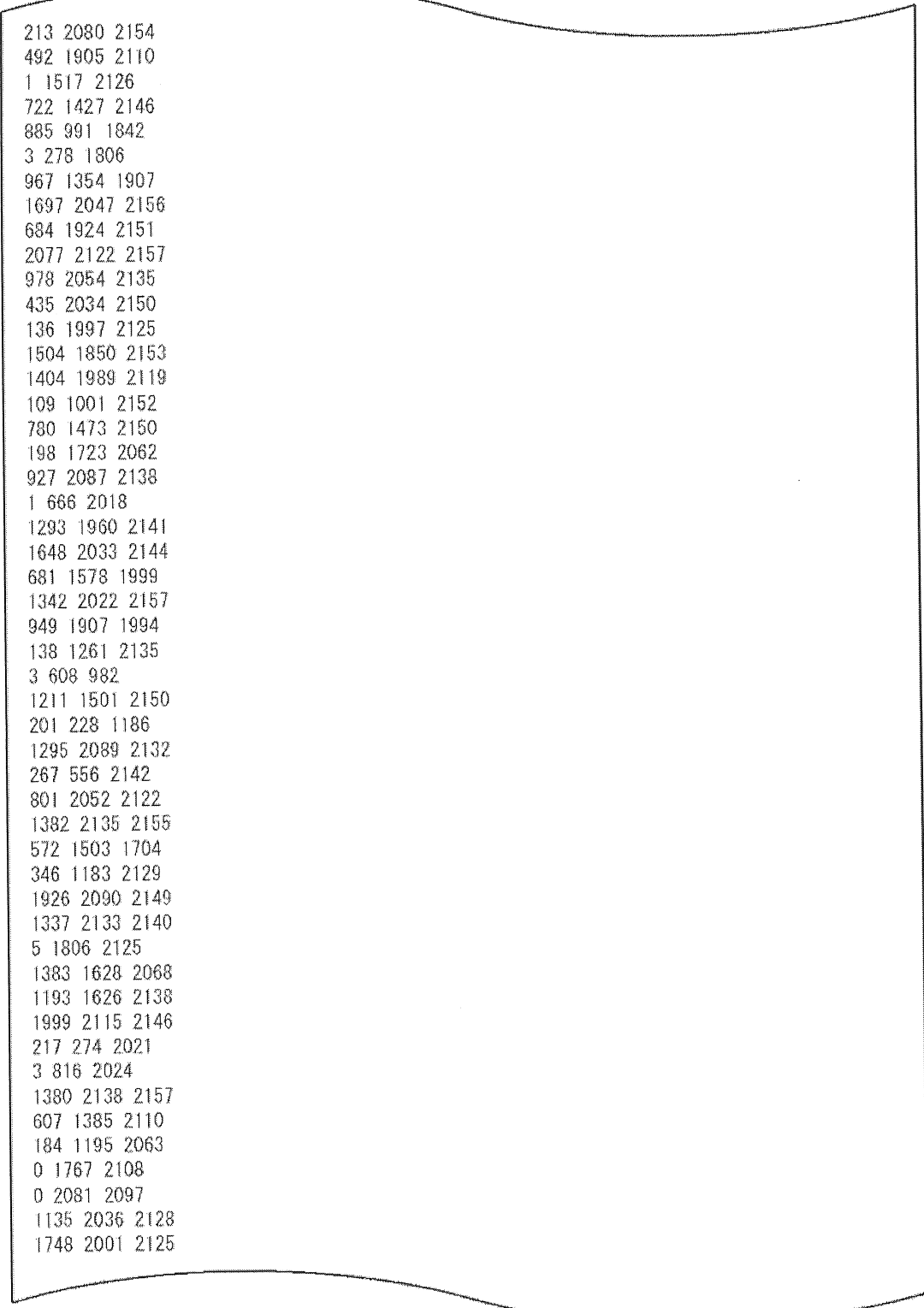
103/130

FIG. 103

N=64800, tyle =29/30

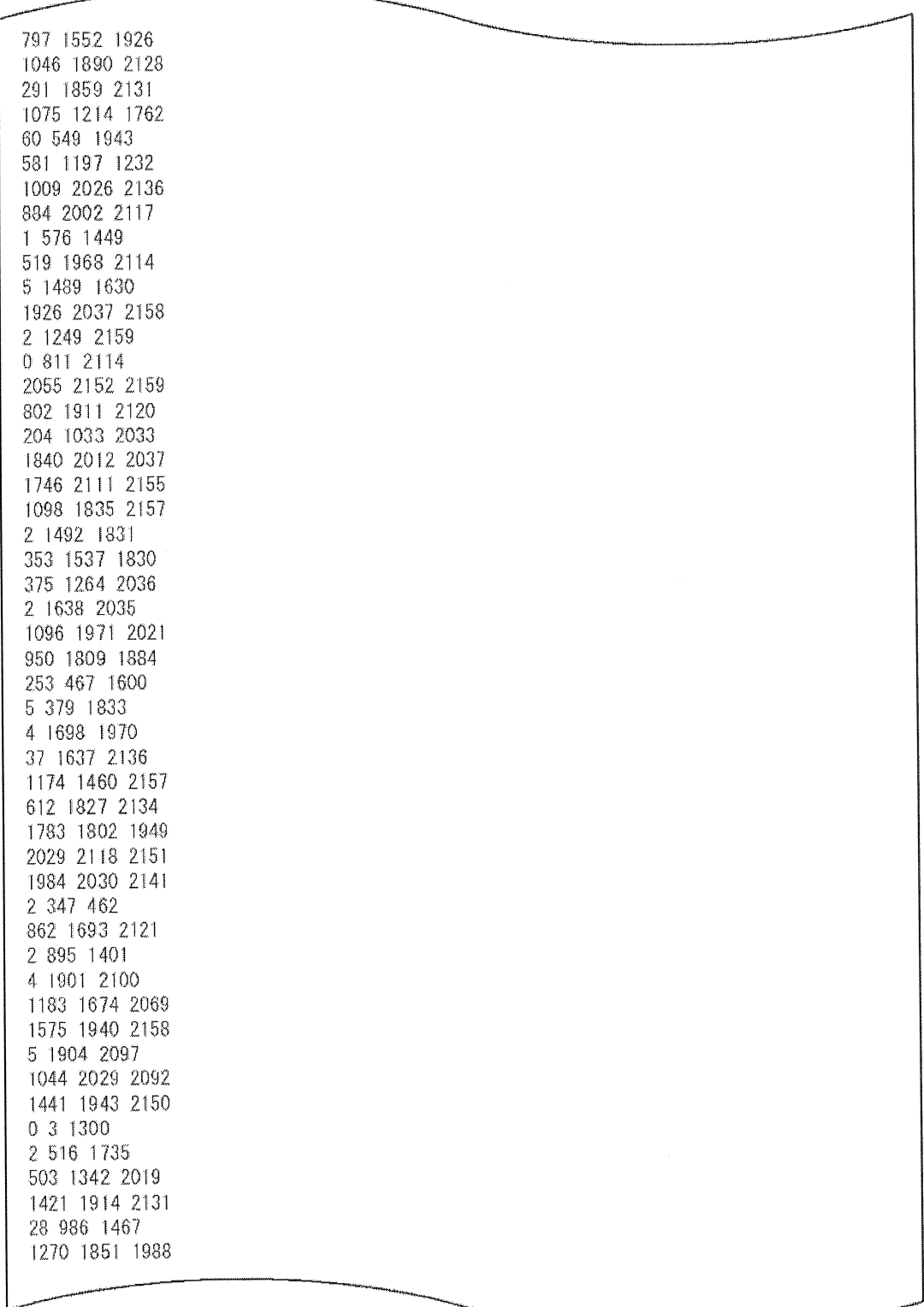
212 499 911 940 1392
316 563 1527 2006 2077
2 1906 2043 2112 2123
537 901 1582 1812 1955
5 978 1280 1933 2145
5 2035 2044 2108 2121
5 939 1874 1974
4 1069 1758
694 2096 2106
1129 1511 1659
1564 2089 2159
2 1605 2004
474 1341 2003
103 2128 2150
1656 1993 2153
1881 2122 2138
1088 1968 2141
1 298 2073
1042 1724 2137
1253 1758 2145
1209 1566 2123
1466 2116 2155
43 2006 2049
592 1806 1865
3 143 2149
1158 1448 2002
1422 2152 2157
485 2119 2150
371 1831 2086
204 2042 2151
174 544 974
1469 1795 1995
13 708 1683
5 1144 2030
486 1309 1576
165 2030 2147
504 2073 2126
263 565 1798
239 861 1861
862 1610 1716
1346 1971 2128
5 804 1399
2139 2144 2155
4 2136 2159
1485 2059 2158
50 1091 1332
373 1730 2092
59 1086 1401
1166 1781 2065

104/130

FIG. 104

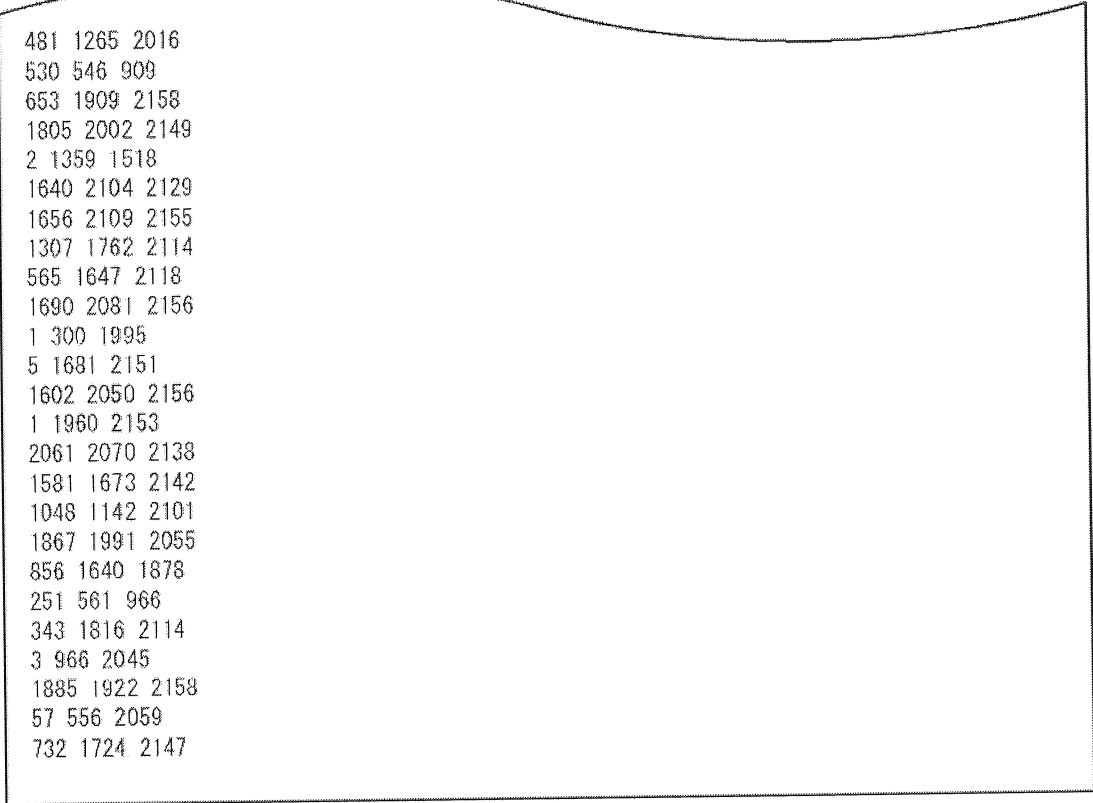
213 2080 2154
492 1905 2110
1 1517 2126
722 1427 2146
885 991 1842
3 278 1806
967 1354 1907
1697 2047 2156
684 1924 2151
2077 2122 2157
978 2054 2135
435 2034 2150
136 1997 2125
1504 1850 2153
1404 1989 2119
109 1001 2152
780 1473 2150
198 1723 2062
927 2087 2138
1 666 2018
1293 1960 2141
1648 2033 2144
681 1578 1999
1342 2022 2157
949 1907 1994
138 1261 2135
3 608 982
1211 1501 2150
201 228 1186
1295 2089 2132
267 556 2142
801 2052 2122
1382 2135 2155
572 1503 1704
346 1183 2129
1926 2090 2149
1337 2133 2140
5 1806 2125
1383 1628 2068
1193 1626 2138
1999 2115 2146
217 274 2021
3 816 2024
1380 2138 2157
607 1385 2110
184 1195 2063
0 1767 2108
0 2081 2097
1135 2036 2128
1748 2001 2125

105/130

FIG. 105

797 1552 1926
1046 1890 2128
291 1859 2131
1075 1214 1762
60 549 1943
581 1197 1232
1009 2026 2136
884 2002 2117
1 576 1449
519 1968 2114
5 1489 1630
1926 2037 2158
2 1249 2159
0 811 2114
2055 2152 2159
802 1911 2120
204 1033 2033
1840 2012 2037
1746 2111 2155
1098 1835 2157
2 1492 1831
353 1537 1830
375 1264 2036
2 1638 2035
1096 1971 2021
950 1809 1884
253 467 1600
5 379 1833
4 1698 1970
37 1637 2136
1174 1460 2157
612 1827 2134
1783 1802 1949
2029 2118 2151
1984 2030 2141
2 347 462
862 1693 2121
2 895 1401
4 1901 2100
1183 1674 2069
1575 1940 2158
5 1904 2097
1044 2029 2092
1441 1943 2150
0 3 1300
2 516 1735
503 1342 2019
1421 1914 2131
28 986 1467
1270 1851 1988

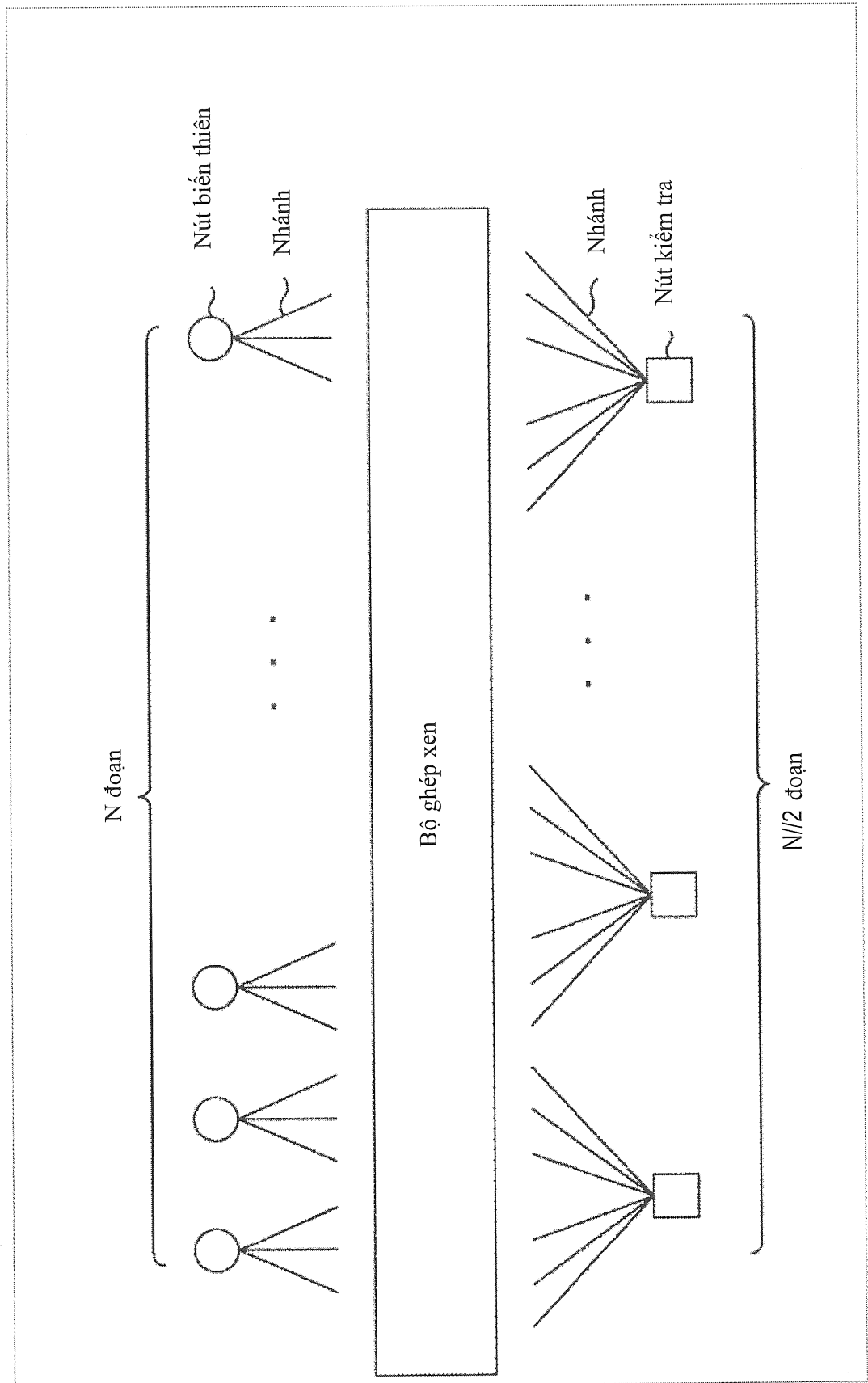
106/130

FIG. 106

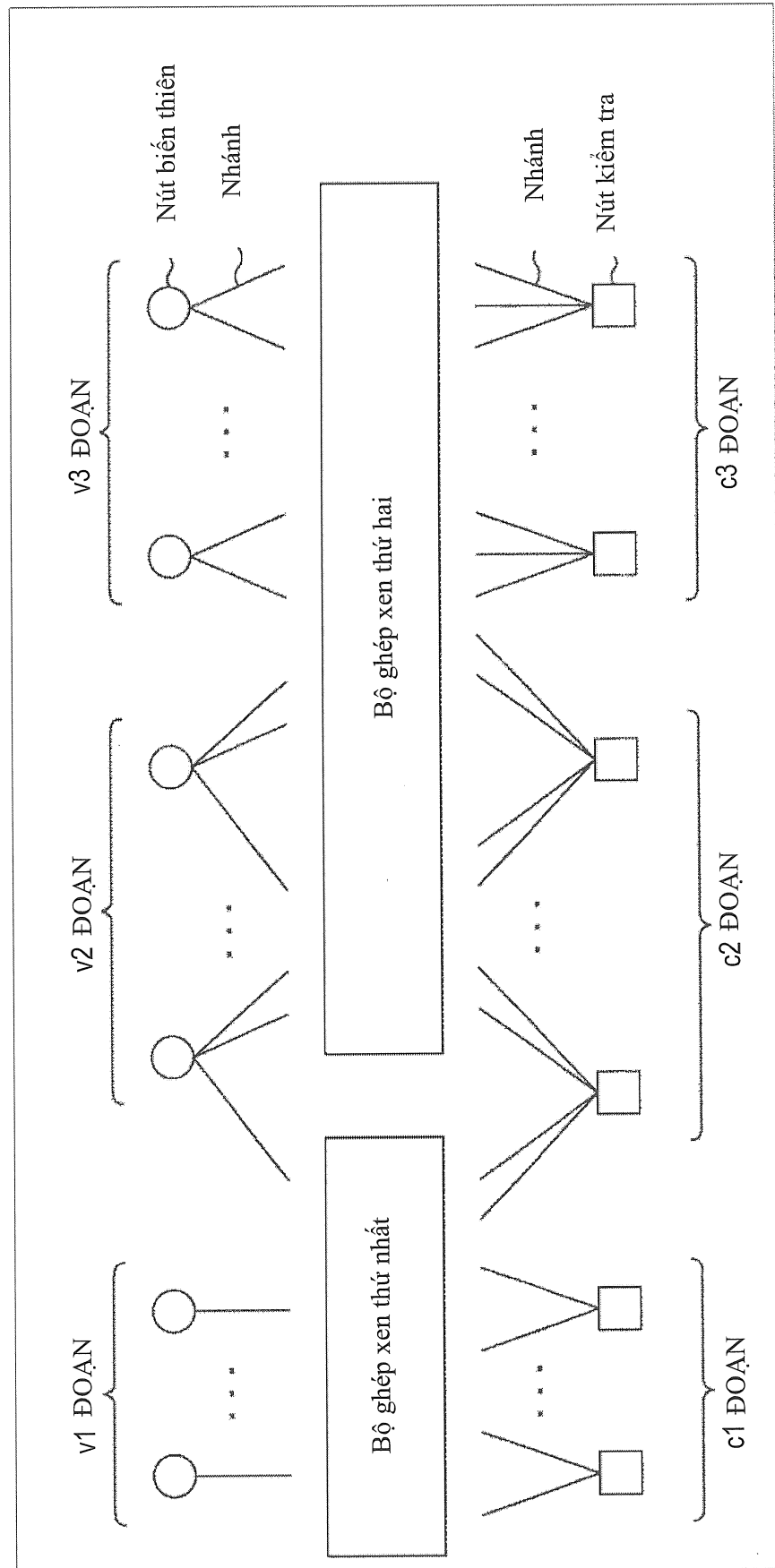
481 1265 2016
530 546 909
653 1909 2158
1805 2002 2149
2 1359 1518
1640 2104 2129
1656 2109 2155
1307 1762 2114
565 1647 2118
1690 2081 2156
1 300 1995
5 1681 2151
1602 2050 2156
1 1960 2153
2061 2070 2138
1581 1673 2142
1048 1142 2101
1867 1991 2055
856 1640 1878
251 561 966
343 1816 2114
3 966 2045
1885 1922 2158
57 556 2059
732 1724 2147

107/130

FIG. 107



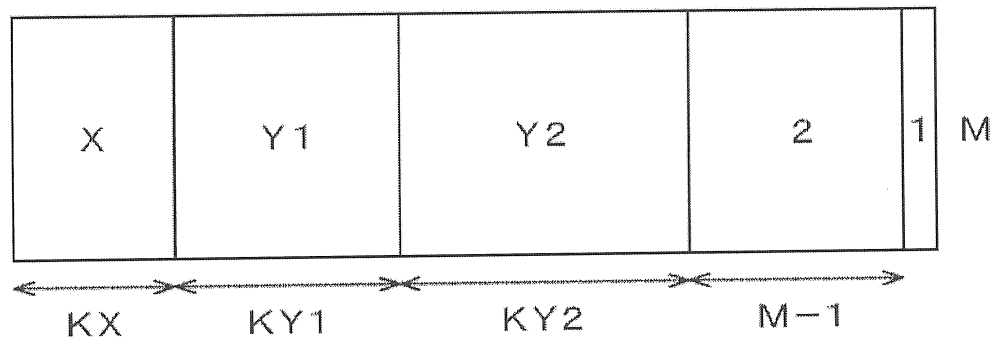
108/130

FIG. 108

109/130

FIG. 109

Tỷ lệ	Ngưỡng hiệu năng (E_s/N_0)	Độ dài vòng tối thiểu
2/30	-9, 523519	14
3/30	-7, 758979	14
4/30	-6, 428797	6
5/30	-5, 490092	10
6/30	-4, 589849	10
7/30	-3, 760281	12
8/30	-3, 191565	8
9/30	-2, 550214	10
10/30	-1, 878597	8
11/30	-1, 378961	8
12/30	-0, 947792	6
13/30	-0, 494134	6
14/30	-0, 045119	8
15/30	0, 428446	8
16/30	0, 829080	8
17/30	1, 248503	8
18/30	1, 658523	8
19/30	2, 078240	8
20/30	2, 489205	6
21/30	2, 918982	6
22/30	3, 351930	6
23/30	3, 788323	6
24/30	4, 252169	6
25/30	4, 761537	6
26/30	5, 301749	6
27/30	5, 921125	6
28/30	6, 675945	6
29/30	7, 881048	6

FIG. 110

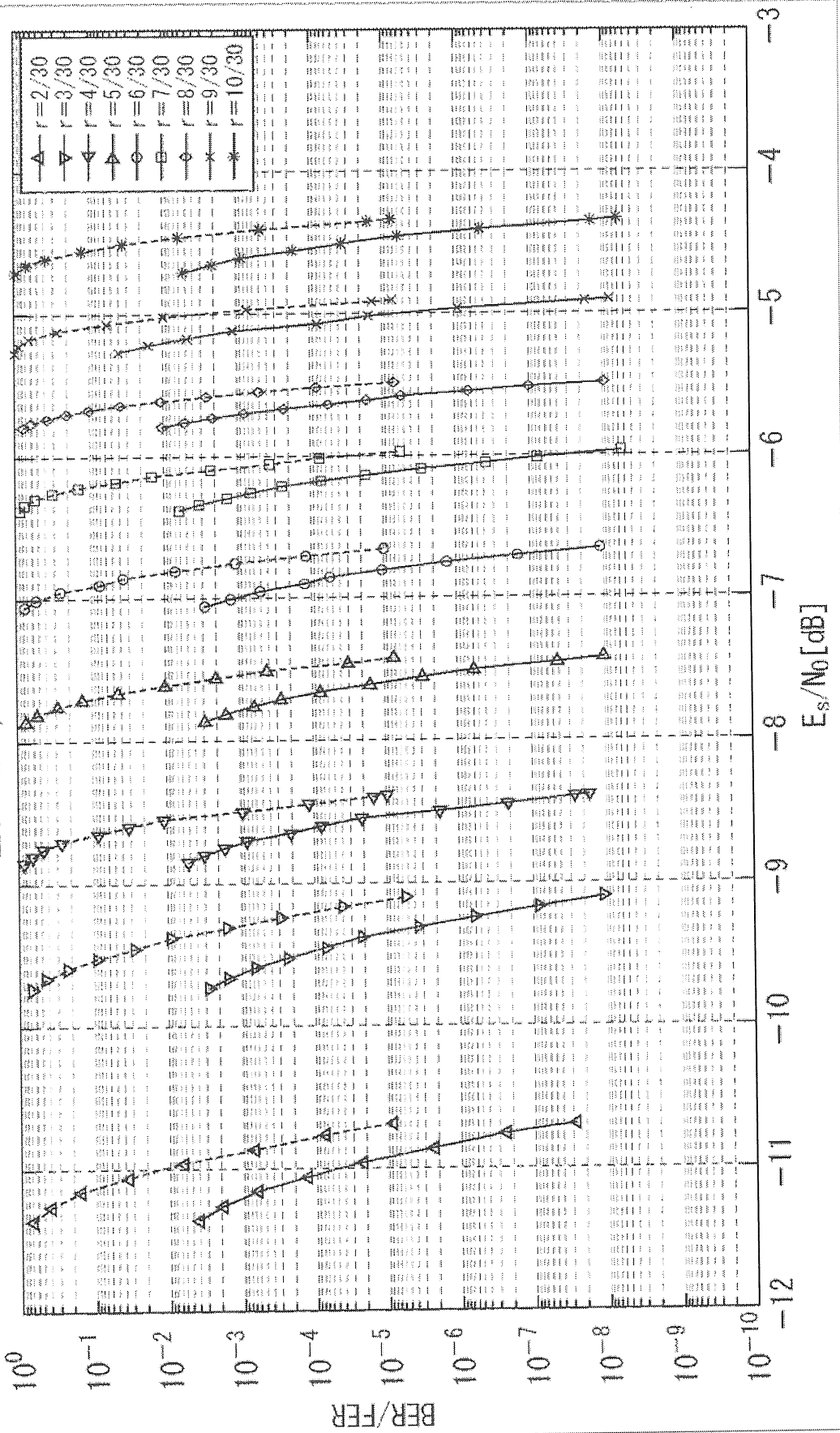
111/130

FIG. 111

Tỷ lệ	X	KX	Y1	KY1	Y2	KY2	M
2/30	34	1440	4	2880	3	0	60480
3/30	20	2160	4	2160	3	2160	58320
4/30	35	2520	4	6120	3	0	56160
5/30	23	3600	4	3600	3	3600	54000
6/30	17	4680	4	1440	3	6840	51840
7/30	13	5760	4	0	3	9360	49680
8/30	19	5400	4	4680	3	7200	47520
9/30	15	6840	4	360	3	12240	45360
10/30	22	5760	4	0	3	15840	43200
11/30	34	3600	4	20160	3	0	41040
12/30	30	4320	4	12600	3	9000	38880
13/30	25	5400	4	6840	3	15840	36720
14/30	21	6840	4	0	3	23400	34560
15/30	23	5400	4	12240	3	14760	32400
16/30	19	6480	4	5400	3	22680	30240
17/30	18	7560	4	1080	3	28080	28080
18/30	19	6840	4	6840	3	25200	25920
19/30	17	7920	4	1800	3	31320	23760
20/30	16	8280	4	720	3	34200	21600
21/30	15	8640	4	0	3	36720	19440
22/30	15	8280	4	2520	3	36720	17280
23/30	15	8640	4	2160	3	38880	15120
24/30	14	9360	4	0	3	42480	12960
25/30	13	9720	4	0	3	44280	10800
26/30	13	9360	4	360	3	46440	8640
27/30	12	10440	4	0	3	47880	6480
28/30	11	11160	4	0	3	49320	4320
29/30	5	2160	4	360	3	60120	2160

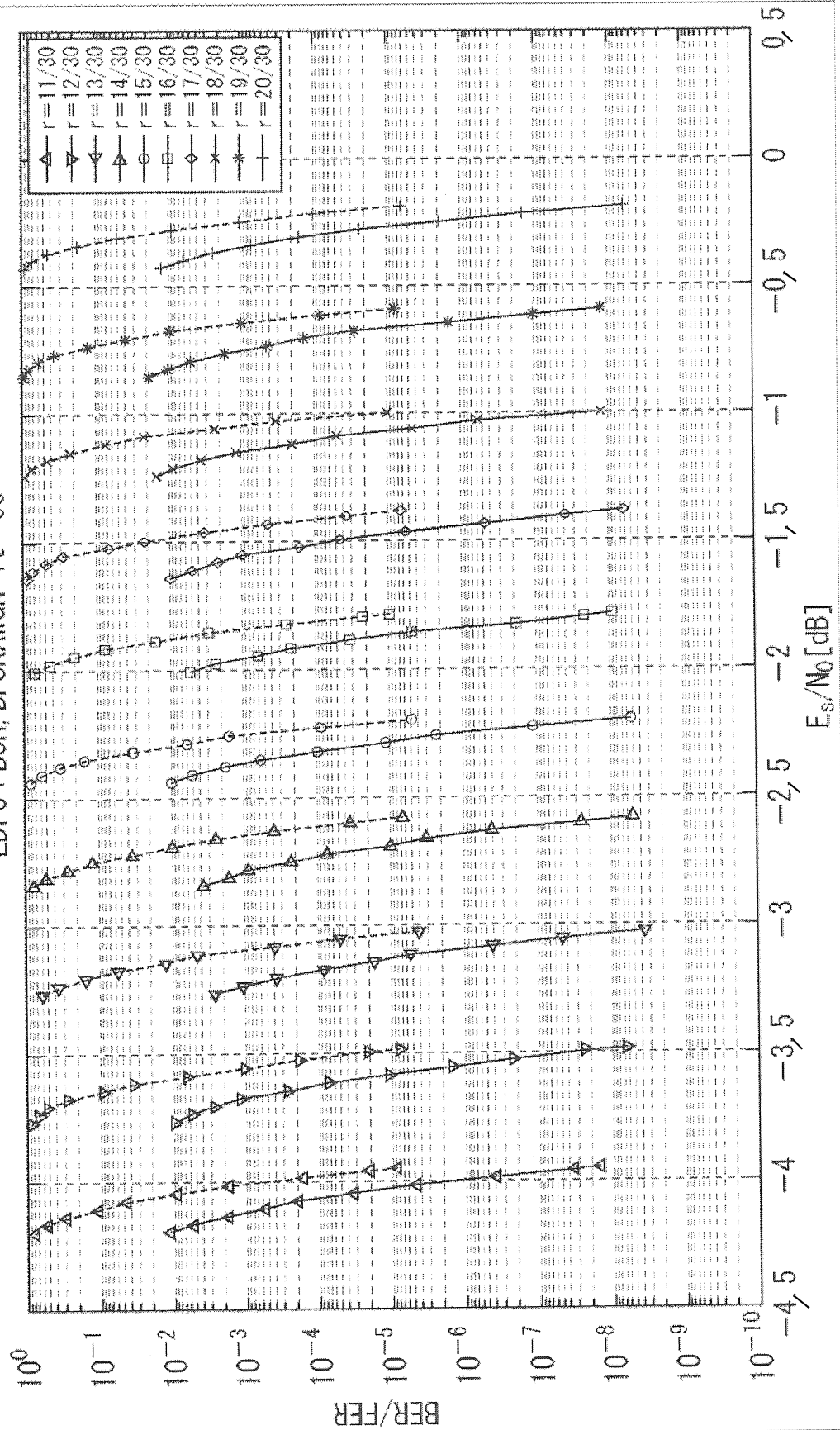
112/130

FIG. 112

LDPC+BCH, BPSKAWGN, $it=50$ 

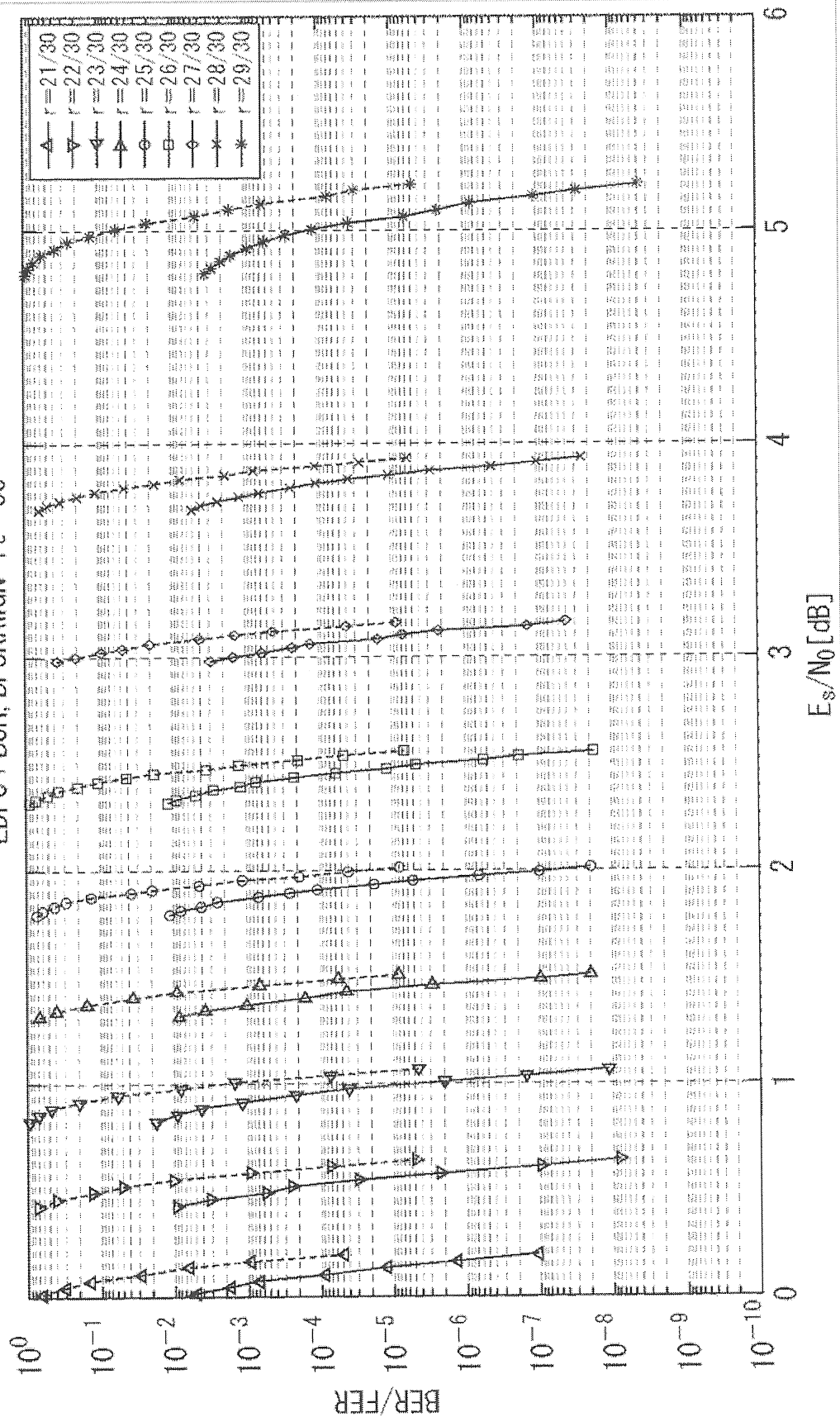
113/130

FIG. 113

LDPC+BCH, BPSKAWGN $it=50$ 

114/130

FIG. 114

LDPC+BCH, BPSKAWGN, $t=50$ 

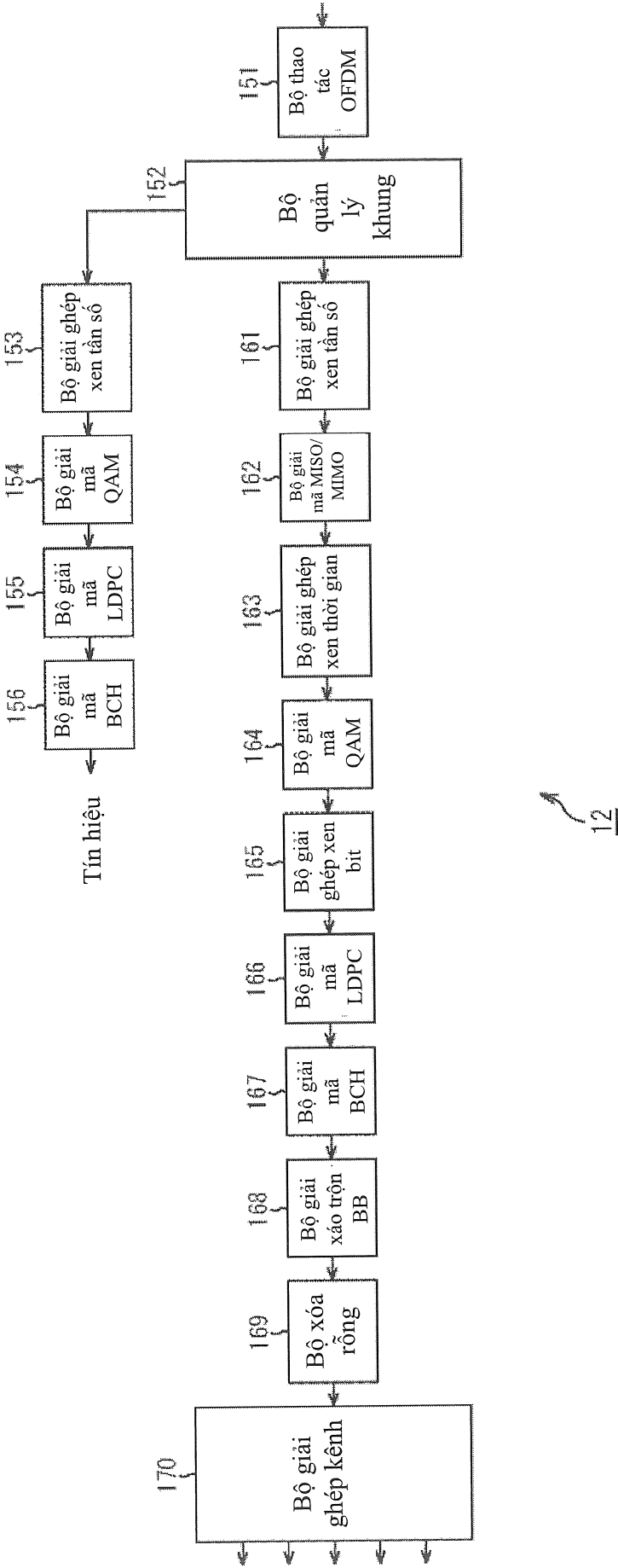
115/130
FIG. 115

A	Mã LDPC	Khối không được mã hóa BCH K_{bch}	Khối được mã hóa BCH K_{bch} Khối không được mã hóa LDPC K_{ldpc}	sửa t-lỗi BCH	Khối được mã hóa LDPC n_{ldpc}
	1/4	16 008	16 200	12	64 800
	1/3	21 408	21 600	12	64 800
	2/5	25 728	25 920	12	64 800
	1/2	32 208	32 400	12	64 800
	3/5	38 688	38 880	12	64 800
	2/3	43 040	43 200	10	64 800
	3/4	48 408	48 600	12	64 800
	4/5	51 648	51 840	12	64 800
	5/6	53 840	54 000	10	64 800
	8/9	57 472	57 600	8	64 800
	9/10	58 192	58 320	8	64 800

B	Tỷ lệ mã LDPC	Số bit thông tin mã BCH	Số bit mã BCH (Số bit thông tin mã LDPC)	Số bit sửa BCH	Số bit mã LDPC
	2/30	4128	4320	12	64800
	3/30	6288	6480	12	64800
	4/30	8448	8640	12	64800
	5/30	10608	10800	12	64800
	6/30	12768	12960	12	64800
	7/30	14928	15120	12	64800
	8/30	17088	17280	12	64800
	9/30	19248	19440	12	64800
	10/30	21408	21600	12	64800
	11/30	23568	23760	12	64800
	12/30	25728	25920	12	64800
	13/30	27888	28080	12	64800
	14/30	30048	30240	12	64800
	15/30	32208	32400	12	64800
	16/30	34368	34560	12	64800
	17/30	36528	36720	12	64800
	18/30	38688	38880	12	64800
	19/30	40848	41040	12	64800
	20/30	43040	43200	10	64800
	21/30	45168	45360	12	64800
	22/30	47328	47520	12	64800
	23/30	49488	49680	12	64800
	24/30	51648	51840	12	64800
	25/30	53840	54000	10	64800
	26/30	56032	56160	8	64800
	27/30	58192	58320	8	64800
	28/30	60352	60480	8	64800
	29/30	62512	62640	8	64800

116/130

FIG. 116



117/130

FIG. 117

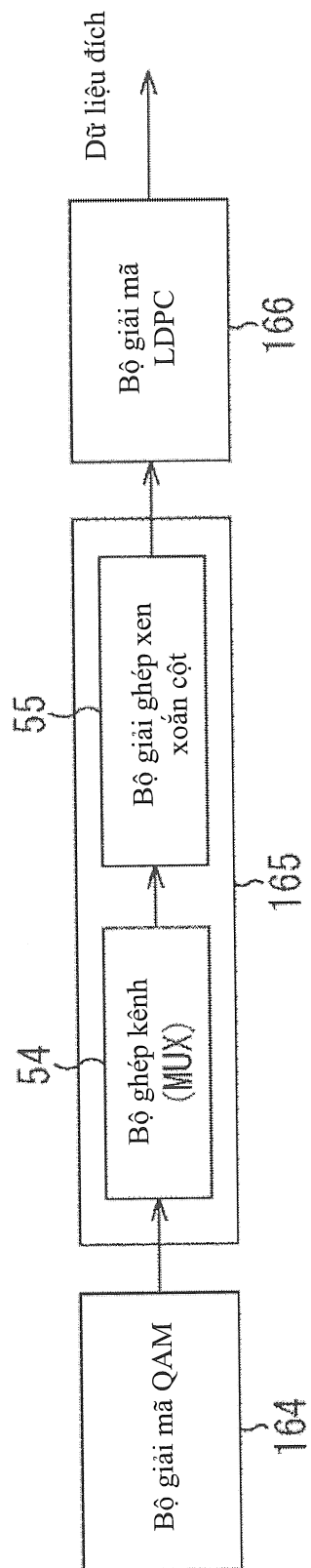
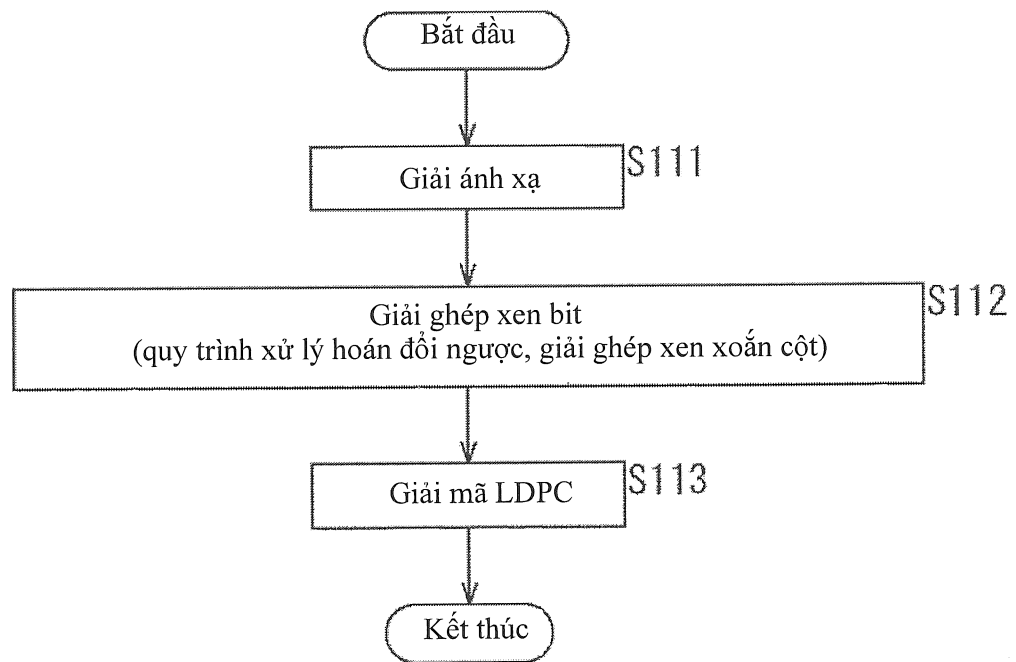
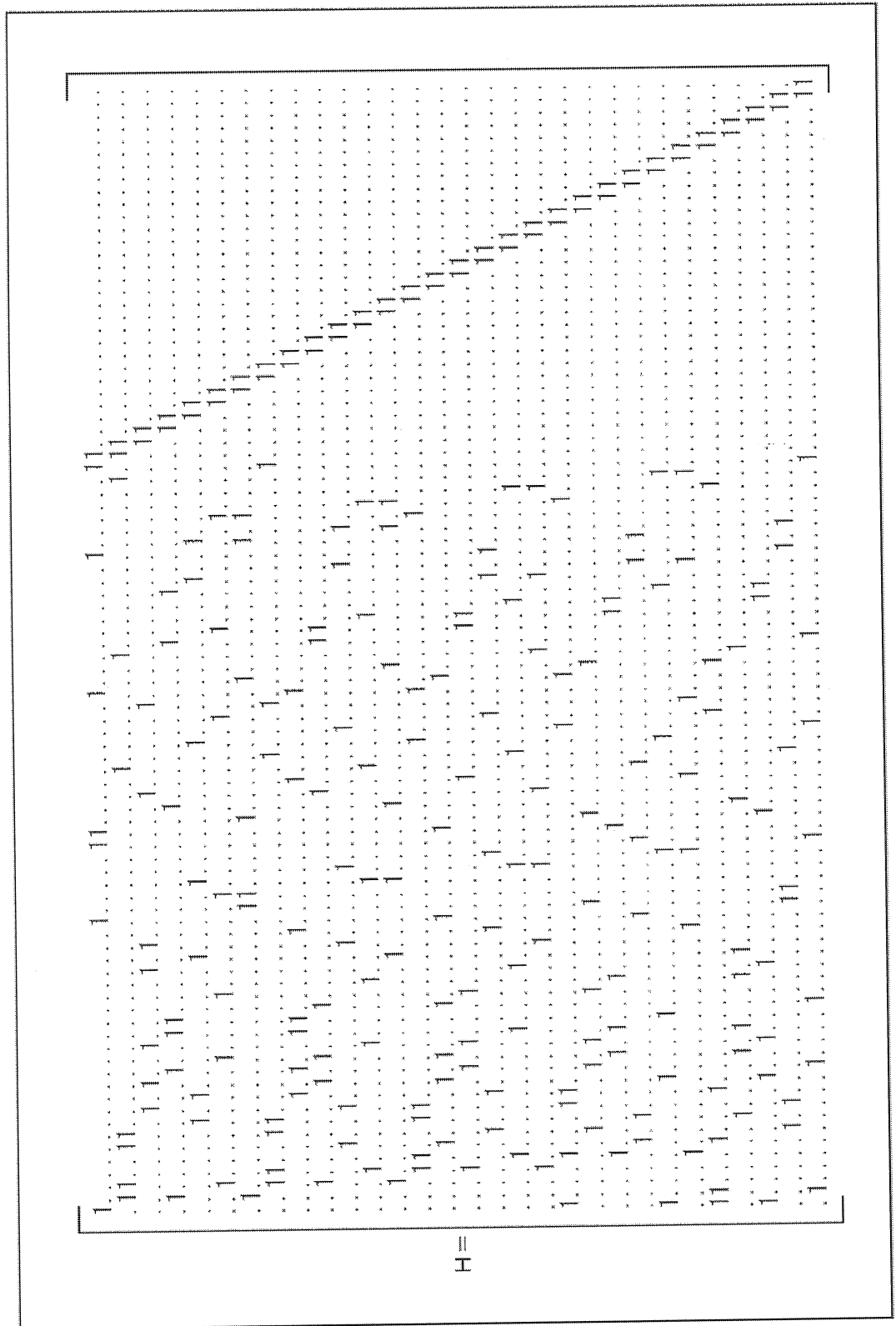
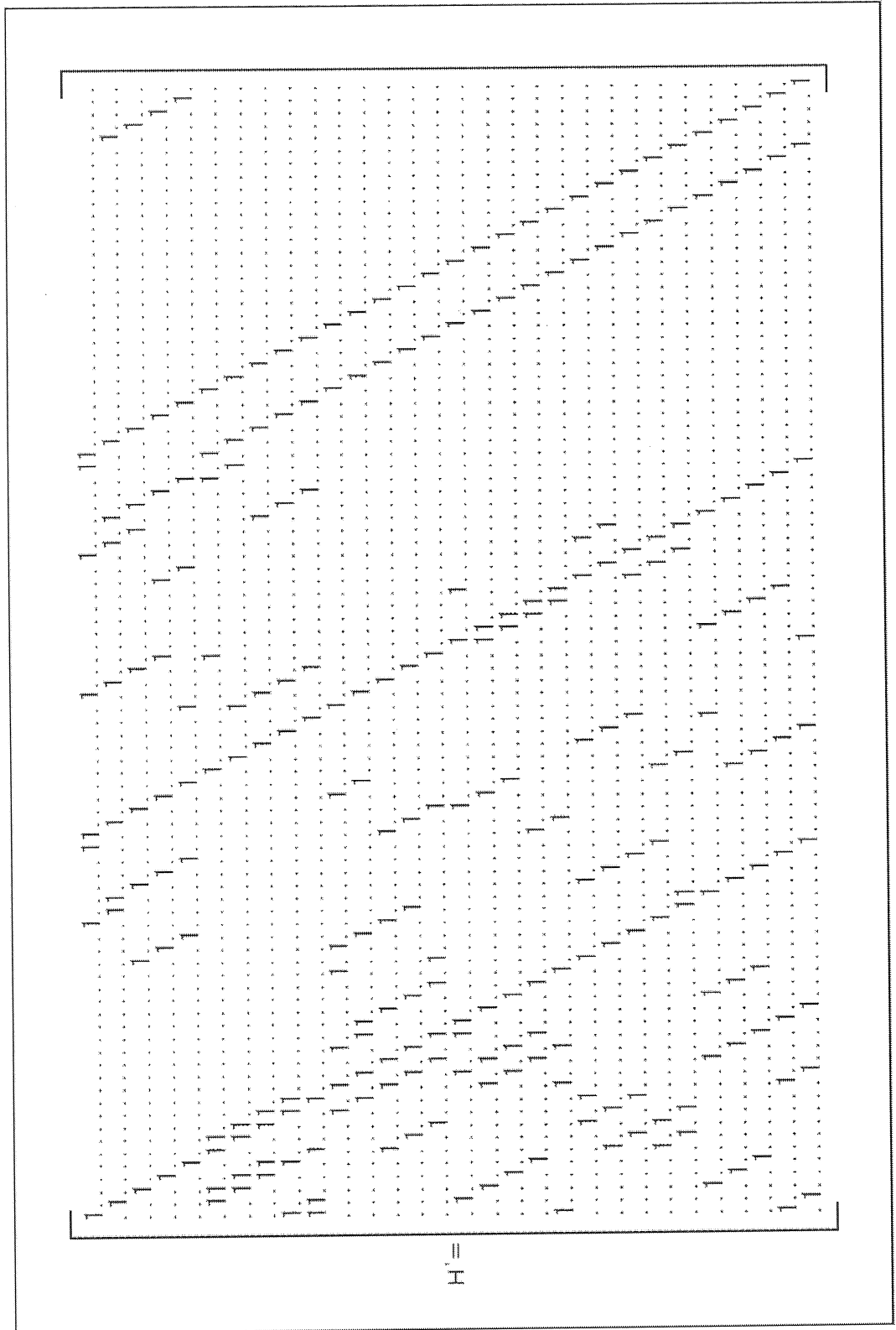


FIG. 118

119/130

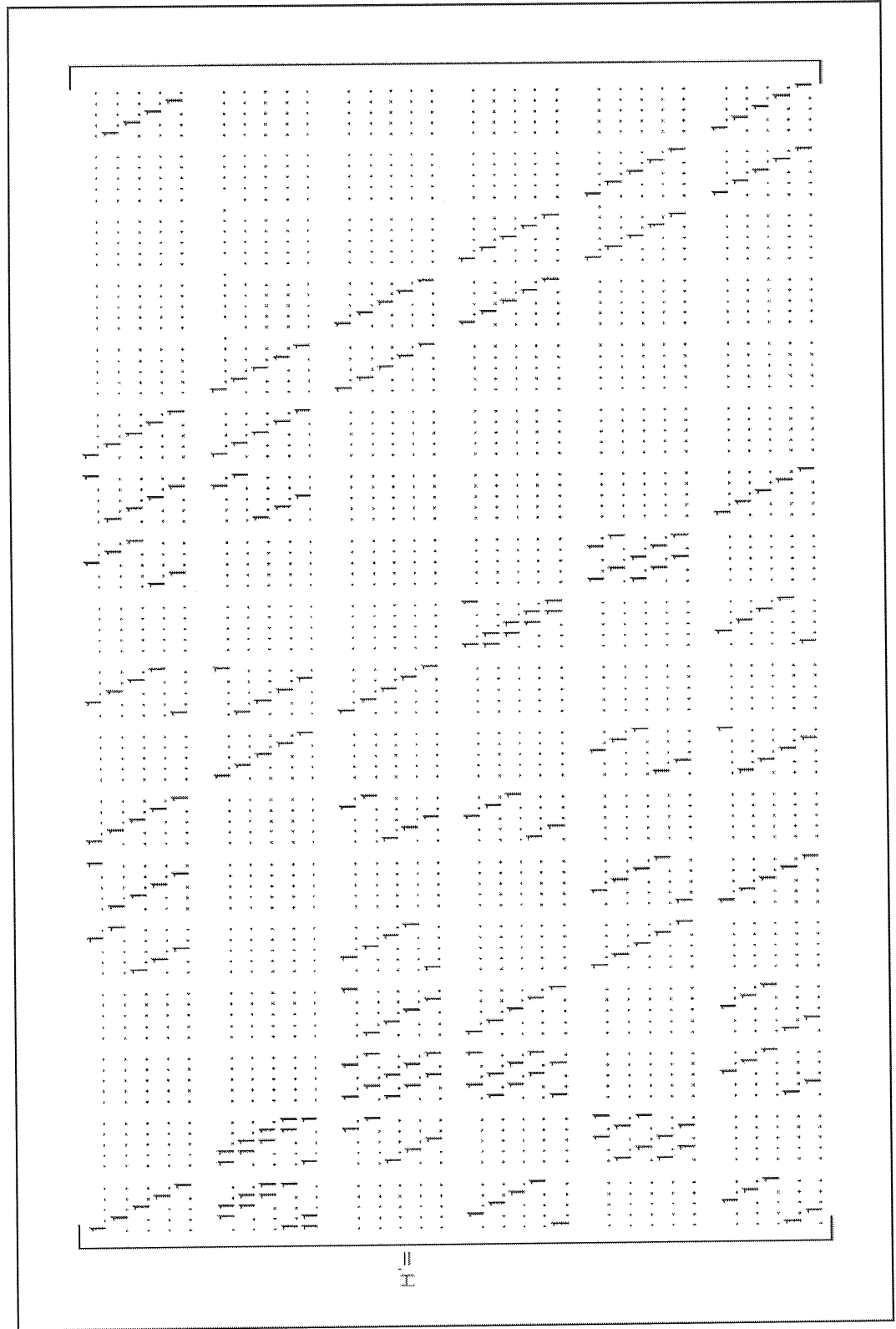
FIG. 119

120/130

FIG. 120

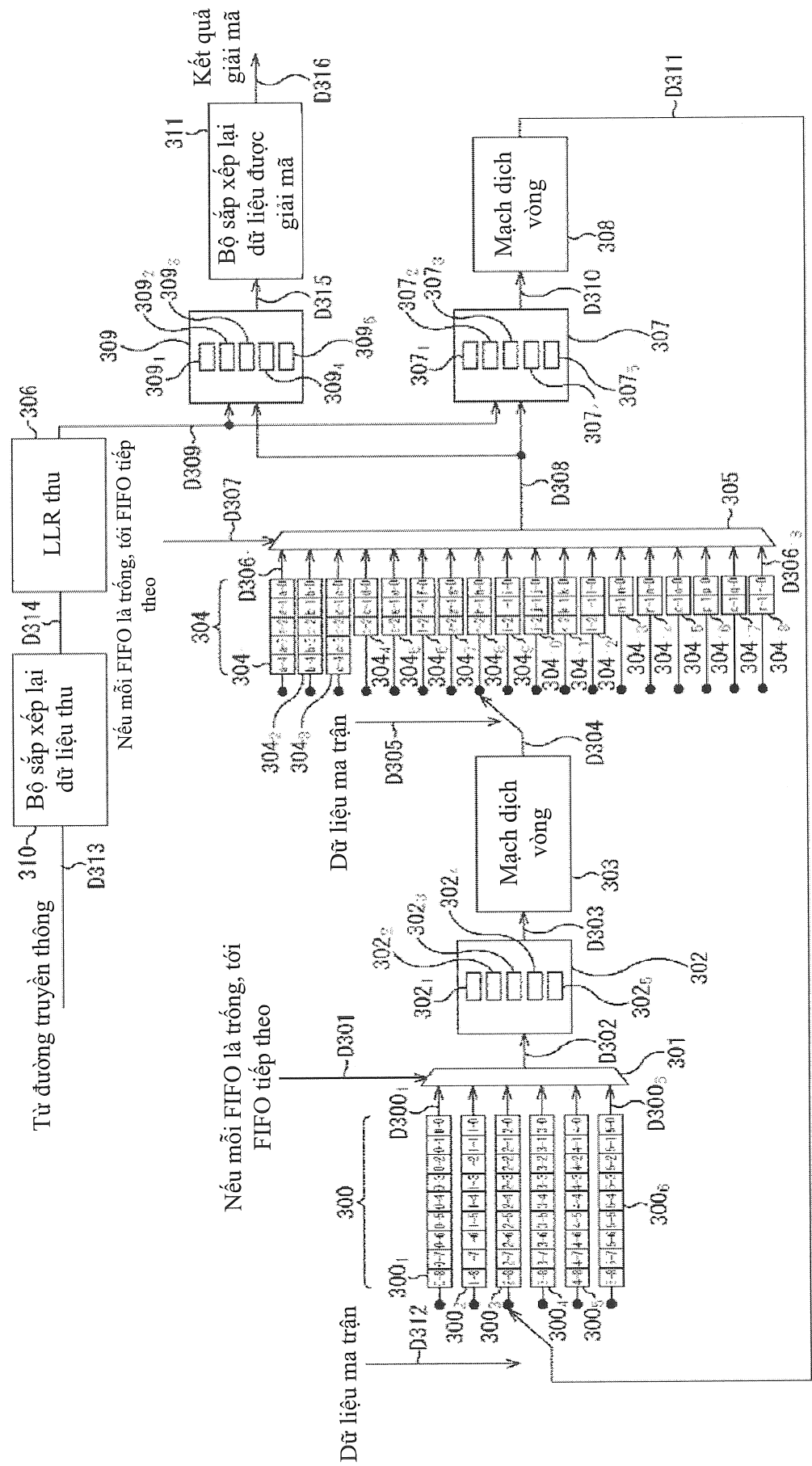
121/130

FIG. 121

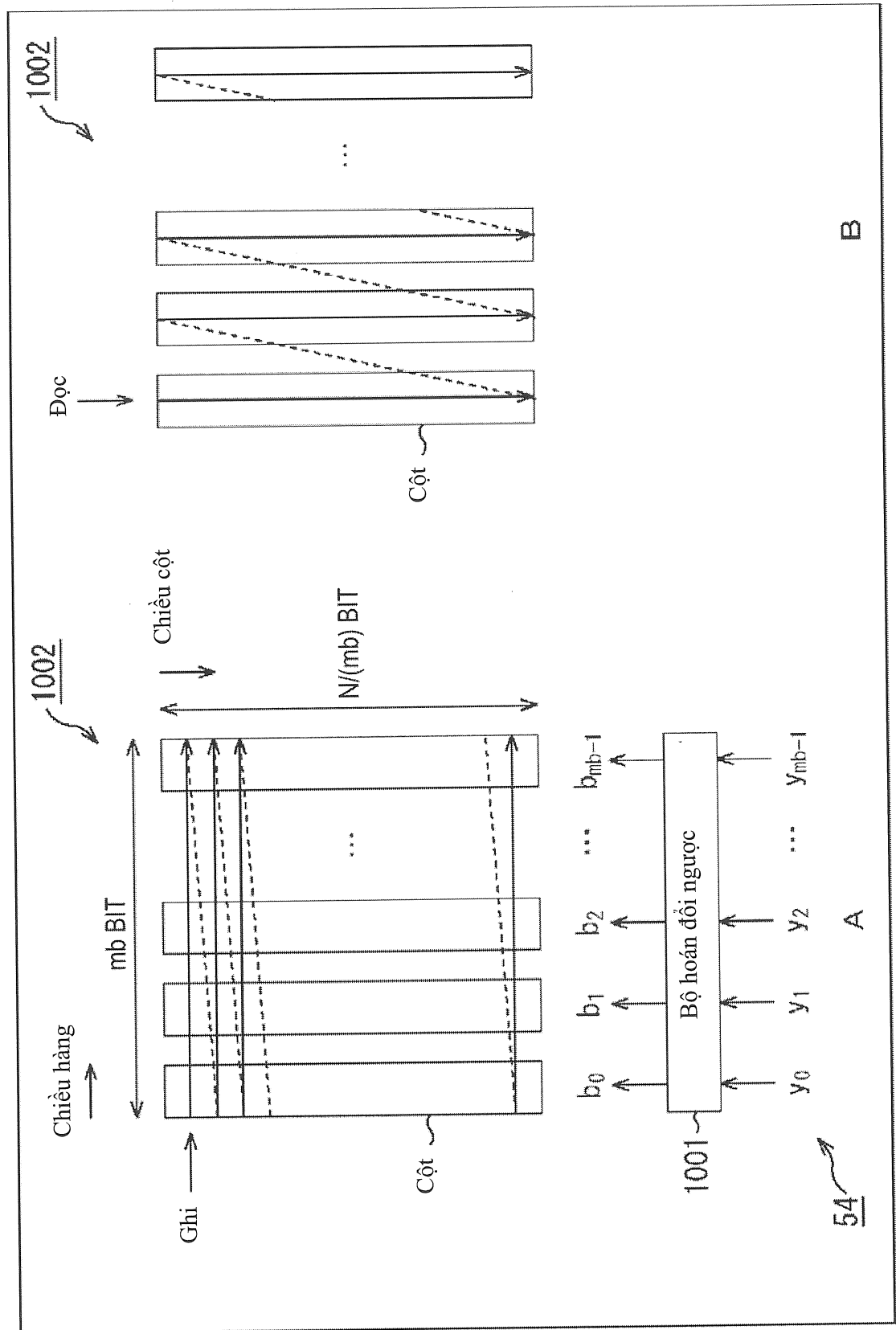


122/130

FIG. 122

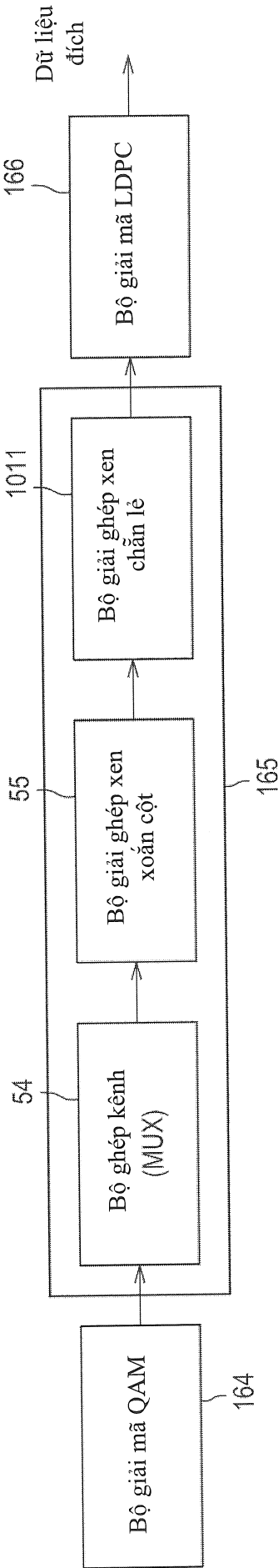


124/130

FIG. 124

126/130

FIG. 126



127/130

FIG. 127

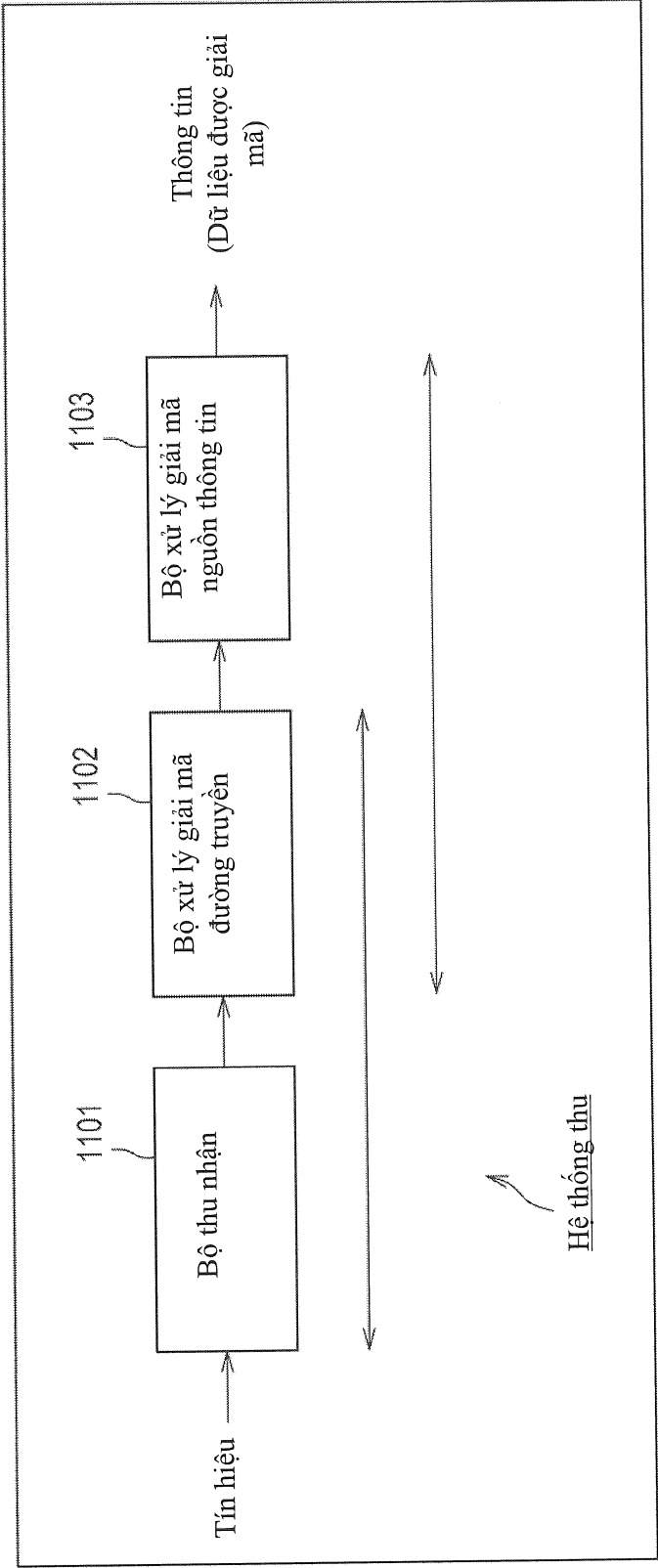


FIG. 128

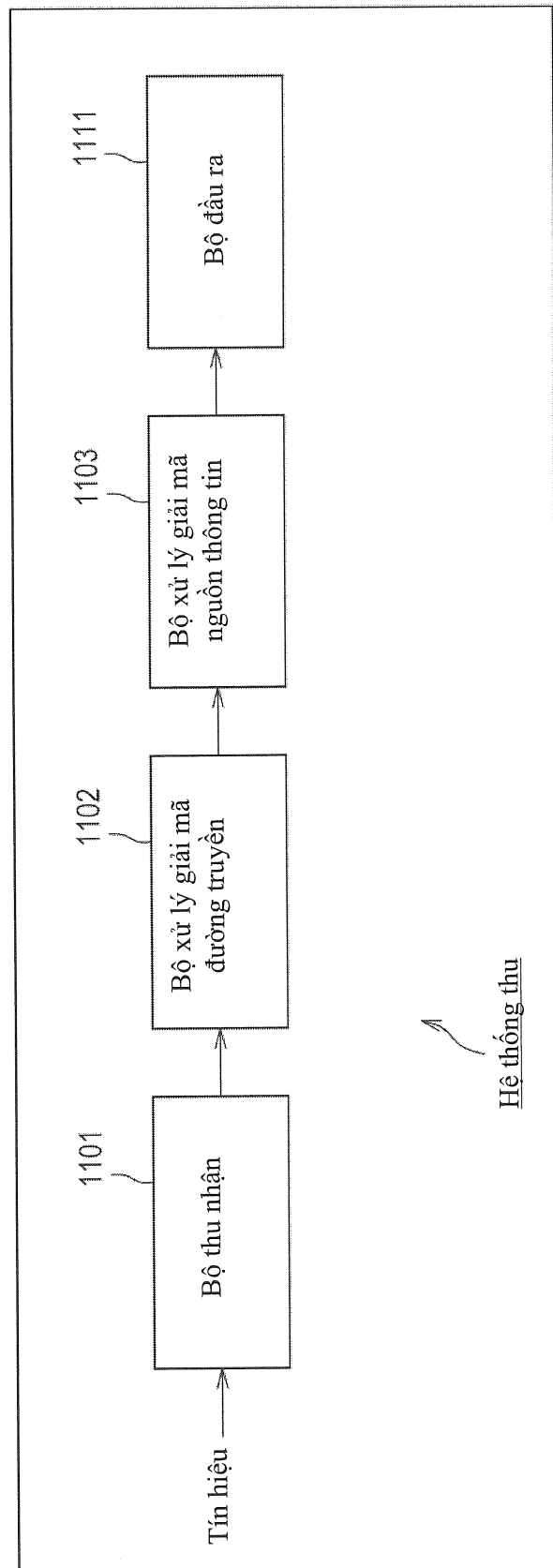
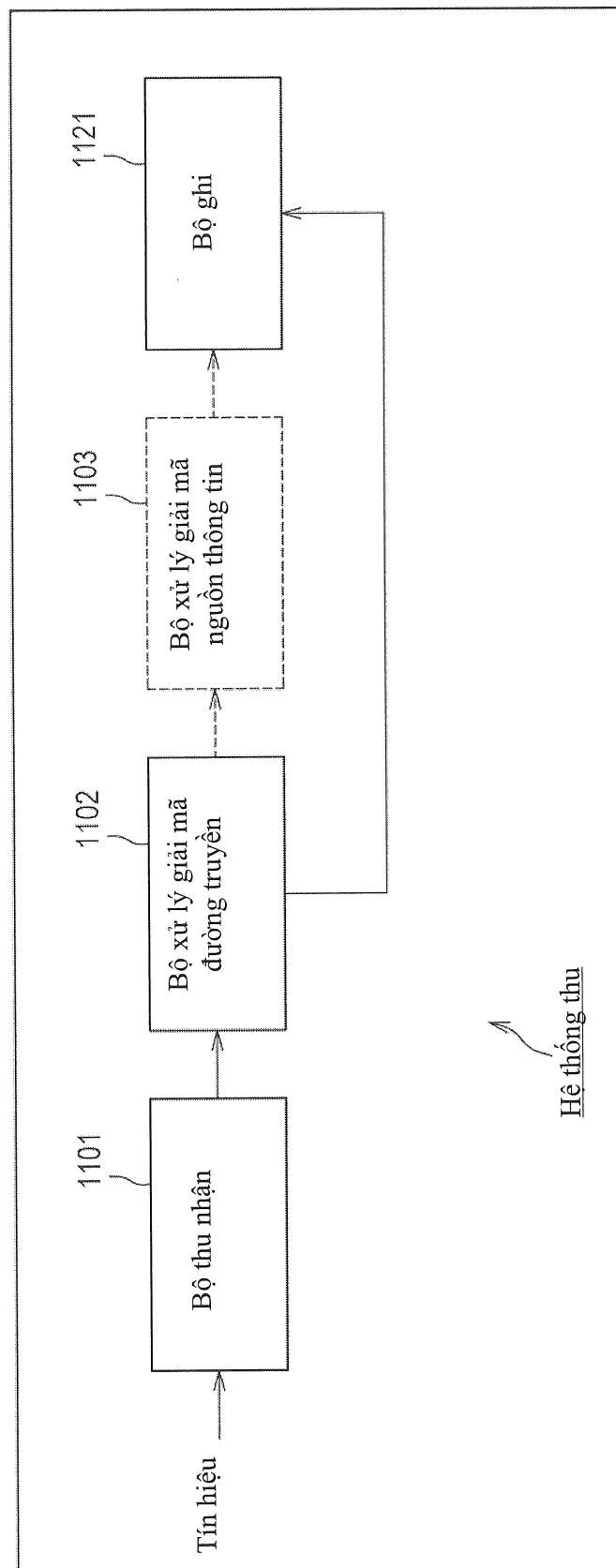


FIG. 129



130/130

FIG. 130

