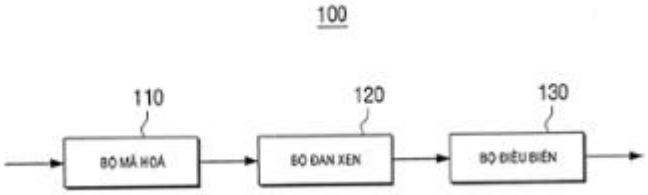
(12) BẢN MÔ TẢ SÁNG CHẾ THUỘC BẰNG ĐỘC QUYỀN SÁNG CHẾ
(19) **Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN)**
CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ
(11) **1-0027584**
(51)[7] **H03M 13/27**; H04L 1/00; H03M 13/11 (13) **B**

(21) 1-2016-03957 (22) 19/03/2015
(86) PCT/KR2015/002677 19/03/2015 (87) WO 2015/142076 A1 24/09/2015
(30) 61/955,410 19/03/2014 US; 10-2015-0000677 05/01/2015 KR
(45) 25/03/2021 396 (43) 26/12/2016 345A
(73) SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD. (KR)
129, Samsung-ro, Yeongtong-gu Suwon-si, Gyeonggi-do 16677, Republic of Korea
(72) JUNG, Hong-sil (KR); KIM, Kyung-joong (KR); MYUNG, Se-ho (KR).
(74) Công ty TNHH Sở hữu trí tuệ WINCO (WINCO CO., LTD.)

(54) PHƯƠNG PHÁP ĐAN XEN TRONG THIẾT BỊ TRUYỀN TÍN HIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP THU TÍN HIỆU

(57) Sáng chế đề cập đến phương pháp đan xen trong thiết bị truyền tín hiệu và phương pháp thu tín hiệu. Thiết bị truyền tín hiệu bao gồm: bộ mã hoá được tạo cấu hình để tạo ra từ mã kiểm tra chẵn lẻ mật độ thấp (Low Density Parity Check, LDPC) bằng cách mã hoá LDPC dựa trên ma trận kiểm tra chẵn lẻ; bộ đan xen được tạo cấu hình để đan xen từ mã LDPC; và bộ điều biến được tạo cấu hình để ánh xạ từ mã LDPC đã đan xen lên các ký hiệu điều biến, trong đó bộ điều biến còn được tạo cấu hình để ánh xạ các bit có trong một nhóm bit định trước trong số các nhóm bit tạo nên từ mã LDPC lên một bit định trước trong mỗi ký hiệu điều biến.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến thiết bị truyền tín hiệu và phương pháp đan xen trong thiết bị này, và cụ thể hơn, sáng chế đề cập đến thiết bị truyền tín hiệu để xử lý và truyền dữ liệu, và phương pháp đan xen trong thiết bị này.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Trong xã hội công nghệ thông tin ở thế kỷ 21 này, các dịch vụ truyền thông phát rộng chuyển sang kỷ nguyên số hoá, cung cấp các dịch vụ truyền thông chất lượng cao được phân phối qua nhiều kênh và thiết lập dải tần số rộng. Cụ thể, khi mà máy thu tín hiệu truyền hình kỹ thuật số chất lượng cao, thiết bị cầm tay phát lại nội dung đa phương tiện (Portable Multimedia Player, PMP) và thiết bị phát rộng cầm tay được sử dụng ngày càng nhiều trong những năm gần đây, thì lại càng cần phải có các phương pháp để hỗ trợ cho việc thu nhận các dịch vụ phát rộng kỹ thuật số.

Để đáp ứng yêu cầu này, các nhóm tiêu chuẩn hoá đang thiết lập nhiều tiêu chuẩn khác nhau và đang cung cấp nhiều loại dịch vụ nhằm thoả mãn nhu cầu của người dùng. Vì vậy, cần phải có phương pháp cung cấp cho người dùng những dịch vụ tốt hơn với hiệu suất cao khi mã hoá, giải mã và thu tín hiệu.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Các phương án làm ví dụ thực hiện sáng chế có thể khắc phục các nhược điểm được nêu ở trên và các nhược điểm khác không được nêu ở trên. Tuy nhiên, cần phải hiểu rằng, phương án làm ví dụ thực hiện sáng chế không nhất thiết phải khắc phục các nhược điểm nêu trên, và có thể không giải quyết vấn đề nào trong số các vấn đề nêu trên.

Theo một hoặc nhiều phương án làm ví dụ, sáng chế đề xuất thiết bị truyền tín hiệu có thể ánh xạ các bit có trong một nhóm bit định trước trong số các nhóm bit tạo nên từ mã kiểm tra chẵn lẻ mật độ thấp (Low Density Parity Check, LDPC) lên một bit định trước trong ký hiệu điều biến, và truyền bit đó, và phương pháp đan xen trong thiết bị này.

Theo khía cạnh của phương án làm ví dụ, sáng chế đề xuất thiết bị truyền tín hiệu

bao gồm: bộ mã hoá được tạo cấu hình để tạo ra từ mã LDPC bằng cách mã hoá LDPC dựa trên ma trận kiểm tra chẵn lẻ; bộ đan xen được tạo cấu hình để đan xen từ mã LDPC; và bộ điều biến được tạo cấu hình để ánh xạ từ mã LDPC đã đan xen lên các ký hiệu điều biến, trong đó bộ điều biến còn được tạo cấu hình để ánh xạ các bit có trong một nhóm bit định trước trong số các nhóm bit tạo nên từ mã LDPC lên một bit định trước trong mỗi ký hiệu điều biến.

Mỗi nhóm bit nêu trên có thể có M bit, và M có thể là ước số chung của N_{ldpc} và K_{ldpc}, và có thể được xác định sao cho thoả mãn hệ thức $Q_{ldpc} = (N_{ldpc}–K_{ldpc})/M$. Q_{ldpc} có thể là giá trị thông số khoảng cách dịch chuyển tuần hoàn đối với các cột trong một nhóm cột của ma trận con từ thông tin trong ma trận kiểm tra chẵn lẻ, N_{ldpc} có thể là độ dài của từ mã LDPC, và K_{ldpc} có thể là độ dài của các bit từ thông tin tạo nên từ mã LDPC.

Bộ đan xen có thể bao gồm: bộ đan xen bit chẵn lẻ được tạo cấu hình để đan xen các bit chẵn lẻ tạo nên từ mã LDPC; bộ đan xen nhóm được tạo cấu hình để thực hiện bước đan xen nhóm trên từ mã LDPC đã đan xen bit chẵn lẻ bằng cách phân chia từ mã LDPC đã đan xen bit chẵn lẻ ra thành nhiều nhóm bit và sắp xếp lại thứ tự của các nhóm bit theo đơn vị nhóm bit; và bộ đan xen khối được tạo cấu hình để đan xen các nhóm bit đã được sắp xếp lại thứ tự.

Bộ đan xen nhóm có thể được tạo cấu hình để sắp xếp lại thứ tự của các nhóm bit theo đơn vị nhóm bit dựa vào biểu thức 15.

Trong biểu thức 15, giá trị $\pi(j)$ có thể được xác định dựa vào ít nhất một thông số trong số độ dài của từ mã LDPC, phương pháp điều biến và tỷ lệ mã.

Khi từ mã LDPC có độ dài bằng 64800, phương pháp điều biến là 1024-QAM, và tỷ lệ mã bằng 6/15, thì giá trị $\pi(j)$ có thể được xác định trong bảng 9.

Khi từ mã LDPC có độ dài bằng 64800, phương pháp điều biến là 1024-QAM, và tỷ lệ mã bằng 8/15, thì giá trị $\pi(j)$ có thể được xác định trong bảng 10.

Khi từ mã LDPC có độ dài bằng 64800, phương pháp điều biến là 1024-QAM, và tỷ lệ mã bằng 12/15, thì giá trị $\pi(j)$ có thể được xác định trong bảng 13.

Bộ đan xen khối có thể được tạo cấu hình để đan xen bằng cách ghi các nhóm bit vào từng cột trong số các cột theo đơn vị nhóm bit theo hướng cột, và đọc từng hàng của

các cột đã ghi các nhóm bit theo đơn vị nhóm bit theo hướng hàng.

Bộ đan xen khối có thể được tạo cấu hình để ghi theo thứ tự lần lượt, vào các cột, ít nhất một nhóm bit có thể ghi được vào các cột theo đơn vị nhóm bit trong số các nhóm bit, và sau đó phân chia và ghi các nhóm bit còn lại ngoại trừ ít nhất một nhóm bit nêu trên trong số các nhóm bit vào phần còn lại của các cột ngoại trừ phần của các cột đã ghi ít nhất một nhóm bit nêu trên theo đơn vị nhóm bit.

Theo khía cạnh của phương án làm ví dụ khác, sáng chế đề xuất phương pháp đan xen trong thiết bị truyền tín hiệu, phương pháp này bao gồm các bước: tạo ra từ mã LDPC bằng cách mã hoá LDPC dựa trên ma trận kiểm tra chẵn lẻ; đan xen từ mã LDPC; và ánh xạ từ mã LDPC đã đan xen lên các ký hiệu điều biến, trong đó bước ánh xạ là bước ánh xạ các bit có trong một nhóm bit định trước trong số các nhóm bit tạo nên từ mã LDPC lên một bit định trước trong mỗi ký hiệu điều biến.

Mỗi nhóm bit nêu trên có thể có M bit, và M có thể là ước số chung của N_{ldpc} và K_{ldpc}, và có thể được xác định sao cho thoả mãn hệ thức $Q_{ldpc} = (N_{ldpc}–K_{ldpc})/M$. Q_{ldpc} có thể là giá trị thông số khoảng cách dịch chuyển tuần hoàn đối với các cột trong một nhóm cột của ma trận con từ thông tin trong ma trận kiểm tra chẵn lẻ, N_{ldpc} có thể là độ dài của từ mã LDPC, và K_{ldpc} có thể là độ dài của các bit từ thông tin tạo nên từ mã LDPC.

Bước đan xen có thể bao gồm các bước: đan xen các bit chẵn lẻ tạo nên từ mã LDPC; đan xen nhóm trên từ mã LDPC đã đan xen bit chẵn lẻ bằng cách phân chia từ mã LDPC đã đan xen bit chẵn lẻ ra thành nhiều nhóm bit và sắp xếp lại thứ tự của các nhóm bit theo đơn vị nhóm bit; và đan xen các nhóm bit đã được sắp xếp lại thứ tự.

Bước sắp xếp lại thứ tự của các nhóm bit theo đơn vị nhóm bit có thể là bước sắp xếp lại thứ tự của các nhóm bit theo đơn vị nhóm bit dựa vào biểu thức 15.

Trong biểu thức 15, giá trị $\pi(j)$ có thể được xác định dựa vào ít nhất một thông số trong số độ dài của từ mã LDPC, phương pháp điều biến và tỷ lệ mã.

Khi từ mã LDPC có độ dài bằng 64800, phương pháp điều biến là 1024-QAM, và tỷ lệ mã bằng 6/15, thì giá trị $\pi(j)$ có thể được xác định trong bảng 9.

Khi từ mã LDPC có độ dài bằng 64800, phương pháp điều biến là 1024-QAM, và tỷ lệ mã bằng 8/15, thì giá trị $\pi(j)$ có thể được xác định trong bảng 10.

Khi từ mã LDPC có độ dài bằng 64800, phương pháp điều biến là 1024-QAM, và tỷ lệ mã bằng 12/15, thì giá trị π(j) có thể được xác định trong bảng 13.

Bước đan xen các nhóm bit có thể là bước đan xen bằng cách ghi các nhóm bit vào từng cột trong số các cột theo đơn vị nhóm bit theo hướng cột, và đọc từng hàng của các cột đã ghi các nhóm bit theo đơn vị nhóm bit theo hướng hàng.

Bước đan xen các nhóm bit có thể bao gồm các bước: ghi theo thứ tự lần lượt, vào các cột, ít nhất một nhóm bit có thể ghi được vào các cột theo đơn vị nhóm bit trong số các nhóm bit, và sau đó phân chia và ghi các nhóm bit còn lại ngoại trừ ít nhất một nhóm bit nêu trên trong số các nhóm bit vào phần còn lại của các cột ngoại trừ phần của các cột đã ghi ít nhất một nhóm bit nêu trên theo đơn vị nhóm bit.

Theo các phương án làm ví dụ thực hiện sáng chế, có thể đạt được hiệu suất cao hơn khi giải mã và thu tín hiệu.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Các khía cạnh nêu trên và/hoặc các khía cạnh khác của sáng chế sẽ trở nên dễ hiểu hơn sau khi xem phần mô tả chi tiết sáng chế dưới đây, kết hợp với các hình vẽ kèm theo, trong đó:

Fig.1 là sơ đồ khối thể hiện cấu hình của thiết bị truyền tín hiệu theo phương án làm ví dụ thực hiện sáng chế;

Fig.2 và Fig.3 là các hình vẽ thể hiện cấu trúc của ma trận kiểm tra chẵn lẻ theo các phương án làm ví dụ thực hiện sáng chế;

Fig.4 là sơ đồ khối thể hiện cấu hình của bộ đan xen theo phương án làm ví dụ thực hiện sáng chế;

Fig.5 đến Fig.7 là các hình vẽ thể hiện phương pháp xử lý từ mã LDPC theo đơn vị nhóm bit theo các phương án làm ví dụ thực hiện sáng chế;

Fig.8 đến Fig.12 là các hình vẽ thể hiện cấu hình của bộ đan xen khối và phương pháp đan xen theo các phương án làm ví dụ thực hiện sáng chế;

Fig.13 là hình vẽ thể hiện hoạt động của bộ phân kênh theo phương án làm ví dụ thực hiện sáng chế;

Fig.14 là sơ đồ khối thể hiện cấu hình của bộ đan xen theo phương án làm ví dụ khác để thực hiện sáng chế;

Fig.15 đến Fig.17 là các hình vẽ thể hiện cấu hình của bộ đan xen khối hàng và phương pháp đan xen theo các phương án làm ví dụ thực hiện sáng chế;

Fig.18 là sơ đồ khối thể hiện cấu hình của thiết bị thu tín hiệu theo phương án làm ví dụ thực hiện sáng chế;

Fig.19 và Fig.21 là các sơ đồ khối thể hiện cấu hình của bộ giải đan xen theo các phương án làm ví dụ thực hiện sáng chế;

Fig.20 là hình vẽ thể hiện phương pháp giải đan xen của bộ giải đan xen khối theo phương án làm ví dụ thực hiện sáng chế; và

Fig.22 là lưu đồ thể hiện phương pháp đan xen theo phương án làm ví dụ thực hiện sáng chế.

Mô tả chi tiết sáng chế

Các phương án làm ví dụ thực hiện sáng chế sẽ được mô tả dưới đây dựa vào các hình vẽ kèm theo.

Trong phần mô tả sáng chế dưới đây, các số chỉ dẫn giống nhau được dùng để thể hiện các bộ phận giống nhau trên các hình vẽ khác nhau. Những thông tin chi tiết được nêu trong phần mô tả, như cấu trúc và các bộ phận chi tiết, được dùng để giúp cho người có hiểu biết trung bình về lĩnh vực kỹ thuật này hiểu rõ về các phương án làm ví dụ thực hiện sáng chế. Vì vậy, rõ ràng là, các phương án làm ví dụ có thể được thực hiện mà không cần dùng đến những thông tin chi tiết cụ thể đó. Ngoài ra, trong sáng chế sẽ không mô tả chi tiết các chức năng hoặc bộ phận đã biết trong lĩnh vực kỹ thuật liên quan để tránh làm lu mờ các phương án làm ví dụ thực hiện sáng chế vì những chi tiết không cần thiết.

Fig.1 là sơ đồ khối thể hiện cấu hình của thiết bị truyền tín hiệu theo phương án làm ví dụ thực hiện sáng chế. Dựa vào Fig.1, thiết bị truyền tín hiệu 100 bao gồm bộ mã hoá 110, bộ đan xen 120 và bộ điều biến 130 (hoặc bộ ánh xạ chòm điểm).

Bộ mã hoá 110 tạo ra từ mã kiểm tra chẵn lẻ mật độ thấp (LDPC) bằng cách thực

hiện bước mã hoá LDPC dựa trên ma trận kiểm tra chẵn lẻ. Bộ mã hoá 110 có thể bao gồm bộ mã hoá LDPC (không được thể hiện trên hình vẽ) để thực hiện bước mã hoá LDPC.

Cụ thể, bộ mã hoá 110 mã hoá LDPC cho các bit từ thông tin (hoặc thông tin) để tạo ra từ mã LDPC gồm có các bit từ thông tin và các bit chẵn lẻ (tức là các bit chẵn lẻ LDPC). Theo phương án này, các bit nhập vào bộ mã hoá 110 có thể được dùng làm các bit từ thông tin. Ngoài ra, vì mã LDPC là mã có hệ thống, cho nên các bit từ thông tin có thể được đưa vào trong từ mã LDPC như nguyên dạng của chúng.

Từ mã LDPC gồm có các bit từ thông tin và các bit chẵn lẻ. Ví dụ, từ mã LDPC có N_{ldpc} bit, và bao gồm K_{ldpc} bit từ thông tin và $N_{parity} = N_{ldpc} - K_{ldpc}$ bit chẵn lẻ.

Trong trường hợp này, bộ mã hoá 110 có thể tạo ra từ mã LDPC bằng cách thực hiện bước mã hoá LDPC dựa trên ma trận kiểm tra chẵn lẻ. Nghĩa là, vì phương pháp mã hoá LDPC là phương pháp để tạo ra từ mã LDPC thoả mãn hệ thức $H \cdot C^T = 0$, cho nên bộ mã hoá 110 có thể sử dụng ma trận kiểm tra chẵn lẻ khi thực hiện bước mã hoá LDPC. Trong đó, H là ma trận kiểm tra chẵn lẻ và C là từ mã LDPC.

Để mã hoá LDPC, thiết bị truyền tín hiệu 100 có thể có một bộ nhớ riêng và có thể lưu trữ trước các ma trận kiểm tra chẵn lẻ với các cấu trúc khác nhau.

Ví dụ, thiết bị truyền tín hiệu 100 có thể lưu trữ trước các ma trận kiểm tra chẵn lẻ được xác định theo tiêu chuẩn hệ thống truyền hình cáp kỹ thuật số thế hệ thứ hai (Digital Video Broadcasting-Cable version 2, DVB-C2), tiêu chuẩn hệ thống truyền hình vệ tinh kỹ thuật số thế hệ thứ hai (Digital Video Broadcasting-Satellite-Second Generation, DVB-S2), tiêu chuẩn hệ thống truyền hình mặt đất kỹ thuật số thế hệ thứ hai (Digital Video Broadcasting-Second Generation Terrestrial, DVB-T2), v.v., hoặc có thể lưu trữ trước các ma trận kiểm tra chẵn lẻ được xác định theo các tiêu chuẩn Advanced Television System Committee (ATSC) 3.0 cho hệ thống tiêu chuẩn phát rộng kỹ thuật số ở Bắc Mỹ, các tiêu chuẩn này hiện đang được thiết lập. Tuy nhiên, đó chỉ là ví dụ minh hoạ và thiết bị truyền tín hiệu 100 có thể lưu trữ trước các ma trận kiểm tra chẵn lẻ với các cấu trúc khác, ngoài các ma trận kiểm tra chẵn lẻ nêu trên.

Ma trận kiểm tra chẵn lẻ theo các phương án làm ví dụ thực hiện sáng chế sẽ được

mô tả chi tiết dưới đây dựa vào các hình vẽ. Trong ma trận kiểm tra chẵn lẻ, các phần tử còn lại không phải là phần tử 1 đều có giá trị bằng 0.

Ví dụ, ma trận kiểm tra chẵn lẻ theo phương án làm ví dụ thực hiện sáng chế có cấu trúc được thể hiện trên Fig.2 và Fig.3.

Dựa vào Fig.2, ma trận kiểm tra chẵn lẻ 200 gồm có ma trận con từ thông tin (hoặc ma trận con thông tin) 210 tương ứng với các bit từ thông tin, và ma trận con chẵn lẻ 220 tương ứng với các bit chẵn lẻ. Trong ma trận kiểm tra chẵn lẻ 200, các phần tử còn lại không phải là phần tử 1 đều có giá trị bằng 0.

Ma trận con từ thông tin 210 có K_{ldpc} cột và ma trận con chẵn lẻ 220 có $N_{parity} = N_{ldpc}–K_{ldpc}$ cột. Số lượng hàng của ma trận kiểm tra chẵn lẻ 200 bằng số lượng cột của ma trận con chẵn lẻ 220, $N_{parity} = N_{ldpc}–K_{ldpc}$.

Ngoài ra, trong ma trận kiểm tra chẵn lẻ 200, N_{ldpc} là độ dài của từ mã LDPC, K_{ldpc} là độ dài của các bit từ thông tin, và $N_{parity} = N_{ldpc}–K_{ldpc}$ là độ dài của các bit chẵn lẻ. Độ dài của từ mã LDPC, các bit từ thông tin và các bit chẵn lẻ được hiểu là số lượng bit có trong mỗi từ mã LDPC, các bit thông tin và các bit chẵn lẻ.

Cấu trúc của ma trận con từ thông tin 210 và ma trận con chẵn lẻ 220 sẽ được mô tả chi tiết dưới đây.

Ma trận con từ thông tin 210 có K_{ldpc} cột (tức là từ cột thứ 0 đến cột thứ $(K_{ldpc}–1)$), và tuân thủ các quy tắc sau đây:

Thứ nhất, M cột được chọn trong số K_{ldpc} cột của ma trận con từ thông tin 210 thuộc cùng một nhóm, và K_{ldpc} cột được phân chia ra thành K_{ldpc}/M nhóm cột. Trong mỗi nhóm cột, một cột được dịch chuyển tuần hoàn so với cột liền trước với khoảng cách dịch chuyển là Q_{ldpc} hoặc Q_{ldpc} bit. Có nghĩa là, Q_{ldpc} có thể là giá trị thông số khoảng cách dịch chuyển tuần hoàn đối với các cột trong một nhóm cột của ma trận con từ thông tin 210 trong ma trận kiểm tra chẵn lẻ 200.

Trong đó, M là khoảng lặp lại của một mẫu nhóm cột, gồm nhiều cột, trong ma trận con từ thông tin 210 (ví dụ M = 360), và Q_{ldpc} là khoảng cách dịch chuyển tuần hoàn của một cột so với cột liền trước trong cùng một nhóm cột của ma trận con từ thông tin 210. Ngoài ra, M là ước số chung của N_{ldpc} và K_{ldpc}, và được xác định sao cho thoả mãn hệ

thức $Q_{ldpc} = (N_{ldpc}–K_{ldpc})/M$. Trong đó, M và Q_{ldpc} là các số nguyên và K_{ldpc}/M cũng là số nguyên. M và Q_{ldpc} có thể có các giá trị khác nhau tuỳ theo độ dài của từ mã LDPC và tỷ lệ mã (Code Rate, CR) (hoặc tỷ lệ mã hoá).

Ví dụ, khi M = 360 và độ dài của từ mã LDPC, N_{ldpc}, bằng 64800, thì Q_{ldpc} có thể được xác định như được thể hiện trong bảng 1 dưới đây, còn khi M = 360 và độ dài N_{ldpc} của từ mã LDPC bằng 16200, thì Q_{ldpc} có thể được xác định như được thể hiện trong bảng 2 dưới đây:

Bảng 1

Tỷ lệ mã	N_{ldpc}	M	Q_{ldpc}
5/15	64800	360	120
6/15	64800	360	108
7/15	64800	360	96
8/15	64800	360	84
9/15	64800	360	72
10/15	64800	360	60
11/15	64800	360	48
12/15	64800	360	36
13/15	64800	360	24

Bảng 2

Tỷ lệ mã	N_{ldpc}	M	Q_{ldpc}
5/15	16200	360	30
6/15	16200	360	27
7/15	16200	360	24
8/15	16200	360	21
9/15	16200	360	18
10/15	16200	360	15
11/15	16200	360	12
12/15	16200	360	9
13/15	16200	360	6

Thứ hai, khi bậc của cột thứ 0 của nhóm cột thứ i (i = 0, 1, …, $K_{ldpc}/M–1$) bằng D_i (trong đó, bậc là số lượng giá trị 1 có mặt trong mỗi cột và tất cả các cột thuộc cùng một nhóm cột có cùng một bậc), và vị trí (hoặc chỉ số) của mỗi hàng có chứa giá trị 1 trong cột thứ 0 của nhóm cột thứ i là $R_{i,0}^{(0)}, R_{i,0}^{(1)}, \cdots, R_{i,0}^{(D_i-1)}$, thì chỉ số $R_{i,j}^{(k)}$ của hàng có chứa giá

trị 1 thứ k trong cột thứ j của nhóm cột thứ i được xác định theo biểu thức 1 sau đây:

$$R_{i,j}^{(k)} = R_{i,(j-1)}^{(k)} + Q_{ldpc} \bmod (N_{ldpc} - K_{ldpc}) \quad (1)$$

trong đó k = 0, 1, 2, …, D_i–1; i = 0, 1, …, K_{ldpc}/M–1; và j = 1, 2, …, M–1.

Biểu thức 1 có thể được biểu diễn dưới dạng biểu thức 2 sau đây:

$$R_{i,j}^{(k)} = \{R_{i,0}^{(k)} + (j \bmod M) \times Q_{ldpc}\} \bmod (N_{ldpc} - K_{ldpc}) \quad (2)$$

trong đó k = 0, 1, 2, …, D_i–1; i = 0, 1, …, K_{ldpc}/M–1; và j = 1, 2, …, M–1. Vì j = 1, 2, …, M–1, cho nên (j mod M) trong biểu thức 2 có thể được coi là bằng j.

Trong các biểu thức nêu trên, $R_{i,j}^{(k)}$ là chỉ số của hàng có chứa giá trị 1 thứ k trong cột thứ j của nhóm cột thứ i, N_{ldpc} là độ dài của từ mã LDPC, K_{ldpc} là độ dài của các bit từ thông tin, D_i là bậc của các cột thuộc nhóm cột thứ i, M là số lượng cột thuộc một nhóm cột, và Q_{ldpc} là khoảng cách dịch chuyển tuần hoàn của mỗi cột trong nhóm cột.

Kết quả là, dựa vào các biểu thức này, nếu chỉ biết $R_{i,0}^{(k)}$, thì có thể tìm được chỉ số $R_{i,j}^{(k)}$ của hàng có chứa giá trị 1 thứ k trong cột thứ j của nhóm cột thứ i. Vì vậy, khi đã lưu trữ giá trị chỉ số của hàng có chứa giá trị 1 thứ k trong cột thứ 0 của mỗi nhóm cột, thì có thể biết được vị trí của cột và hàng có chứa giá trị 1 trong ma trận kiểm tra chẵn lẻ 200 với cấu trúc được thể hiện trên Fig.2 (tức là trong ma trận con từ thông tin 210 của ma trận kiểm tra chẵn lẻ 200).

Theo các quy tắc nêu trên, tất cả các cột thuộc nhóm cột thứ i có cùng một bậc D_i. Do đó, từ mã LDPC để lưu trữ thông tin về ma trận kiểm tra chẵn lẻ theo các quy tắc nêu trên có thể được biểu diễn ngắn gọn như sau.

Ví dụ, khi N_{ldpc} bằng 30, K_{ldpc} bằng 15, và Q_{ldpc} bằng 3, thì thông tin vị trí của hàng có chứa giá trị 1 trong cột thứ 0 của các nhóm có ba cột có thể được biểu diễn bằng dãy biểu thức 3 và có thể được gọi là "dãy vị trí của giá trị 1".

$$\begin{aligned} &R_{1,0}^{(1)} = 1, R_{1,0}^{(2)} = 2, R_{1,0}^{(3)} = 8, R_{1,0}^{(4)} = 10, \\ &R_{2,0}^{(1)} = 0, R_{2,0}^{(2)} = 9, R_{2,0}^{(3)} = 13, \\ &R_{3,0}^{(1)} = 0, R_{3,0}^{(2)} = 14. \end{aligned} \quad (3)$$

trong đó $R_{i,j}^{(k)}$ là chỉ số của hàng có chứa giá trị 1 thứ k trong cột thứ j của nhóm cột thứ i.

Dãy vị trí của giá trị 1 theo biểu thức 3 thể hiện chỉ số của hàng có chứa giá trị 1 trong cột thứ 0 của mỗi nhóm cột có thể được thể hiện ngắn gọn trong bảng 3 dưới đây:

Bảng 3

1 2 8 10
0 9 13
0 14

Bảng 3 thể hiện vị trí của các phần tử có giá trị 1 trong ma trận kiểm tra chẵn lẻ, và dãy vị trí của giá trị 1 thứ i được biểu diễn bằng chỉ số của các hàng có chứa giá trị 1 trong cột thứ 0 của nhóm cột thứ i.

Ma trận con từ thông tin 210 của ma trận kiểm tra chẵn lẻ theo phương án làm ví dụ thực hiện sáng chế có thể được xác định như được thể hiện trong các bảng từ bảng 4 đến bảng 8 dưới đây, dựa vào phần mô tả sáng chế nêu trên.

Cụ thể, các bảng từ bảng 4 đến bảng 8 thể hiện chỉ số của các hàng có chứa giá trị 1 trong cột thứ 0 của nhóm cột thứ i trong ma trận con từ thông tin 210. Nghĩa là, ma trận con từ thông tin 210 có nhiều nhóm cột, mỗi nhóm cột có M cột, và vị trí của các giá trị 1 ở cột thứ 0 của mỗi nhóm cột trong số các nhóm cột này có thể được xác định như được thể hiện trong các bảng từ bảng 4 đến bảng 8.

Trong đó, chỉ số của các hàng có chứa giá trị 1 trong cột thứ 0 của nhóm cột thứ i được hiểu là "địa chỉ của các vùng chứa bit chẵn lẻ". "Địa chỉ của các vùng chứa bit chẵn lẻ" có ý nghĩa như được quy định trong các tiêu chuẩn DVB-C2/S2/T2 hoặc các tiêu chuẩn ATSC 3.0, các tiêu chuẩn này hiện đang được thiết lập, và do đó trong sáng chế sẽ không mô tả chi tiết nữa.

Ví dụ, nếu độ dài N_{ldpc} của từ mã LDPC bằng 64800, tỷ lệ mã bằng 6/15, và M bằng 360, thì chỉ số của các hàng có chứa giá trị 1 trong cột thứ 0 của nhóm cột thứ i trong ma trận con từ thông tin 210 được thể hiện trong bảng 4 dưới đây:

Bảng 4

i	Chỉ số của các hàng có chứa giá trị 1 trong cột thứ 0 của nhóm cột thứ i
0	1606 3402 4961 6751 7132 11516 12300 12482 12592 13342 13764 14123 21576 23946 24533 25376 25667 26836 31799 34173 35462 36153 36740 37085 37152 37468 37658
1	4621 5007 6910 8732 9757 11508 13099 15513 16335 18052 19512 21319 23663 25628 27208 31333 32219 33003 33239 33447 36200 36473 36938 37201 37283 37495 38642
2	16 1094 2020 3080 4194 5098 5631 6877 7889 8237 9804 10067 11017 11366 13136 13354 15379 18934 20199 24522 26172 28666 30386 32714 36390 37015 37162
3	700 897 1708 6017 6490 7372 7825 9546 10398 16605 18561 18745 21625 22137 23693 24340 24966 25015 26995 28586 28895 29687 33938 34520 34858 37056 38297
4	159 2010 2573 3617 4452 4958 5556 5832 6481 8227 9924 10836 14954 15594 16623 18065 19249 22394 22677 23408 23731 24076 24776 27007 28222 30343 38371
5	3118 3545 4768 4992 5227 6732 8170 9397 10522 11508 15536 20218 21921 28599 29445 29758 29968 31014 32027 33685 34378 35867 36323 36728 36870 38335 38623
6	1264 4254 6936 9165 9486 9950 10861 11653 13697 13961 15164 15665 18444 19470 20313 21189 24371 26431 26999 28086 28251 29261 31981 34015 35850 36129 37186
7	111 1307 1628 2041 2524 5358 7988 8191 10322 11905 12919 14127 15515 15711 17061 19024 21195 22902 23727 24401 24608 25111 25228 27338 35398 37794 38196
8	961 3035 7174 7948 13355 13607 14971 18189 18339 18665 18875 19142 20615 21136 21309 21758 23366 24745 25849 25982 27583 30006 31118 32106 36469 36583 37920
9	2990 3549 4273 4808 5707 6021 6509 7456 8240 10044 12262 12660 13085 14750 15680 16049 21587 23997 25803 28343 28693 34393 34860 35490 36021 37737 38296
10	955 4323 5145 6885 8123 9730 11840 12216 19194 20313 23056 24248 24830 25268 26617 26801 28557 29753 30745 31450 31973 32839 33025 33296 35710 37366 37509
11	264 605 4181 4483 5156 7238 8863 10939 11251 12964 16254 17511 20017 22395 22818 23261 23422 24064 26329 27723 28186 30434 31956 33971 34372 36764 38123
12	520 2562 2794 3528 3860 4402 5676 6963 8655 9018 9783 11933 16336 17193 17320 19035 20606 23579 23769 24123 24966 27866 32457 34011 34499 36620 37526
13	10106 10637 10906 34242
14	1856 15100 19378 21848
15	943 11191 27806 29411
16	4575 6359 13629 19383
17	4476 4953 18782 24313
18	5441 6381 21840 35943
19	9638 9763 12546 30120
20	9587 10626 11047 25700
21	4088 15298 28768 35047
22	2332 6363 8782 28863
23	4625 4933 28298 30289
24	3541 4918 18257 31746
25	1221 25233 26757 34892
26	8150 16677 27934 30021
27	8500 25016 33043 38070
28	7374 10207 16189 35811

29	611 18480 20064 38261
30	25416 27352 36089 38469
31	1667 17614 25839 32776
32	4118 12481 21912 37945
33	5573 13222 23619 31271
34	18271 26251 27182 30587
35	14690 26430 26799 34355
36	13688 16040 20716 34558
37	2740 14957 23436 32540
38	3491 14365 14681 36858
39	4796 6238 25203 27854
40	1731 12816 17344 26025
41	19182 21662 23742 27872
42	6502 13641 17509 34713
43	12246 12372 16746 27452
44	1589 21528 30621 34003
45	12328 20515 30651 31432
46	3415 22656 23427 36395
47	632 5209 25958 31085
48	619 3690 19648 37778
49	9528 13581 26965 36447
50	2147 26249 26968 28776
51	15698 18209 30683
52	1132 19888 34111
53	4608 25513 38874
54	475 1729 34100
55	7348 32277 38587
56	182 16473 33082
57	3865 9678 21265
58	4447 20151 27618
59	6335 14371 38711
60	704 9695 28858
61	4856 9757 30546
62	1993 19361 30732
63	756 28000 29138
64	3821 24076 31813
65	4611 12326 32291
66	7628 21515 34995
67	1246 13294 30068
68	6466 33233 35865
69	14484 23274 38150
70	21269 36411 37450
71	23129 26195 37653

Ví dụ khác, nếu độ dài N_{ldpc} của từ mã LDPC bằng 64800, tỷ lệ mã bằng 8/15, và M

bằng 360, thì chỉ số của các hàng có chứa giá trị 1 trong cột thứ 0 của nhóm cột thứ i trong ma trận con từ thông tin 210 được thể hiện trong bảng 5 dưới đây:

Bảng 5

i	Chỉ số của các hàng có chứa giá trị 1 trong cột thứ 0 của nhóm cột thứ i
0	2768 3039 4059 5856 6245 7013 8157 9341 9802 10470 11521 12083 16610 18361 20321 24601 27420 28206 29788
1	2739 8244 8891 9157 12624 12973 15534 16622 16919 18402 18780 19854 20220 20543 22306 25540 27478 27678 28053
2	1727 2268 6246 7815 9010 9556 10134 10472 11389 14599 15719 16204 17342 17666 18850 22058 25579 25860 29207
3	28 1346 3721 5565 7019 9240 12355 13109 14800 16040 16839 17369 17631 19357 19473 19891 20381 23911 29683
4	869 2450 4386 5316 6160 7107 10362 11132 11271 13149 16397 16532 17113 19894 22043 22784 27383 28615 28804
5	508 4292 5831 8559 10044 10412 11283 14810 15888 17243 17538 19903 20528 22090 22652 27235 27384 28208 28485
6	389 2248 5840 6043 7000 9054 11075 11760 12217 12565 13587 15403 19422 19528 21493 25142 27777 28566 28702
7	1015 2002 5764 6777 9346 9629 11039 11153 12690 13068 13990 16841 17702 20021 24106 26300 29332 30081 30196
8	1480 3084 3467 4401 4798 5187 7851 11368 12323 14325 14546 16360 17158 18010 21333 25612 26556 26906 27005
9	6925 8876 12392 14529 15253 15437 19226 19950 20321 23021 23651 24393 24653 26668 27205 28269 28529 29041 29292
10	2547 3404 3538 4666 5126 5468 7695 8799 14732 15072 15881 17410 18971 19609 19717 22150 24941 27908 29018
11	888 1581 2311 5511 7218 9107 10454 12252 13662 15714 15894 17025 18671 24304 25316 25556 28489 28977 29212
12	1047 1494 1718 4645 5030 6811 7868 8146 10611 15767 17682 18391 22614 23021 23763 25478 26491 29088 29757
13	59 1781 1900 3814 4121 8044 8906 9175 11156 14841 15789 16033 16755 17292 18550 19310 22505 29567 29850
14	1952 3057 4399 9476 10171 10769 11335 11569 15002 19501 20621 22642 23452 24360 25109 25290 25828 28505 29122
15	2895 3070 3437 4764 4905 6670 9244 11845 13352 13573 13975 14600 15871 17996 19672 20079 20579 25327 27958
16	612 1528 2004 4244 4599 4926 5843 7684 10122 10443 12267 14368 18413 19058 22985 24257 26202 26596 27899
17	1361 2195 4146 6708 7158 7538 9138 9998 14862 15359 16076 18925 21401 21573 22503 24146 24247 27778 29312
18	5229 6235 7134 7655 9139 13527 15408 16058 16705 18320 19909 20901 22238 22437 23654 25131 27550 28247 29903

19	697 2035 4887 5275 6909 9166 11805 15338 16381 18403 20425 20688 21547 24590 25171 26726 28848 29224 29412
20	5379 17329 22659 23062
21	11814 14759 22329 22936
22	2423 2811 10296 12727
23	8460 15260 16769 17290
24	14191 14608 29536 30187
25	7103 10069 20111 22850
26	4285 15413 26448 29069
27	548 2137 9189 10928
28	4581 7077 23382 23949
29	3942 17248 19486 27922
30	8668 10230 16922 26678
31	6158 9980 13788 28198
32	12422 16076 24206 29887
33	8778 10649 18747 22111
34	21029 22677 27150 28980
35	7918 15423 27672 27803
36	5927 18086 23525
37	3397 15058 30224
38	24016 25880 26268
39	1096 4775 7912
40	3259 17301 20802
41	129 8396 15132
42	17825 28119 28676
43	2343 8382 28840
44	3907 18374 20939
45	1132 1290 8786
46	1481 4710 28846
47	2185 3705 26834
48	5496 15681 21854
49	12697 13407 22178
50	12788 21227 22894
51	629 2854 6232
52	2289 18227 27458
53	7593 21935 23001
54	3836 7081 12282
55	7925 18440 23135
56	497 6342 9717
57	11199 22046 30067
58	12572 28045 28990
59	1240 2023 10933
60	19566 20629 25186
61	6442 13303 28813
62	4765 10572 16180

63	552 19301 24286
64	6782 18480 21383
65	11267 12288 15758
66	771 5652 15531
67	16131 20047 25649
68	13227 23035 24450
69	4839 13467 27488
70	2852 4677 22993
71	2504 28116 29524
72	12518 17374 24267
73	1222 11859 27922
74	9660 17286 18261
75	232 11296 29978
76	9750 11165 16295
77	4894 9505 23622
78	10861 11980 14110
79	2128 15883 22836
80	6274 17243 21989
81	10866 13202 22517
82	11159 16111 21608
83	3719 18787 22100
84	1756 2020 23901
85	20913 29473 30103
86	2729 15091 26976
87	4410 8217 12963
88	5395 24564 28235
89	3859 17909 23051
90	5733 26005 29797
91	1935 3492 29773
92	11903 21380 29914
93	6091 10469 29997
94	2895 8930 15594
95	1827 10028 20070

Ví dụ khác, nếu độ dài N_{ldpc} của từ mã LDPC bằng 64800, tỷ lệ mã bằng 10/15, và M bằng 360, thì chỉ số của các hàng có chứa giá trị 1 trong cột thứ 0 của nhóm cột thứ i trong ma trận con từ thông tin 210 được thể hiện trong bảng 6 hoặc bảng 7 dưới đây:

Bảng 6

i	Chỉ số của các hàng có chứa giá trị 1 trong cột thứ 0 của nhóm cột thứ i
0	979 1423 4166 4609 6341 8258 10334 10548 14098 14514 17051 17333 17653 17830 17990
1	2559 4025 6344 6510 9167 9728 11312 14856 17104 17721 18600 18791 19079 19697 19840
2	3243 6894 7950 10539 12042 13233 13938 14752 16449 16727 17025 18297 18796 19400 21577

3	3272 3574 6341 6722 9191 10807 10957 12531 14036 15580 16651 17007 17309 19415 19845
4	155 4598 10201 10975 11086 11296 12713 15364 15978 16395 17542 18164 18451 18612 20617
5	1128 1999 3926 4069 5558 6085 6337 8386 10693 12450 15438 16223 16370 17308 18634
6	2408 2929 3630 4357 5852 7329 8536 8695 10603 11003 14304 14937 15767 18402 21502
7	199 3066 6446 6849 8973 9536 10452 12857 13675 15913 16717 17654 19802 20115 21579
8	312 870 2095 2586 5517 6196 6757 7311 7368 13046 15384 18576 20349 21424 21587
9	985 1591 3248 3509 3706 3847 6174 6276 7864 9033 13618 15675 16446 18355 18843
10	975 3774 4083 5825 6166 7218 7633 9657 10103 13052 14240 17320 18126 19544 20208
11	1795 2005 2544 3418 6148 8051 9066 9725 10676 10752 11512 15171 17523 20481 21059
12	167 315 1824 2325 2640 2868 6070 6597 7016 8109 9815 11608 16142 17912 19625
13	1298 1896 3039 4303 4690 8787 12241 13600 14478 15492 16602 17115 17913 19466 20597
14	568 3695 6045 6624 8131 8404 8590 9059 9246 11570 14336 18657 18941 19218 21506
15	228 1889 1967 2299 3011 5074 7044 7596 7689 9534 10244 10697 11691 17902 21410
16	1330 1579 1739 2234 3701 3865 5713 6677 7263 11172 12143 12765 17121 20011 21436
17	303 1668 2501 4925 5778 5985 9635 10140 10820 11779 11849 12058 15650 20426 20527
18	698 2484 3071 3219 4054 4125 5663 5939 6928 7086 8054 12173 16280 17945 19302
19	232 1619 3040 4901 7438 8135 9117 9233 10131 13321 17347 17436 18193 18586 19929
20	12 3721 6254 6609 7880 8139 10437 12262 13928 14065 14149 15032 15694 16264 18883
21	482 915 1548 1637 6687 9338 10163 11768 11970 15524 15695 17386 18787 19210 19340
22	1291 2500 4109 4511 5099 5194 10014 13165 13256 13972 15409 16113 16214 18584 20998
23	1761 4778 7444 7740 8129 8341 8931 9136 9207 10003 10678 13959 17673 18194 20990
24	3060 3522 5361 5692 6833 8342 8792 11023 11211 11548 11914 13987 15442 15541 19707
25	1322 2348 2970 5632 6349 7577 8782 9113 9267 9376 12042 12943 16680 16970 21321
26	6785 11960 21455
27	1223 15672 19550
28	5976 11335 20385
29	2818 9387 15317
30	2763 3554 18102
31	5230 11489 18997
32	5809 15779 20674
33	2620 17838 18533
34	3025 9342 9931
35	3728 5337 12142
36	2520 6666 9164
37	12892 15307 20912
38	10736 12393 16539
39	1075 2407 12853
40	4921 5411 18206
41	5955 15647 16838
42	6384 10336 19266
43	429 10421 17266
44	4880 10431 12208
45	2910 11895 12442
46	7366 18362 18772
47	4341 7903 14994

48	4564 6714 7378
49	4639 8652 18871
50	15787 18048 20246
51	3241 11079 13640
52	1559 2936 15881
53	2737 6349 10881
54	10394 16107 17073
55	8207 9043 12874
56	7805 16058 17905
57	11189 15767 17764
58	5823 12923 14316
59	11080 20390 20924
60	568 8263 17411
61	1845 3557 6562
62	2890 10936 14756
63	9031 14220 21517
64	3529 12955 15902
65	413 6750 8735
66	6784 12092 16421
67	12019 13794 15308
68	12588 15378 17676
69	8067 14589 19304
70	1244 5877 6085
71	15897 19349 19993
72	1426 2394 12264
73	3456 8931 12075
74	13342 15273 20351
75	9138 13352 20798
76	7031 7626 14081
77	4280 4507 15617
78	4170 10569 14335
79	3839 7514 16578
80	4688 12815 18782
81	4861 7858 9435
82	605 5445 12912
83	2280 4734 7311
84	6668 8128 12638
85	3733 10621 19534
86	13933 18316 19341
87	1786 3037 21566
88	2202 13239 16432
89	4882 5808 9300
90	4580 8484 16754
91	14630 17502 18269
92	6889 11119 12447

93	8162 9078 16330
94	6538 17851 18100
95	17763 19793 20816
96	2183 11907 17567
97	6640 14428 15175
98	877 12035 14081
99	1336 6468 12328
100	5948 9146 12003
101	3782 5699 12445
102	1770 7946 8244
103	7384 12639 14989
104	1469 11586 20959
105	7943 10450 15907
106	5005 8153 10035
107	17750 18826 21513
108	4725 8041 10112
109	3837 16266 17376
110	11340 17361 17512
111	1269 4611 4774
112	2322 10813 16157
113	16752 16843 18959
114	70 4325 18753
115	3165 8153 15384
116	160 8045 16823
117	14112 16724 16792
118	4291 7667 18176
119	5943 19879 20721

Bảng 7

i	Chỉ số của các hàng có chứa giá trị 1 trong cột thứ 0 của nhóm cột thứ i
0	316 1271 3692 9495 12147 12849 14928 16671 16938 17864 19108 20502 21097 21115
1	2341 2559 2643 2816 2865 5137 5331 7000 7523 8023 10439 10797 13208 15041
2	5556 6858 7677 10162 10207 11349 12321 12398 14787 15743 15859 15952 19313 20879
3	349 573 910 2702 3654 6214 9246 9353 10638 11772 14447 14953 16620 19888
4	204 1390 2887 3835 6230 6533 7443 7876 9299 10291 10896 13960 18287 20086
5	541 2429 2838 7144 8523 8637 10490 10585 11074 12074 15762 16812 17900 18548
6	733 1659 3838 5323 5805 7882 9429 10682 13697 16909 18846 19587 19592 20904
7	1134 2136 4631 4653 4718 5197 10410 11666 14996 15305 16048 17417 18960 20303
8	734 1001 1283 4959 10016 10176 10973 11578 12051 15550 15915 19022 19430 20121
9	745 4057 5855 9885 10594 10989 13156 13219 13351 13631 13685 14577 17713 20386
10	968 1446 2130 2502 3092 3787 5323 8104 8418 9998 11681 13972 17747 17929
11	3020 3857 5275 5786 6319 8608 11943 14062 17144 17752 18001 18453 19311 21414
12	709 747 1038 2181 5320 8292 10584 10859 13964 15009 15277 16953 20675 21509
13	1663 3247 5003 5760 7186 7360 10346 14211 14717 14792 15155 16128 17355 17970

14	516 578 1914 6147 9419 11148 11434 13289 13325 13332 19106 19257 20962 21556
15	5009 5632 6531 9430 9886 10621 11765 13969 16178 16413 18110 18249 20616 20759
16	457 2686 3318 4608 5620 5858 6480 7430 9602 12691 14664 18777 20152 20848
17	33 2877 5334 6851 7907 8654 10688 15401 16123 17942 17969 18747 18931 20224
18	87 897 7636 8663 11425 12288 12672 14199 16435 17615 17950 18953 19667 20281
19	1042 1832 2545 2719 2947 3672 3700 6249 6398 6833 11114 14283 17694 20477
20	326 488 2662 2880 3009 5357 6587 8882 11604 14374 18781 19051 19057 20508
21	854 1294 2436 2852 4903 6466 7761 9072 9564 10321 13638 15658 16946 19119
22	194 899 1711 2408 2786 5391 7108 8079 8716 11453 17303 19484 20989 21389
23	1631 3121 3994 5005 7810 8850 10315 10589 13407 17162 18624 18758 19311 20301
24	736 2424 4792 5600 6370 10061 16053 16775 18600
25	1254 8163 8876 9157 12141 14587 16545 17175 18191
26	388 6641 8974 10607 10716 14477 16825 17191 18400
27	5578 6082 6824 7360 7745 8655 11402 11665 12428
28	3603 8729 13463 14698 15210 19112 19550 20727 21052
29	48 1732 3805 5158 15442 16909 19854 21071 21579
30	11707 14014 21531
31	1542 4133 4925
32	10083 13505 21198
33	14300 15765 16752
34	778 1237 11215
35	1325 3199 14534
36	2007 14510 20599
37	1996 5881 16429
38	5111 15018 15980
39	4989 10681 12810
40	3763 10715 16515
41	2259 10080 15642
42	9032 11319 21305
43	3915 15213 20884
44	11150 15022 20201
45	1147 6749 19625
46	12139 12939 18870
47	3840 4634 10244
48	1018 10231 17720
49	2708 13056 13393
50	5781 11588 18888
51	1345 2036 5252
52	5908 8143 15141
53	1804 13693 18640
54	10433 13965 16950
55	9568 10122 15945
56	547 6722 14015
57	321 12844 14095
58	2632 10513 14936

59	6369 11995 20321
60	9920 19136 21529
61	1990 2726 10183
62	5763 12118 15467
63	503 10006 19564
64	9839 11942 19472
65	11205 13552 15389
66	8841 13797 19697
67	124 6053 18224
68	6477 14406 21146
69	1224 8027 16011
70	3046 4422 17717
71	739 12308 17760
72	4014 4130 7835
73	2266 5652 11981
74	2711 7970 18317
75	2196 15229 17217
76	8636 13302 16764
77	5612 15010 16657
78	615 1249 4639
79	3821 12073 18506
80	1066 16522 21536
81	11307 18363 19740
82	3240 8560 10391
83	3124 11424 20779
84	1604 8861 17394
85	2083 7400 8093
86	3218 7454 9155
87	9855 15998 20533
88	316 2850 20652
89	5583 9768 10333
90	7147 7713 18339
91	12607 17428 21418
92	14216 16954 18164
93	8477 15970 18488
94	1632 8032 9751
95	4573 9080 13507
96	11747 12441 13876
97	1183 15605 16675
98	4408 10264 17109
99	5495 7882 12150
100	1010 3763 5065
101	9828 18054 21599
102	6342 7353 15358
103	6362 9462 19999

104	7184 13693 17622
105	4343 4654 10995
106	7099 8466 18520
107	11505 14395 15138
108	6779 16691 18726
109	7146 12644 20196
110	5865 16728 19634
111	4657 8714 21246
112	4580 5279 18750
113	3767 6620 18905
114	9209 13093 17575
115	12486 15875 19791
116	8046 14636 17491
117	2120 4643 13206
118	6186 9675 12601
119	784 5770 21585

Ví dụ khác, nếu độ dài N_{ldpc} của từ mã LDPC bằng 64800, tỷ lệ mã bằng 12/15, và M bằng 360, thì chỉ số của các hàng có chứa giá trị 1 trong cột thứ 0 của nhóm cột thứ i trong ma trận con từ thông tin 210 được thể hiện trong bảng 8 dưới đây:

Bảng 8

i	Chỉ số của các hàng có chứa giá trị 1 trong cột thứ 0 của nhóm cột thứ i
0	584 1472 1621 1867 3338 3568 3723 4185 5126 5889 7737 8632 8940 9725
1	221 445 590 3779 3835 6939 7743 8280 8448 8491 9367 10042 11242 12917
2	4662 4837 4900 5029 6449 6687 6751 8684 9936 11681 11811 11886 12089 12909
3	2418 3018 3647 4210 4473 7447 7502 9490 10067 11092 11139 11256 12201 12383
4	2591 2947 3349 3406 4417 4519 5176 6672 8498 8863 9201 11294 11376 12184
5	27 101 197 290 871 1727 3911 5411 6676 8701 9350 10310 10798 12439
6	1765 1897 2923 3584 3901 4048 6963 7054 7132 9165 10184 10824 11278 12669
7	2183 3740 4808 5217 5660 6375 6787 8219 8466 9037 10353 10583 11118 12762
8	73 1594 2146 2715 3501 3572 3639 3725 6959 7187 8406 10120 10507 10691
9	240 732 1215 2185 2788 2830 3499 3881 4197 4991 6425 7061 9756 10491
10	831 1568 1828 3424 4319 4516 4639 6018 9702 10203 10417 11240 11518 12458
11	2024 2970 3048 3638 3676 4152 5284 5779 5926 9426 9945 10873 11787 11837
12	1049 1218 1651 2328 3493 4363 5750 6483 7613 8782 9738 9803 11744 11937
13	1193 2060 2289 2964 3478 4592 4756 6709 7162 8231 8326 11140 11908 12243
14	978 2120 2439 3338 3850 4589 6567 8745 9656 9708 10161 10542 10711 12639
15	2403 2938 3117 3247 3711 5593 5844 5932 7801 10152 10226 11498 12162 12941
16	1781 2229 2276 2533 3582 3951 5279 5774 7930 9824 10920 11038 12340 12440
17	289 384 1980 2230 3464 3873 5958 8656 8942 9006 10175 11425 11745 12530
18	155 354 1090 1330 2002 2236 3559 3705 4922 5958 6576 8564 9972 12760
19	303 876 2059 2142 5244 5330 6644 7576 8614 9598 10410 10718 11033 12957

20	3449 3617 4408 4602 4727 6182 8835 8928 9372 9644 10237 10747 11655 12747
21	811 2565 2820 8677 8974 9632 11069 11548 11839 12107 12411 12695 12812 12890
22	972 4123 4943 6385 6449 7339 7477 8379 9177 9359 10074 11709 12552 12831
23	842 973 1541 2262 2905 5276 6758 7099 7894 8128 8325 8663 8875 10050
24	474 791 968 3902 4924 4965 5085 5908 6109 6329 7931 9038 9401 10568
25	1397 4461 4658 5911 6037 7127 7318 8678 8924 9000 9473 9602 10446 12692
26	1334 7571 12881
27	1393 1447 7972
28	633 1257 10597
29	4843 5102 11056
30	3294 8015 10513
31	1108 10374 10546
32	5353 7824 10111
33	3398 7674 8569
34	7719 9478 10503
35	2997 9418 9581
36	5777 6519 11229
37	1966 5214 9899
38	6 4088 5827
39	836 9248 9612
40	483 7229 7548
41	7865 8289 9804
42	2915 11098 11900
43	6180 7096 9481
44	1431 6786 8924
45	748 6757 8625
46	3312 4475 7204
47	1852 8958 11020
48	1915 2903 4006
49	6776 10886 12531
50	2594 9998 12742
51	159 2002 12079
52	853 3281 3762
53	5201 5798 6413
54	3882 6062 12047
55	4133 6775 9657
56	228 6874 11183
57	7433 10728 10864
58	7735 8073 12734
59	2844 4621 11779
60	3909 7103 12804
61	6002 9704 11060
62	5864 6856 7681
63	3652 5869 7605
64	2546 2657 4461

65	2423 4203 9111
66	244 1855 4691
67	1106 2178 6371
68	391 1617 10126
69	250 9259 10603
70	3435 4614 6924
71	1742 8045 9529
72	7667 8875 11451
73	4023 6108 6911
74	8621 10184 11650
75	6726 10861 12348
76	3228 6302 7388
77	1 1137 5358
78	381 2424 8537
79	3256 7508 10044
80	1980 2219 4569
81	2468 5699 10319
82	2803 3314 12808
83	8578 9642 11533
84	829 4585 7923
85	59 329 5575
86	1067 5709 6867
87	1175 4744 12219
88	109 2518 6756
89	2105 10626 11153
90	5192 10696 10749
91	6260 7641 8233
92	2998 3094 11214
93	3398 6466 11494
94	6574 10448 12160
95	2734 10755 12780
96	1028 7958 10825
97	8545 8602 10793
98	392 3398 11417
99	6639 9291 12571
100	1067 7919 8934
101	1064 2848 12753
102	6076 8656 12690
103	5504 6193 10171
104	1951 7156 7356
105	4389 4780 7889
106	526 4804 9141
107	1238 3648 10464
108	2587 5624 12557
109	5560 5903 11963

110	1134 2570 3297
111	10041 11583 12157
112	1263 9585 12912
113	3744 7898 10646
114	45 9074 10315
115	1051 6188 10038
116	2242 8394 12712
117	3598 9025 12651
118	2295 3540 5610
119	1914 4378 12423
120	1766 3635 12759
121	5177 9586 11143
122	943 3590 11649
123	4864 6905 10454
124	5852 6042 10421
125	6095 8285 12349
126	2070 7171 8563
127	718 12234 12716
128	512 10667 11353
129	3629 6485 7040
130	2880 8865 11466
131	4490 10220 11796
132	5440 8819 9103
133	5262 7543 12411
134	516 7779 10940
135	2515 5843 9202
136	4684 5994 10586
137	573 2270 3324
138	7870 8317 10322
139	6856 7638 12909
140	1583 7669 10781
141	8141 9085 12555
142	3903 5485 9992
143	4467 11998 12904

Trong các ví dụ nêu trên, độ dài của từ mã LDPC bằng 64800 và tỷ lệ mã bằng 6/15, 8/15, 10/15 và 12/15. Tuy nhiên, đó chỉ là ví dụ minh hoạ và vị trí của các giá trị 1 trong ma trận con từ thông tin 210 có thể được xác định theo cách khác khi độ dài của từ mã LDPC bằng 16200 hoặc tỷ lệ mã có các giá trị khác.

Theo phương án làm ví dụ thực hiện sáng chế, kể cả khi thứ tự của các số, tức là các chỉ số, trong dãy tương ứng với nhóm cột thứ i trong ma trận kiểm tra chẵn lẻ 200 như được thể hiện trong các bảng từ bảng 4 đến bảng 8 nêu trên có thay đổi, thì ma trận kiểm

tra chẵn lẻ đã thay đổi cũng là một ma trận kiểm tra chẵn lẻ dùng được cho chính mã LDPC đó. Vì vậy, sáng chế này cũng áp dụng được cho trường hợp thứ tự của các số trong dãy tương ứng với nhóm cột thứ i được thể hiện trong các bảng từ bảng 4 đến bảng 8 có thay đổi.

Ngoài ra, kể cả khi thứ tự sắp xếp của các dãy tương ứng với mỗi nhóm cột được thể hiện trong các bảng từ bảng 4 đến bảng 8 có thay đổi, thì đặc trưng tuần hoàn trên đồ thị của mã LDPC và đặc trưng đại số như sơ đồ phân bố bậc vẫn không thay đổi. Vì vậy, sáng chế này cũng áp dụng được cho trường hợp thứ tự sắp xếp của các dãy được thể hiện trong các bảng từ bảng 4 đến bảng 8 có thay đổi.

Ngoài ra, kể cả khi một bội số của Q_{ldpc} được cộng đồng loạt vào tất cả các dãy tương ứng với một nhóm cột nào đó trong các bảng từ bảng 4 đến bảng 8, thì đặc trưng tuần hoàn trên đồ thị của mã LDPC hoặc đặc trưng đại số như sơ đồ phân bố bậc vẫn không thay đổi. Vì vậy, sáng chế này cũng áp dụng được cho trường hợp cộng đồng loạt một bội số của Q_{ldpc} vào các dãy được thể hiện trong các bảng từ bảng 4 đến bảng 8. Tuy nhiên, cần lưu ý rằng, nếu giá trị thu được sau khi cộng bội số của Q_{ldpc} vào dãy cho trước lớn hơn hoặc bằng $(N_{ldpc}–K_{ldpc})$, thì sẽ thay thế giá trị đó bằng giá trị thu được sau khi lấy giá trị đó để thực hiện phép toán môđulô-$(N_{ldpc}–K_{ldpc})$.

Khi xác định được vị trí của các hàng có chứa giá trị 1 trong cột thứ 0 của nhóm cột thứ i trong ma trận con từ thông tin 210 như được thể hiện trong các bảng từ bảng 4 đến bảng 8, thì có thể xác định được vị trí của các hàng có chứa giá trị 1 trong một cột khác của mỗi nhóm cột vì vị trí của các hàng có chứa giá trị 1 trong cột thứ 0 được dịch chuyển tuần hoàn với khoảng cách là Q_{ldpc} trong cột kế tiếp.

Ví dụ, dựa vào bảng 4, trong cột thứ 0 của nhóm cột thứ 0 trong ma trận con từ thông tin 210, giá trị 1 nằm ở hàng thứ 1606, hàng thứ 3402, hàng thứ 4961, …

Trong trường hợp này, vì $Q_{ldpc} = (N_{ldpc}–K_{ldpc})/M = (64800–25920)/360 = 108$, cho nên chỉ số của các hàng có chứa giá trị 1 trong cột thứ 1 của nhóm cột thứ 0 có thể bằng 1714 (= 1606+108), 3510 (= 3402+108), 5069 (= 4961+108), …, và chỉ số của các hàng có chứa giá trị 1 trong cột thứ 2 của nhóm cột thứ 0 có thể bằng 1822 (= 1714+108), 3618 (= 3510+108), 5177 (= 5069+108), …

Trong phương pháp nêu trên, chỉ số của các hàng có chứa giá trị 1 trong tất cả các cột của mỗi nhóm cột có thể được xác định.

Ma trận con chẵn lẻ 220 của ma trận kiểm tra chẵn lẻ 200 được thể hiện trên Fig.2 có thể được xác định như sau:

Ma trận con chẵn lẻ 220 có N_{ldpc}–K_{ldpc} cột (tức là từ cột thứ K_{ldpc} đến cột thứ (N_{lpdc}–1)), và có cấu trúc hai đường chéo hoặc cầu thang. Do đó, bậc của các cột trừ cột cuối cùng (tức là cột thứ (N_{ldpc}–1)) trong số các cột có trong ma trận con chẵn lẻ 220 đều bằng 2, còn bậc của cột cuối cùng thì bằng 1.

Do đó, ma trận con từ thông tin 210 của ma trận kiểm tra chẵn lẻ 200 có thể được xác định như được thể hiện trong các bảng từ bảng 4 đến bảng 8, và ma trận con chẵn lẻ 220 của ma trận kiểm tra chẵn lẻ 200 có thể có cấu trúc hai đường chéo.

Khi các cột và các hàng của ma trận kiểm tra chẵn lẻ 200 được thể hiện trên Fig.2 được hoán vị dựa vào biểu thức 4 và biểu thức 5, thì ma trận kiểm tra chẵn lẻ được thể hiện trên Fig.2 có thể được biến đổi thành ma trận kiểm tra chẵn lẻ 300 được thể hiện trên Fig.3.

$$Q_{ldpc} \cdot i + j \Rightarrow M \cdot j + i \quad \text{với} \quad (0 \le i < M, 0 \le j < Q_{ldpc}) \tag{4}$$

$$K_{ldpc} + Q_{ldpc} \cdot k + l \Rightarrow K_{ldpc} + M \cdot l + k \quad \text{với} \quad (0 \le k < M, 0 \le l < Q_{ldpc}) \tag{5}$$

Phương pháp hoán vị dựa vào biểu thức 4 và biểu thức 5 sẽ được mô tả dưới đây. Vì phép hoán vị hàng và phép hoán vị cột áp dụng cùng một nguyên lý, cho nên dưới đây sẽ chỉ mô tả phép hoán vị hàng để làm ví dụ.

Đối với phép hoán vị hàng, xét hàng thứ X, i và j đáp ứng điều kiện $X = Q_{ldpc} \times i + j$ được tính và hàng thứ X được hoán vị bằng cách thế các giá trị i và j tính được vào biểu thức $M \times j + i$. Ví dụ, xét hàng thứ 7, i bằng 3 và j bằng 1 đáp ứng điều kiện $7 = 2 \times i + j$. Vì vậy, hàng thứ 7 được hoán vị thành hàng thứ 13 ($10 \times 1 + 3 = 13$).

Khi phép hoán vị hàng và phép hoán vị cột được thực hiện theo phương pháp nêu trên, thì ma trận kiểm tra chẵn lẻ trên Fig.2 có thể được biến đổi thành ma trận kiểm tra chẵn lẻ trên Fig.3.

Dựa vào Fig.3, ma trận kiểm tra chẵn lẻ 300 được phân chia ra thành nhiều khối

thành phần, và một ma trận tựa tuần hoàn M×M tương ứng với mỗi khối thành phần.

Do đó, ma trận kiểm tra chẵn lẻ 300 với cấu trúc như được thể hiện trên Fig.3 được tạo nên từ các khối ma trận M×M. Nghĩa là, các ma trận con M×M được sắp xếp thành nhiều khối thành phần, tạo nên ma trận kiểm tra chẵn lẻ 300.

Vì ma trận kiểm tra chẵn lẻ 300 được tạo nên từ các ma trận tựa tuần hoàn M×M, cho nên M cột có thể được coi là một khối cột và M hàng có thể được coi là một khối hàng. Do đó, ma trận kiểm tra chẵn lẻ 300 với cấu trúc như được thể hiện trên Fig.3 có $N_{qc_column} = N_{ldpc}/M$ khối cột và $N_{qc_row} = N_{parity}/M$ khối hàng.

Ma trận con M×M sẽ được mô tả dưới đây.

Thứ nhất, khối cột thứ $(N_{qc_column}-1)$ của khối hàng thứ 0 có dạng được thể hiện theo biểu thức 6 sau đây:

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 0 & \Lambda & 0 & 0 \\ 1 & 0 & \Lambda & 0 & 0 \\ 0 & 1 & \Lambda & 0 & 0 \\ M & M & M & M & M \\ 0 & 0 & \Lambda & 1 & 0 \end{bmatrix} \quad (6)$$

Như đã nêu trên, ma trận A 330 là ma trận M×M, tất cả các giá trị của hàng thứ 0 và cột thứ (M–1) đều bằng "0", còn với $0 \le i \le (M-2)$, thì hàng thứ (i+1) của cột thứ i bằng "1" và các giá trị còn lại đều bằng "0".

Thứ hai, với $0 \le i \le (N_{ldpc}-K_{ldpc})/M-1$ trong ma trận con chẵn lẻ 320, khối hàng thứ i của khối cột thứ $(K_{ldpc}/M+i)$ được tạo ra dựa trên ma trận đơn vị $I_{M\times M}$ 340. Ngoài ra, với $0 \le i \le (N_{ldpc}-K_{ldpc})/M-2$, khối hàng thứ (i+1) của khối cột thứ $(K_{ldpc}/M+i)$ được tạo ra dựa trên ma trận đơn vị $I_{M\times M}$ 340.

Thứ ba, khối 350 tạo nên ma trận con từ thông tin 310 có thể là cấu trúc dịch chuyển tuần hoàn của ma trận tuần hoàn P, $P^{a_{ij}}$, hoặc cấu trúc cộng của ma trận dịch chuyển tuần hoàn $P^{a_{ij}}$ trong ma trận tuần hoàn P (hoặc cấu trúc trùng lặp).

Ví dụ, cấu trúc trong đó ma trận tuần hoàn P được dịch chuyển tuần hoàn sang bên phải 1 cột có thể được biểu diễn bằng biểu thức 7 sau đây:

$$P=\begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & & 0 \\ 0 & 0 & 1 & \Lambda & 0 \\ M & M & M & & M \\ 0 & 0 & 0 & \Lambda & 1 \\ 1 & 0 & 0 & & 0 \end{bmatrix} \quad (7)$$

Ma trận tuần hoàn P là ma trận vuông có kích thước M×M và là ma trận trong đó giá trị của mỗi hàng trong số M hàng bằng 1 và giá trị của mỗi cột trong số M cột bằng 1. Khi a_{ij} bằng 0, thì ma trận tuần hoàn P, tức là P^0, là ma trận đơn vị $I_{M\times M}$, còn khi a_{ij} bằng ∞, thì ma trận P^{∞} là ma trận không.

Ma trận con nằm ở giao điểm của khối hàng thứ i và khối cột thứ j trong ma trận kiểm tra chẵn lẻ 300 trên Fig.3 có thể là $P^{a_{ij}}$. Do đó, i và j là số lượng khối hàng và số lượng khối cột trong các khối thành phần tương ứng với từ thông tin. Do đó, trong ma trận kiểm tra chẵn lẻ 300, tổng số cột bằng $N_{ldpc} = M\times N_{qc_column}$, và tổng số hàng bằng $N_{parity} = M\times N_{qc_row}$. Nghĩa là, ma trận kiểm tra chẵn lẻ 300 có N_{qc_column} "khối cột" và N_{qc_row} "khối hàng".

Quy trình thực hiện bước mã hoá LDPC dựa trên ma trận kiểm tra chẵn lẻ 200 như được thể hiện trên Fig.2 sẽ được mô tả dưới đây. Để cho dễ hiểu, quy trình thực hiện bước mã hoá LDPC khi ma trận kiểm tra chẵn lẻ 200 được xác định như được thể hiện trong bảng 4 sẽ được mô tả dưới đây.

Trước tiên, nếu các bit từ thông tin có độ dài bằng K_{ldpc} là $[i_0,i_1,i_2,\Lambda,i_{K_{ldpc}-1}]$, và các bit chẵn lẻ có độ dài bằng N_{ldpc}–K_{ldpc} là $[p_0,p_1,p_2,\Lambda,p_{N_{ldpc}-K_{ldpc}-1}]$, thì bước mã hoá LDPC có thể được thực hiện theo quy trình như sau.

Bước 1) Thiết lập giá trị ban đầu cho các bit chẵn lẻ bằng '0'. Tức là $p_0 = p_1 = p_2 = K = p_{N_{ldpc}-K_{ldpc}-1} = 0$.

Bước 2) Cộng bit từ thông tin thứ 0 i_0 với bit chẵn lẻ có địa chỉ của bit chẵn lẻ nằm ở hàng thứ nhất (tức là hàng có i = 0) trong bảng 4 để làm chỉ số cho bit chẵn lẻ. Bước cộng này có thể được biểu diễn bằng biểu thức 8 sau đây:

$$
\begin{aligned}
p_{1606} &= p_{1606} \oplus i_0 & p_{24533} &= p_{24533} \oplus i_0 \\
p_{3402} &= p_{3402} \oplus i_0 & p_{25376} &= p_{25376} \oplus i_0 \\
p_{4961} &= p_{4961} \oplus i_0 & p_{25667} &= p_{25667} \oplus i_0 \\
p_{6751} &= p_{6751} \oplus i_0 & p_{26836} &= p_{26836} \oplus i_0 \\
p_{7132} &= p_{7132} \oplus i_0 & p_{31799} &= p_{31799} \oplus i_0 \\
p_{11516} &= p_{11516} \oplus i_0 & p_{34173} &= p_{34173} \oplus i_0 \\
p_{12300} &= p_{12300} \oplus i_0 & p_{35462} &= p_{35462} \oplus i_0 \\
p_{12482} &= p_{12482} \oplus i_0 & p_{36153} &= p_{36153} \oplus i_0 \\
p_{12592} &= p_{12592} \oplus i_0 & p_{36740} &= p_{36740} \oplus i_0 \\
p_{13342} &= p_{13342} \oplus i_0 & p_{37085} &= p_{37085} \oplus i_0 \\
p_{13764} &= p_{13764} \oplus i_0 & p_{37152} &= p_{37152} \oplus i_0 \\
p_{14123} &= p_{14123} \oplus i_0 & p_{37468} &= p_{37468} \oplus i_0 \\
p_{21576} &= p_{21576} \oplus i_0 & p_{37658} &= p_{37658} \oplus i_0 \\
p_{23946} &= p_{23946} \oplus i_0 & & \qquad (8)
\end{aligned}
$$

Trong đó, i_0 là bit từ thông tin thứ 0, p_i là bit chẵn lẻ thứ i, và $\oplus$ là phép toán nhị phân. Trong phép toán nhị phân, $1 \oplus 1$ bằng 0, $1 \oplus 0$ bằng 1, $0 \oplus 1$ bằng 1, và $0 \oplus 0$ bằng 0.

Bước 3) Cộng 359 bit từ thông tin còn lại i_m (m = 1, 2, …, 359) với bit chẵn lẻ. Các bit từ thông tin còn lại có thể thuộc cùng một nhóm cột với bit từ thông tin i_0. Trong trường hợp này, địa chỉ của bit chẵn lẻ có thể được xác định dựa vào biểu thức 9 sau đây:

$$\left(x + (m \bmod 360) \times Q_{ldpc}\right) \bmod \left(N_{ldpc} - K_{ldpc}\right) \qquad (9)$$

Trong biểu thức trên, x là địa chỉ của vùng chứa bit chẵn lẻ tương ứng với bit từ thông tin i_0, và Q_{ldpc} là khoảng cách dịch chuyển tuần hoàn của mỗi cột trong ma trận con từ thông tin, và có thể bằng 108 với trường hợp được thể hiện trong bảng 4. Ngoài ra, vì m = 1, 2, …, 359, cho nên (m mod 360) trong biểu thức 9 có thể được coi là bằng m.

Kết quả là, các bit từ thông tin i_m (m = 1, 2, …, 359) được cộng với bit chẵn lẻ có địa chỉ của bit chẵn lẻ được tính dựa vào biểu thức 9 để làm chỉ số cho bit chẵn lẻ tương ứng. Ví dụ, phép toán như được biểu diễn bằng biểu thức 10 sau đây có thể được thực hiện trên bit từ thông tin i_1:

$$
\begin{aligned}
p_{1714} &= p_{1714} \oplus i_1 & p_{24641} &= p_{24641} \oplus i_1 \\
p_{3510} &= p_{3510} \oplus i_1 & p_{25484} &= p_{25484} \oplus i_1 \\
p_{5069} &= p_{5069} \oplus i_1 & p_{25775} &= p_{25775} \oplus i_1 \\
p_{6859} &= p_{6859} \oplus i_1 & p_{26944} &= p_{26944} \oplus i_1 \\
p_{7240} &= p_{7240} \oplus i_1 & p_{31907} &= p_{31907} \oplus i_1 \\
p_{11624} &= p_{11624} \oplus i_1 & p_{34281} &= p_{34281} \oplus i_1 \\
p_{12408} &= p_{12408} \oplus i_1 & p_{35570} &= p_{35570} \oplus i_1 \\
p_{12590} &= p_{12590} \oplus i_1 & p_{36261} &= p_{36261} \oplus i_1 \\
p_{12700} &= p_{12700} \oplus i_1 & p_{36848} &= p_{36848} \oplus i_1 \\
p_{13450} &= p_{13450} \oplus i_1 & p_{37193} &= p_{37193} \oplus i_1 \\
p_{13872} &= p_{13872} \oplus i_1 & p_{37260} &= p_{37260} \oplus i_1 \\
p_{14231} &= p_{14231} \oplus i_1 & p_{37576} &= p_{37576} \oplus i_1 \\
p_{21684} &= p_{21684} \oplus i_1 & p_{37766} &= p_{37766} \oplus i_1 \\
p_{24054} &= p_{24054} \oplus i_1 & & \qquad (10)
\end{aligned}
$$

Trong đó, i_1 là bit từ thông tin thứ 1, p_i là bit chẵn lẻ thứ i, và $\oplus$ là phép toán nhị phân. Trong phép toán nhị phân, $1 \oplus 1$ bằng 0, $1 \oplus 0$ bằng 1, $0 \oplus 1$ bằng 1, và $0 \oplus 0$ bằng 0.

Bước 4) Cộng bit từ thông tin thứ 360 i_{360} với bit chẵn lẻ có địa chỉ của bit chẵn lẻ nằm ở hàng thứ hai (tức là hàng có i = 1) trong bảng 4 để làm chỉ số cho bit chẵn lẻ.

Bước 5) Cộng 359 bit từ thông tin còn lại thuộc cùng một nhóm với bit từ thông tin i_{360} với bit chẵn lẻ. Trong trường hợp này, địa chỉ của bit chẵn lẻ có thể được xác định dựa vào biểu thức 9. Tuy nhiên, trong trường hợp này, x là địa chỉ của vùng chứa bit chẵn lẻ tương ứng với bit từ thông tin i_{360}.

Bước 6) Thực hiện lặp lại bước 4 và bước 5 nêu trên với tất cả các nhóm cột trong bảng 4.

Bước 7) Từ đó tính bit chẵn lẻ p_i dựa vào biểu thức 11 sau đây. Trong trường hợp này, i được thiết lập giá trị ban đầu bằng 1.

$$p_i = p_i \oplus p_{i-1} \quad \text{với} \quad i = 1, 2, \Lambda\ , N_{ldpc} - K_{ldpc} - 1 \qquad (11)$$

Trong biểu thức 11, p_i là bit chẵn lẻ thứ i, N_{ldpc} là độ dài của từ mã LDPC, K_{ldpc} là độ dài của từ thông tin trong từ mã LDPC, và $\oplus$ là phép toán nhị phân.

Nhờ đó, bộ mã hoá 110 có thể tính được các bit chẵn lẻ theo quy trình nêu trên.

Quay lại Fig.1, bộ mã hoá 110 có thể thực hiện bước mã hoá LDPC bằng cách sử dụng các tỷ lệ mã khác nhau như 3/15, 4/15, 5/15, 6/15, 7/15, 8/15, 9/15, 10/15, 11/15, 12/15, 13/15, v.v.. Ngoài ra, bộ mã hoá 110 có thể tạo ra từ mã LDPC có các độ dài khác nhau như 16200, 64800, v.v., dựa vào độ dài của các bit từ thông tin và tỷ lệ mã.

Trong trường hợp này, bộ mã hoá 110 có thể thực hiện bước mã hoá LDPC bằng cách sử dụng ma trận kiểm tra chẵn lẻ có ma trận con từ thông tin được xác định trong các bảng từ bảng 4 đến bảng 8 và ma trận con chẵn lẻ có cấu trúc hai đường chéo (tức là ma trận kiểm tra chẵn lẻ được thể hiện trên Fig.2), hoặc có thể thực hiện bước mã hoá LDPC bằng cách sử dụng ma trận kiểm tra chẵn lẻ có hàng và cột được hoán vị từ ma trận kiểm tra chẵn lẻ được thể hiện trên Fig.2 dựa vào biểu thức 4 hoặc biểu thức 5 (tức là ma trận kiểm tra chẵn lẻ có cấu trúc được thể hiện trên Fig.3).

Ngoài ra, bộ mã hoá 110 có thể thực hiện bước mã hoá Bose, Chaudhuri, Hocquenghem (BCH) và cả bước mã hoá LDPC. Để làm được điều này, bộ mã hoá 110 có thể còn có bộ mã hoá BCH (không được thể hiện trên hình vẽ) để thực hiện bước mã hoá BCH.

Trong trường hợp này, bộ mã hoá 110 có thể thực hiện bước mã hoá theo thứ tự là mã hoá BCH rồi đến mã hoá LDPC. Cụ thể, bộ mã hoá 110 có thể bổ sung các bit chẵn lẻ BCH vào các bit đầu vào để thực hiện bước mã hoá BCH và mã hoá LDPC cho các bit từ thông tin gồm có các bit đầu vào và các bit chẵn lẻ BCH, từ đó tạo ra từ mã LDPC.

Bộ đan xen 120 đan xen từ mã LDPC. Nghĩa là, bộ đan xen 120 thu từ mã LDPC từ bộ mã hoá 110, và đan xen từ mã LDPC dựa vào các quy tắc đan xen.

Cụ thể, bộ đan xen 120 có thể đan xen từ mã LDPC sao cho một bit có trong một nhóm bit định trước trong số các nhóm bit tạo nên từ mã LDPC (tức là các nhóm hoặc các khối) được ánh xạ lên một bit định trước của ký hiệu điều biến. Do đó, bộ điều biến 130 có thể ánh xạ các bit có trong một nhóm bit định trước trong số các nhóm bit tạo nên từ mã LDPC lên một bit định trước của ký hiệu điều biến.

Các quy tắc đan xen dùng cho bộ đan xen 120 theo một số trường hợp sẽ được mô tả chi tiết dưới đây.

Phương án làm ví dụ 1: Trường hợp sử dụng bộ đan xen khối

Theo phương án làm ví dụ thứ nhất, bộ đan xen 120 có thể đan xen từ mã LDPC theo quy trình như được mô tả dưới đây, sao cho bit có trong một nhóm bit định trước trong số các nhóm bit tạo nên từ mã LDPC đã được đan xen được ánh xạ lên một bit định trước của ký hiệu điều biến. Phương án này dựa vào Fig.4 sẽ được mô tả chi tiết dưới đây.

Fig.4 là sơ đồ khối thể hiện cấu hình của bộ đan xen theo phương án làm ví dụ thực hiện sáng chế. Dựa vào Fig.4, bộ đan xen 120 có thể bao gồm bộ đan xen bit chẵn lẻ 121, bộ đan xen nhóm (hoặc bộ đan xen theo nhóm) 122, bộ đan xen xoay bit trong nhóm 123 và bộ đan xen khối 124.

Bộ đan xen bit chẵn lẻ 121 đan xen các bit chẵn lẻ tạo nên từ mã LDPC.

Cụ thể, khi từ mã LDPC được tạo ra dựa trên ma trận kiểm tra chẵn lẻ 200 với cấu trúc như được thể hiện trên Fig.2, thì bộ đan xen bit chẵn lẻ 121 có thể chỉ đan xen các bit chẵn lẻ của từ mã LDPC, trong số các bit từ thông tin và các bit chẵn lẻ của từ mã LDPC, dựa vào biểu thức 12 sau đây:

$$u_i = c_i \quad \text{với } 0 \le i < K_{ldpc}, \text{ và}$$

$$u_{K_{ldpc}+M\cdot t+s} = c_{K_{ldpc}+Q_{ldpc}\cdot s+t} \quad \text{với } 0 \le s < M,\ 0 \le t < Q_{ldpc} \tag{12}$$

trong đó M là khoảng lặp lại của một mẫu nhóm cột trong ma trận con từ thông tin 210, tức là số lượng cột có trong một nhóm cột (ví dụ M = 360), và Q_{ldpc} là khoảng cách dịch chuyển tuần hoàn của mỗi cột trong ma trận con từ thông tin 210. Nghĩa là, bộ đan xen bit chẵn lẻ 121 thực hiện bước đan xen bit chẵn lẻ trên từ mã LDPC $c = (c_0, c_1, \ldots, c_{N_{ldpc}-1})$, và xuất ra $U = (u_0, u_1, \ldots, u_{N_{ldpc}-1})$.

Từ mã LDPC đã đan xen bit chẵn lẻ theo quy trình nêu trên có thể được tạo cấu hình sao cho một số lượng định trước của các bit liên tiếp của từ mã LDPC này có đặc trưng giải mã giống nhau (sự phân bố tuần hoàn, bậc của cột, v.v.).

Ví dụ, từ mã LDPC có thể có đặc trưng giống nhau với mỗi M bit liên tiếp. Trong đó, M là khoảng lặp lại của một mẫu nhóm cột trong ma trận con từ thông tin 210 và, ví dụ, có thể bằng 360.

Cụ thể, tích của các bit từ mã LDPC và ma trận kiểm tra chẵn lẻ phải bằng "0". Điều này có nghĩa là tổng của các tích của bit thứ i của từ mã LDPC, c_i (i = 0, 1, ..., N_{ldpc}–1), và cột thứ i của ma trận kiểm tra chẵn lẻ phải là vectơ "0". Do đó, bit thứ i của từ mã LDPC có thể được coi là tương ứng với cột thứ i của ma trận kiểm tra chẵn lẻ.

Trong ma trận kiểm tra chẵn lẻ 200 trên Fig.2, M cột trong ma trận con từ thông tin 210 thuộc cùng một nhóm cột và ma trận con từ thông tin 210 có đặc trưng giống nhau với mỗi nhóm cột (ví dụ các cột thuộc cùng một nhóm cột có sự phân bố bậc giống nhau và sự phân bố tuần hoàn giống nhau).

Trong trường hợp này, vì M bit liên tiếp trong các bit từ thông tin tương ứng với cùng một nhóm cột trong ma trận con từ thông tin 210, cho nên các bit từ thông tin có thể gồm có M bit liên tiếp có các đặc trưng từ mã giống nhau. Khi các bit chẵn lẻ của từ mã LDPC được đan xen bằng bộ đan xen bit chẵn lẻ 121, thì các bit chẵn lẻ của từ mã LDPC có thể có M bit liên tiếp có các đặc trưng từ mã giống nhau.

Tuy nhiên, đối với từ mã được mã hoá LDPC dựa trên ma trận kiểm tra chẵn lẻ 300 trên Fig.3, thì bước đan xen bit chẵn lẻ có thể không được thực hiện. Trong trường hợp này, bộ đan xen bit chẵn lẻ 121 có thể được loại bỏ.

Bộ đan xen nhóm 122 có thể phân chia từ mã LDPC đã đan xen bit chẵn lẻ ra thành nhiều nhóm bit và sắp xếp lại thứ tự của các nhóm bit theo từng nhóm bit (hoặc theo đơn vị nhóm bit). Nghĩa là, bộ đan xen nhóm 122 đan xen các nhóm bit theo đơn vị nhóm bit.

Để làm được điều này, bộ đan xen nhóm 122 phân chia từ mã LDPC đã đan xen bit chẵn lẻ ra thành nhiều nhóm bit dựa vào biểu thức 13 hoặc biểu thức 14 sau đây:

$$X_j = \left\{ u_k \mid j = \left\lfloor \frac{k}{360} \right\rfloor, 0 \le k < N_{ldpc} \right\} \text{ với } 0 \le j < N_{group} \quad (13)$$

$$X_j = \left\{ u_k \mid 360 \times j \le k < 360 \times (j+1), 0 \le k < N_{ldpc} \right\} \text{ với } 0 \le j < N_{group} \quad (14)$$

trong đó N_{group} là tổng số nhóm bit, X_j là nhóm bit thứ j, và u_k là bit thứ k của từ mã LDPC được nhập vào bộ đan xen nhóm 122. Ngoài ra, $\left\lfloor \frac{k}{360} \right\rfloor$ là số nguyên lớn nhất nhỏ hơn k/360.

Vì giá trị 360 trong các biểu thức này là một ví dụ về khoảng M là khoảng lặp lại của một mẫu nhóm cột trong ma trận con từ thông tin, cho nên giá trị 360 trong các biểu thức này có thể được đổi thành M.

Từ mã LDPC được phân chia ra thành nhiều nhóm bit có thể được biểu diễn như được thể hiện trên Fig.5.

Dựa vào Fig.5, từ mã LDPC được phân chia ra thành nhiều nhóm bit và mỗi nhóm bit có M bit liên tiếp. Nếu M bằng 360, thì mỗi nhóm bit có thể có 360 bit. Do đó, mỗi nhóm bit có thể có số bit tương ứng với mỗi nhóm cột trong ma trận kiểm tra chẵn lẻ.

Cụ thể, vì từ mã LDPC được phân chia ra thành các nhóm có M bit liên tiếp, cho nên K_{ldpc} bit từ thông tin được phân chia ra thành (K_{ldpc}/M) nhóm bit và N_{ldpc}–K_{ldpc} bit chẵn lẻ được phân chia ra thành (N_{ldpc}–K_{ldpc})/M nhóm bit. Do đó, từ mã LDPC có thể được phân chia ra thành tổng số là (N_{ldpc}/M) nhóm bit.

Ví dụ, nếu M = 360 và độ dài N_{ldpc} của từ mã LDPC bằng 64800, thì số lượng nhóm bit N_{group} tạo nên từ mã LDPC bằng 180 (= 64800/360), còn nếu M = 360 và độ dài N_{ldpc} của từ mã LDPC bằng 16200, thì số lượng nhóm bit N_{group} tạo nên từ mã LDPC bằng 45 (= 16200/360).

Như đã nêu trên, bộ đan xen nhóm 122 phân chia từ mã LDPC sao cho M bit liên tiếp được gộp vào cùng một nhóm vì từ mã LDPC có đặc trưng từ mã giống nhau với mỗi M bit liên tiếp. Do đó, khi từ mã LDPC được phân chia ra thành các nhóm có M bit liên tiếp, thì các bit có đặc trưng từ mã giống nhau thuộc cùng một nhóm.

Trong ví dụ nêu trên, số lượng bit tạo nên mỗi nhóm bit là M. Tuy nhiên, đó chỉ là ví dụ minh hoạ và số lượng bit tạo nên mỗi nhóm bit có thể thay đổi.

Ví dụ, số lượng bit tạo nên mỗi nhóm bit có thể là một ước số của M. Tức là, số lượng bit tạo nên mỗi nhóm bit có thể là một ước số của số lượng cột tạo nên một nhóm cột của ma trận con từ thông tin trong ma trận kiểm tra chẵn lẻ. Trong trường hợp này, mỗi nhóm bit có thể có số lượng bit là một ước số của M. Ví dụ, nếu số lượng cột tạo nên một nhóm cột của ma trận con từ thông tin bằng 360, tức là M = 360, thì bộ đan xen nhóm 122 có thể phân chia từ mã LDPC ra thành nhiều nhóm bit sao cho số lượng bit tạo nên mỗi nhóm bit sẽ là một ước số của 360.

Vì để cho dễ hiểu cho nên trong phần mô tả sáng chế dưới đây sẽ sử dụng trường hợp số lượng bit tạo nên một nhóm bit bằng M để làm ví dụ.

Sau đó, bộ đan xen nhóm 122 đan xen từ mã LDPC theo đơn vị nhóm bit. Cụ thể, bộ đan xen nhóm 122 có thể phân chia từ mã LDPC ra thành nhiều nhóm bit và sắp xếp lại các nhóm bit đó theo đơn vị nhóm bit. Nghĩa là, bộ đan xen nhóm 122 thay đổi vị trí của các nhóm bit tạo nên từ mã LDPC và sắp xếp lại thứ tự của các nhóm bit tạo nên từ mã LDPC theo đơn vị nhóm bit.

Theo phương án làm ví dụ thực hiện sáng chế, bộ đan xen nhóm 122 có thể sắp xếp lại thứ tự của các nhóm bit theo đơn vị nhóm bit sao cho các nhóm bit chứa các bit được ánh xạ lên cùng một ký hiệu điều biến được chọn trong số các nhóm bit ở cách nhau một khoảng định trước.

Trong trường hợp này, bộ đan xen nhóm 122 có thể sắp xếp lại thứ tự của các nhóm bit theo đơn vị nhóm bit bằng cách xem xét ít nhất một thông số trong số số lượng hàng và số lượng cột tạo nên bộ đan xen khối 124, số lượng nhóm bit của từ mã LDPC, và số lượng bit có trong mỗi nhóm bit, sao cho các nhóm bit chứa các bit được ánh xạ lên cùng một ký hiệu điều biến ở cách nhau một khoảng định trước.

Để làm được điều này, bộ đan xen nhóm 122 có thể sắp xếp lại thứ tự của các nhóm bit theo đơn vị nhóm bit dựa vào biểu thức 15 sau đây:

$$Y_j = X_{\pi(j)} \quad \text{với} \quad (0 \le j < N_{group}) \tag{15}$$

trong đó X_j là nhóm bit thứ j trước khi đan xen nhóm, và Y_j là nhóm bit thứ j sau khi đan xen nhóm. Ngoài ra, giá trị $\pi(j)$ là thông số chỉ báo thứ tự đan xen và được xác định dựa vào ít nhất một thông số trong số độ dài của từ mã LDPC, tỷ lệ mã và phương pháp điều biến. Tức là, giá trị $\pi(j)$ thể hiện thứ tự hoán vị để đan xen theo đơn vị nhóm.

Do đó, $X_{\pi(j)}$ là nhóm bit thứ $\pi(j)$ trước khi đan xen nhóm, và biểu thức 15 có nghĩa là nhóm bit thứ $\pi(j)$ trước khi đan xen sẽ được đan xen thành nhóm bit thứ j.

Theo phương án làm ví dụ thực hiện sáng chế, ví dụ về giá trị $\pi(j)$ có thể được xác định trong các bảng từ bảng 9 đến bảng 13 dưới đây.

Trong trường hợp này, giá trị $\pi(j)$ được xác định dựa vào độ dài của từ mã LPDC và

tỷ lệ mã, và ma trận kiểm tra chẵn lẻ cũng được xác định dựa vào độ dài của từ mã LDPC và tỷ lệ mã. Do đó, khi bước mã hoá LDPC được thực hiện dựa trên một ma trận kiểm tra chẵn lẻ cụ thể theo độ dài của từ mã LDPC và tỷ lệ mã, thì từ mã LDPC có thể được đan xen theo đơn vị nhóm bit dựa vào giá trị π(j) đáp ứng độ dài của từ mã LPDC và tỷ lệ mã tương ứng.

Ví dụ, khi bộ mã hoá 110 thực hiện bước mã hoá LDPC ở tỷ lệ mã bằng 6/15 để tạo ra từ mã LDPC có độ dài bằng 64800, thì bộ đan xen nhóm 122 có thể thực hiện bước đan xen bằng cách sử dụng giá trị π(j) được xác định theo độ dài của từ mã LDPC bằng 64800 và tỷ lệ mã bằng 6/15 trong các bảng từ bảng 9 đến bảng 13 dưới đây, ví dụ sử dụng giá trị π(j) được xác định trong bảng 9.

Ví dụ, nếu độ dài N_{ldpc} của từ mã LDPC bằng 64800, tỷ lệ mã bằng 6/15, và phương pháp điều biến là điều biến biên độ vuông góc (Quadrature Amplitude Modulation, QAM) bậc 1024, thì giá trị π(j) có thể được xác định trong bảng 9 dưới đây.

Bảng 9

	Thứ tự của các nhóm bit được đan xen khối π(j) (0 ≤ j < 180)																						
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Khối thứ j ở đầu ra của bộ đan xen theo nhóm	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68
	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91
	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114
	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137
	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160
	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179				
Khối thứ π(j) ở đầu vào của bộ đan xen theo nhóm	66	21	51	55	54	24	33	12	70	63	47	65	145	8	0	57	23	71	59	14	40	42	62
	56	2	43	64	58	67	53	68	61	39	52	69	1	22	31	161	38	30	19	17	18	4	41
	25	44	136	29	36	26	126	177	15	37	148	9	13	45	46	152	50	49	27	77	60	35	48
	178	28	34	106	127	76	131	105	138	75	130	101	167	117	173	113	108	92	135	124	121	97	149
	143	81	32	96	3	78	107	86	98	16	162	150	111	158	172	139	74	142	166	7	5	119	20
	144	151	90	11	156	100	175	83	155	159	128	88	87	93	103	94	140	165	6	137	157	10	85
	141	129	146	122	73	112	132	125	174	169	168	79	84	118	179	147	91	160	163	115	89	80	102
	104	134	82	95	133	164	154	120	110	170	114	153	72	109	171	176	99	116	123				

Dựa vào bảng 9, biểu thức 15 có thể được biểu diễn dưới dạng $Y_0 = X_{\pi(0)} = X_{66}$, $Y_1 = X_{\pi(1)} = X_{21}$, $Y_2 = X_{\pi(2)} = X_{51}$, …, $Y_{178} = X_{\pi(178)} = X_{116}$, và $Y_{179} = X_{\pi(179)} = X_{123}$. Do đó, bộ đan xen nhóm 122 có thể sắp xếp lại thứ tự của các nhóm bit theo đơn vị nhóm bit

bằng cách chuyển nhóm bit thứ 66 thành nhóm bit thứ 0, nhóm bit thứ 21 thành nhóm bit thứ 1, nhóm bit thứ 51 thành nhóm bit thứ 2, ..., nhóm bit thứ 116 thành nhóm bit thứ 178, và nhóm bit thứ 123 thành nhóm bit thứ 179.

Ví dụ khác, nếu độ dài N_{ldpc} của từ mã LDPC bằng 64800, tỷ lệ mã bằng 8/15, và phương pháp điều biến là 1024-QAM, thì giá trị $\pi(j)$ có thể được xác định trong bảng 10 dưới đây.

Bảng 10

	Thứ tự của các nhóm bit được đan xen khối $\pi(j)$ $(0 \le j < 180)$																						
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Khối thứ j ở đầu ra của bộ đan xen theo nhóm	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68
	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91
	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114
	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137
	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160
	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179				
Khối thứ $\pi(j)$ ở đầu vào của bộ đan xen theo nhóm	77	48	82	51	57	69	65	6	71	90	84	81	50	88	61	55	53	73	39	13	79	75	41
	18	38	89	49	93	36	64	47	40	42	76	70	56	3	72	2	54	52	145	19	78	80	63
	87	67	86	10	1	58	17	14	175	91	68	85	94	15	43	74	60	66	37	92	4	9	16
	83	46	44	102	30	112	122	110	29	20	105	138	101	174	33	137	136	131	166	59	34	62	125
	28	26	45	24	23	21	157	98	35	95	22	32	103	27	113	31	119	173	168	118	120	114	149
	159	155	179	160	161	130	123	172	139	124	153	0	109	167	128	107	117	147	177	96	164	152	11
	148	158	129	163	176	151	171	8	106	144	150	169	108	162	143	111	141	133	178	134	146	99	132
	142	104	115	135	121	100	12	170	156	126	5	127	154	97	140	116	165	7	25				

Dựa vào bảng 10, biểu thức 15 có thể được biểu diễn dưới dạng $Y_0 = X_{\pi(0)} = X_{77}$, $Y_1 = X_{\pi(1)} = X_{48}$, $Y_2 = X_{\pi(2)} = X_{82}$, ..., $Y_{178} = X_{\pi(178)} = X_7$, và $Y_{179} = X_{\pi(179)} = X_{25}$. Do đó, bộ đan xen nhóm 122 có thể sắp xếp lại thứ tự của các nhóm bit theo đơn vị nhóm bit bằng cách chuyển nhóm bit thứ 77 thành nhóm bit thứ 0, nhóm bit thứ 48 thành nhóm bit thứ 1, nhóm bit thứ 82 thành nhóm bit thứ 2, ..., nhóm bit thứ 7 thành nhóm bit thứ 178, và nhóm bit thứ 25 thành nhóm bit thứ 179.

Ví dụ khác, nếu độ dài N_{ldpc} của từ mã LDPC bằng 64800, tỷ lệ mã bằng 10/15, và phương pháp điều biến là 1024-QAM, thì giá trị $\pi(j)$ có thể được xác định trong bảng 11 dưới đây. Cụ thể, khi bộ mã hoá 110 thực hiện bước mã hoá LDPC dựa trên ma trận kiểm tra chẵn lẻ được xác định trong bảng 6, thì bộ đan xen nhóm 122 có thể thực hiện bước

đan xen nhóm bằng cách sử dụng giá trị π(j) được xác định trong bảng 11 dưới đây.

Bảng 11

	Thứ tự của các nhóm bit được đan xen khối π(j) (0 ≤ j < 180)																						
Khối thứ j ở đầu ra của bộ đan xen theo nhóm	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68
	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91
	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114
	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137
	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160
	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179				
Khối thứ π(j) ở đầu vào của bộ đan xen theo nhóm	7	58	108	59	1	14	54	115	57	29	64	65	8	101	113	60	46	104	87	9	93	81	94
	71	106	50	44	15	52	4	100	90	111	77	89	92	5	82	10	116	109	75	91	47	80	99
	103	30	105	76	107	88	95	28	66	102	25	39	78	53	118	112	0	83	22	36	51	55	85
	86	45	119	23	79	35	72	33	98	40	38	24	63	73	20	48	27	96	68	26	110	42	12
	41	97	2	21	61	117	70	62	34	11	67	37	49	114	56	32	149	163	173	159	132	170	179
	69	139	133	154	160	128	168	84	171	162	31	43	135	123	178	130	127	145	157	176	177	140	151
	134	126	18	129	137	74	148	147	167	136	164	146	153	138	161	6	143	124	17	174	131	175	165
	150	16	172	3	155	169	142	156	120	122	19	144	158	13	152	141	166	125	121				

Dựa vào bảng 11, biểu thức 15 có thể được biểu diễn dưới dạng $Y_0 = X_{\pi(0)} = X_7$, $Y_1 = X_{\pi(1)} = X_{58}$, $Y_2 = X_{\pi(2)} = X_{108}$, …, $Y_{178} = X_{\pi(178)} = X_{125}$, và $Y_{179} = X_{\pi(179)} = X_{121}$. Do đó, bộ đan xen nhóm 122 có thể sắp xếp lại thứ tự của các nhóm bit theo đơn vị nhóm bit bằng cách chuyển nhóm bit thứ 7 thành nhóm bit thứ 0, nhóm bit thứ 58 thành nhóm bit thứ 1, nhóm bit thứ 108 thành nhóm bit thứ 2, …, nhóm bit thứ 125 thành nhóm bit thứ 178, và nhóm bit thứ 121 thành nhóm bit thứ 179.

Ví dụ khác, nếu độ dài N_{ldpc} của từ mã LDPC bằng 64800, tỷ lệ mã bằng 10/15, và phương pháp điều biến là 1024-QAM, thì giá trị π(j) có thể được xác định trong bảng 12 dưới đây. Cụ thể, khi bộ mã hoá 110 thực hiện bước mã hoá LDPC dựa trên ma trận kiểm tra chẵn lẻ được xác định trong bảng 7, thì bộ đan xen nhóm 122 có thể thực hiện bước đan xen nhóm bằng cách sử dụng giá trị π(j) được xác định trong bảng 12 dưới đây.

Bảng 12

	Thứ tự của các nhóm bit được đan xen khối π(j) (0 ≤ j < 180)																						
Khối thứ j ở đầu ra của bộ đan xen theo nhóm	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68
	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91
	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114
	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137
	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160
	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179				
Khối thứ π(j) ở đầu vào của bộ đan xen theo nhóm	111	45	78	97	75	63	35	15	9	25	39	94	24	84	100	49	44	41	32	101	82	23	79
	68	98	31	107	19	110	48	58	71	87	43	62	85	70	95	57	10	50	99	118	73	27	12
	1	17	61	55	90	56	14	47	77	2	117	20	74	106	83	102	109	113	72	88	115	37	30
	116	29	26	54	38	60	114	59	105	67	103	0	80	64	4	91	66	46	108	33	104	93	7
	42	51	40	119	8	21	81	76	112	28	34	36	86	69	92	53	122	126	131	160	154	6	22
	142	141	136	157	162	123	159	150	171	174	137	65	13	177	166	139	167	172	176	153	89	152	168
	135	52	170	138	127	96	165	156	148	179	163	3	133	143	121	132	169	147	173	155	149	178	158
	16	144	128	11	175	134	124	130	146	161	145	120	129	164	125	5	151	18	140				

Dựa vào bảng 12, biểu thức 15 có thể được biểu diễn dưới dạng $Y_0 = X_{\pi(0)} = X_{111}$, $Y_1 = X_{\pi(1)} = X_{45}$, $Y_2 = X_{\pi(2)} = X_{78}$, …, $Y_{178} = X_{\pi(178)} = X_{18}$, và $Y_{(179)} = X_{\pi(179)} = X_{140}$. Do đó, bộ đan xen nhóm 122 có thể sắp xếp lại thứ tự của các nhóm bit theo đơn vị nhóm bit bằng cách chuyển nhóm bit thứ 111 thành nhóm bit thứ 0, nhóm bit thứ 45 thành nhóm bit thứ l, nhóm bit thứ 78 thành nhóm bit thứ 2, …, nhóm bit thứ 18 thành nhóm bit thứ 178, và nhóm bit thứ 140 thành nhóm bit thứ 179.

Ví dụ khác, nếu độ dài N_{ldpc} của từ mã LDPC bằng 64800, tỷ lệ mã bằng 12/15, và phương pháp điều biến là 1024-QAM, thì giá trị π(j) có thể được xác định trong bảng 13 dưới đây.

Bảng 13

	Thứ tự của các nhóm bit được đan xen khối π(j) (0 ≤ j < 180)																						
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Khối thứ j ở đầu ra của bộ đan xen theo nhóm	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68
	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91
	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114
	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137
	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160
	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179				
Khối thứ π(j) ở đầu vào của bộ đan xen theo nhóm	91	19	11	106	14	40	20	67	32	22	31	23	78	68	79	141	117	95	88	136	52	121	1
	133	4	2	21	122	38	12	69	111	81	82	58	46	112	60	33	73	53	92	75	48	47	110
	80	76	138	87	85	65	130	57	102	83	64	86	100	39	49	125	108	119	6	118	35	61	71
	30	45	94	26	116	98	37	55	44	70	25	7	34	114	135	128	137	84	51	28	97	27	89
	29	62	50	139	56	109	77	59	127	142	96	105	99	90	13	124	120	115	126	143	149	74	41
	178	129	18	131	42	165	101	134	36	140	132	103	72	164	93	54	166	43	123	113	0	154	10
	63	107	162	157	66	104	17	147	167	174	179	3	173	160	155	161	152	156	177	24	170	9	159
	16	15	148	5	146	163	172	175	151	169	176	150	153	171	158	168	144	8	145				

Dựa vào bảng 13, biểu thức 15 có thể được biểu diễn dưới dạng $Y_0 = X_{\pi(0)} = X_{91}$, $Y_1 = X_{\pi(1)} = X_{19}$, $Y_2 = X_{\pi(2)} = X_{11}$, …, $Y_{178} = X_{\pi(178)} = X_8$, và $Y_{179} = X_{\pi(179)} = X_{145}$. Do đó, bộ đan xen nhóm 122 có thể sắp xếp lại thứ tự của các nhóm bit theo đơn vị nhóm bit bằng cách chuyển nhóm bit thứ 91 thành nhóm bit thứ 0, nhóm bit thứ 19 thành nhóm bit thứ 1, nhóm bit thứ 11 thành nhóm bit thứ 2, …, nhóm bit thứ 8 thành nhóm bit thứ 178, và nhóm bit thứ 145 thành nhóm bit thứ 179.

Trong các ví dụ nêu trên, độ dài của từ mã LDPC bằng 64800 và tỷ lệ mã bằng 6/15, 8/15, 10/15 và 12/15. Tuy nhiên, đó chỉ là ví dụ minh hoạ và mẫu đan xen có thể được xác định theo cách khác khi độ dài của từ mã LDPC bằng 16200 hoặc tỷ lệ mã có các giá trị khác.

Như đã nêu trên, bộ đan xen nhóm 122 có thể sắp xếp lại thứ tự của các nhóm bit theo đơn vị nhóm bit dựa vào biểu thức 15 và các bảng từ bảng 9 đến bảng 13.

"Khối thứ j ở đầu ra của bộ đan xen theo nhóm" trong các bảng từ bảng 9 đến bảng 13 dùng để chỉ nhóm bit thứ j được xuất ra từ bộ đan xen nhóm 122 sau khi đan xen, và "khối thứ π(j) ở đầu vào của bộ đan xen theo nhóm" dùng để chỉ nhóm bit thứ π(j) được nhập vào bộ đan xen nhóm 122.

Ngoài ra, vì thứ tự của các nhóm bit tạo nên từ mã LDPC được sắp xếp lại bằng bộ đan xen nhóm 122 theo đơn vị nhóm bit, và sau đó các nhóm bit này được đan xen khối bằng bộ đan xen khối 124, như sẽ được mô tả dưới đây, cho nên "thứ tự của các nhóm bit được đan xen khối" được thể hiện trong các bảng từ bảng 9 đến bảng 13 liên quan đến giá trị π(j).

Giá trị π(j) được xác định trong các bảng từ bảng 9 đến bảng 13 có thể được sắp xếp theo tỷ lệ mã như được thể hiện trong bảng 14 dưới đây.

Bảng 14

	(CR 6/15)	(CR 8/15)	(CR 10/15)	(CR 10/15)	(CR 12/15)
Khối thứ j ở đầu ra của bộ đan xen theo nhóm	Khối thứ π(j) ở đầu vào của bộ đan xen theo nhóm	Khối thứ π(j) ở đầu vào của bộ đan xen theo nhóm	Khối thứ π(j) ở đầu vào của bộ đan xen theo nhóm	Khối thứ π(j) ở đầu vào của bộ đan xen theo nhóm	Khối thứ π(j) ở đầu vào của bộ đan xen theo nhóm
0	66	77	7	111	91
1	21	48	58	45	19
2	51	82	108	78	11
3	55	51	59	97	106
4	54	57	1	75	14
5	24	69	14	63	40
6	33	65	54	35	20
7	12	6	115	15	67
8	70	71	57	9	32
9	63	90	29	25	22
10	47	84	64	39	31
11	65	81	65	94	23
12	145	50	8	24	78
13	8	88	101	84	68
14	0	61	113	100	79
15	57	55	60	49	141
16	23	53	46	44	117
17	71	73	104	41	95
18	59	39	87	32	88
19	14	13	9	101	136
20	40	79	93	82	52
21	42	75	81	23	121
22	62	41	94	79	1
23	56	18	71	68	133
24	2	38	106	98	4
25	43	89	50	31	2
26	64	49	44	107	21
27	58	93	15	19	122

28	67	36	52	110	38
29	53	64	4	48	12
30	68	47	100	58	69
31	61	40	90	71	111
32	39	42	111	87	81
33	52	76	77	43	82
34	69	70	89	62	58
35	1	56	92	85	46
36	22	3	5	70	112
37	31	72	82	95	60
38	161	2	10	57	33
39	38	54	116	10	73
40	30	52	109	50	53
41	19	145	75	99	92
42	17	19	91	118	75
43	18	78	47	73	48
44	4	80	80	27	47
45	41	63	99	12	110
46	25	87	103	1	80
47	44	67	30	17	76
48	136	86	105	61	138
49	29	10	76	55	87
50	36	1	107	90	85
51	26	58	88	56	65
52	126	17	95	14	130
53	177	14	28	47	57
54	15	175	66	77	102
55	37	91	102	2	83
56	148	68	25	117	64
57	9	85	39	20	86
58	13	94	78	74	100
59	45	15	53	106	39
60	46	43	118	83	49
61	152	74	112	102	125
62	50	60	0	109	108
63	49	66	83	113	119
64	27	37	22	72	6
65	77	92	36	88	118
66	60	4	51	115	35
67	35	9	55	37	61
68	48	16	85	30	71
69	178	83	86	116	30
70	28	46	45	29	45
71	34	44	119	26	94
72	106	102	23	54	26

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

118	11	160	154	157	131
119	156	161	160	162	42
120	100	130	128	123	165
121	175	123	168	159	101
122	83	172	84	150	134
123	155	139	171	171	36
124	159	124	162	174	140
125	128	153	31	137	132
126	88	0	43	65	103
127	87	109	135	13	72
128	93	167	123	177	164
129	103	128	178	166	93
130	94	107	130	139	54
131	140	117	127	167	166
132	165	147	145	172	43
133	6	177	157	176	123
134	137	96	176	153	113
135	157	164	177	89	0
136	10	152	140	152	154
137	85	11	151	168	10
138	141	148	134	135	63
139	129	158	126	52	107
140	146	129	18	170	162
141	122	163	129	138	157
142	73	176	137	127	66
143	112	151	74	96	104
144	132	171	148	165	17
145	125	8	147	156	147
146	174	106	167	148	167
147	169	144	136	179	174
148	168	150	164	163	179
149	79	169	146	3	3
150	84	108	153	133	173
151	118	162	138	143	160
152	179	143	161	121	155
153	147	111	6	132	161
154	91	141	143	169	152
155	160	133	124	147	156
156	163	178	17	173	177
157	115	134	174	155	24
158	89	146	131	149	170
159	80	99	175	178	9
160	102	132	165	158	159
161	104	142	150	16	16
162	134	104	16	144	15

163	82	115	172	128	148
164	95	135	3	11	5
165	133	121	155	175	146
166	164	100	169	134	163
167	154	12	142	124	172
168	120	170	156	130	175
169	110	156	120	146	151
170	170	126	122	161	169
171	114	5	19	145	176
172	153	127	144	120	150
173	72	154	158	129	153
174	109	97	13	164	171
175	171	140	152	125	158
176	176	116	141	5	168
177	99	165	166	151	144
178	116	7	125	18	8
179	123	25	121	140	145

"Khối thứ j ở đầu ra của bộ đan xen theo nhóm" trong bảng 14 dùng để chỉ nhóm bit thứ j được xuất ra từ bộ đan xen nhóm 122 sau khi đan xen, và "khối thứ π(j) ở đầu vào của bộ đan xen theo nhóm" dùng để chỉ nhóm bit thứ π(j) được nhập vào bộ đan xen nhóm 122. Dựa vào bảng 14, có thể nhận thấy rằng bảng 14 thể hiện sự sắp xếp các số liệu được thể hiện trong các bảng từ bảng 9 đến bảng 13 theo tỷ lệ mã.

Bộ đan xen nhóm 122 có thể đan xen từ mã LDPC theo đơn vị nhóm bit dựa vào biểu thức 16 sau đây:

$$Y_{\pi(j)} = X_j \quad \text{với} \quad (0 \le j < N_{group}) \tag{16}$$

trong đó X_j là nhóm bit thứ j trước khi đan xen nhóm, Y_j là nhóm bit thứ j sau khi đan xen nhóm. Ngoài ra, giá trị π(j) là thông số chỉ báo thứ tự đan xen và được xác định dựa vào ít nhất một thông số trong số độ dài của từ mã LDPC, tỷ lệ mã và phương pháp điều biến.

Do đó, X_j là nhóm bit thứ j trước khi đan xen nhóm, và biểu thức 16 có nghĩa là nhóm bit thứ j trước khi đan xen nhóm được đan xen thành nhóm bit thứ π(j).

Theo phương án làm ví dụ khác để thực hiện sáng chế, ví dụ về giá trị π(j) có thể được xác định trong các bảng từ bảng 15 đến bảng 19 dưới đây.

Trong trường hợp này, giá trị π(j) được xác định dựa vào độ dài của từ mã LPDC và

tỷ lệ mã, và ma trận kiểm tra chẵn lẻ cũng được xác định dựa vào độ dài của từ mã LDPC và tỷ lệ mã. Do đó, khi bước mã hoá LDPC được thực hiện dựa trên một ma trận kiểm tra chẵn lẻ cụ thể theo độ dài của từ mã LDPC và tỷ lệ mã, thì từ mã LDPC có thể được đan xen theo đơn vị nhóm bit dựa vào giá trị π(j) đáp ứng độ dài của từ mã LPDC và tỷ lệ mã tương ứng.

Ví dụ, khi bộ mã hoá 110 thực hiện bước mã hoá LDPC ở tỷ lệ mã bằng 6/15 để tạo ra từ mã LDPC có độ dài bằng 64800, thì bộ đan xen nhóm 122 có thể thực hiện bước đan xen bằng cách sử dụng giá trị π(j) được xác định theo độ dài của từ mã LDPC bằng 64800 và tỷ lệ mã bằng 6/15 trong các bảng từ bảng 15 đến bảng 19 dưới đây, ví dụ sử dụng giá trị π(j) được xác định trong bảng 15.

Ví dụ, nếu độ dài N_{ldpc} của từ mã LDPC bằng 64800, tỷ lệ mã bằng 6/15, và phương pháp điều biến là 1024-QAM, thì giá trị π(j) có thể được xác định trong bảng 15 dưới đây.

Bảng 15

	Thứ tự của các nhóm bit được đan xen khối π(j) (0 ≤ j < 180)																						
Khối thứ j ở đầu vào của bộ đan xen theo nhóm	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68
	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91
	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114
	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137
	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160
	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179				
Khối thứ π(j) ở đầu ra của bộ đan xen theo nhóm	14	35	24	96	44	112	133	111	13	57	136	118	7	58	19	54	101	42	43	41	114	1	36
	16	5	46	51	64	70	49	40	37	94	6	71	67	50	55	39	32	20	45	21	25	47	59
	60	10	68	63	62	2	33	29	4	3	23	15	27	18	66	31	22	9	26	11	0	28	30
	34	8	17	173	142	108	78	74	65	97	149	159	93	163	122	150	137	99	127	126	158	117	154
	86	128	130	164	95	90	100	177	120	80	160	129	161	76	72	98	85	174	169	104	143	84	171
	157	178	82	151	113	168	89	141	179	88	145	52	73	125	139	79	75	144	165	162	87	48	134
	77	107	131	138	109	92	115	12	140	153	56	91	103	116	61	172	167	123	119	135	105	124	155
	38	102	156	166	132	110	81	148	147	170	175	106	83	146	121	176	53	69	152				

Dựa vào bảng 15, biểu thức 16 có thể được biểu diễn dưới dạng $X_0 = Y_{\pi(0)} = Y_{14}$, $X_1 = Y_{\pi(1)} = Y_{35}$, $X_2 = Y_{\pi(2)} = Y_{24}$, …, $X_{178} = Y_{\pi(178)} = Y_{69}$, và $X_{179} = Y_{\pi(179)} = Y_{152}$. Do đó, bộ đan xen nhóm 122 có thể sắp xếp lại thứ tự của các nhóm bit theo đơn vị nhóm bit

bằng cách chuyển nhóm bit thứ 0 thành nhóm bit thứ 14, nhóm bit thứ 1 thành nhóm bit thứ 35, nhóm bit thứ 2 thành nhóm bit thứ 24, ..., nhóm bit thứ 178 thành nhóm bit thứ 69, và nhóm bit thứ 179 thành nhóm bit thứ 152.

Ví dụ khác, nếu độ dài N_{ldpc} của từ mã LDPC bằng 64800, tỷ lệ mã bằng 8/15, và phương pháp điều biến là 1024-QAM, thì giá trị $\pi(j)$ có thể được xác định trong bảng 16 dưới đây.

Bảng 16

	Thứ tự của các nhóm bit được đan xen khối $\pi(j)$ $(0 \le j < 180)$																						
Khối thứ j ở đầu vào của bộ đan xen theo nhóm	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68
	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91
	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114
	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137
	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160
	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179				
Khối thứ $\pi(j)$ ở đầu ra của bộ đan xen theo nhóm	126	50	38	36	66	171	7	178	145	67	49	137	167	19	53	59	68	52	23	42	78	97	102
	96	95	179	93	105	92	77	73	107	103	83	89	100	28	64	24	18	31	22	32	60	71	94
	70	30	1	26	12	3	40	16	39	15	35	4	51	88	62	14	90	45	29	6	63	47	56
	5	34	8	37	17	61	21	33	0	43	20	44	11	2	69	10	57	48	46	13	25	9	55
	65	27	58	101	134	174	99	159	166	81	72	104	162	79	146	130	150	127	76	153	74	106	113
	163	176	131	111	108	112	165	75	121	124	91	170	172	129	140	120	86	160	155	157	164	85	84
	80	123	175	154	161	152	147	41	158	132	138	114	148	143	136	125	173	116	169	98	139	115	118
	119	151	141	135	177	87	128	110	149	168	144	122	109	82	54	142	133	156	117				

Dựa vào bảng 16, biểu thức 16 có thể được biểu diễn dưới dạng $X_0 = Y_{\pi(0)} = Y_{126}$, $X_1 = Y_{\pi(1)} = Y_{50}$, $X_2 = Y_{\pi(2)} = Y_{38}$, ..., $X_{178} = Y_{\pi(178)} = Y_{156}$, và $X_{179} = Y_{\pi(179)} = Y_{117}$. Do đó, bộ đan xen nhóm 122 có thể sắp xếp lại thứ tự của các nhóm bit theo đơn vị nhóm bit bằng cách chuyển nhóm bit thứ 0 thành nhóm bit thứ 126, nhóm bit thứ 1 thành nhóm bit thứ 50, nhóm bit thứ 2 thành nhóm bit thứ 38, ..., nhóm bit thứ 178 thành nhóm bit thứ 156, và nhóm bit thứ 179 thành nhóm bit thứ 117.

Ví dụ khác, nếu độ dài N_{ldpc} của từ mã LDPC bằng 64800, tỷ lệ mã bằng 10/15, và phương pháp điều biến là 1024-QAM, thì giá trị $\pi(j)$ có thể được xác định trong bảng 17 dưới đây. Cụ thể, khi bộ mã hoá 110 thực hiện bước mã hoá LDPC dựa trên ma trận kiểm tra chẵn lẻ được xác định trong bảng 6, thì bộ đan xen nhóm 122 có thể thực hiện bước

đan xen nhóm bằng cách sử dụng giá trị π(j) được xác định trong bảng 17 dưới đây.

Bảng 17

	Thứ tự của các nhóm bit được đan xen khối π(j) (0 ≤ j < 180)																						
Khối thứ j ở đầu vào của bộ đan xen theo nhóm	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68
	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91
	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114
	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137
	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160
	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179				
Khối thứ π(j) ở đầu ra của bộ đan xen theo nhóm	62	4	94	164	29	36	153	0	12	19	38	101	91	174	5	27	162	156	140	171	83	95	64
	72	80	56	88	85	53	9	47	125	107	76	100	74	65	103	79	57	78	92	90	126	26	70
	16	43	84	104	25	66	28	59	6	67	106	8	1	3	15	96	99	81	10	11	54	102	87
	115	98	23	75	82	143	41	49	33	58	73	44	21	37	63	122	68	69	18	51	34	31	42
	35	20	22	52	86	93	77	45	30	13	55	46	17	48	24	50	2	40	89	32	61	14	105
	7	39	97	60	71	169	179	170	128	155	178	139	131	120	141	130	158	112	117	138	127	147	142
	151	116	136	176	167	154	172	132	149	145	144	108	161	137	175	150	118	165	168	133	173	111	119
	152	124	109	148	160	177	146	121	166	113	123	163	110	157	159	134	135	129	114				

Dựa vào bảng 17, biểu thức 16 có thể được biểu diễn dưới dạng $X_0 = Y_{\pi(0)} = Y_{62}$, $X_1 = Y_{\pi(1)} = Y_4$, $X_2 = Y_{\pi(2)} = Y_{94}$, …, $X_{178} = Y_{\pi(178)} = Y_{129}$, và $X_{179} = Y_{\pi(179)} = Y_{114}$. Do đó, bộ đan xen nhóm 122 có thể sắp xếp lại thứ tự của các nhóm bit theo đơn vị nhóm bit bằng cách chuyển nhóm bit thứ 0 thành nhóm bit thứ 62, nhóm bit thứ 1 thành nhóm bit thứ 4, nhóm bit thứ 2 thành nhóm bit thứ 94, …, nhóm bit thứ 178 thành nhóm bit thứ 129, và nhóm bit thứ 179 thành nhóm bit thứ 114.

Ví dụ khác, nếu độ dài N_{ldpc} của từ mã LDPC bằng 64800, tỷ lệ mã bằng 10/15, và phương pháp điều biến là 1024-QAM, thì giá trị π(j) có thể được xác định trong bảng 18 dưới đây. Cụ thể, khi bộ mã hoá 110 thực hiện bước mã hoá LDPC dựa trên ma trận kiểm tra chẵn lẻ được xác định trong bảng 7, thì bộ đan xen nhóm 122 có thể thực hiện bước đan xen nhóm bằng cách sử dụng giá trị π(j) được xác định trong bảng 18 dưới đây.

Bảng 18

	Thứ tự của các nhóm bit được đan xen khối π(j) (0 ≤ j < 180)																						
Khối thứ j ở đầu vào của bộ đan xen theo nhóm	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68
	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91
	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114
	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137
	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160
	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179				
Khối thứ π(j) ở đầu ra của bộ đan xen theo nhóm	80	46	55	149	83	176	113	91	96	8	39	164	45	127	52	7	161	47	178	27	57	97	114
	21	12	9	71	44	101	70	68	25	18	88	102	6	103	67	73	10	94	17	92	33	16	1
	86	53	29	15	40	93	139	107	72	49	51	38	30	76	74	48	34	5	82	126	85	78	23
	105	36	31	64	43	58	4	99	54	2	22	81	98	20	60	13	35	104	32	65	135	50	84
	106	90	11	37	143	3	24	41	14	19	61	79	89	77	59	26	87	62	28	0	100	63	75
	66	69	56	42	95	172	152	108	120	167	175	109	142	163	173	168	110	153	150	166	138	117	125
	141	130	179	116	115	151	162	171	169	155	146	158	122	177	136	134	112	157	145	118	160	121	111
	170	119	148	174	144	129	131	137	154	140	123	132	156	124	165	133	128	159	147				

Dựa vào bảng 18, biểu thức 16 có thể được biểu diễn dưới dạng $X_0 = Y_{\pi(0)} = Y_{80}$, $X_1 = Y_{\pi(1)} = Y_{46}$, $X_2 = Y_{\pi(2)} = Y_{55}$, …, $X_{178} = Y_{\pi(178)} = Y_{159}$, và $X_{179} = Y_{\pi(179)} = Y_{147}$. Do đó, bộ đan xen nhóm 122 có thể sắp xếp lại thứ tự của các nhóm bit theo đơn vị nhóm bit bằng cách chuyển nhóm bit thứ 0 thành nhóm bit thứ 80, nhóm bit thứ 1 thành nhóm bit thứ 46, nhóm bit thứ 2 thành nhóm bit thứ 55, …, nhóm bit thứ 178 thành nhóm bit thứ 159, và nhóm bit thứ 179 thành nhóm bit thứ 147.

Ví dụ khác, nếu độ dài N_{ldpc} của từ mã LDPC bằng 64800, tỷ lệ mã bằng 12/15, và phương pháp điều biến là 1024-QAM, thì giá trị π(j) có thể được xác định trong bảng 19 dưới đây.

Bảng 19

Khối thứ j ở đầu vào của bộ đan xen theo nhóm	Thứ tự của các nhóm bit được đan xen khối π(j) (0 ≤ j < 180)																						
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68
	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91
	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114
	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137
	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160
	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179				
Khối thứ π(j) ở đầu ra của bộ đan xen theo nhóm	135	22	25	149	24	164	64	80	178	159	137	2	29	106	4	162	161	144	117	1	6	26	9
	11	157	79	72	90	88	92	69	10	8	38	81	66	123	75	28	59	5	114	119	132	77	70
	35	44	43	60	94	87	20	40	130	76	96	53	34	99	37	67	93	138	56	51	142	7	13
	30	78	68	127	39	113	42	47	98	12	14	46	32	33	55	86	50	57	49	18	91	105	0
	41	129	71	17	102	89	74	104	58	121	54	126	143	103	3	139	62	97	45	31	36	134	82
	109	76	16	65	63	108	21	27	133	107	61	110	100	84	116	52	118	125	23	122	83	19	85
	48	95	124	15	101	111	177	179	165	145	163	112	172	169	154	173	136	152	155	141	175	160	151
	153	140	166	128	120	131	146	176	170	158	174	167	150	147	168	171	156	115	148				

Dựa vào bảng 19, biểu thức 16 có thể được biểu diễn dưới dạng $X_0 = Y_{\pi(0)} = Y_{135}$, $X_1 = Y_{\pi(1)} = Y_{22}$, $X_2 = Y_{\pi(2)} = Y_{25}$, …, $X_{178} = Y_{\pi(178)} = Y_{115}$, và $X_{179} = Y_{\pi(179)} = Y_{148}$. Do đó, bộ đan xen nhóm 122 có thể sắp xếp lại thứ tự của các nhóm bit theo đơn vị nhóm bit bằng cách chuyển nhóm bit thứ 0 thành nhóm bit thứ 135, nhóm bit thứ 1 thành nhóm bit thứ 22, nhóm bit thứ 2 thành nhóm bit thứ 25, …, nhóm bit thứ 178 thành nhóm bit thứ 115, và nhóm bit thứ 179 thành nhóm bit thứ 148.

Trong các ví dụ nêu trên, độ dài của từ mã LDPC bằng 64800 và tỷ lệ mã bằng 6/15, 8/15, 10/15 và 12/15. Tuy nhiên, đó chỉ là ví dụ minh hoạ và mẫu đan xen có thể được xác định theo cách khác khi độ dài của từ mã LDPC bằng 16200 hoặc tỷ lệ mã có các giá trị khác.

Như đã nêu trên, bộ đan xen nhóm 122 có thể sắp xếp lại thứ tự của các nhóm bit theo đơn vị nhóm bit dựa vào biểu thức 16 và các bảng từ bảng 15 đến bảng 19.

"Khối thứ j ở đầu vào của bộ đan xen theo nhóm" trong các bảng từ bảng 15 đến bảng 19 dùng để chỉ nhóm bit thứ j được nhập vào bộ đan xen nhóm 122 trước khi đan xen, và "khối thứ π(j) ở đầu ra của bộ đan xen theo nhóm" dùng để chỉ nhóm bit thứ π(j) được xuất ra từ bộ đan xen nhóm 122 sau khi đan xen.

Ngoài ra, vì thứ tự của các nhóm bit tạo nên từ mã LDPC được sắp xếp lại bằng bộ đan xen nhóm 122 theo đơn vị nhóm bit, và sau đó các nhóm bit này được đan xen khối bằng bộ đan xen khối 124, như sẽ được mô tả dưới đây, cho nên "thứ tự của các nhóm bit được đan xen khối" được thể hiện trong các bảng từ bảng 15 đến bảng 19 liên quan đến giá trị π(j).

Giá trị π(j) được xác định trong các bảng từ bảng 15 đến bảng 19 có thể được sắp xếp theo tỷ lệ mã như được thể hiện trong bảng 20 dưới đây.

Bảng 20

	(CR 6/15)	(CR 8/15)	(CR 10/15)	(CR 10/15)	(CR 12/15)
Khối thứ j ở đầu vào của bộ đan xen theo nhóm	Khối thứ π(j) ở đầu ra của bộ đan xen theo nhóm	Khối thứ π(j) ở đầu ra của bộ đan xen theo nhóm	Khối thứ π(j) ở đầu ra của bộ đan xen theo nhóm	Khối thứ π(j) ở đầu ra của bộ đan xen theo nhóm	Khối thứ π(j) ở đầu ra của bộ đan xen theo nhóm
0	14	126	62	80	135
1	35	50	4	46	22
2	24	38	94	55	25
3	96	36	164	149	149
4	44	66	29	83	24
5	112	171	36	176	164
6	133	7	153	113	64
7	111	178	0	91	80
8	13	145	12	96	178
9	57	67	19	8	159
10	136	49	38	39	137
11	118	137	101	164	2
12	7	167	91	45	29
13	58	19	174	127	106
14	19	53	5	52	4
15	54	59	27	7	162
16	101	68	162	161	161
17	42	52	156	47	144
18	43	23	140	178	117
19	41	42	171	27	1
20	114	78	83	57	6
21	1	97	95	97	26
22	36	102	64	114	9
23	16	96	72	21	11
24	5	95	80	12	157
25	46	179	56	9	79
26	51	93	88	71	72
27	64	105	85	44	90

28	70	92	53	101	88
29	49	77	9	70	92
30	40	73	47	68	69
31	37	107	125	25	10
32	94	103	107	18	8
33	6	83	76	88	38
34	71	89	100	102	81
35	67	100	74	6	66
36	50	28	65	103	123
37	55	64	103	67	75
38	39	24	79	73	28
39	32	18	57	10	59
40	20	31	78	94	5
41	45	22	92	17	114
42	21	32	90	92	119
43	25	60	126	33	132
44	47	71	26	16	77
45	59	94	70	1	70
46	60	70	16	86	35
47	10	30	43	53	44
48	68	1	84	29	43
49	63	26	104	15	60
50	62	12	25	40	94
51	2	3	66	93	87
52	33	40	28	139	20
53	29	16	59	107	40
54	4	39	6	72	130
55	3	15	67	49	76
56	23	35	106	51	96
57	15	4	8	38	53
58	27	51	1	30	34
59	18	88	3	76	99
60	66	62	15	74	37
61	31	14	96	48	67
62	22	90	99	34	93
63	9	45	81	5	138
64	26	29	10	82	56
65	11	6	11	126	51
66	0	63	54	85	142
67	28	47	102	78	7
68	30	56	87	23	13
69	34	5	115	105	30
70	8	34	98	36	78
71	17	8	23	31	68
72	173	37	75	64	127

73	142	17	82	43	39
74	108	61	143	58	113
75	78	21	41	4	42
76	74	33	49	99	47
77	65	0	33	54	98
78	97	43	58	2	12
79	149	20	73	22	14
80	159	44	44	81	46
81	93	11	21	98	32
82	163	2	37	20	33
83	122	69	63	60	55
84	150	10	122	13	86
85	137	57	68	35	50
86	99	48	69	104	57
87	127	46	18	32	49
88	126	13	51	65	18
89	158	25	34	135	91
90	117	9	31	50	105
91	154	55	42	84	0
92	86	65	35	106	41
93	128	27	20	90	129
94	130	58	22	11	71
95	164	101	52	37	17
96	95	134	86	143	102
97	90	174	93	3	89
98	100	99	77	24	74
99	177	159	45	41	104
100	120	166	30	14	58
101	80	81	13	19	121
102	160	72	55	61	54
103	129	104	46	79	126
104	161	162	17	89	143
105	76	79	48	77	103
106	72	146	24	59	3
107	98	130	50	26	139
108	85	150	2	87	62
109	174	127	40	62	97
110	169	76	89	28	45
111	104	153	32	0	31
112	143	74	61	100	36
113	84	106	14	63	134
114	171	113	105	75	82
115	157	163	7	66	109
116	178	176	39	69	73
117	82	131	97	56	16

118	151	111	60	42	65
119	113	108	71	95	63
120	168	112	169	172	108
121	89	165	179	152	21
122	141	75	170	108	27
123	179	121	128	120	133
124	88	124	155	167	107
125	145	91	178	175	61
126	52	170	139	109	110
127	73	172	131	142	100
128	125	129	120	163	84
129	139	140	141	173	116
130	79	120	130	168	52
131	75	86	158	110	118
132	144	160	112	153	125
133	165	155	117	150	23
134	162	157	138	166	122
135	87	164	127	138	83
136	48	85	147	117	19
137	134	84	142	125	85
138	77	80	151	141	48
139	107	123	116	130	95
140	131	175	136	179	124
141	138	154	176	116	15
142	109	161	167	115	101
143	92	152	154	151	111
144	115	147	172	162	177
145	12	41	132	171	179
146	140	158	149	169	165
147	153	132	145	155	145
148	56	138	144	146	163
149	91	114	108	158	112
150	103	148	161	122	172
151	116	143	137	177	169
152	61	136	175	136	154
153	172	125	150	134	173
154	167	173	118	112	136
155	123	116	165	157	152
156	119	169	168	145	155
157	135	98	133	118	141
158	105	139	173	160	175
159	124	115	111	121	160
160	155	118	119	111	151
161	38	119	152	170	153
162	102	151	124	119	140

163	156	141	109	148	166
164	166	135	148	174	128
165	132	177	160	144	120
166	110	87	177	129	131
167	81	128	146	131	146
168	148	110	121	137	176
169	147	149	166	154	170
170	170	168	113	140	158
171	175	144	123	123	174
172	106	122	163	132	167
173	83	109	110	156	150
174	146	82	157	124	147
175	121	54	159	165	168
176	176	142	134	133	171
177	53	133	135	128	156
178	69	156	129	159	115
179	152	117	114	147	148

Bảng 14 thể hiện trường hợp bước đan xen nhóm được thực hiện dựa vào biểu thức 15 và giá trị π(j) được dùng làm chỉ số của nhóm bit đầu vào, còn bảng 20 thể hiện trường hợp bước đan xen nhóm được thực hiện dựa vào biểu thức 16 và giá trị π(j) được dùng làm chỉ số của nhóm bit đầu ra. Vì vậy, bảng 14 và bảng 20 có mối quan hệ ngược nhau.

Từ mã LDPC được đan xen nhóm theo quy trình nêu trên được thể hiện trên Fig.6. Khi so sánh từ mã LDPC trên Fig.6 với từ mã LDPC trên Fig.5 trước khi đan xen nhóm, có thể thấy rằng thứ tự của các nhóm bit tạo nên từ mã LDPC được sắp xếp lại.

Nghĩa là, như được thể hiện trên Fig.5 và Fig.6, các nhóm của từ mã LDPC được sắp xếp theo thứ tự là nhóm bit X_0, nhóm bit X_1, …, nhóm bit $X_{Ngroup-1}$ trước khi đan xen nhóm, và được sắp xếp theo thứ tự là nhóm bit Y_0, nhóm bit Y_1, …, nhóm bit $Y_{Ngroup-1}$ sau khi đan xen nhóm. Trong trường hợp này, thứ tự sắp xếp lại của các nhóm bit sau khi đan xen nhóm có thể được xác định dựa vào các bảng từ bảng 9 đến bảng 20.

Bộ đan xen xoay bit trong nhóm 123 đan xen các bit trong cùng một nhóm bit. Nghĩa là, bộ đan xen xoay bit trong nhóm 123 có thể sắp xếp lại thứ tự của các bit trong cùng một nhóm bit bằng cách thay đổi thứ tự của các bit trong cùng một nhóm bit.

Trong trường hợp này, bộ đan xen xoay bit trong nhóm 123 có thể sắp xếp lại thứ tự của các bit trong cùng một nhóm bit bằng cách dịch chuyển tuần hoàn với một số lượng

bit định trước trong số các bit trong cùng một nhóm bit.

Ví dụ, như được thể hiện trên Fig.7, bộ đan xen xoay bit trong nhóm 123 có thể dịch chuyển tuần hoàn các bit trong nhóm bit Y_1 sang bên phải 1 bit. Trong trường hợp này, các bit nằm ở vị trí thứ 0, vị trí thứ 1, vị trí thứ 2, ..., vị trí thứ 358, và vị trí thứ 359 trong nhóm bit Y_1 như được thể hiện trên Fig.7 được dịch chuyển tuần hoàn sang bên phải 1 bit. Kết quả là, bit nằm ở vị trí thứ 359 trước khi dịch chuyển tuần hoàn sẽ nằm ở đầu nhóm bit Y_1 và các bit nằm ở vị trí thứ 0, vị trí thứ 1, vị trí thứ 2, ..., vị trí thứ 358 trước khi dịch chuyển tuần hoàn sẽ được dịch chuyển sang bên phải 1 bit theo thứ tự lần lượt và nằm ở đó.

Ngoài ra, bộ đan xen xoay bit trong nhóm 123 có thể sắp xếp lại thứ tự của các bit trong mỗi nhóm bit bằng cách dịch chuyển tuần hoàn với một số lượng bit khác trong mỗi nhóm bit.

Ví dụ, bộ đan xen xoay bit trong nhóm 123 có thể dịch chuyển tuần hoàn các bit trong nhóm bit Y_1 sang bên phải 1 bit, và có thể dịch chuyển tuần hoàn các bit trong nhóm bit Y_2 sang bên phải 3 bit.

Tuy nhiên, bộ đan xen xoay bit trong nhóm 123 có thể được loại bỏ tuỳ theo trường hợp ứng dụng.

Ngoài ra, bộ đan xen xoay bit trong nhóm 123 được đặt ở sau bộ đan xen nhóm 122 trong ví dụ nêu trên. Tuy nhiên, đó chỉ là ví dụ minh hoạ. Nghĩa là, bộ đan xen xoay bit trong nhóm 123 chỉ thay đổi thứ tự của các bit trong một nhóm bit nhất định và không thay đổi thứ tự của các nhóm bit. Vì vậy, bộ đan xen xoay bit trong nhóm 123 có thể được đặt ở trước bộ đan xen nhóm 122.

Bộ đan xen khối 124 đan xen các nhóm bit đã được sắp xếp lại thứ tự. Cụ thể, bộ đan xen khối 124 có thể đan xen các nhóm bit đã được sắp xếp lại thứ tự bằng bộ đan xen nhóm 122 theo từng nhóm bit (hoặc theo đơn vị nhóm bit). Bộ đan xen khối 124 có nhiều cột, mỗi cột có nhiều hàng và có thể đan xen bằng cách phân chia các nhóm bit đã được sắp xếp lại dựa vào thứ tự điều biến được xác định theo phương pháp điều biến.

Trong trường hợp này, bộ đan xen khối 124 có thể đan xen các nhóm bit đã được sắp xếp lại thứ tự bằng bộ đan xen nhóm 122 theo đơn vị nhóm bit. Cụ thể, bộ đan xen

khối 124 có thể đan xen bằng cách phân chia các nhóm bit đã được sắp xếp lại dựa vào thứ tự điều biến sử dụng phần thứ nhất và phần thứ hai.

Cụ thể, bộ đan xen khối 124 đan xen bằng cách phân chia mỗi cột ra thành phần thứ nhất và phần thứ hai, ghi theo thứ tự lần lượt các nhóm bit vào các cột thuộc phần thứ nhất theo đơn vị nhóm bit, phân chia các bit của các nhóm bit còn lại ra thành các nhóm (hoặc các nhóm bit con), mỗi nhóm có một số lượng bit định trước dựa trên số lượng cột, và ghi theo thứ tự lần lượt các nhóm bit con vào các cột thuộc phần thứ hai.

Trong đó, số lượng nhóm bit được đan xen theo đơn vị nhóm bit có thể được xác định dựa vào ít nhất một thông số trong số số lượng hàng và số lượng cột tạo nên bộ đan xen khối 124, số lượng nhóm bit và số lượng bit có trong mỗi nhóm bit. Nói cách khác, bộ đan xen khối 124 có thể xác định các nhóm bit được đan xen theo đơn vị nhóm bit có xem xét đến ít nhất một thông số trong số số lượng hàng và số lượng cột tạo nên bộ đan xen khối 124, số lượng nhóm bit và số lượng bit có trong mỗi nhóm bit, đan xen các nhóm bit tương ứng theo đơn vị nhóm bit, và phân chia các bit của các nhóm bit còn lại ra thành các nhóm bit con và đan xen các nhóm bit con đó. Ví dụ, bộ đan xen khối 124 có thể đan xen ít nhất một phần của các nhóm bit theo đơn vị nhóm bit bằng cách sử dụng phần thứ nhất, và phân chia các bit của các nhóm bit còn lại ra thành các nhóm bit con và đan xen các nhóm bit con đó bằng cách sử dụng phần thứ hai.

Trong khi đó, việc đan xen các nhóm bit theo từng nhóm bit (hoặc theo đơn vị nhóm bit) có nghĩa là các bit trong cùng một nhóm bit được ghi vào cùng một cột. Nói cách khác, bộ đan xen khối 124, đối với các nhóm bit được đan xen theo đơn vị nhóm bit, có thể không phân chia các bit trong cùng một nhóm bit và thay vào đó bộ đan xen khối ghi các bit này vào cùng một cột. Tuy nhiên, đối với các nhóm bit không được đan xen theo đơn vị nhóm bit, bộ đan xen khối có thể phân chia các bit trong ít nhất một nhóm bit trong số các nhóm bit hoặc mọi nhóm bit trong số các nhóm bit và ghi các bit này vào các cột khác nhau.

Do đó, số lượng hàng tạo nên phần thứ nhất là bội số nguyên lần của số lượng bit có trong một nhóm bit (ví dụ, 360), và số lượng hàng tạo nên phần thứ hai có thể nhỏ hơn số lượng bit có trong nhóm bit này.

Ngoài ra, trong tất cả các nhóm bit được đan xen bằng cách sử dụng phần thứ nhất,

các bit trong cùng một nhóm bit được ghi và đan xen trong cùng một cột của phần thứ nhất, và trong ít nhất một nhóm được đan xen bằng cách sử dụng phần thứ hai, các bit được phân chia và ghi vào ít nhất hai cột của phần thứ hai.

Phương pháp đan xen sẽ được mô tả dưới đây.

Trong khi đó, bộ đan xen xoay bit trong nhóm 123 chỉ thay đổi thứ tự của các bit trong nhóm bit và không thay đổi thứ tự của các nhóm bit sau khi đan xen. Do đó, thứ tự của các nhóm bit được đan xen khối bằng bộ đan xen khối 124, tức là thứ tự của các nhóm bit được nhập vào bộ đan xen khối 124, có thể được xác định bằng bộ đan xen nhóm 122. Ví dụ, thứ tự của các nhóm bit được đan xen khối bằng bộ đan xen khối 124 có thể được xác định dựa vào giá trị $\pi(j)$ như được thể hiện trong các bảng từ bảng 9 đến bảng 20.

Như đã nêu trên, bộ đan xen khối 124 có thể đan xen các nhóm bit đã được sắp xếp lại thứ tự theo đơn vị nhóm bit bằng cách sử dụng nhiều cột, mỗi cột có nhiều hàng.

Trong trường hợp này, bộ đan xen khối 124 có thể đan xen từ mã LDPC bằng cách phân chia các cột ra thành ít nhất hai phần. Ví dụ, bộ đan xen khối 124 có thể phân chia mỗi cột ra thành phần thứ nhất và phần thứ hai, và đan xen các nhóm bit tạo nên từ mã LDPC.

Trong trường hợp này, bộ đan xen khối 124 có thể phân chia mỗi cột ra thành N phần (N là số nguyên lớn hơn hoặc bằng 2) tuỳ thuộc vào việc số lượng nhóm bit tạo nên từ mã LDPC có phải là bội số nguyên lần của số lượng cột tạo nên bộ đan xen khối 124 hay không, và có thể thực hiện bước đan xen.

Nếu số lượng nhóm bit tạo nên từ mã LDPC là bội số nguyên lần của số lượng cột tạo nên bộ đan xen khối 124, thì bộ đan xen khối 124 có thể đan xen các nhóm bit tạo nên từ mã LDPC theo đơn vị nhóm bit mà không cần phân chia mỗi cột ra thành nhiều phần.

Cụ thể, bộ đan xen khối 124 có thể đan xen bằng cách ghi các nhóm bit của từ mã LDPC vào từng cột theo đơn vị nhóm bit theo hướng cột, và đọc từng hàng của các cột đã ghi các nhóm bit theo đơn vị nhóm bit theo hướng hàng.

Trong trường hợp này, bộ đan xen khối 124 có thể đan xen bằng cách ghi theo thứ tự lần lượt các bit có trong một số lượng nhóm bit định trước, số lượng này tương ứng

với thương số thu được khi lấy số lượng nhóm bit của từ mã LDPC chia cho số lượng cột của bộ đan xen khối 124, vào từng cột theo hướng cột, và đọc từng hàng của các cột đã ghi các bit theo hướng hàng.

Nhóm bit nằm ở vị trí thứ j sau khi được đan xen bằng bộ đan xen nhóm 122 dưới đây sẽ được gọi là nhóm Y_j.

Ví dụ, giả sử rằng bộ đan xen khối 124 có C cột, mỗi cột có R_1 hàng. Ngoài ra, còn giả sử rằng từ mã LDPC có N_{group} nhóm bit và số lượng nhóm bit N_{group} là bội số nguyên lần của C.

Trong trường hợp này, nếu gọi thương số thu được khi lấy N_{group} nhóm bit tạo nên từ mã LDPC chia cho C cột tạo nên bộ đan xen khối 124 là A ($= N_{group}/C$) (A là số nguyên lớn hơn 0), thì bộ đan xen khối 124 có thể đan xen bằng cách ghi theo thứ tự lần lượt A ($= N_{group}/C$) nhóm bit vào từng cột theo hướng cột và đọc các bit đã ghi trong từng cột theo hướng hàng.

Ví dụ, như được thể hiện trên Fig.8, bộ đan xen khối 124 ghi các bit có trong nhóm bit Y_0, nhóm bit Y_1, …, nhóm bit Y_{A-1} vào cột thứ 1 từ hàng thứ 1 đến hàng thứ R_1, ghi các bit có trong nhóm bit Y_A, nhóm bit Y_{A+1}, …, nhóm bit Y_{2A-1} vào cột thứ 2 từ hàng thứ 1 đến hàng thứ R_1, …, và ghi các bit có trong nhóm bit Y_{CA-A}, nhóm bit Y_{CA-A+1}, …, nhóm bit Y_{CA-1} vào cột C từ hàng thứ 1 đến hàng thứ R_1. Bộ đan xen khối 124 có thể đọc các bit đã ghi trong từng hàng của các cột này theo hướng hàng.

Do đó, bộ đan xen khối 124 đan xen tất cả các nhóm bit tạo nên từ mã LDPC theo đơn vị nhóm bit.

Tuy nhiên, nếu số lượng nhóm bit tạo nên từ mã LDPC không phải là bội số nguyên lần của số lượng cột tạo nên bộ đan xen khối 124, thì bộ đan xen khối 124 có thể phân chia mỗi cột ra thành hai phần và đan xen một phần của các nhóm bit tạo nên từ mã LDPC theo đơn vị nhóm bit, và phân chia các bit của các nhóm bit còn lại ra thành các nhóm bit con và đan xen các nhóm bit con đó. Trong trường hợp này, các bit có trong các nhóm bit còn lại, tức là các bit có trong số lượng nhóm tương ứng với số dư sau khi lấy số lượng nhóm bit tạo nên từ mã LDPC chia cho số lượng cột, không được đan xen theo đơn vị nhóm bit, mà sẽ được đan xen sau khi đã phân chia theo số lượng cột.

Cụ thể, bộ đan xen khối 124 có thể đan xen từ mã LDPC bằng cách phân chia mỗi cột ra thành hai phần.

Trong trường hợp này, bộ đan xen khối 124 có thể phân chia các cột ra thành phần thứ nhất và phần thứ hai dựa vào ít nhất một thông số trong số số lượng hàng và số lượng cột tạo nên bộ đan xen khối 124, số lượng nhóm bit tạo nên từ mã LDPC, và số lượng bit tạo nên mỗi nhóm bit.

Trong đó, mỗi nhóm bit có thể có 360 bit. Ngoài ra, số lượng nhóm bit tạo nên từ mã LDPC có thể được xác định dựa vào độ dài của từ mã LDPC và số lượng bit có trong mỗi nhóm bit. Ví dụ, khi từ mã LDPC có độ dài bằng 16200 được phân chia sao cho mỗi nhóm bit có 360 bit, thì từ mã LDPC này được phân chia ra thành 45 nhóm bit. Theo cách khác, khi từ mã LDPC có độ dài bằng 64800 được phân chia sao cho mỗi nhóm bit có 360 bit, thì từ mã LDPC này có thể được phân chia ra thành 180 nhóm bit. Ngoài ra, số lượng cột tạo nên bộ đan xen khối 124 có thể được xác định theo phương pháp điều biến. Phương pháp điều biến này sẽ được mô tả chi tiết dưới đây.

Do đó, số lượng hàng tạo nên mỗi phần trong số phần thứ nhất và phần thứ hai có thể được xác định dựa vào số lượng cột tạo nên bộ đan xen khối 124, số lượng nhóm bit tạo nên từ mã LDPC, và số lượng bit tạo nên mỗi nhóm bit.

Cụ thể, trong mỗi cột, phần thứ nhất có thể gồm các hàng với số lượng hàng đúng bằng số lượng bit tạo nên ít nhất một nhóm bit có thể được ghi vào từng cột theo đơn vị nhóm bit trong số các nhóm bit tạo nên từ mã LDPC, được xác định theo số lượng cột tạo nên bộ đan xen khối 124, số lượng nhóm bit tạo nên từ mã LDPC, và số lượng bit tạo nên mỗi nhóm bit.

Trong mỗi cột, phần thứ hai có thể gồm các hàng còn lại ngoại trừ các hàng với số lượng hàng đúng bằng số lượng bit tạo nên ít nhất một số nhóm bit có thể được ghi vào từng cột theo đơn vị nhóm bit trong số các nhóm bit tạo nên từ mã LDPC. Cụ thể, số lượng hàng thuộc phần thứ hai có thể có giá trị bằng thương số khi lấy số lượng bit có trong tất cả các nhóm bit còn lại ngoại trừ các nhóm bit tương ứng với phần thứ nhất chia cho số lượng cột tạo nên bộ đan xen khối 124. Nói cách khác, số lượng hàng của phần thứ hai có thể có giá trị bằng thương số khi lấy số lượng bit có trong các nhóm bit còn lại không được ghi vào phần thứ nhất trong số các nhóm bit tạo nên từ mã LDPC chia cho số

lượng cột.

Tức là, bộ đan xen khối 124 có thể phân chia mỗi cột ra thành phần thứ nhất gồm các hàng với số lượng hàng đúng bằng số lượng bit có trong các nhóm bit có thể được ghi vào từng cột theo đơn vị nhóm bit, và phần thứ hai gồm các hàng còn lại.

Do đó, phần thứ nhất có thể có số lượng hàng đúng bằng số lượng bit có trong các nhóm bit, tức là có số lượng hàng đúng bằng bội số nguyên lần của M. Tuy nhiên, vì số lượng bit từ mã tạo nên mỗi nhóm bit có thể là một ước số của M như đã nêu trên, cho nên phần thứ nhất có thể có số lượng hàng đúng bằng bội số nguyên lần của số lượng bit tạo nên mỗi nhóm bit.

Trong trường hợp này, bộ đan xen khối 124 có thể đan xen bằng cách ghi và đọc từ mã LDPC ở phần thứ nhất và phần thứ hai theo cùng một phương pháp.

Cụ thể, bộ đan xen khối 124 có thể đan xen bằng cách ghi từ mã LDPC vào các cột tạo nên mỗi phần trong số phần thứ nhất và phần thứ hai theo hướng cột, và đọc các cột tạo nên phần thứ nhất và phần thứ hai đã ghi từ mã LDPC theo hướng hàng.

Nghĩa là, bộ đan xen khối 124 có thể đan xen bằng cách ghi theo thứ tự lần lượt các bit có trong ít nhất một số nhóm bit có thể được ghi vào từng cột theo đơn vị nhóm bit trong số các nhóm bit tạo nên từ mã LDPC vào từng cột thuộc phần thứ nhất, phân chia các bit có trong các nhóm bit còn lại ngoại trừ ít nhất một số nhóm bit nêu trên và ghi vào từng cột thuộc phần thứ hai theo hướng cột, và đọc các bit đã ghi trong từng cột trong số các cột tạo nên mỗi phần trong số phần thứ nhất và phần thứ hai theo hướng hàng.

Trong trường hợp này, bộ đan xen khối 124 có thể đan xen bằng cách phân chia các nhóm bit còn lại trong số các nhóm bit tạo nên từ mã LDPC dựa vào số lượng cột tạo nên bộ đan xen khối 124.

Cụ thể, bộ đan xen khối 124 có thể đan xen bằng cách lấy các bit có trong các nhóm bit còn lại chia cho số lượng cột, ghi các bit đã phân chia vào từng cột trong số các cột tạo nên phần thứ hai theo hướng cột, và đọc các cột tạo nên phần thứ hai, trong đó có ghi các bit đã phân chia, theo hướng hàng.

Nghĩa là, bộ đan xen khối 124 có thể lấy các bit có trong các nhóm bit còn lại trong số các nhóm bit tạo nên từ mã LDPC, tức là các bit trong các nhóm bit tương ứng với

phần dư sau khi lấy số lượng nhóm bit tạo nên từ mã LDPC chia cho số lượng cột, đem chia cho số lượng cột, và có thể ghi theo thứ tự lần lượt các bit đã phân chia này vào từng cột thuộc phần thứ hai theo hướng cột.

Ví dụ, giả sử rằng bộ đan xen khối 124 có C cột, mỗi cột có R_1 hàng. Ngoài ra, giả sử rằng từ mã LDPC có N_{group} nhóm bit, số lượng nhóm bit N_{group} không phải là bội số nguyên lần của C, và $A \times C+1 = N_{group}$ (A là số nguyên lớn hơn 0). Nói cách khác, giả sử rằng khi lấy số lượng nhóm bit tạo nên từ mã LDPC chia cho số lượng cột, thì thương số bằng A và số dư bằng 1.

Trong trường hợp này, như được thể hiện trên Fig.9 và Fig.10, bộ đan xen khối 124 có thể phân chia mỗi cột ra thành phần thứ nhất có R_1 hàng và phần thứ hai có R_2 hàng. Trong trường hợp này, R_1 có thể tương ứng với số lượng bit có trong các nhóm bit có thể được ghi vào từng cột theo đơn vị nhóm bit, và R_2 có thể bằng số lượng hàng của mỗi cột trừ đi R_1.

Nghĩa là, trong ví dụ nêu trên, số lượng nhóm bit có thể được ghi vào từng cột theo đơn vị nhóm bit là A, và phần thứ nhất của mỗi cột có thể có số lượng hàng đúng bằng số lượng bit có trong A nhóm bit, tức là có thể có số lượng hàng đúng bằng $A \times M$.

Trong trường hợp này, bộ đan xen khối 124 ghi các bit có trong các nhóm bit có thể được ghi vào từng cột theo đơn vị nhóm bit, tức là A nhóm bit, vào phần thứ nhất của mỗi cột theo hướng cột.

Nghĩa là, như được thể hiện trên Fig.9 và Fig.10, bộ đan xen khối 124 ghi các bit có trong mỗi nhóm bit trong số nhóm bit Y_0, nhóm bit Y_1, …, nhóm bit Y_{A-1} vào phần thứ nhất của cột thứ 1 từ hàng thứ 1 đến hàng thứ R_1, ghi các bit có trong mỗi nhóm bit trong số nhóm bit Y_A, nhóm bit Y_{A+1}, …, nhóm bit Y_{2A-1} vào phần thứ nhất của cột thứ 2 từ hàng thứ 1 đến hàng thứ R_1, …, ghi các bit có trong mỗi nhóm bit trong số nhóm bit Y_{CA-A}, nhóm bit Y_{CA-A+1}, …, nhóm bit Y_{CA-1} vào phần thứ nhất của cột thứ C từ hàng thứ 1 đến hàng thứ R_1.

Như đã nêu trên, bộ đan xen khối 124 ghi các bit có trong các nhóm bit có thể được ghi vào từng cột theo đơn vị nhóm bit ở phần thứ nhất của mỗi cột theo đơn vị nhóm bit.

Nói cách khác, theo phương án làm ví dụ nêu trên, các bit có trong mỗi nhóm bit

trong số nhóm bit (Y_0), nhóm bit (Y_1), ..., nhóm bit (Y_{A-1}) có thể không được phân chia và tất cả các bit này có thể được ghi vào cột thứ nhất, các bit có trong mỗi nhóm bit trong số nhóm bit (Y_A), nhóm bit (Y_{A+1}), ..., nhóm bit (Y_{2A-1}) có thể không được phân chia và tất cả các bit này có thể được ghi vào cột thứ hai, và các bit có trong mỗi nhóm bit trong số nhóm bit (Y_{CA-A}), nhóm bit (Y_{CA-A+1}), ..., nhóm bit (Y_{CA-1}) có thể không được phân chia và tất cả các bit này có thể được ghi vào cột C. Như vậy, các bit có trong cùng một nhóm bit trong tất cả các nhóm bit được đan xen trong phần thứ nhất được ghi vào cùng một cột thuộc phần thứ nhất.

Sau đó, bộ đan xen khối 124 phân chia các bit có trong các nhóm bit còn lại ngoại trừ các nhóm bit đã được ghi vào phần thứ nhất của mỗi cột trong số các nhóm bit, và ghi các bit này vào phần thứ hai của mỗi cột theo hướng cột. Trong trường hợp này, bộ đan xen khối 124 lấy các bit có trong các nhóm bit còn lại sao cho cùng một số lượng bit được ghi vào phần thứ hai của mỗi cột theo hướng cột. Trong đó, thứ tự ghi các bit vào phần thứ nhất và phần thứ hai có thể được đảo ngược. Nghĩa là, các bit có thể được ghi vào phần thứ hai trước phần thứ nhất theo phương án làm ví dụ thực hiện sáng chế.

Trong ví dụ nêu trên, vì $A \times C+1 = N_{group}$, cho nên khi các nhóm bit tạo nên từ mã LDPC được ghi theo thứ tự lần lượt vào phần thứ nhất, thì nhóm bit cuối $Y_{Ngroup-1}$ của từ mã LDPC không được ghi vào phần thứ nhất và còn dư lại. Do đó, bộ đan xen khối 124 phân chia các bit có trong nhóm bit $Y_{Ngroup-1}$ ra thành C nhóm bit con như được thể hiện trên Fig.9, và ghi theo thứ tự lần lượt các bit đã phân chia (tức là các bit tương ứng với thương số sau khi lấy các bit có trong nhóm bit cuối ($Y_{Ngroup-1}$) chia cho C) vào phần thứ hai của mỗi cột.

Các bit được phân chia dựa vào số lượng cột có thể được gọi là các nhóm bit con. Trong trường hợp này, mỗi nhóm bit con có thể được ghi vào từng cột thuộc phần thứ hai. Tức là, các bit có trong các nhóm bit có thể được phân chia và có thể tạo thành các nhóm bit con.

Nghĩa là, bộ đan xen khối 124 ghi các bit vào phần thứ hai của cột thứ 1 từ hàng thứ 1 đến hàng thứ R_2, ghi các bit vào phần thứ hai của cột thứ 2 từ hàng thứ 1 đến hàng thứ R_2, ..., và ghi các bit vào phần thứ hai của cột C từ hàng thứ 1 đến hàng thứ R_2. Trong trường hợp này, bộ đan xen khối 124 có thể ghi các bit vào phần thứ hai của mỗi cột theo

hướng cột như được thể hiện trên Fig.10.

Nghĩa là, trong phần thứ hai, các bit tạo nên nhóm bit có thể không được ghi vào cùng một cột và có thể được ghi vào nhiều cột. Nói cách khác, trong ví dụ nêu trên, nhóm bit cuối ($Y_{Ngroup-1}$) có M bit và do đó có thể lấy các bit có trong nhóm bit cuối ($Y_{Ngroup-1}$) này chia cho C và ghi các bit này vào từng cột. Tức là, lấy các bit có trong nhóm bit cuối ($Y_{Ngroup-1}$) chia cho C, tạo thành M/C nhóm bit con, và mỗi nhóm bit con này có thể được ghi vào từng cột thuộc phần thứ hai.

Do đó, trong ít nhất một nhóm bit được đan xen trong phần thứ hai, các bit có trong ít nhất một nhóm bit này được phân chia và ghi vào ít nhất hai cột tạo nên phần thứ hai.

Trong ví dụ nêu trên, bộ đan xen khối 124 ghi các bit vào phần thứ hai theo hướng cột. Tuy nhiên, đó chỉ là ví dụ minh hoạ. Nghĩa là, bộ đan xen khối 124 có thể ghi các bit vào nhiều cột thuộc phần thứ hai theo hướng hàng. Trong trường hợp này, bộ đan xen khối 124 có thể ghi các bit vào phần thứ nhất theo phương pháp giống như đã nêu trên.

Cụ thể, dựa vào Fig.10, bộ đan xen khối 124 ghi các bit từ hàng thứ 1 thuộc phần thứ hai trong cột thứ 1 đến hàng thứ 1 thuộc phần thứ hai trong cột C, ghi các bit từ hàng thứ 2 thuộc phần thứ hai trong cột thứ 1 đến hàng thứ 2 thuộc phần thứ hai trong cột C, …, và ghi các bit từ hàng thứ R_2 thuộc phần thứ hai trong cột thứ 1 đến hàng thứ R_2 thuộc phần thứ hai trong cột C.

Mặt khác, bộ đan xen khối 124 đọc theo thứ tự lần lượt các bit đã ghi trong mỗi hàng thuộc từng phần theo hướng hàng. Nghĩa là, như được thể hiện trên Fig.9 và Fig.10, bộ đan xen khối 124 đọc theo thứ tự lần lượt các bit đã ghi trong mỗi hàng thuộc phần thứ nhất của nhiều cột theo hướng hàng, và đọc theo thứ tự lần lượt các bit đã ghi trong mỗi hàng thuộc phần thứ hai của nhiều cột theo hướng hàng.

Do đó, bộ đan xen khối 124 có thể đan xen một phần của các nhóm bit tạo nên từ mã LDPC theo đơn vị nhóm bit, và phân chia và đan xen một số nhóm bit còn lại. Nghĩa là, bộ đan xen khối 124 có thể đan xen bằng cách ghi từ mã LDPC tạo nên một số lượng nhóm bit định trước trong số các nhóm bit vào các cột thuộc phần thứ nhất theo đơn vị nhóm bit, phân chia các bit của các nhóm bit còn lại và ghi các bit này vào từng cột thuộc phần thứ hai, và đọc các cột thuộc phần thứ nhất và phần thứ hai theo hướng hàng.

Như đã nêu trên, bộ đan xen khối 124 có thể đan xen các nhóm bit theo các phương pháp đã được mô tả trên đây dựa vào các hình vẽ từ Fig.8 đến Fig.10.

Cụ thể, trong trường hợp được thể hiện trên Fig.9, các bit có trong nhóm bit không thuộc phần thứ nhất được ghi vào phần thứ hai theo hướng cột và được đọc theo hướng hàng. Theo phương pháp này, thứ tự của các bit có trong nhóm bit không thuộc phần thứ nhất được sắp xếp lại. Vì các bit có trong nhóm bit không thuộc phần thứ nhất được đan xen như đã nêu trên, cho nên hiệu suất tỷ lệ lỗi bit/tỷ lệ lỗi khung (Bit Error Rate/Frame Error Rate, BER/FER) có thể được cải thiện hơn so với trường hợp các bit đó không được đan xen.

Tuy nhiên, nhóm bit không thuộc phần thứ nhất có thể không được đan xen như được thể hiện trên Fig.10. Nghĩa là, vì bộ đan xen khối 124 ghi và đọc các bit có trong nhóm bit không thuộc phần thứ nhất vào phần thứ hai theo hướng hàng, cho nên thứ tự của các bit có trong nhóm bit không thuộc phần thứ nhất không thay đổi và các bit này được xuất ra cho bộ điều biến 130 theo thứ tự lần lượt. Trong trường hợp này, các bit có trong nhóm bit không thuộc phần thứ nhất có thể được xuất ra theo thứ tự lần lượt sẽ được ánh xạ lên ký hiệu điều biến.

Trên Fig.9 và Fig.10, một nhóm bit cuối trong số các nhóm bit được ghi vào phần thứ hai. Tuy nhiên, đó chỉ là ví dụ minh hoạ. Số lượng nhóm bit được ghi vào phần thứ hai có thể thay đổi tuỳ theo số lượng nhóm bit tạo nên từ mã LDPC, số lượng bit tạo nên mỗi nhóm bit, số lượng cột và số lượng hàng tạo nên bộ đan xen khối, số lượng anten truyền, v.v..

Bộ đan xen khối 124 có thể có cấu hình như được thể hiện trong bảng 21 và bảng 22 dưới đây:

Bảng 21

	N_{ldpc} = 64800					
	QPSK	16-QAM	64-QAM	256-QAM	1024-QAM	4096-QAM
C	2	4	6	8	10	12
R_1	32400	16200	10800	7920	6480	5400
R_2	0	0	0	180	0	0

Bảng 22

	N_{ldpc} = 16200					
	QPSK	16-QAM	64-QAM	256-QAM	1024-QAM	4096-QAM
C	2	4	6	8	10	12
R_1	7920	3960	2520	1800	1440	1080
R_2	180	90	180	225	180	270

Trong đó, C (hoặc N_C) là số lượng cột tạo nên bộ đan xen khối 124, R_1 là số lượng hàng tạo nên phần thứ nhất trong mỗi cột, và R_2 là số lượng hàng tạo nên phần thứ hai trong mỗi cột.

Dựa vào bảng 21 và bảng 22, C có giá trị bằng bậc điều biến theo phương pháp điều biến, và mỗi cột có số lượng hàng tương ứng với giá trị thu được khi lấy số lượng bit tạo nên từ mã LDPC chia cho số lượng cột.

Ví dụ, nếu độ dài N_{ldpc} của từ mã LDPC bằng 64800 và phương pháp điều biến là 1024-QAM, thì bộ đan xen khối 124 có 10 cột tương ứng với bậc điều biến bằng 10 trong trường hợp điều biến 1024-QAM, và mỗi cột có số lượng hàng bằng $R_1+R_2 = 6480$ (= 64800/10).

Trong khi đó, dựa vào bảng 21 và bảng 22, nếu số lượng nhóm bit tạo nên từ mã LDPC là bội số nguyên lần của số lượng cột, thì bộ đan xen khối 124 đan xen mà không cần phân chia mỗi cột. Vì vậy, R_1 tương ứng với số lượng hàng tạo nên mỗi cột, và R_2 bằng 0. Ngoài ra, nếu số lượng nhóm bit tạo nên từ mã LDPC không phải là bội số nguyên lần của số lượng cột, thì bộ đan xen khối 124 đan xen các nhóm bit bằng cách phân chia mỗi cột ra thành phần thứ nhất có R_1 hàng, và phần thứ hai có R_2 hàng.

Nếu số lượng cột tạo nên bộ đan xen khối 124 bằng số lượng bit tạo nên ký hiệu điều biến như được thể hiện trong bảng 21 và bảng 22, thì các bit trong cùng một nhóm bit được ánh xạ lên một bit duy nhất của mỗi ký hiệu điều biến.

Ví dụ, nếu N_{ldpc} = 64800 và phương pháp điều biến là 1024-QAM, thì bộ đan xen khối 124 có thể có 10 cột, mỗi cột có 6480 hàng. Trong trường hợp này, các bit có trong mỗi nhóm bit được ghi vào 10 cột và các bit đã ghi trong cùng một hàng trong mỗi cột được xuất ra theo thứ tự lần lượt. Trong trường hợp này, vì 10 bit tạo nên một ký hiệu

điều biến trong phương pháp điều biến 1024-QAM, cho nên các bit có trong cùng một nhóm bit, tức là các bit được xuất ra từ một cột duy nhất, có thể được ánh xạ lên một bit duy nhất của mỗi ký hiệu điều biến. Ví dụ, các bit có trong một nhóm bit đã ghi trong cột thứ 1 có thể được ánh xạ lên bit thứ nhất của mỗi ký hiệu điều biến.

Dựa vào bảng 21 và bảng 22, tổng số hàng tạo nên bộ đan xen khối 124, tức là R_1+R_2, bằng N_{ldpc}/C.

Ngoài ra, số lượng hàng thuộc phần thứ nhất, R_1, bằng bội số nguyên lần của số lượng bit có trong mỗi nhóm bit, M (ví dụ M = 360), và có thể được biểu diễn dưới dạng $\lfloor N_{group}/C \rfloor \times M$, và số lượng hàng thuộc phần thứ hai, R_2, có thể bằng $N_{ldpc}/C–R_1$. Trong đó, $\lfloor N_{group}/C \rfloor$ là số nguyên lớn nhất nhỏ hơn N_{group}/C. Vì R_1 là bội số nguyên lần của số lượng bit có trong mỗi nhóm bit, M, cho nên các bit có thể được ghi vào R_1 hàng theo đơn vị nhóm bit.

Ngoài ra, nếu số lượng nhóm bit tạo nên từ mã LDPC không phải là bội số nguyên lần của số lượng cột, thì từ bảng 21 và bảng 22 có thể nhận thấy rằng bộ đan xen khối 124 đan xen bằng cách phân chia mỗi cột ra thành hai phần.

Cụ thể, độ dài của từ mã LDPC chia cho số lượng cột sẽ thu được tổng số hàng có trong mỗi cột. Trong trường hợp này, nếu số lượng nhóm bit tạo nên từ mã LDPC là bội số nguyên lần của số lượng cột, thì mỗi cột sẽ không được phân chia ra thành hai phần. Tuy nhiên, nếu số lượng nhóm bit tạo nên từ mã LDPC không phải là bội số nguyên lần của số lượng cột, thì mỗi cột sẽ được phân chia ra thành hai phần.

Ví dụ, giả sử rằng số lượng cột tạo nên bộ đan xen khối 124 bằng số lượng bit tạo nên ký hiệu điều biến, và từ mã LDPC có 64800 bit như được thể hiện trong bảng 21. Trong trường hợp này, mỗi nhóm bit của từ mã LDPC có 360 bit, và từ mã LDPC có 64800/360 (= 180) nhóm bit.

Nếu phương pháp điều biến là 1024-QAM, thì bộ đan xen khối 124 có thể có 10 cột và mỗi cột có thể có 64800/10 (= 6480) hàng.

Trong trường hợp này, vì số lượng nhóm bit của từ mã LDPC chia cho số lượng cột là 180/10 (= 18), cho nên các bit có thể được ghi vào từng cột theo đơn vị nhóm bit mà

không cần phân chia mỗi cột ra thành hai phần. Nghĩa là, các bit có trong 18 nhóm bit, giá trị này là thương số sau khi lấy số lượng nhóm bit tạo nên từ mã LDPC chia cho số lượng cột, tức là 18×360 (= 6480) bit, có thể được ghi vào từng cột.

Tuy nhiên, nếu phương pháp điều biến là 256-QAM, thì bộ đan xen khối 124 có thể có tám (8) cột và mỗi cột có thể có 64800/8 (= 8100) hàng.

Trong trường hợp này, vì số lượng nhóm bit của từ mã LDPC chia cho số lượng cột bằng 180/8 = 22,5, cho nên số lượng nhóm bit tạo nên từ mã LDPC không phải là bội số nguyên lần của số lượng cột. Do đó, bộ đan xen khối 124 phân chia mỗi cột trong số tám (8) cột này ra thành hai phần để thực hiện bước đan xen theo đơn vị nhóm bit.

Trong trường hợp này, vì các bit phải được ghi vào phần thứ nhất của mỗi cột theo đơn vị nhóm bit, cho nên số lượng nhóm bit có thể được ghi vào phần thứ nhất của mỗi cột theo đơn vị nhóm bit bằng 22, giá trị này là thương số sau khi lấy số lượng nhóm bit tạo nên từ mã LDPC chia cho số lượng cột, và do đó, phần thứ nhất của mỗi cột có 22×360 (= 7920) hàng. Do đó, 7920 bit có trong 22 nhóm bit có thể được ghi vào phần thứ nhất của mỗi cột.

Phần thứ hai của mỗi cột gồm các hàng còn lại sau khi lấy tổng số hàng trừ đi số lượng hàng thuộc phần thứ nhất trong mỗi cột. Do đó, phần thứ hai của mỗi cột có 8100–7920 (= 180) hàng.

Trong trường hợp này, các bit có trong các nhóm bit còn lại không được ghi vào phần thứ nhất sẽ được phân chia và ghi vào phần thứ hai của mỗi cột.

Cụ thể, vì 22×8 (= 176) nhóm bit được ghi vào phần thứ nhất, cho nên số lượng nhóm bit được ghi vào phần thứ hai là 180–176 (= 4) (ví dụ, nhóm bit Y_{176}, nhóm bit Y_{177}, nhóm bit Y_{178} và nhóm bit Y_{179} trong số các nhóm bit Y_0, nhóm bit Y_1, nhóm bit Y_2, …, nhóm bit Y_{178} và nhóm bit Y_{179} tạo nên từ mã LDPC).

Do đó, bộ đan xen khối 124 có thể ghi theo thứ tự lần lượt bốn (4) nhóm bit không được ghi vào phần thứ nhất và còn dư lại trong số các nhóm bit tạo nên từ mã LDPC, vào phần thứ hai của mỗi cột.

Nghĩa là, bộ đan xen khối 124 có thể ghi 180 bit trong số 360 bit có trong nhóm bit Y_{176} vào phần thứ hai của cột thứ 1 từ hàng thứ 1 đến hàng thứ 180 theo hướng cột, và có

thể ghi 180 bit còn lại vào phần thứ hai của cột thứ 2 từ hàng thứ 1 đến hàng thứ 180 theo hướng cột. Ngoài ra, bộ đan xen khối 124 có thể ghi 180 bit trong số 360 bit có trong nhóm bit Y_{177} vào phần thứ hai của cột thứ 3 từ hàng thứ 1 đến hàng thứ 180 theo hướng cột, và có thể ghi 180 bit còn lại vào phần thứ hai của cột thứ 4 từ hàng thứ 1 đến hàng thứ 180 theo hướng cột. Ngoài ra, bộ đan xen khối 124 có thể ghi 180 bit trong số 360 bit có trong nhóm bit Y_{178} vào phần thứ hai của cột thứ 5 từ hàng thứ 1 đến hàng thứ 180 theo hướng cột, và có thể ghi 180 bit còn lại vào phần thứ hai của cột thứ 6 từ hàng thứ 1 đến hàng thứ 180 theo hướng cột. Ngoài ra, bộ đan xen khối 124 có thể ghi 180 bit trong số 360 bit có trong nhóm bit Y_{179} vào phần thứ hai của cột thứ 7 từ hàng thứ 1 đến hàng thứ 180 theo hướng cột, và có thể ghi 180 bit còn lại vào phần thứ hai của cột thứ 8 từ hàng thứ 1 đến hàng thứ 180 theo hướng cột.

Do đó, các bit có trong nhóm bit không được ghi vào phần thứ nhất và các bit còn lại không được ghi vào cùng một cột trong phần thứ hai thì có thể được phân chia và ghi vào nhiều cột.

Bộ đan xen khối 124 trên Fig.4 theo phương án làm ví dụ sẽ được mô tả chi tiết dưới đây dựa vào Fig.11.

Trong từ mã LDPC đã được đan xen nhóm (v_0, v_1, …, $v_{N_{ldpc}-1}$), Y_j được sắp xếp liên tục dưới dạng $V = \{Y_0, Y_1, \ldots, Y_{N_{group}-1}\}$.

Từ mã LDPC sau khi đan xen nhóm có thể được đan xen bằng bộ đan xen khối 124 như được thể hiện trên Fig.11. Trong trường hợp này, bộ đan xen khối 124 phân chia các cột ra thành phần thứ nhất (phần 1) và phần thứ hai (phần 2) dựa vào số lượng cột tạo nên bộ đan xen khối 124 và số lượng bit trong một nhóm bit. Trong trường hợp này, ở phần thứ nhất, các bit tạo nên một nhóm bit có thể được ghi vào cùng một cột, và ở phần thứ hai, các bit tạo nên một nhóm bit có thể được ghi vào nhiều cột (tức là các bit tạo nên một nhóm bit có thể được ghi vào ít nhất hai cột).

Cụ thể, bit đầu vào v_i được ghi theo thứ tự lần lượt từ phần thứ nhất đến phần thứ hai theo hướng cột, và sau đó được đọc theo thứ tự lần lượt từ phần thứ nhất đến phần thứ hai theo hướng hàng. Nghĩa là, các bit dữ liệu v_i được ghi theo thứ tự lần lượt vào bộ đan xen khối theo hướng cột bắt đầu từ phần thứ nhất và tiếp tục ghi theo hướng cột cho đến

hết phần thứ hai, và sau đó được đọc theo thứ tự lần lượt theo hướng hàng ở phần thứ nhất và tiếp tục đọc theo hướng hàng ở phần thứ hai. Do đó, mỗi bit có trong cùng một nhóm bit ở phần thứ nhất có thể được ánh xạ lên một bit duy nhất của mỗi ký hiệu điều biến.

Trong trường hợp này, số lượng cột và số lượng hàng của phần thứ nhất và phần thứ hai của bộ đan xen khối 124 thay đổi theo định dạng điều biến và độ dài của từ mã LDPC như được thể hiện trong bảng 23 dưới đây. Nghĩa là, cấu hình đan xen khối cho phần thứ nhất và phần thứ hai với mỗi định dạng điều biến và độ dài từ mã được xác định trong bảng 25 dưới đây. Trong đó, số lượng cột tạo nên bộ đan xen khối 124 có thể bằng số lượng bit tạo nên ký hiệu điều biến. Ngoài ra, giá trị tổng của số lượng hàng của phần thứ nhất, N_{r1}, và số lượng hàng của phần thứ hai, N_{r2}, bằng N_{ldpc}/N_C (trong đó, N_C là số lượng cột). Ngoài ra, vì N_{r1} ($= \lfloor N_{group} / C \rfloor \times 360$) là bội số của 360, cho nên nhiều nhóm bit có thể được ghi vào phần thứ nhất.

Bảng 23

Chế độ điều biến	Số lượng hàng của phần 1 N_{r1}		Số lượng hàng của phần 2 N_{r2}		Số lượng cột N_C
	N_{ldpc} = 64800	N_{ldpc} = 16200	N_{ldpc} = 64800	N_{ldpc} = 16200	
QPSK	32400	7920	0	180	2
16-QAM	16200	3960	0	90	4
64-QAM	10800	2520	0	180	6
256-QAM	7920	1800	180	225	8
1024-QAM	6480	1440	0	180	10
4096-QAM	5400	1080	0	270	12

Sự hoạt động của bộ đan xen khối 124 sẽ được mô tả chi tiết dưới đây.

Cụ thể, như được thể hiện trên Fig.11, bit đầu vào v_i ($0 \le i < N_C \times N_{r1}$) được ghi vào hàng r_i của cột c_i thuộc phần thứ nhất của bộ đan xen khối 124. Trong đó, c_i và r_i lần lượt bằng $c_i = \left\lfloor \frac{i}{N_{r1}} \right\rfloor$ và $r_i = (i \bmod N_{r1})$.

Ngoài ra, bit đầu vào v_i ($N_C \times N_{r1} \le i < N_{ldpc}$) được ghi vào hàng r_i của cột c_i thuộc phần thứ hai của bộ đan xen khối 124. Trong đó, c_i và r_i lần lượt bằng

$c_i = \left\lfloor \frac{(i - N_C \times N_{r1})}{N_{r2}} \right\rfloor$ và $r_i = N_{r1} + \{(i - N_C \times N_{r1}) \bmod N_{r2}\}$.

Bit đầu ra q_j ($0 \le j < N_{ldpc}$) được đọc từ cột c_j của hàng r_j. Trong đó, r_j và c_j lần lượt bằng $r_j = \left\lfloor \frac{j}{N_c} \right\rfloor$ và $c_j = (j \bmod N_C)$.

Ví dụ, nếu độ dài N_{ldpc} của từ mã LDPC bằng 64800 và phương pháp điều biến là 256-QAM, thì thứ tự của các bit được xuất ra từ bộ đan xen khối 124 có thể là $(q_0, q_1, q_2, \ldots, q_{63357}, q_{63358}, q_{63359}, q_{63360}, q_{63361}, \ldots, q_{64799}) = (v_0, v_{7920}, v_{15840}, \ldots, v_{47519}, v_{55439}, v_{63359}, v_{63360}, v_{63540}, \ldots, v_{64799})$. Trong đó, các chỉ số ở vế bên phải của biểu thức nêu trên có thể được biểu diễn cụ thể cho tám (8) cột dưới dạng 0, 7920, 15840, 23760, 31680, 39600, 47520, 55440, 1, 7921, 15841, 23761, 31681, 39601, 47521, 55441, ..., 7919, 15839, 23759, 31679, 39599, 47519, 55439, 63359, 63360, 63540, 63720, 63900, 64080, 64260, 64440, 64620, ..., 63539, 63719, 63899, 64079, 64259, 64439, 64619, 64799.

Quy trình đan xen của bộ đan xen khối 124 sẽ được mô tả chi tiết dưới đây.

Bộ đan xen khối 124 có thể đan xen bằng cách ghi nhiều nhóm bit vào từng cột theo đơn vị nhóm bit theo hướng cột, và đọc từng hàng của các cột đã ghi các nhóm bit theo đơn vị nhóm bit theo hướng hàng.

Trong trường hợp này, số lượng cột tạo nên bộ đan xen khối 124 có thể thay đổi theo phương pháp điều biến, và số lượng hàng có thể bằng độ dài của từ mã LDPC/số lượng cột.

Ví dụ, nếu phương pháp điều biến là 1024-QAM, thì bộ đan xen khối 124 có thể có 10 cột. Trong trường hợp này, nếu độ dài N_{ldpc} của từ mã LDPC bằng 64800, thì số lượng hàng bằng 6480 (= 64800/10).

Quy trình đan xen các nhóm bit theo đơn vị nhóm bit bằng bộ đan xen khối 124 sẽ được mô tả chi tiết dưới đây.

Nếu số lượng nhóm bit tạo nên từ mã LDPC là bội số nguyên lần của số lượng cột, thì bộ đan xen khối 124 có thể đan xen bằng cách ghi theo thứ tự lần lượt các nhóm bit với số lượng đúng bằng số lượng nhóm bit chia cho số lượng cột trong mỗi cột theo đơn

vị nhóm bit.

Ví dụ, nếu phương pháp điều biến là 1024-QAM và độ dài N_{ldpc} của từ mã LDPC bằng 64800, thì bộ đan xen khối 124 có thể có 10 cột, mỗi cột có 6480 hàng. Trong trường hợp này, vì từ mã LDPC được phân chia ra thành (64800/360 = 180) nhóm bit khi độ dài N_{ldpc} của từ mã LDPC bằng 64800, cho nên số lượng nhóm bit (= 180) tạo nên từ mã LDPC có thể là bội số nguyên lần của số lượng cột (= 10) khi phương pháp điều biến là 1024-QAM. Nghĩa là, không có phần dư được tạo ra khi số lượng nhóm bit tạo nên từ mã LDPC chia hết cho số lượng cột.

Như đã nêu trên, nếu số lượng nhóm bit tạo nên từ mã LDPC là bội số nguyên lần của số lượng cột tạo nên bộ đan xen khối 124, thì bộ đan xen khối 124 có thể không phân chia mỗi cột ra thành các phần và có thể đan xen bằng cách ghi, vào từng cột theo thứ tự lần lượt theo hướng cột, các bit có trong các nhóm bit tương ứng với thương số thu được khi lấy số lượng nhóm bit tạo nên từ mã LDPC chia cho số lượng cột tạo nên bộ đan xen khối 124, và đọc từng hàng của các cột đã ghi các bit theo hướng hàng.

Ví dụ, như được thể hiện trên Fig.12, bộ đan xen khối 124 ghi các bit có trong mỗi nhóm bit trong số nhóm bit Y_0, nhóm bit Y_1, ..., nhóm bit Y_{17} vào cột thứ nhất từ hàng thứ 1 đến hàng thứ 6480, ghi các bit có trong mỗi nhóm bit trong số nhóm bit Y_{18}, nhóm bit Y_{19}, ..., nhóm bit Y_{35} vào cột thứ hai từ hàng thứ 1 đến hàng thứ 6480, ..., và ghi các bit có trong mỗi nhóm bit trong số nhóm bit Y_{162}, nhóm bit Y_{163}, ..., nhóm bit Y_{179} vào cột thứ 10 từ hàng thứ 1 đến hàng thứ 6480. Ngoài ra, bộ đan xen khối 124 có thể đọc theo thứ tự lần lượt các bit đã ghi trong mỗi hàng của 10 cột theo hướng hàng.

Như đã nêu trên, nếu số lượng nhóm bit tạo nên từ mã LDPC là bội số nguyên lần của số lượng cột tạo nên bộ đan xen khối 124, thì bộ đan xen khối 124 có thể đan xen các nhóm bit theo đơn vị nhóm bit, và do đó, các bit thuộc cùng một nhóm bit có thể được ghi vào cùng một cột.

Như đã nêu trên, bộ đan xen khối 124 có thể đan xen các nhóm bit của từ mã LDPC theo quy trình đã được mô tả trên đây dựa vào các hình vẽ từ Fig.9 đến Fig.12.

Nếu số lượng cột tạo nên bộ đan xen khối 124 có giá trị bằng bậc điều biến như trong ví dụ đã mô tả trên đây, thì các bit có trong cùng một nhóm bit có thể được ánh xạ

lên một bit của mỗi ký hiệu điều biến.

Tuy nhiên, đó chỉ là ví dụ minh hoạ và các bit có trong cùng một nhóm bit có thể được ánh xạ lên hai bit của mỗi ký hiệu điều biến. Trong trường hợp này, bộ đan xen khối 124 có thể cấu hình như được thể hiện trong bảng 24 và bảng 25 dưới đây. Trong trường hợp này, số lượng cột tạo nên bộ đan xen khối 124 có thể bằng một nửa bậc điều biến như được thể hiện trong bảng 24 và bảng 25.

Bảng 24

	N_{ldpc} = 64800					
	QPSK	16-QAM	64-QAM	256-QAM	1024-QAM	4096-QAM
C	1	2	3	4	5	6
R_1	64800	32400	21600	16200	12960	10800
R_2	0	0	0	0	0	0

Bảng 25

	N_{ldpc} = 16200					
	QPSK	16-QAM	64-QAM	256-QAM	1024-QAM	4096-QAM
C	1	2	3	4	5	6
R_1	16200	7920	5400	3960	3240	2520
R_2	0	180	0	90	0	180

Trong đó, C (hoặc N_C) là số lượng cột tạo nên bộ đan xen khối 124, R_1 là số lượng hàng tạo nên phần thứ nhất trong mỗi cột, và R_2 là số lượng hàng tạo nên phần thứ hai trong mỗi cột.

Dựa vào bảng 24 và bảng 25, nếu số lượng nhóm bit tạo nên từ mã LDPC là bội số nguyên lần của số lượng cột, thì bộ đan xen khối 124 đan xen mà không cần phân chia mỗi cột. Vì vậy, R_1 tương ứng với số lượng hàng tạo nên mỗi cột, và R_2 bằng 0. Ngoài ra, nếu số lượng nhóm bit tạo nên từ mã LDPC không phải là bội số nguyên lần của số lượng cột, thì bộ đan xen khối 124 đan xen các nhóm bit bằng cách phân chia mỗi cột ra thành phần thứ nhất có R_1 hàng, và phần thứ hai có R_2 hàng.

Nếu số lượng cột tạo nên bộ đan xen khối 124 bằng số lượng bit tạo nên ký hiệu điều biến như được thể hiện trong bảng 24 và bảng 25, thì các bit trong cùng một nhóm bit được ánh xạ lên hai bit của mỗi ký hiệu điều biến.

Ví dụ, nếu N_{ldpc} = 64800 và phương pháp điều biến là 1024-QAM, thì bộ đan xen khối 124 có thể có năm (5) cột, mỗi cột có 12960 hàng. Trong trường hợp này, các bit có trong mỗi nhóm bit được ghi vào năm (5) cột theo đơn vị nhóm bit và các bit đã ghi trong cùng một hàng trong các cột tương ứng được xuất ra theo thứ tự lần lượt. Trong trường hợp này, vì 10 bit tạo nên một ký hiệu điều biến trong phương pháp điều biến 1024-QAM, cho nên các bit được xuất ra từ hai hàng tạo nên một ký hiệu điều biến. Do đó, các bit có trong một nhóm bit, tức là các bit được xuất ra từ một cột, có thể được ánh xạ lên hai bit của mỗi ký hiệu điều biến. Ví dụ, các bit có trong một nhóm bit đã ghi trong cột thứ nhất có thể được ánh xạ lên các bit nằm ở hai vị trí nhất định trong mỗi ký hiệu điều biến.

Quay lại Fig.1, bộ điều biến 130 ánh xạ từ mã LDPC đã đan xen lên các ký hiệu điều biến. Cụ thể, bộ điều biến 130 có thể phân kênh từ mã LDPC đã đan xen, điều biến từ mã LDPC đã phân kênh, và ánh xạ từ mã LDPC này lên chòm điểm.

Trong trường hợp này, bộ điều biến 130 có thể tạo ra ký hiệu điều biến bằng cách sử dụng các bit có trong mỗi nhóm bit.

Nói cách khác, như đã nêu trên, các bit có trong các nhóm bit khác nhau có thể được ghi vào từng cột của bộ đan xen khối 124, và bộ đan xen khối 124 đọc các bit đã ghi trong từng cột theo hướng hàng. Trong trường hợp này, bộ điều biến 130 tạo ra ký hiệu điều biến bằng cách ánh xạ các bit đọc được trong mỗi cột lên mỗi bit của ký hiệu điều biến. Do đó, mỗi bit của ký hiệu điều biến có thể thuộc về một nhóm bit khác nhau.

Ví dụ, giả sử rằng ký hiệu điều biến có C bit. Trong trường hợp này, các bit đọc được từ mỗi hàng của C cột của bộ đan xen khối 124 có thể được ánh xạ lên mỗi bit của ký hiệu điều biến và do đó mỗi bit của ký hiệu điều biến có C bit có thể thuộc về C nhóm bit khác nhau.

Dấu hiệu đặc trưng nêu trên sẽ được mô tả chi tiết dưới đây.

Trước tiên, bộ điều biến 130 có thể phân kênh từ mã LDPC đã đan xen. Để làm được điều này, bộ điều biến 130 có thể có bộ phân kênh (không được thể hiện trên hình vẽ) để phân kênh từ mã LDPC đã đan xen.

Bộ phân kênh (không được thể hiện trên hình vẽ) phân kênh từ mã LDPC đã đan

xen. Cụ thể, bộ phân kênh (không được thể hiện trên hình vẽ) thực hiện bước biến đổi nối tiếp thành song song trên từ mã LDPC đã đan xen, và phân kênh từ mã LDPC đã đan xen thành các ô có một số lượng bit định trước (hoặc ô dữ liệu).

Ví dụ, như được thể hiện trên Fig.13, bộ phân kênh (không được thể hiện trên hình vẽ) thu từ mã LDPC Q = (q_0, q_1, q_2, ...) được xuất ra từ bộ đan xen 120, xuất ra theo thứ tự lần lượt các bit từ mã LDPC thu được cho nhiều dòng con, biến đổi các bit đầu vào của từ mã LDPC thành các ô, và xuất ra các ô này.

Trong đó, số lượng dòng con, $N_{substreams}$, có thể bằng số lượng bit tạo nên ký hiệu điều biến, η_{MOD}. Do đó, số lượng bit tạo nên mỗi ô có thể bằng số lượng bit tạo nên ký hiệu điều biến (tức là bậc điều biến).

η_{MOD} có thể thay đổi tuỳ theo phương pháp điều biến và khi đó số lượng ô được tạo ra có thể thay đổi tuỳ theo độ dài N_{ldpc} của từ mã LDPC như được thể hiện trong bảng 26.

Bảng 26

Phương pháp điều biến	η_{MOD}	Số ô dữ liệu đầu ra với N_{ldpc} = 64800	Số ô dữ liệu đầu ra với N_{ldpc} = 16200
QPSK	2	32400	8100
16-QAM	4	16200	4050
64-QAM	6	10800	2700
256-QAM	8	8100	2025
1024-QAM	10	6480	1620

Trong trường hợp này, các bit có cùng một chỉ số trong mỗi dòng con trong số các dòng con có thể tạo nên cùng một ô. Do đó, các ô có thể có cấu trúc dưới dạng $(y_{0,0}, y_{1,0}, \ldots, y_{\eta MOD-1,0}) = (q_0, q_1, \ldots, q_{\eta MOD-1})$, $(y_{0,1}, y_{1,1}, \ldots, y_{\eta MOD-1,1}) = (q_{\eta MOD}, q_{\eta MOD+1}, \ldots, q_{2\times\eta MOD-1})$, ...

Như đã nêu trên, số lượng dòng con, $N_{substreams}$, bằng số lượng bit tạo nên ký hiệu điều biến, η_{MOD}, và số lượng bit tạo nên mỗi ô có thể bằng số lượng bit tạo nên ký hiệu điều biến.

Bộ phân kênh (không được thể hiện trên hình vẽ) có thể phân kênh các bit từ mã LDPC đầu vào theo nhiều phương pháp khác nhau. Nghĩa là, bộ phân kênh (không được thể hiện trên hình vẽ) có thể thay đổi thứ tự của các bit từ mã LDPC và xuất ra các bit

cho mỗi dòng con, hoặc có thể xuất ra các bit cho mỗi dòng theo thứ tự lần lượt mà không cần thay đổi thứ tự của các bit từ mã LDPC. Các bước thực hiện này có thể được xác định theo số lượng cột được dùng khi đan xen trong bộ đan xen khối 124.

Cụ thể, nếu bộ đan xen khối 124 có số lượng cột đúng bằng một nửa số lượng bit tạo nên ký hiệu điều biến, thì bộ phân kênh (không được thể hiện trên hình vẽ) có thể thay đổi thứ tự của các bit từ mã LDPC đầu vào và xuất ra các bit cho mỗi dòng con. Ví dụ về phương pháp thay đổi thứ tự được thể hiện trong bảng 27 dưới đây:

Bảng 27

Chế độ điều biến	QPSK											
Chỉ số bit đầu vào i mod $N_{substreams}$	0	1										
Chỉ số bit đầu ra	0	1										
Chế độ điều biến	16-QAM											
Chỉ số bit đầu vào i mod $N_{substreams}$	0	1	2	3								
Chỉ số bit đầu ra	0	2	1	3								
Chế độ điều biến	64-QAM											
Chỉ số bit đầu vào i mod $N_{substreams}$	0	1	2	3	4	5						
Chỉ số bit đầu ra	0	3	1	4	2	5						
Chế độ điều biến	256-QAM											
Chỉ số bit đầu vào i mod $N_{substreams}$	0	1	2	3	4	5	6	7				
Chỉ số bit đầu ra	0	4	1	5	2	6	3	7				
Chế độ điều biến	1024-QAM											
Chỉ số bit đầu vào i mod $N_{substreams}$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
Chỉ số bit đầu ra	0	5	1	6	2	7	3	8	4	9		
Chế độ điều biến	4096-QAM											
Chỉ số bit đầu vào i mod $N_{substreams}$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Chỉ số bit đầu ra	0	6	1	7	2	8	3	9	4	10	5	11

Dựa vào bảng 27, ví dụ, khi phương pháp điều biến là 1024-QAM, thì số lượng dòng con bằng 10 vì số lượng bit tạo nên ký hiệu điều biến bằng 10 với phương pháp

điều biến 1024-QAM. Trong trường hợp này, bộ phân kênh (không được thể hiện trên hình vẽ) có thể xuất ra, trong số các bit đầu vào theo thứ tự lần lượt, các bit có chỉ số i thoả mãn hệ thức i mod 10 = 0 cho dòng con thứ 0, các bit có chỉ số i thoả mãn hệ thức i mod 10 = 1 cho dòng con thứ 5, các bit có chỉ số i thoả mãn hệ thức i mod 10 = 2 cho dòng con thứ 1, các bit có chỉ số i thoả mãn hệ thức i mod 10 = 3 cho dòng con thứ 6, các bit có chỉ số i thoả mãn hệ thức i mod 10 = 4 cho dòng con thứ 2, các bit có chỉ số i thoả mãn hệ thức i mod 10 = 5 cho dòng con thứ 7, các bit có chỉ số i thoả mãn hệ thức i mod 10 = 6 cho dòng con thứ 3, các bit có chỉ số i thoả mãn hệ thức i mod 10 = 7 cho dòng con thứ 8, các bit có chỉ số i thoả mãn hệ thức i mod 10 = 8 cho dòng con thứ 4, và các bit có chỉ số i thoả mãn hệ thức i mod 10 = 9 cho dòng con thứ 9.

Do đó, các bit từ mã LDPC được nhập vào bộ phân kênh (không được thể hiện trên hình vẽ), $(q_0, q_1, q_2, q_3, q_4, q_5, q_6, q_7, q_8, q_9, \ldots)$, có thể được xuất ra thành các ô có cấu trúc dưới dạng $(y_{0,0}, y_{1,0}, y_{2,0}, y_{3,0}, y_{4,0}, y_{5,0}, y_{6,0}, y_{7,0}, y_{8,0}, y_{9,0}) = (q_0, q_5, q_1, q_6, q_2, q_7, q_3, q_8, q_4, q_9)$, $(y_{0,1}, y_{1,1}, y_{2,1}, y_{3,1}, y_{4,1}, y_{5,1}, y_{6,1}, y_{7,1}, y_{8,1}, y_{9,1}) = (q_{10}, q_{15}, q_{11}, q_{16}, q_{12}, q_{17}, q_{13}, q_{18}, q_{14}, q_{19})$, …

Khi bộ đan xen khối 124 có số lượng cột bằng với số lượng bit tạo nên ký hiệu điều biến, thì bộ phân kênh (không được thể hiện trên hình vẽ) có thể xuất ra các bit từ mã LDPC đầu vào cho mỗi dòng theo thứ tự lần lượt mà không cần thay đổi thứ tự của các bit. Nghĩa là, như được thể hiện trên Fig.13, bộ phân kênh (không được thể hiện trên hình vẽ) có thể xuất ra các bit từ mã LDPC đầu vào $(q_0, q_1, q_2, \ldots)$ cho mỗi dòng con theo thứ tự lần lượt, và do đó, mỗi ô có thể có cấu trúc dưới dạng $(y_{0,0}, y_{1,0}, \ldots, y_{\eta MOD-1,0}) = (q_0, q_1, \ldots, q_{\eta MOD-1})$, $(y_{0,1}, y_{1,1}, \ldots, y_{\eta MOD-1,1}) = (q_{\eta MOD}, q_{\eta MOD+1}, \ldots, q_{2\times\eta MOD-1})$, …

Ví dụ, khi phương pháp điều biến là 1024-QAM, thì số lượng bit tạo nên ký hiệu điều biến, η_{MOD}, bằng 10 và do đó số lượng dòng con, $N_{substreams}$, bằng 10, và các ô có thể có cấu trúc dưới dạng $(y_{0,0}, y_{1,0}, y_{2,0}, y_{3,0}, y_{4,0}, y_{5,0}, y_{6,0}, y_{7,0}, y_{8,0}, y_{9,0}) = (q_0, q_1, q_2, q_3, q_4, q_5, q_6, q_7, q_8, q_9)$, $(y_{0,1}, y_{1,1}, y_{2,1}, y_{3,1}, y_{4,1}, y_{5,1}, y_{6,1}, y_{7,1}, y_{8,1}, y_{9,1}) = (q_{10}, q_{11}, q_{12}, q_{13}, q_{14}, q_{15}, q_{16}, q_{17}, q_{18}, q_{19})$, …, $(y_{0,2}, y_{1,2}, y_{2,2}, y_{3,2}, y_{4,2}, y_{5,2}, y_{6,2}, y_{7,2}, y_{8,2}, y_{9,2}) = (q_{20}, q_{21}, q_{22}, q_{23}, q_{24}, q_{25}, q_{26}, q_{27}, q_{28}, q_{29})$.

Trong ví dụ nêu trên, bộ phân kênh (không được thể hiện trên hình vẽ) có thể xuất ra các bit từ mã LDPC đầu vào cho mỗi dòng theo thứ tự lần lượt mà không cần thay đổi

thứ tự của các bit. Tuy nhiên, đó chỉ là ví dụ minh hoạ. Theo phương án làm ví dụ thực hiện sáng chế, khi bộ đan xen khối 124 có số lượng cột bằng với số lượng bit tạo nên ký hiệu điều biến, thì bộ phân kênh (không được thể hiện trên hình vẽ) có thể được loại bỏ.

Bộ điều biến 130 có thể ánh xạ từ mã LDPC đã phân kênh lên các ký hiệu điều biến. Tuy nhiên, khi bộ phân kênh (không được thể hiện trên hình vẽ) được loại bỏ như đã nêu trên, thì bộ điều biến 130 có thể ánh xạ các bit từ mã LDPC được xuất ra từ bộ đan xen 120, tức là các bit của từ mã LDPC đã được đan xen khối, lên các ký hiệu điều biến.

Cụ thể, bộ điều biến 130 có thể điều biến các bit (tức là các ô) xuất ra từ bộ phân kênh (không được thể hiện trên hình vẽ) theo các phương pháp điều biến khác nhau như QPSK, 16-QAM, 64-QAM, 256-QAM, 1024-QAM và 4096-QAM. Ví dụ, khi phương pháp điều biến là QPSK, 16-QAM, 64-QAM, 256-QAM, 1024-QAM và 4096-QAM, thì số lượng bit tạo nên ký hiệu điều biến, η_{MOD}, có thể lần lượt bằng 2, 4, 6, 8, 10 và 12.

Trong trường hợp này, vì mỗi ô được xuất ra từ bộ phân kênh (không được thể hiện trên hình vẽ) có số lượng bit đúng bằng số lượng bit tạo nên ký hiệu điều biến, cho nên bộ điều biến 130 có thể tạo ra ký hiệu điều biến bằng cách ánh xạ mỗi ô xuất ra từ bộ phân kênh (không được thể hiện trên hình vẽ) lên một điểm trong chòm điểm theo thứ tự lần lượt. Trong đó, một ký hiệu điều biến tương ứng với một điểm trong chòm điểm.

Tuy nhiên, bộ phân kênh nêu trên (không được thể hiện trên hình vẽ) có thể được loại bỏ tuỳ theo trường hợp ứng dụng. Trong trường hợp đó, bộ điều biến 130 có thể tạo ra các ký hiệu điều biến bằng cách nhóm một số lượng bit định trước trong số các bit đã đan xen theo thứ tự lần lượt và ánh xạ số lượng bit định trước này lên các điểm trong chòm điểm. Trong trường hợp đó, bộ điều biến 130 có thể tạo ra các ký hiệu điều biến bằng cách ánh xạ η_{MOD} bit lên các điểm trong chòm điểm theo thứ tự lần lượt theo phương pháp điều biến.

Bộ điều biến 130 có thể điều biến bằng cách ánh xạ các ô được xuất ra từ bộ phân kênh (không được thể hiện trên hình vẽ) lên các điểm trong chòm điểm theo phương pháp điều biến chòm điểm không đồng đều (Non-Uniform Constellation, NUC). Ví dụ, bộ điều biến 130 có thể điều biến các bit xuất ra từ bộ phân kênh (không được thể hiện trên hình vẽ) theo các phương pháp điều biến khác nhau như phương pháp điều biến chòm điểm không đồng đều 16-QAM, phương pháp điều biến chòm điểm không đồng đều 64-QAM,

phương pháp điều biến chòm điểm không đồng đều 256-QAM, phương pháp điều biến chòm điểm không đồng đều 1024-QAM, phương pháp điều biến chòm điểm không đồng đều 4096-QAM, v.v..

Trong phương pháp điều biến chòm điểm không đồng đều, khi một điểm trong chòm điểm nằm ở góc phần tư thứ nhất được xác định, thì các điểm trong chòm điểm nằm ở ba góc phần tư còn lại có thể được xác định theo cách như sau. Ví dụ, khi một tập hợp của các điểm trong chòm điểm được xác định đối với góc phần tư thứ nhất là X, thì tập hợp này sẽ là –conj(X) đối với góc phần tư thứ hai, là conj(X) đối với góc phần tư thứ ba, và là –(X) đối với góc phần tư thứ tư.

Nghĩa là, khi góc phần tư thứ nhất được xác định, thì các góc phần tư còn lại có thể được biểu diễn như sau:

Góc phần tư 1 (góc phần tư thứ nhất) = X

Góc phần tư 2 (góc phần tư thứ hai) = –conj(X)

Góc phần tư 3 (góc phần tư thứ ba) = conj(X)

Góc phần tư 4 (góc phần tư thứ tư) = –X.

Cụ thể, khi phương pháp điều biến chòm điểm không đồng đều M-QAM được áp dụng, thì M điểm trong chòm điểm có thể được xác định dưới dạng $z = \{z_0, z_1, \ldots, z_{M-1}\}$. Trong trường hợp này, khi các điểm trong chòm điểm xuất hiện ở góc phần tư thứ nhất được xác định dưới dạng $\{x_0, x_1, x_2, \ldots, x_{M/4-1}\}$, thì z có thể được xác định như sau:

từ z_0 đến $z_{M/4-1}$ = từ x_0 đến $x_{M/4}$

từ $z_{M/4}$ đến $z_{2xM/4-1}$ = –conj(từ x_0 đến $x_{M/4}$)

từ $z_{2xM/4}$ đến $z_{3xM/4-1}$ = conj(từ x_0 đến $x_{M/4}$)

từ $z_{3xM/4}$ đến $z_{4xM/4-1}$ = –(từ x_0 đến $x_{M/4}$).

Do đó, bộ điều biến 130 có thể ánh xạ các bit $[y_0, \ldots, y_{m-1}]$ được xuất ra từ bộ phân kênh (không được thể hiện trên hình vẽ) lên các điểm trong chòm điểm trong phương pháp điều biến chòm điểm không đồng đều bằng cách ánh xạ các bit đầu ra lên z_L có chỉ số $L = \sum_{i=0}^{m-1} (y_1 \times 2^{m-1})$.

Ví dụ về chòm điểm được xác định theo phương pháp điều biến chòm điểm không

đồng đều 1024-QAM được thể hiện trong các bảng từ bảng 28 dưới đây khi tỷ lệ mã bằng 6/15, 8/15, 10/15, 12/15. Trong trường hợp này, các điểm trong chòm điểm xuất hiện ở góc phần tư thứ nhất có thể được xác định dựa vào bảng 28, và các điểm trong chòm điểm nằm ở ba góc phần tư còn lại có thể được xác định theo phương pháp nêu trên.

Bảng 28

	CR 6/15	CR 8/15	CR 10/15	CR 12/15
Nhãn (số nguyên)	Chòm điểm	Chòm điểm	Chòm điểm	Chòm điểm
0	1,5031 + 1,5031i	1,4800 + 1,4800i	1,4377 + 1,4377i	1,3675 + 1,3675i
1	1,5031 + 1,2286i	1,4800 + 1,2281i	1,4377 + 1,2232i	1,3675 + 1,1917i
2	1,2286 + 1,5031i	1,2281 + 1,4800i	1,2232 + 1,4377i	1,1917 + 1,3675i
3	1,2286 + 1,2286i	1,2281 + 1,2281i	1,2232 + 1,2232i	1,1917 + 1,1917i
4	1,5031 + 0,9418i	1,4800 + 0,9212i	1,4377 + 0,9302i	1,3675 + 0,9386i
5	1,5031 + 1,0048i	1,4800 + 1,0349i	1,4377 + 1,0579i	1,3675 + 1,0529i
6	1,2286 + 0,9418i	1,2281 + 0,9212i	1,2232 + 0,9302i	1,1917 + 0,9386i
7	1,2286 + 1,0048i	1,2281 + 1,0349i	1,2232 + 1,0579i	1,1917 + 1,0529i
8	0,9418 + 1,5031i	0,9212 + 1,4800i	0,9302 + 1,4377i	0,9386 + 1,3675i
9	0,9418 + 1,2286i	0,9212 + 1,2281i	0,9302 + 1,2232i	0,9386 + 1,1917i
10	1,0048 + 1,5031i	1,0349 + 1,4800i	1,0579 + 1,4377i	1,0529 + 1,3675i
11	1,0048 + 1,2286i	1,0349 + 1,2281i	1,0579 + 1,2232i	1,0529 + 1,1917i
12	0,9418 + 0,9418i	0,9212 + 0,9212i	0,9302 + 0,9302i	0,9386 + 0,9386i
13	0,9418 + 1,0048i	0,9212 + 1,0349i	0,9302 + 1,0579i	0,9386 + 1,0529i
14	1,0048 + 0,9418i	1,0349 + 0,9212i	1,0579 + 0,9302i	1,0529 + 0,9386i
15	1,0048 + 1,0048i	1,0349 + 1,0349i	1,0579 + 1,0579i	1,0529 + 1,0529i
16	1,5031 + 0,6097i	1,4800 + 0,5810i	1,4377 + 0,5505i	1,3675 + 0,5763i
17	1,5031 + 0,6072i	1,4800 + 0,5872i	1,4377 + 0,6150i	1,3675 + 0,6531i
18	1,2286 + 0,6097i	1,2281 + 0,5810i	1,2232 + 0,5505i	1,1917 + 0,5763i
19	1,2286 + 0,6072i	1,2281 + 0,5872i	1,2232 + 0,6150i	1,1917 + 0,6531i
20	1,5031 + 0,7196i	1,4800 + 0,7604i	1,4377 + 0,8066i	1,3675 + 0,8324i
21	1,5031 + 0,7113i	1,4800 + 0,7213i	1,4377 + 0,7158i	1,3675 + 0,7417i
22	1,2286 + 0,7196i	1,2281 + 0,7604i	1,2232 + 0,8066i	1,1917 + 0,8324i
23	1,2286 + 0,7113i	1,2281 + 0,7213i	1,2232 + 0,7158i	1,1917 + 0,7417i
24	0,9418 + 0,6097i	0,9212 + 0,5810i	0,9302 + 0,5505i	0,9386 + 0,5763i
25	0,9418 + 0,6072i	0,9212 + 0,5872i	0,9302 + 0,6150i	0,9386 + 0,6531i
26	1,0048 + 0,6097i	1,0349 + 0,5810i	1,0579 + 0,5505i	1,0529 + 0,5763i
27	1,0048 + 0,6072i	1,0349 + 0,5872i	1,0579 + 0,6150i	1,0529 + 0,6531i
28	0,9418 + 0,7196i	0,9212 + 0,7604i	0,9302 + 0,8066i	0,9386 + 0,8324i
29	0,9418 + 0,7113i	0,9212 + 0,7213i	0,9302 + 0,7158i	0,9386 + 0,7417i
30	1,0048 + 0,7196i	1,0349 + 0,7604i	1,0579 + 0,8066i	1,0529 + 0,8324i
31	1,0048 + 0,7113i	1,0349 + 0,7213i	1,0579 + 0,7158i	1,0529 + 0,7417i
32	0,6097 + 1,5031i	0,5810 + 1,4800i	0,5505 + 1,4377i	0,5763 + 1,3675i
33	0,6097 + 1,2286i	0,5810 + 1,2281i	0,5505 + 1,2232i	0,5763 + 1,1917i
34	0,6072 + 1,5031i	0,5872 + 1,4800i	0,6150 + 1,4377i	0,6531 + 1,3675i

35	0,6072 + 1,2286i	0,5872 + 1,2281i	0,6150 + 1,2232i	0,6531 + 1,1917i
36	0,6097 + 0,9418i	0,5810 + 0,9212i	0,5505 + 0,9302i	0,5763 + 0,9386i
37	0,6097 + 1,0048i	0,5810 + 1,0349i	0,5505 + 1,0579i	0,5763 + 1,0529i
38	0,6072 + 0,9418i	0,5872 + 0,9212i	0,6150 + 0,9302i	0,6531 + 0,9386i
39	0,6072 + 1,0048i	0,5872 + 1,0349i	0,6150 + 1,0579i	0,6531 + 1,0529i
40	0,7196 + 1,5031i	0,7604 + 1,4800i	0,8066 + 1,4377i	0,8324 + 1,3675i
41	0,7196 + 1,2286i	0,7604 + 1,2281i	0,8066 + 1,2232i	0,8324 + 1,1917i
42	0,7113 + 1,5031i	0,7213 + 1,4800i	0,7158 + 1,4377i	0,7417 + 1,3675i
43	0,7113 + 1,2286i	0,7213 + 1,2281i	0,7158 + 1,2232i	0,7417 + 1,1917i
44	0,7196 + 0,9418i	0,7604 + 0,92121	0,8066 + 0,9302i	0,8324 + 0,9386i
45	0,7196 + 1,0048i	0,7604 + 1,0349i	0,8066 + 1,0579i	0,8324 + 1,0529i
46	0,7113 + 0,9418i	0,7213 + 0,9212i	0,7158 + 0,9302i	0,7417 + 0,9386i
47	0,7113 + 1,0048i	0,7213 + 1,0349i	0,7158 + 1,0579i	0,7417 + 1,0529i
48	0,6097 + 0,6097i	0,5810 + 0,58101	0,5505 + 0,5505i	0,5763 + 0,5763i
49	0,6097 + 0,6072i	0,5810 + 0,5872i	0,5505 + 0,6150i	0,5763 + 0,6531i
50	0,6072 + 0,6097i	0,5872 + 0,5810i	0,6150 + 0,5505i	0,6531 + 0,5763i
51	0,6072 + 0,6072i	0,5872 + 0,5872i	0,6150 + 0,6150i	0,6531 + 0,6531i
52	0,6097 + 0,7196i	0,5810 + 0,7604i	0,5505 + 0,8066i	0,5763 + 0,8324i
53	0,6097 + 0,7113i	0,5810 + 0,72131	0,5505 + 0,7158i	0,5763 + 0,7417i
54	0,6072 + 0,7196i	0,5872 + 0,7604i	0,6150 + 0,8066i	0,6531 + 0,8324i
55	0,6072 + 0,7113i	0,5872 + 0,7213i	0,6150 + 0,7158i	0,6531 + 0,7417i
56	0,7196 + 0,6097i	0,7604 + 0,5810i	0,8066 + 0,5505i	0,8324 + 0,5763i
57	0,7196 + 0,6072i	0,7604 + 0,5872i	0,8066 + 0,6150i	0,8324 + 0,6531i
58	0,7113 + 0,6097i	0,7213 + 0,5810i	0,7158 + 0,5505i	0,7417 + 0,5763i
59	0,7113 + 0,6072i	0,7213 + 0,5872i	0,7158 + 0,6150i	0,7417 + 0,6531i
60	0,7196 + 0,7196i	0,7604 + 0,7604i	0,8066 + 0,8066i	0,8324 + 0,8324i
61	0,7196 + 0,7113i	0,7604 + 0,7213i	0,8066 + 0,7158i	0,8324 + 0,7417i
62	0,7113 + 0,7196i	0,7213 + 0,7604i	0,7158 + 0,8066i	0,7417 + 0,8324i
63	0,7113 + 0,7113i	0,7213 + 0,7213i	0,7158 + 0,7158i	0,7417 + 0,7417i
64	1,5031 + 0,1275i	1,4800 + 0,0773i	1,4377 + 0,0596i	1,3675 + 0,0354i
65	1,5031 + 0,1276i	1,4800 + 0,0773i	1,4377 + 0,0642i	1,3675 + 0,0921i
66	1,2286 + 0,1275i	1,2281 + 0,0773i	1,2232 + 0,0596i	1,1917 + 0,0354i
67	1,2286 + 0,1276i	1,2281 + 0,0773i	1,2232 + 0,0642i	1,1917 + 0,0921i
68	1,5031 + 0,1295i	1,4800 + 0,1614i	1,4377 + 0,1766i	1,3675 + 0,2185i
69	1,5031 + 0,1294i	1,4800 + 0,1614i	1,4377 + 0,1669i	1,3675 + 0,1602i
70	1,2286 + 0,1295i	1,2281 + 0,1614i	1,2232 + 0,1766i	1,1917 + 0,2185i
71	1,2286 + 0,1294i	1,2281 + 0,1614i	1,2232 + 0,1669i	1,1917 + 0,1602i
72	0,9418 + 0,1275i	0,9212 + 0,0773i	0,9302 + 0,0596i	0,9386 + 0,0354i
73	0,9418 + 0,1276i	0,9212 + 0,0773i	0,9302 + 0,0642i	0,9386 + 0,0921i
74	1,0048 + 0,1275i	1,0349 + 0,0773i	1,0579 + 0,0596i	1,0529 + 0,0354i
75	1,0048 + 0,1276i	1,0349 + 0,0773i	1,0579 + 0,0642i	1,0529 + 0,0921i
76	0,9418 + 0,1295i	0,9212 + 0,1614i	0,9302 + 0,1766i	0,9386 + 0,2185i
77	0,9418 + 0,1294i	0,9212 + 0,1614i	0,9302 + 0,1669i	0,9386 + 0,1602i
78	1,0048 + 0,1295i	1,0349 + 0,1614i	1,0579 + 0,1766i	1,0529 + 0,2185i
79	1,0048 + 0,1294i	1,0349 + 0,1614i	1,0579 + 0,1669i	1,0529 + 0,1602i

80	1,5031 + 0,3666i	1,4800 + 0,4163i	1,4377 + 0,4471i	1,3675 + 0,4947i
81	1,5031 + 0,3675i	1,4800 + 0,4159i	1,4377 + 0,4043i	1,3675 + 0,4264i
82	1,2286 + 0,3666i	1,2281 + 0,4163i	1,2232 + 0,4471i	1,1917 + 0,4947i
83	1,2286 + 0,3675i	1,2281 + 0,4159i	1,2232 + 0,4043i	1,1917 + 0,4264i
84	1,5031 + 0,3424i	1,4800 + 0,3086i	1,4377 + 0,2868i	1,3675 + 0,2910i
85	1,5031 + 0,3431i	1,4800 + 0,3085i	1,4377 + 0,3091i	1,3675 + 0,3530i
86	1,2286 + 0,3424i	1,2281 + 0,3086i	1,2232 + 0,2868i	1,1917 + 0,2910i
87	1,2286 + 0,3431i	1,2281 + 0,3085i	1,2232 + 0,3091i	1,1917 + 0,3530i
88	0,9418 + 0,3666i	0,9212 + 0,4163i	0,9302 + 0,4471i	0,9386 + 0,4947i
89	0,9418 + 0,3675i	0,9212 + 0,4159i	0,9302 + 0,4043i	0,9386 + 0,4264i
90	1,0048 + 0,3666i	1,0349 + 0,4163i	1,0579 + 0,4471i	1,0529 + 0,4947i
91	1,0048 + 0,3675i	1,0349 + 0,4159i	1,0579 + 0,4043i	1,0529 + 0,4264i
92	0,9418 + 0,3424i	0,9212 + 0,3086i	0,9302 + 0,2868i	0,9386 + 0,2910i
93	0,9418 + 0,3431i	0,9212 + 0,3085i	0,9302 + 0,3091i	0,9386 + 0,3530i
94	1,0048 + 0,3424i	1,0349 + 0,3086i	1,0579 + 0,2868i	1,0529 + 0,2910i
95	1,0048 + 0,3431i	1,0349 + 0,3085i	1,0579 + 0,3091i	1,0529 + 0,3530i
96	0,6097 + 0,1275i	0,5810 + 0,0773i	0,5505 + 0,0596i	0,5763 + 0,0354i
97	0,6097 + 0,1276i	0,5810 + 0,0773i	0,5505 + 0,0642i	0,5763 + 0,0921i
98	0,6072 + 0,1275i	0,5872 + 0,0773i	0,6150 + 0,0596i	0,6531 + 0,0354i
99	0,6072 + 0,1276i	0,5872 + 0,0773i	0,6150 + 0,0642i	0,6531 + 0,0921i
100	0,6097 + 0,1295i	0,5810 + 0,1614i	0,5505 + 0,1766i	0,5763 + 0,2185i
101	0,6097 + 0,1294i	0,5810 + 0,1614i	0,5505 + 0,1669i	0,5763 + 0,1602i
102	0,6072 + 0,1295i	0,5872 + 0,1614i	0,6150 + 0,1766i	0,6531 + 0,2185i
103	0,6072 + 0,1294i	0,5872 + 0,1614i	0,6150 + 0,1669i	0,6531 + 0,1602i
104	0,7196 + 0,1275i	0,7604 + 0,0773i	0,8066 + 0,0596i	0,8324 + 0,0354i
105	0,7196 + 0,1276i	0,7604 + 0,0773i	0,8066 + 0,0642i	0,8324 + 0,0921i
106	0,7113 + 0,1275i	0,7213 + 0,0773i	0,7158 + 0,0596i	0,7417 + 0,0354i
107	0,7113 + 0,1276i	0,7213 + 0,0773i	0,7158 + 0,0642i	0,7417 + 0,0921i
108	0,7196 + 0,1295i	0,7604 + 0,1614i	0,8066 + 0,1766i	0,8324 + 0,2185i
109	0,7196 + 0,1294i	0,7604 + 0,1614i	0,8066 + 0,1669i	0,8324 + 0,1602i
110	0,7113 + 0,1295i	0,7213 + 0,1614i	0,7158 + 0,1766i	0,7417 + 0,2185i
111	0,7113 + 0,1294i	0,7213 + 0,1614i	0,7158 + 0,1669i	0,7417 + 0,1602i
112	0,6097 + 0,3666i	0,5810 + 0,4163i	0,5505 + 0,4471i	0,5763 + 0,4947i
113	0,6097 + 0,3675i	0,5810 + 0,4159i	0,5505 + 0,4043i	0,5763 + 0,4264i
114	0,6072 + 0,3666i	0,5872 + 0,4163i	0,6150 + 0,4471i	0,6531 + 0,4947i
115	0,6072 + 0,3675i	0,5872 + 0,4159i	0,6150 + 0,40431	0,6531 + 0,4264i
116	0,6097 + 0,3424i	0,5810 + 0,3086i	0,5505 + 0,2868i	0,5763 + 0,2910i
117	0,6097 + 0,3431i	0,5810 + 0,3085i	0,5505 + 0,3091i	0,5763 + 0,3530i
118	0,6072 + 0,3424i	0,5872 + 0,3086i	0,6150 + 0,2868i	0,6531 + 0,2910i
119	0,6072 + 0,3431i	0,5872 + 0,3085i	0,6150 + 0,3091i	0,6531 + 0,3530i
120	0,7196 + 0,3666i	0,7604 + 0,4163i	0,8066 + 0,4471i	0,8324 + 0,4947i
121	0,7196 + 0,3675i	0,7604 + 0,4159i	0,8066 + 0,4043i	0,8324 + 0,4264i
122	0,7113 + 0,3666i	0,7213 + 0,4163i	0,7158 + 0,4471i	0,7417 + 0,4947i
123	0,7113 + 0,3675i	0,7213 + 0,4159i	0,7158 + 0,4043i	0,7417 + 0,4264i
124	0,7196 + 0,3424i	0,7604 + 0,3086i	0,8066 + 0,2868i	0,8324 + 0,2910i

125	0,7196 + 0,3431i	0,7604 + 0,3085i	0,8066 + 0,3091i	0,8324 + 0,3530i
126	0,7113 + 0,3424i	0,7213 + 0,3086i	0,7158 + 0,2868i	0,7417 + 0,2910i
127	0,7113 + 0,3431i	0,7213 + 0,3085i	0,7158 + 0,3091i	0,7417 + 0,3530i
128	0,1275 + 1,5031i	0,0773 + 1,4800i	0,0596 + 1,4377i	0,0354 + 1,3675i
129	0,1275 + 1,2286i	0,0773 + 1,2281i	0,0596 + 1,2232i	0,0354 + 1,1917i
130	0,1276 + 1,5031i	0,0773 + 1,4800i	0,0642 + 1,4377i	0,0921 + 1,3675i
131	0,1276 + 1,2286i	0,0773 + 1,2281i	0,0642 + 1,2232i	0,0921 + 1,1917i
132	0,1275 + 0,9418i	0,0773 + 0,9212i	0,0596 + 0,9302i	0,0354 + 0,9386i
133	0,1275 + 1,0048i	0,0773 + 1,0349i	0,0596 + 1,0579i	0,0354 + 1,0529i
134	0,1276 + 0,9418i	0,0773 + 0,9212i	0,0642 + 0,9302i	0,0921 + 0,9386i
135	0,1276 + 1,0048i	0,0773 + 1,0349i	0,0642 + 1,0579i	0,0921 + 1,0529i
136	0,1295 + 1,5031i	0,1614 + 1,4800i	0,1766 + 1,4377i	0,2185 + 1,3675i
137	0,1295 + 1,2286i	0,1614 + 1,2281i	0,1766 + 1,2232i	0,2185 + 1,1917i
138	0,1294 + 1,5031i	0,1614 + 1,4800i	0,1669 + 1,4377i	0,1602 + 1,3675i
139	0,1294 + 1,2286i	0,1614 + 1,2281i	0,1669 + 1,2232i	0,1602 + 1,1917i
140	0,1295 + 0,9418i	0,1614 + 0,9212i	0,1766 + 0,9302i	0,2185 + 0,9386i
141	0,1295 + 1,0048i	0,1614 + 1,0349i	0,1766 + 1,0579i	0,2185 + 1,0529i
142	0,1294 + 0,9418i	0,1614 + 0,9212i	0,1669 + 0,9302i	0,1602 + 0,9386i
143	0,1294 + 1,0048i	0,1614 + 1,0349i	0,1669 + 1,0579i	0,1602 + 1,0529i
144	0,1275 + 0,6097i	0,0773 + 0,5810i	0,0596 + 0,5505i	0,0354 + 0,5763i
145	0,1275 + 0,6072i	0,0773 + 0,5872i	0,0596 + 0,6150i	0,0354 + 0,6531i
146	0,1276 + 0,6097i	0,0773 + 0,5810i	0,0642 + 0,5505i	0,0921 + 0,5763i
147	0,1276 + 0,6072i	0,0773 + 0,5872i	0,0642 + 0,6150i	0,0921 + 0,6531i
148	0,1275 + 0,7196i	0,0773 + 0,7604i	0,0596 + 0,8066i	0,0354 + 0,8324i
149	0,1275 + 0,7113i	0,0773 + 0,7213i	0,0596 + 0,7158i	0,0354 + 0,7417i
150	0,1276 + 0,7196i	0,0773 + 0,7604i	0,0642 + 0,8066i	0,0921 + 0,8324i
151	0,1276 + 0,7113i	0,0773 + 0,7213i	0,0642 + 0,7158i	0,0921 + 0,7417i
152	0,1295 + 0,6097i	0,1614 + 0,5810i	0,1766 + 0,5505i	0,2185 + 0,5763i
153	0,1295 + 0,6072i	0,1614 + 0,5872i	0,1766 + 0,6150i	0,2185 + 0,6531i
154	0,1294 + 0,6097i	0,1614 + 0,5810i	0,1669 + 0,5505i	0,1602 + 0,5763i
155	0,1294 + 0,6072i	0,1614 + 0,5872i	0,1669 + 0,6150i	0,1602 + 0,6531i
156	0,1295 + 0,7196i	0,1614 + 0,7604i	0,1766 + 0,8066i	0,2185 + 0,8324i
157	0,1295 + 0,7113i	0,1614 + 0,7213i	0,1766 + 0,7158i	0,2185 + 0,7417i
158	0,1294 + 0,7196i	0,1614 + 0,7604i	0,1669 + 0,8066i	0,1602 + 0,8324i
159	0,1294 + 0,7113i	0,1614 + 0,7213i	0,1669 + 0,7158i	0,1602 + 0,7417i
160	0,3666 + 1,5031i	0,4163 + 1,4800i	0,4471 + 1,4377i	0,4947 + 1,3675i
161	0,3666 + 1,2286i	0,4163 + 1,2281i	0,4471 + 1,2232i	0,4947 + 1,1917i
162	0,3675 + 1,5031i	0,4159 + 1,4800i	0,4043 + 1,4377i	0,4264 + 1,3675i
163	0,3675 + 1,2286i	0,4159 + 1,2281i	0,4043 + 1,2232i	0,4264 + 1,1917i
164	0,3666 + 0,9418i	0,4163 + 0,9212i	0,4471 + 0,9302i	0,4947 + 0,9386i
165	0,3666 + 1,0048i	0,4163 + 1,0349i	0,4471 + 1,0579i	0,4947 + 1,0529i
166	0,3675 + 0,9418i	0,4159 + 0,9212i	0,4043 + 0,9302i	0,4264 + 0,9386i
167	0,3675 + 1,0048i	0,4159 + 1,0349i	0,4043 + 1,0579i	0,4264 + 1,0529i
168	0,3424 + 1,5031i	0,3086 + 1,4800i	0,2868 + 1,4377i	0,2910 + 1,3675i
169	0,3424 + 1,2286i	0,3086 + 1,2281i	0,2868 + 1,2232i	0,2910 + 1,1917i

170	0,3431 + 1,5031i	0,3085 + 1,4800i	0,3091 + 1,4377i	0,3530 + 1,3675i
171	0,3431 + 1,2286i	0,3085 + 1,2281i	0,3091 + 1,2232i	0,3530 + 1,1917i
172	0,3424 + 0,9418i	0,3086 + 0,9212i	0,2868 + 0,9302i	0,2910 + 0,9386i
173	0,3424 + 1,0048i	0,3086 + 1,0349i	0,2868 + 1,0579i	0,2910 + 1,0529i
174	0,3431 + 0,9418i	0,3085 + 0,9212i	0,3091 + 0,9302i	0,3530 + 0,9386i
175	0,3431 + 1,0048i	0,3085 + 1,0349i	0,3091 + 1,0579i	0,3530 + 1,0529i
176	0,3666 + 0,6097i	0,4163 + 0,5810i	0,4471 + 0,5505i	0,4947 + 0,5763i
177	0,3666 + 0,6072i	0,4163 + 0,5872i	0,4471 + 0,6150i	0,4947 + 0,6531i
178	0,3675 + 0,6097i	0,4159 + 0,5810i	0,4043 + 0,5505i	0,4264 + 0,5763i
179	0,3675 + 0,6072i	0,4159 + 0,5872i	0,4043 + 0,6150i	0,4264 + 0,6531i
180	0,3666 + 0,7196i	0,4163 + 0,7604i	0,4471 + 0,8066i	0,4947 + 0,8324i
181	0,3666 + 0,7113i	0,4163 + 0,7213i	0,4471 + 0,7158i	0,4947 + 0,7417i
182	0,3675 + 0,7196i	0,4159 + 0,7604i	0,4043 + 0,8066i	0,4264 + 0,8324i
183	0,3675 + 0,7113i	0,4159 + 0,7213i	0,4043 + 0,7158i	0,4264 + 0,7417i
184	0,3424 + 0,6097i	0,3086 + 0,5810i	0,2868 + 0,5505i	0,2910 + 0,5763i
185	0,3424 + 0,6072i	0,3086 + 0,5872i	0,2868 + 0,6150i	0,2910 + 0,6531i
186	0,3431 + 0,6097i	0,3085 + 0,5810i	0,3091 + 0,5505i	0,3530 + 0,5763i
187	0,3431 + 0,6072i	0,3085 + 0,5872i	0,3091 + 0,6150i	0,3530 + 0,6531i
188	0,3424 + 0,7196i	0,3086 + 0,7604i	0,2868 + 0,8066i	0,2910 + 0,8324i
189	0,3424 + 0,7113i	0,3086 + 0,7213i	0,2868 + 0,7158i	0,2910 + 0,7417i
190	0,3431 + 0,7196i	0,3085 + 0,7604i	0,3091 + 0,8066i	0,3530 + 0,8324i
191	0,3431 + 0,7113i	0,3085 + 0,7213i	0,3091 + 0,7158i	0,3530 + 0,7417i
192	0,1275 + 0,1275i	0,0773 + 0,0773i	0,0596 + 0,0596i	0,0354 + 0,0354i
193	0,1275 + 0,1276i	0,0773 + 0,0773i	0,0596 + 0,0642i	0,0354 + 0,0921i
194	0,1276 + 0,1275i	0,0773 + 0,0773i	0,0642 + 0,0596i	0,0921 + 0,0354i
195	0,1276 + 0,1276i	0,0773 + 0,0773i	0,0642 + 0,0642i	0,0921 + 0,0921i
196	0,1275 + 0,1295i	0,0773 + 0,1614i	0,0596 + 0,1766i	0,0354 + 0,2185i
197	0,1275 + 0,1294i	0,0773 + 0,1614i	0,0596 + 0,1669i	0,0354 + 0,1602i
198	0,1276 + 0,1295i	0,0773 + 0,1614i	0,0642 + 0,1766i	0,0921 + 0,2185i
199	0,1276 + 0,1294i	0,0773 + 0,1614i	0,0642 + 0,1669i	0,0921 + 0,1602i
200	0,1295 + 0,1275i	0,1614 + 0,0773i	0,1766 + 0,0596i	0,2185 + 0,0354i
201	0,1295 + 0,1276i	0,1614 + 0,0773i	0,1766 + 0,0642i	0,2185 + 0,0921i
202	0,1294 + 0,1275i	0,1614 + 0,0773i	0,1669 + 0,0596i	0,1602 + 0,0354i
203	0,1294 + 0,1276i	0,1614 + 0,0773i	0,1669 + 0,0642i	0,1602 + 0,0921i
204	0,1295 + 0,1295i	0,1614 + 0,1614i	0,1766 + 0,1766i	0,2185 + 0,2185i
205	0,1295 + 0,1294i	0,1614 + 0,1614i	0,1766 + 0,1669i	0,2185 + 0,1602i
206	0,1294 + 0,1295i	0,1614 + 0,1614i	0,1669 + 0,1766i	0,1602 + 0,2185i
207	0,1294 + 0,1294i	0,1614 + 0,1614i	0,1669 + 0,1669i	0,1602 + 0,1602i
208	0,1275 + 0,3666i	0,0773 + 0,4163i	0,0596 + 0,4471i	0,0354 + 0,4947i
209	0,1275 + 0,3675i	0,0773 + 0,4159i	0,0596 + 0,4043i	0,0354 + 0,4264i
210	0,1276 + 0,3666i	0,0773 + 0,4163i	0,0642 + 0,4471i	0,0921 + 0,4947i
211	0,1276 + 0,3675i	0,0773 + 0,4159i	0,0642 + 0,4043i	0,0921 + 0,4264i
212	0,1275 + 0,3424i	0,0773 + 0,3086i	0,0596 + 0,2868i	0,0354 + 0,2910i
213	0,1275 + 0,3431i	0,0773 + 0,3085i	0,0596 + 0,3091i	0,0354 + 0,3530i
214	0,1276 + 0,3424i	0,0773 + 0,3086i	0,0642 + 0,2868i	0,0921 + 0,2910i

215	0,1276 + 0,3431i	0,0773 + 0,3085i	0,0642 + 0,3091i	0,0921 + 0,3530i
216	0,1295 + 0,3666i	0,1614 + 0,4163i	0,1766 + 0,4471i	0,2185 + 0,4947i
217	0,1295 + 0,3675i	0,1614 + 0,4159i	0,1766 + 0,4043i	0,2185 + 0,4264i
218	0,1294 + 0,3666i	0,1614 + 0,4163i	0,1669 + 0,4471i	0,1602 + 0,4947i
219	0,1294 + 0,3675i	0,1614 + 0,4159i	0,1669 + 0,4043i	0,1602 + 0,4264i
220	0,1295 + 0,3424i	0,1614 + 0,3086i	0,1766 + 0,2868i	0,2185 + 0,2910i
221	0,1295 + 0,3431i	0,1614 + 0,3085i	0,1766 + 0,3091i	0,2185 + 0,3530i
222	0,1294 + 0,3424i	0,1614 + 0,3086i	0,1669 + 0,2868i	0,1602 + 0,2910i
223	0,1294 + 0,3431i	0,1614 + 0,3085i	0,1669 + 0,3091i	0,1602 + 0,3530i
224	0,3666 + 0,1275i	0,4163 + 0,0773i	0,4471 + 0,0596i	0,4947 + 0,0354i
225	0,3666 + 0,1276i	0,4163 + 0,0773i	0,4471 + 0,0642i	0,4947 + 0,0921i
226	0,3675 + 0,1275i	0,4159 + 0,0773i	0,4043 + 0,0596i	0,4264 + 0,0354i
227	0,3675 + 0,1276i	0,4159 + 0,0773i	0,4043 + 0,0642i	0,4264 + 0,0921i
228	0,3666 + 0,1295i	0,4163 + 0,1614i	0,4471 + 0,1766i	0,4947 + 0,2185i
229	0,3666 + 0,1294i	0,4163 + 0,1614i	0,4471 + 0,1669i	0,4947 + 0,1602i
230	0,3675 + 0,1295i	0,4159 + 0,1614i	0,4043 + 0,1766i	0,4264 + 0,2185i
231	0,3675 + 0,1294i	0,4159 + 0,1614i	0,4043 + 0,1669i	0,4264 + 0,1602i
232	0,3424 + 0,1275i	0,3086 + 0,0773i	0,2868 + 0,0596i	0,2910 + 0,0354i
233	0,3424 + 0,1276i	0,3086 + 0,0773i	0,2868 + 0,0642i	0,2910 + 0,0921i
234	0,3431 + 0,1275i	0,3085 + 0,0773i	0,3091 + 0,0596i	0,3530 + 0,0354i
235	0,3431 + 0,1276i	0,3085 + 0,0773i	0,3091 + 0,0642i	0,3530 + 0,0921i
236	0,3424 + 0,1295i	0,3086 + 0,1614i	0,2868 + 0,1766i	0,2910 + 0,2185i
237	0,3424 + 0,1294i	0,3086 + 0,1614i	0,2868 + 0,1669i	0,2910 + 0,1602i
238	0,3431 + 0,1295i	0,3085 + 0,1614i	0,3091 + 0,1766i	0,3530 + 0,2185i
239	0,3431 + 0,1294i	0,3085 + 0,1614i	0,3091 + 0,1669i	0,3530 + 0,1602i
240	0,3666 + 0,3666i	0,4163 + 0,4163i	0,4471 + 0,4471i	0,4947 + 0,4947i
241	0,3666 + 0,3675i	0,4163 + 0,4159i	0,4471 + 0,4043i	0,4947 + 0,4264i
242	0,3675 + 0,3666i	0,4159 + 0,4163i	0,4043 + 0,4471i	0,4264 + 0,4947i
243	0,3675 + 0,3675i	0,4159 + 0,4159i	0,4043 + 0,4043i	0,4264 + 0,4264i
244	0,3666 + 0,3424i	0,4163 + 0,3086i	0,4471 + 0,2868i	0,4947 + 0,2910i
245	0,3666 + 0,3431i	0,4163 + 0,3085i	0,4471 + 0,3091i	0,4947 + 0,3530i
246	0,3675 + 0,3424i	0,4159 + 0,3086i	0,4043 + 0,2868i	0,4264 + 0,2910i
247	0,3675 + 0,3431i	0,4159 + 0,3085i	0,4043 + 0,3091i	0,4264 + 0,3530i
248	0,3424 + 0,3666i	0,3086 + 0,4163i	0,2868 + 0,4471i	0,2910 + 0,4947i
249	0,3424 + 0,3675i	0,3086 + 0,4159i	0,2868 + 0,4043i	0,2910 + 0,4264i
250	0,3431 + 0,3666i	0,3085 + 0,4163i	0,3091 + 0,4471i	0,3530 + 0,4947i
251	0,3431 + 0,3675i	0,3085 + 0,4159i	0,3091 + 0,4043i	0,3530 + 0,4264i
252	0,3424 + 0,3424i	0,3086 + 0,3086i	0,2868 + 0,2868i	0,2910 + 0,2910i
253	0,3424 + 0,3431i	0,3086 + 0,3085i	0,2868 + 0,3091i	0,2910 + 0,3530i
254	0,3431 + 0,3424i	0,3085 + 0,3086i	0,3091 + 0,2868i	0,3530 + 0,2910i
255	0,3431 + 0,3431i	0,3085 + 0,3085i	0,3091 + 0,3091i	0,3530 + 0,3530i

Bảng 28 thể hiện ví dụ về chòm điểm được xác định theo phương pháp điều biến chòm điểm không đồng đều 1024-QAM. Tuy nhiên, đó chỉ là ví dụ minh hoạ. Các điểm

trong chòm điểm có thể được xác định theo cách khác đối với phương pháp điều biến chòm điểm không đồng đều 1024-QAM. Ngoài ra, các điểm trong chòm điểm có thể được xác định theo cách khác đối với phương pháp điều biến khác như phương pháp điều biến chòm điểm không đồng đều 16-QAM, phương pháp điều biến khác như phương pháp điều biến chòm điểm không đồng đều 64-QAM, phương pháp điều biến khác như phương pháp điều biến chòm điểm không đồng đều 256-QAM, phương pháp điều biến khác như phương pháp điều biến chòm điểm không đồng đều 4096-QAM, v.v..

Bước đan xen được thực hiện theo quy trình nêu trên vì các lý do như sau.

Cụ thể, khi các bit từ mã LDPC được ánh xạ lên ký hiệu điều biến, thì các bit này có thể có độ tin cậy khác nhau (tức là hiệu suất thu khác nhau hoặc xác suất thu khác nhau) tuỳ theo vị trí mà các bit được ánh xạ lên ở trong ký hiệu điều biến. Các bit từ mã LDPC có thể có các đặc trưng từ mã khác nhau tuỳ theo cấu trúc của ma trận kiểm tra chẵn lẻ. Nghĩa là, các bit từ mã LDPC có thể có các đặc trưng từ mã khác nhau tuỳ theo số lượng giá trị 1 có trong các cột của ma trận kiểm tra chẵn lẻ, tức là bậc của cột.

Do đó, bộ đan xen 120 có thể đan xen để ánh xạ các bit từ mã LDPC có đặc trưng từ mã cụ thể lên các bit cụ thể trong ký hiệu điều biến khi xem xét cả đặc trưng từ mã của các bit tạo nên từ mã LDPC lẫn độ tin cậy của các bit tạo nên ký hiệu điều biến.

Ví dụ, giả sử rằng bộ mã hoá 110 tạo ra từ mã LDPC có 64800 bit (N_{ldpc} = 64800) bằng cách mã hoá LDPC sử dụng tỷ lệ mã bằng 6/15, và bộ điều biến 130 sử dụng phương pháp điều biến chòm điểm không đồng đều 1024-QAM tương ứng với tỷ lệ mã bằng 6/15 dựa vào bảng 28.

Trong trường hợp này, bộ đan xen nhóm 122 có thể thực hiện bước đan xen nhóm dựa vào biểu thức 15 và bảng 9 (hoặc biểu thức 16 và bảng 15). Do đó, từ mã LDPC có các nhóm bit từ X_0 đến X_{179} được đan xen bằng bộ đan xen nhóm 122 và bộ đan xen nhóm 122 có thể xuất ra các nhóm bit theo thứ tự là X_{66}, X_{21}, X_{51}, …, X_{116}, X_{123}.

Trong trường hợp này, số lượng cột tạo nên bộ đan xen khối 124 có thể bằng 10 và mỗi cột có thể có 6480 (= 360×18) hàng. Nghĩa là, số lượng hàng tạo nên phần thứ nhất có thể bằng 6480 và số lượng hàng tạo nên phần thứ hai có thể bằng 0.

Do đó, trong số 180 nhóm bit tạo nên từ mã LDPC, 18 nhóm bit (X_{66}, X_{21}, X_{51}, X_{55},

X_{54}, X_{24}, X_{33}, X_{12}, X_{70}, X_{63}, X_{47}, X_{65}, X_{145}, X_8, X_0, X_{57}, X_{23}, X_{71}) có thể được nhập vào phần thứ nhất của cột thứ 1 của bộ đan xen khối 124, 18 nhóm bit (X_{59}, X_{14}, X_{40}, X_{42}, X_{62}, X_{56}, X_2, X_{43}, X_{64}, X_{58}, X_{67}, X_{53}, X_{68}, X_{61}, X_{39}, X_{52}, X_{69}, X_1) có thể được nhập vào phần thứ nhất của cột thứ 2 của bộ đan xen khối 124, 18 nhóm bit (X_{22}, X_{31}, X_{161}, X_{38}, X_{30}, X_{19}, X_{17}, X_{18}, X_4, X_{41}, X_{25}, X_{44}, X_{136}, X_{29}, X_{36}, X_{26}, X_{126}, X_{177}) có thể được nhập vào phần thứ nhất của cột thứ 3 của bộ đan xen khối 124, 18 nhóm bit (X_{15}, X_{37}, X_{148}, X_9, X_{13}, X_{45}, X_{46}, X_{152}, X_{50}, X_{49}, X_{27}, X_{77}, X_{60}, X_{35}, X_{48}, X_{178}, X_{28}, X_{34}) có thể được nhập vào phần thứ nhất của cột thứ 4 của bộ đan xen khối 124, 18 nhóm bit (X_{106}, X_{127}, X_{76}, X_{131}, X_{105}, X_{138}, X_{75}, X_{130}, X_{101}, X_{167}, X_{117}, X_{173}, X_{113}, X_{108}, X_{92}, X_{135}, X_{124}, X_{121}) có thể được nhập vào phần thứ nhất của cột thứ 5 của bộ đan xen khối 124, 18 nhóm bit (X_{97}, X_{149}, X_{143}, X_{81}, X_{32}, X_{96}, X_3, X_{78}, X_{107}, X_{86}, X_{98}, X_{16}, X_{162}, X_{150}, X_{111}, X_{158}, X_{172}, X_{139}) có thể được nhập vào phần thứ nhất của cột thứ 6 của bộ đan xen khối 124, 18 nhóm bit (X_{74}, X_{142}, X_{166}, X_7, X_5, X_{119}, X_{20}, X_{144}, X_{151}, X_{90}, X_{11}, X_{156}, X_{100}, X_{175}, X_{83}, X_{155}, X_{159}, X_{128}) có thể được nhập vào phần thứ nhất của cột thứ 7 của bộ đan xen khối 124, 18 nhóm bit (X_{88}, X_{87}, X_{93}, X_{103}, X_{94}, X_{140}, X_{165}, X_6, X_{137}, X_{157}, X_{10}, X_{85}, X_{141}, X_{129}, X_{146}, X_{122}, X_{73}, X_{112}) có thể được nhập vào phần thứ nhất của cột thứ 8 của bộ đan xen khối 124, 18 nhóm bit (X_{132}, X_{125}, X_{174}, X_{169}, X_{168}, X_{79}, X_{84}, X_{118}, X_{179}, X_{147}, X_{91}, X_{160}, X_{163}, X_{115}, X_{89}, X_{80}, X_{102}, X_{104}) có thể được nhập vào phần thứ nhất của cột thứ 9 của bộ đan xen khối 124, và 18 nhóm bit (X_{134}, X_{82}, X_{95}, X_{133}, X_{164}, X_{154}, X_{120}, X_{110}, X_{170}, X_{114}, X_{153}, X_{72}, X_{109}, X_{171}, X_{176}, X_{99}, X_{116}, X_{123}) có thể được nhập vào phần thứ nhất của cột thứ 10 của bộ đan xen khối 124.

Ngoài ra, bộ đan xen khối 124 có thể xuất ra các bit đã được nhập vào các hàng từ hàng thứ nhất đến hàng cuối cùng của mỗi cột theo thứ tự lần lượt, và các bit được xuất ra từ bộ đan xen khối 124 có thể được nhập vào bộ điều biến 130 theo thứ tự lần lượt. Trong trường hợp này, bộ phân kênh (không được thể hiện trên hình vẽ) có thể được loại bỏ hoặc bộ phân kênh (không được thể hiện trên hình vẽ) có thể xuất ra các bit đã được nhập vào theo thứ tự lần lượt mà không cần thay đổi thứ tự của các bit.

Do đó, một bit có trong mỗi nhóm bit X_{66}, X_{59}, X_{22}, X_{15}, X_{106}, X_{97}, X_{74}, X_{88}, X_{132} và X_{134} có thể tạo nên một ký hiệu điều biến.

Như đã nêu trên, vì một bit cụ thể được ánh xạ lên một bit cụ thể trong ký hiệu điều biến thông qua quy trình đan xen, cho nên thiết bị thu tín hiệu có thể vừa đạt được hiệu

suất thu cao lại vừa đạt được hiệu suất giải mã cao.

Nghĩa là, khi các bit từ mã LDPC có hiệu suất giải mã cao được ánh xạ lên các bit có độ tin cậy cao trong số các bit của mỗi ký hiệu điều biến, thì thiết bị thu tín hiệu có thể đạt được hiệu suất giải mã cao, tuy nhiên, vấn đề xảy ra là không thu được các bit từ mã LDPC có hiệu suất giải mã cao. Ngoài ra, khi các bit từ mã LDPC có hiệu suất giải mã cao được ánh xạ lên các bit có độ tin cậy thấp trong số các bit của ký hiệu điều biến, thì hiệu suất thu ban đầu là rất cao, và do đó, hiệu suất chung cũng sẽ rất cao. Tuy nhiên, khi thu được nhiều bit có hiệu suất giải mã thấp, thì có thể xảy ra tình trạng lan truyền lỗi.

Vì vậy, khi các bit từ mã LDPC được ánh xạ lên các ký hiệu điều biến, thì bit từ mã LDPC có đặc trưng từ mã cụ thể được ánh xạ lên một bit cụ thể của ký hiệu điều biến bằng cách xem xét cả đặc trưng từ mã của các bit tạo nên từ mã LDPC lẫn độ tin cậy của các bit tạo nên ký hiệu điều biến, và các bit đó được truyền đến thiết bị thu tín hiệu. Vì vậy, thiết bị thu tín hiệu có thể vừa đạt được hiệu suất thu cao lại vừa đạt được hiệu suất giải mã cao.

Phương pháp đan xen nhóm và đan xen khối nêu trên chỉ là ví dụ minh hoạ. Ngoài phương pháp nêu trên, phạm vi của sáng chế còn bao gồm cả các phương pháp khác để làm cho một bit có trong mỗi nhóm bit X_{66}, X_{59}, X_{22}, X_{15}, X_{106}, X_{97}, X_{74}, X_{88}, X_{132} và X_{134} tạo nên một ký hiệu điều biến.

Phương pháp xác định giá trị $\pi(j)$, là thông số dùng để đan xen nhóm, theo các phương án làm ví dụ thực hiện sáng chế sẽ được mô tả dưới đây. Trước tiên, cần xem xét các điều kiện sau đây:

Điều kiện 1) Thứ tự đan xen khác nhau được áp dụng tuỳ theo phương pháp điều biến và tỷ lệ mã.

Điều kiện 2) Đặc trưng hiệu suất của mỗi nhóm bit tạo nên từ mã LDPC và đặc trưng hiệu suất của mỗi bit tạo nên tín hiệu điều biến phải được xem xét đồng thời.

Ví dụ, đối với từ mã LDPC, các bit ngoài cùng bên trái có thể có hiệu suất cao, và các bit ngoài cùng bên trái tạo nên ký hiệu điều biến có thể có hiệu suất cao. Nghĩa là, giá trị tương đối của hiệu suất thu $P(y_i)$ của mỗi bit trong số 10 bit y_0, y_1, y_2, y_3, y_4, y_5, y_6, y_7, y_8 và y_9 dùng cho phương pháp điều biến chòm điểm không đồng đều 1024-QAM tuân

theo hệ thức: $P(y_0) = P(y_1) \geq P(y_2) = P(y_3) \geq P(y_4) = P(y_5) \geq P(y_6) = P(y_7) \geq P(y_8) = P(y_9)$.

Vì vậy, khi độ dài của từ mã LDPC bằng 64800 và áp dụng phương pháp điều biến chòm điểm không đồng đều 1024-QAM (dưới đây gọi là phương pháp điều biến 1024-NUC), có thể xác định được những bit nào trong số 10 bit theo phương pháp điều biến 1024-NUC mà 180 nhóm bit tạo nên từ mã LDPC được ánh xạ lên đó, có xem xét đồng thời cả các đặc trưng của từ mã LDPC và phương pháp điều biến. Trong trường hợp này, có thể xác định được trường hợp có hiệu suất ước tính cao nhất bằng cách sử dụng phương pháp triển khai mật độ.

Nghĩa là, có thể xem xét nhiều trường hợp mà trong đó 180 nhóm bit được ánh xạ lên 10 bit, và có thể tính được giá trị ngưỡng ước tính theo lý thuyết bằng cách áp dụng phương pháp triển khai mật độ cho từng trường hợp. Khi từ mã LDPC được truyền dưới dạng giá trị tỷ số tín hiệu trên tạp nhiễu (Signal-to-Noise Ratio, SNR), thì xác suất xuất hiện lỗi sẽ bằng 0 trong vùng có giá trị SNR lớn hơn giá trị ngưỡng. Vì vậy, có thể đảm bảo đạt được hiệu suất cao khi từ mã LDPC được truyền theo phương pháp như trong trường hợp có giá trị ngưỡng thấp trong số nhiều trường hợp ánh xạ. Tuy nhiên, phương án thiết kế bộ đan xen 120 dựa vào phương pháp triển khai mật độ là một phương án lý thuyết. Vì vậy, bộ đan xen 120 có thể được thiết kế bằng cách kiểm tra hiệu suất mã hoá dựa trên ma trận kiểm tra chẵn lẻ được thiết kế thực tế và dựa trên sơ đồ phân bố tuần hoàn, ngoài phương pháp lý thuyết là phương pháp triển khai mật độ.

Khi 180 nhóm bit được ánh xạ lên 10 bit, thì các nhóm bit liên quan đến các hàng có cùng một bậc trong ma trận kiểm tra chẵn lẻ được xếp vào cùng một nhóm, và, xác định xem những bit nào trong số 10 bit theo phương pháp điều biến 1024-QAM mà một số nhóm bit ở trong mỗi nhóm nêu trên được ánh xạ lên đó.

Ví dụ, giả sử rằng ma trận kiểm tra chẵn lẻ của từ mã LDPC bao gồm các hàng có bậc bằng 26, 3 và 2, và 14 nhóm bit, 118 nhóm bit và 36 nhóm bit được liên hệ với các hàng có bậc bằng 26, 3 và 2 tương ứng.

Đối với phương pháp điều biến chòm điểm không đồng đều 1024-QAM, hai bit có cùng một hiệu suất thu (tức là có xác suất thu bằng nhau) (nghĩa là $P(y_0) = P(y_1)$, $P(y_2) = P(y_3)$, $P(y_4) = P(y_5)$, $P(y_6) = P(y_7)$, $P(y_8) = P(y_9)$), và do đó các nhóm bit có thể ánh xạ lên năm (5) bit. Vì vậy, số trường hợp mà các nhóm bit có thể được ánh xạ lên

năm (5) bit có thể được biểu diễn như sau:

Các bit đã điều biến	Bậc	Số trường hợp mà các nhóm bit có thể được ánh xạ
y_0,y_1	26	$_{14}C_{x1}$
	3	$_{118}C_{w1}$
	2	$_{36}C_{z1}$
y_2,y_3	26	$_{14}C_{x2}$
	3	$_{118}C_{w2}$
	2	$_{36}C_{z2}$
y_4,y_5	26	$_{14}C_{x3}$
	3	$_{118}C_{w3}$
	2	$_{36}C_{z3}$
y_6,y_7	26	$_{14}C_{x4}$
	3	$_{118}C_{w4}$
	2	$_{36}C_{z4}$
y_8,y_9	26	$_{14}C_{x5}$
	3	$_{118}C_{w5}$
	2	$_{36}C_{z5}$
Tổng		180

Nghĩa là, đối với các nhóm bit được ánh xạ lên y_0 và y_1, số trường hợp mà x_1 nhóm bit được chọn trong số các nhóm bit liên quan đến các hàng có bậc bằng 26, w_1 nhóm bit được chọn trong số các nhóm bit liên quan đến các hàng có bậc bằng ba (3), và z_1 nhóm bit được chọn trong số các nhóm bit liên quan đến các hàng có bậc bằng hai (2) có thể bằng $_{14}C_{x1} + _{118}C_{w1} + _{36}C_{z1}$.

Ngoài ra, đối với các nhóm bit được ánh xạ lên y_2 và y_3, số trường hợp mà x_2 nhóm bit được chọn trong số các nhóm bit liên quan đến các hàng có bậc bằng 26, w_2 nhóm bit được chọn trong số các nhóm bit liên quan đến các hàng có bậc bằng ba (3), và z_2 nhóm bit được chọn trong số các nhóm bit liên quan đến các hàng có bậc bằng hai (2) có thể bằng $_{14}C_{x2} + _{118}C_{w2} + _{36}C_{z2}$.

Ngoài ra, đối với các nhóm bit được ánh xạ lên y_2 và y_3, số trường hợp mà x_3 nhóm bit được chọn trong số các nhóm bit liên quan đến các hàng có bậc bằng 26, w_3 nhóm bit được chọn trong số các nhóm bit liên quan đến các hàng có bậc bằng ba (3), và z_3 nhóm bit được chọn trong số các nhóm bit liên quan đến các hàng có bậc bằng hai (2) có thể bằng $_{14}C_{x3} + _{118}C_{w3} + _{36}C_{z3}$.

Ngoài ra, đối với các nhóm bit được ánh xạ lên y_2 và y_3, số trường hợp mà x_4 nhóm

bit được chọn trong số các nhóm bit liên quan đến các hàng có bậc bằng 26, w_4 nhóm bit được chọn trong số các nhóm bit liên quan đến các hàng có bậc bằng ba (3), và z_4 nhóm bit được chọn trong số các nhóm bit liên quan đến các hàng có bậc bằng hai (2) có thể bằng ${}_{14}C_{x4} + {}_{118}C_{w4} + {}_{36}C_{z4}$.

Ngoài ra, đối với các nhóm bit được ánh xạ lên y_2 và y_3, số trường hợp mà x_5 nhóm bit được chọn trong số các nhóm bit liên quan đến các hàng có bậc bằng 26, w_5 nhóm bit được chọn trong số các nhóm bit liên quan đến các hàng có bậc bằng ba (3), và z_5 nhóm bit được chọn trong số các nhóm bit liên quan đến các hàng có bậc bằng hai (2) có thể bằng ${}_{14}C_{x5} + {}_{118}C_{w5} + {}_{36}C_{z5}$.

Trong trường hợp này, $x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 = 14$, $w_1 + w_2 + w_3 + w_4 + w_5 = 118$, và $z_1 + z_2 + z_3 + z_4 + z_5 = 36$.

Tuy nhiên, vì trong ví dụ nêu trên có một số lượng lớn các trường hợp, cho nên có thể khó ước tính được hiệu suất cho từng trường hợp bằng phương pháp triển khai mật độ.

Do đó, có thể tính số trường hợp bằng cách giảm bớt số lượng dạng hiệu suất thu, và sau đó hiệu suất cho từng trường hợp có thể được ước tính bằng phương pháp triển khai mật độ.

Ví dụ, giả sử rằng, xác suất thu của y_0, y_1, y_2 và y_3 bằng nhau và xác suất thu của y_4, y_5, y_6, y_7, y_8 và y_3 bằng nhau như được thể hiện trong bảng dưới đây, có thể tính số trường hợp mà các nhóm bit được ánh xạ lên ba (3) bit.

Các bit đã điều biến	Bậc	Số trường hợp mà các nhóm bit có thể được ánh xạ
y_0,y_1,y_2,y_3	26	${}_{14}C_{x1}$
	3	${}_{118}C_{w1}$
	2	${}_{36}C_{z1}$
y_4,y_5,y_6,y_7,y_8,y_9	26	${}_{14}C_{x2}$
	3	${}_{118}C_{w2}$
	2	${}_{36}C_{z2}$
Tổng		180

Nghĩa là, đối với các nhóm bit được ánh xạ lên y_0, y_1, y_2, y_3, số trường hợp mà x_1 nhóm bit được chọn trong số các nhóm bit liên quan đến các hàng có bậc bằng 26, w_1 nhóm bit được chọn trong số các nhóm bit liên quan đến các hàng có bậc bằng ba (3), và

z_1 nhóm bit được chọn trong số các nhóm bit liên quan đến các hàng có bậc bằng hai (2) có thể bằng ${}_{14}C_{x1} + {}_{118}C_{w1} + {}_{36}C_{z1}$.

Ngoài ra, đối với các nhóm bit được ánh xạ lên y_4, y_5, y_6, y_7, y_8, y_9, số trường hợp mà x_2 nhóm bit được chọn trong số các nhóm bit liên quan đến các hàng có bậc bằng 26, w_2 nhóm bit được chọn trong số các nhóm bit liên quan đến các hàng có bậc bằng ba (3), và z_2 nhóm bit được chọn trong số các nhóm bit liên quan đến các hàng có bậc bằng hai (2) có thể bằng ${}_{14}C_{x2} + {}_{118}C_{w2} + {}_{36}C_{z2}$.

Trong trường hợp này, $x_1 + x_2 = 14$, $w_1 + w_2 = 118$, và $z_1 + z_2 = 36$.

Sau đó, khi hiệu suất cho từng trường hợp đã được ước tính bằng phương pháp triển khai mật độ, trường hợp được ước tính có hiệu suất cao nhất sẽ được chọn. Nghĩa là, có thể xác định được có bao nhiêu nhóm bit sẽ được chọn trong số các nhóm bit liên quan đến các hàng có bậc bằng 26, 3 và 2, và được ánh xạ lên y_0, y_1, y_2, y_3 và y_4, y_5, y_6, y_7, y_8, y_9 để đạt được hiệu suất cao nhất bằng phương pháp triển khai mật độ, và có thể xác định được x_1, x_2, w_1, w_2, z_1, z_2.

Sau đó, các bit được coi là có hiệu suất thu bằng nhau sẽ được xác định là có hiệu suất thu khác nhau, và quy trình nêu trên được thực hiện lặp lại.

Nghĩa là, số trường hợp mà các nhóm bit được ánh xạ lên y_4, y_5, y_6, y_7, y_8, y_9 trong số x_2, w_2, z_2 sẽ được tính dựa trên các giá trị x_2, w_2, z_2 đã xác định, và hiệu suất cho từng trường hợp sẽ được ước tính bằng phương pháp triển khai mật độ và trường hợp được ước tính có hiệu suất cao nhất sẽ được chọn.

Ngoài ra, số trường hợp mà các nhóm bit được ánh xạ lên y_0, y_1, y_2, y_3 trong số x_1, w_1, z_1 sẽ được tính dựa trên các giá trị x_1, w_1, z_1 đã xác định, và hiệu suất cho từng trường hợp sẽ được ước tính bằng phương pháp triển khai mật độ và trường hợp được ước tính có hiệu suất cao nhất sẽ được chọn.

Do đó, có thể xác định được có bao nhiêu nhóm bit liên quan đến các hàng có mỗi bậc nêu trên sẽ được ánh xạ lên các bit theo phương pháp điều biến 1024-QAM để đạt được hiệu suất cao nhất, và bộ đan xen 120 có thể được thiết kế sao cho có khả năng ánh xạ một nhóm bit cụ thể tạo nên từ mã LDPC lên một bit cụ thể tạo nên ký hiệu điều biến và đáp ứng trường hợp có hiệu suất cao nhất.

Theo quy trình nêu trên, phương pháp đan xen nhóm có thể được thiết kế.

Thiết bị truyền tín hiệu 100 có thể truyền tín hiệu được ánh xạ lên chòm điểm đến thiết bị thu tín hiệu (ví dụ thiết bị thu tín hiệu 2700 trên Fig.18). Ví dụ, thiết bị truyền tín hiệu 100 có thể ánh xạ tín hiệu được ánh xạ lên chòm điểm trên khung dồn kênh phân tần trực giao (Orthogonal Frequency Division Multiplexing, OFDM) bằng cách áp dụng phương pháp OFDM, và có thể truyền tín hiệu này đến thiết bị thu tín hiệu 2700 qua kênh đã được phân định.

Phương án làm ví dụ 2: Trường hợp sử dụng bộ đan xen khối hàng

Theo phương án làm ví dụ khác, bộ đan xen 120 có thể đan xen từ mã LDPC theo các phương pháp khác, khác với các phương pháp đã được mô tả trong phương án làm ví dụ 1 trên đây, và có thể ánh xạ các bit có trong một nhóm bit định trước trong số các nhóm bit tạo nên từ mã LDPC đã được đan xen lên một bit định trước của ký hiệu điều biến. Phương án này sẽ được mô tả chi tiết dưới đây dựa vào Fig.14.

Dựa vào Fig.14, bộ đan xen 120 bao gồm bộ đan xen bit chẵn lẻ 121, bộ đan xen nhóm (hoặc bộ đan xen theo nhóm) 122, bộ đan xen xoay bit trong nhóm 123 và bộ đan xen khối hàng 125. Trong đó, bộ đan xen bit chẵn lẻ 121 và bộ đan xen xoay bit trong nhóm 123 thực hiện các chức năng giống như trong phương án làm ví dụ 1 nêu trên, và do đó, ở đây sẽ không mô tả chi tiết các bộ phận này.

Bộ đan xen nhóm 122 có thể phân chia từ mã LDPC đã được đan xen bit chẵn lẻ ra thành nhiều nhóm bit, và có thể sắp xếp lại thứ tự của các nhóm bit đó theo đơn vị nhóm bit.

Trong trường hợp này, bước phân chia từ mã LDPC đã được đan xen bit chẵn lẻ ra thành nhiều nhóm bit giống như trong phương án làm ví dụ 1 nêu trên, và do đó, ở đây sẽ không mô tả chi tiết bước này.

Bộ đan xen nhóm 122 đan xen từ mã LDPC theo đơn vị nhóm bit. Cụ thể, bộ đan xen nhóm 122 có thể phân chia từ mã LDPC ra thành nhiều nhóm bit, và có thể sắp xếp lại các nhóm bit đó theo đơn vị nhóm bit. Nghĩa là, bộ đan xen nhóm 122 có thể sắp xếp lại thứ tự của các nhóm bit trong từ mã LDPC theo đơn vị nhóm bit bằng cách thay đổi vị trí của các nhóm bit tạo nên từ mã LDPC.

Trong đó, bộ đan xen nhóm 122 có thể sắp xếp lại thứ tự của các nhóm bit theo đơn vị nhóm bit sao cho các nhóm bit chứa các bit được ánh xạ lên cùng một ký hiệu điều biến trong số các nhóm bit sẽ được sắp xếp theo thứ tự lần lượt.

Trong trường hợp này, bộ đan xen nhóm 122 có thể sắp xếp lại thứ tự của các nhóm bit theo đơn vị nhóm bit bằng cách xem xét ít nhất một thông số trong số số lượng hàng và số lượng cột tạo nên bộ đan xen khối 124, số lượng nhóm bit của từ mã LDPC, và số lượng bit có trong mỗi nhóm bit, sao cho các nhóm bit chứa các bit được ánh xạ lên cùng một ký hiệu điều biến sẽ được sắp xếp theo thứ tự lần lượt.

Để làm được điều này, bộ đan xen nhóm 122 có thể đan xen từ mã LDPC theo đơn vị nhóm bit dựa vào biểu thức 17 sau đây:

$$Y_j = X_{\pi(j)} \quad \text{với} \quad (0 \le j < N_{group}) \tag{17}$$

trong đó X_j là nhóm bit thứ j trước khi đan xen nhóm, và Y_j là nhóm bit thứ j sau khi đan xen nhóm. Ngoài ra, giá trị $\pi(j)$ là thông số chỉ báo thứ tự đan xen và được xác định dựa vào ít nhất một thông số trong số độ dài của từ mã LDPC, tỷ lệ mã và phương pháp điều biến.

Do đó, $X_{\pi(j)}$ là nhóm bit thứ $\pi(j)$ trước khi đan xen nhóm, và biểu thức 17 có nghĩa là nhóm bit thứ $\pi(j)$ trước khi đan xen sẽ được đan xen thành nhóm bit thứ j.

Theo phương án làm ví dụ thực hiện sáng chế, ví dụ về giá trị $\pi(j)$ có thể được xác định trong các bảng từ bảng 29 đến bảng 33 dưới đây.

Trong trường hợp này, giá trị $\pi(j)$ được xác định dựa vào độ dài của từ mã LPDC và tỷ lệ mã, và ma trận kiểm tra chẵn lẻ cũng được xác định dựa vào độ dài của từ mã LDPC và tỷ lệ mã. Do đó, khi bước mã hoá LDPC được thực hiện dựa trên một ma trận kiểm tra chẵn lẻ cụ thể theo độ dài của từ mã LDPC và tỷ lệ mã, thì từ mã LDPC có thể được đan xen theo đơn vị nhóm bit dựa vào giá trị $\pi(j)$ đáp ứng độ dài của từ mã LPDC và tỷ lệ mã tương ứng.

Ví dụ, khi bộ mã hoá 110 thực hiện bước mã hoá LDPC ở tỷ lệ mã bằng 6/15 để tạo ra từ mã LDPC có độ dài bằng 64800, thì bộ đan xen nhóm 122 có thể thực hiện bước đan xen bằng cách sử dụng giá trị $\pi(j)$ được xác định theo độ dài của từ mã LDPC bằng

64800 và tỷ lệ mã bằng 6/15 trong các bảng từ bảng 29 đến bảng 33 dưới đây, ví dụ sử dụng giá trị π(j) được xác định trong bảng 29.

Ví dụ, nếu độ dài N_{ldpc} của từ mã LDPC bằng 64800, tỷ lệ mã bằng 6/15, và phương pháp điều biến là 1024-QAM, thì giá trị π(j) có thể được xác định trong bảng 29 dưới đây.

Bảng 29

	Thứ tự của các nhóm bit được đan xen khối π(j) (0 ≤ j < 180)																						
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Khối thứ j ở đầu ra của bộ đan xen theo nhóm	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68
	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91
	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114
	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137
	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160
	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179				
Khối thứ π(j) ở đầu vào của bộ đan xen theo nhóm	66	59	22	15	106	97	74	88	132	134	21	14	31	37	127	149	142	87	125	82	51	40	161
	148	76	143	166	93	174	95	55	42	38	9	131	81	7	103	169	133	54	62	30	13	105	32
	5	94	168	164	24	56	19	45	138	96	119	140	79	154	33	2	17	46	75	3	20	165	84
	120	12	43	18	152	130	78	144	6	118	110	70	64	4	50	101	107	151	137	179	170	63	58
	41	49	167	86	90	157	147	114	47	67	25	27	117	98	11	10	91	153	65	53	44	77	173
	16	156	85	160	72	145	68	136	60	113	162	100	141	163	109	8	61	29	35	108	150	175	129
	115	171	0	39	36	48	92	111	83	146	89	176	57	52	26	178	135	158	155	122	80	99	23
	69	126	28	124	172	159	73	102	116	71	1	177	34	121	139	128	112	104	123				

Dựa vào bảng 29, biểu thức 17 có thể được biểu diễn dưới dạng $Y_0 = X_{\pi(0)} = X_{66}$, $Y_1 = X_{\pi(1)} = X_{59}$, $Y_2 = X_{\pi(2)} = X_{22}$, …, $Y_{178} = X_{\pi(178)} = X_{104}$, và $Y_{179} = X_{\pi(179)} = X_{123}$. Do đó, bộ đan xen nhóm 122 có thể sắp xếp lại thứ tự của các nhóm bit theo đơn vị nhóm bit bằng cách chuyển nhóm bit thứ 66 thành nhóm bit thứ 0, nhóm bit thứ 59 thành nhóm bit thứ 1, nhóm bit thứ 22 thành nhóm bit thứ 2, …, nhóm bit thứ 104 thành nhóm bit thứ 178, và nhóm bit thứ 123 thành nhóm bit thứ 179.

Ví dụ khác, nếu độ dài N_{ldpc} của từ mã LDPC bằng 64800, tỷ lệ mã bằng 8/15, và phương pháp điều biến là 1024-QAM, thì giá trị π(j) có thể được xác định trong bảng 30 dưới đây.

Bảng 30

	Thứ tự của các nhóm bit được đan xen khối π(j) (0 ≤ j < 180)																					
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Khối thứ j ở đầu ra của bộ đan xen theo nhóm	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68
	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91
	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114
	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137
	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160
	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179				
Khối thứ π(j) ở đầu vào của bộ đan xen theo nhóm	77	39	3	175	102	62	119	0	171	104	48	13	72	91	30	125	173	109	8	115	82	79	2
	68	112	28	168	167	106	135	51	75	54	85	122	26	118	128	144	121	57	41	52	94	110	45
	120	107	150	100	69	18	145	15	29	24	114	117	169	12	65	38	19	43	20	23	149	147	108
	170	6	89	78	74	105	21	159	177	162	156	71	49	80	60	138	157	155	96	143	126	90	93
	63	66	101	98	179	164	111	5	84	36	87	37	174	35	160	152	141	127	81	64	67	92	33
	95	161	11	133	154	50	47	86	4	137	22	130	148	178	97	88	40	10	9	136	32	123	158
	134	140	61	42	1	16	131	103	172	129	146	116	55	76	58	83	166	27	139	163	99	165	53
	70	17	46	59	113	124	176	132	7	73	56	14	44	34	31	153	151	142	25				

Dựa vào bảng 30, biểu thức 17 có thể được biểu diễn dưới dạng $Y_0 = X_{\pi(0)} = X_{77}$, $Y_1 = X_{\pi(1)} = X_{39}$, $Y_2 = X_{\pi(2)} = X_3$, …, $Y_{178} = X_{\pi(178)} = X_{142}$, và $Y_{179} = X_{\pi(179)} = X_{25}$. Do đó, bộ đan xen nhóm 122 có thể sắp xếp lại thứ tự của các nhóm bit theo đơn vị nhóm bit bằng cách chuyển nhóm bit thứ 77 thành nhóm bit thứ 0, nhóm bit thứ 39 thành nhóm bit thứ 1, nhóm bit thứ 3 thành nhóm bit thứ 2, …, nhóm bit thứ 142 thành nhóm bit thứ 178, và nhóm bit thứ 25 thành nhóm bit thứ 179.

Ví dụ khác, nếu độ dài N_{ldpc} của từ mã LDPC bằng 64800, tỷ lệ mã bằng 10/15, và phương pháp điều biến là 1024-QAM, thì giá trị π(j) có thể được xác định trong bảng 31 dưới đây.

Bảng 31

	Thứ tự của các nhóm bit được đan xen khối π(j) (0 ≤ j < 180)																						
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Khối thứ j ở đầu ra của bộ đan xen theo nhóm	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68
	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91
	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114
	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137
	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160
	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179				
Khối thứ π(j) ở đầu vào của bộ đan xen theo nhóm	7	87	5	66	23	42	149	43	148	16	58	9	82	102	79	12	163	135	147	172	108	93	10
	25	35	41	173	123	167	3	59	81	116	39	72	97	159	178	136	155	1	94	109	78	33	2
	132	130	164	169	14	71	75	53	98	21	170	127	146	142	54	106	91	118	40	61	179	145	153
	156	115	50	47	112	38	117	69	157	138	120	57	44	80	0	24	70	139	176	161	122	29	15
	99	83	63	62	133	177	6	19	64	52	103	22	73	34	154	140	143	144	65	4	30	36	20
	11	160	151	124	158	8	100	105	51	48	67	128	134	17	13	101	90	76	55	27	37	168	126
	174	152	113	111	107	85	96	49	84	18	131	141	60	77	88	86	68	114	171	129	175	166	46
	89	95	45	26	56	162	137	165	125	104	92	28	119	110	32	31	74	150	121				

Dựa vào bảng 31, biểu thức 17 có thể được biểu diễn dưới dạng $Y_0 = X_{\pi(0)} = X_7$, $Y_1 = X_{\pi(1)} = X_{87}$, $Y_2 = X_{\pi(2)} = X_5$, …, $Y_{178} = X_{\pi(178)} = X_{150}$, và $Y_{179} = X_{\pi(179)} = X_{121}$. Do đó, bộ đan xen nhóm 122 có thể sắp xếp lại thứ tự của các nhóm bit theo đơn vị nhóm bit bằng cách chuyển nhóm bit thứ 7 thành nhóm bit thứ 0, nhóm bit thứ 87 thành nhóm bit thứ 1, nhóm bit thứ 5 thành nhóm bit thứ 2, …, nhóm bit thứ 150 thành nhóm bit thứ 178, và nhóm bit thứ 121 thành nhóm bit thứ 179.

Ví dụ khác, nếu độ dài N_{ldpc} của từ mã LDPC bằng 64800, tỷ lệ mã bằng 10/15, và phương pháp điều biến là 1024-QAM, thì giá trị π(j) có thể được xác định trong bảng 32 dưới đây.

Bảng 32

	Thứ tự của các nhóm bit được đan xen khối π(j) (0 ≤ j < 180)																						
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Khối thứ j ở đầu ra của bộ đan xen theo nhóm	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68
	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91
	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114
	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137
	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160
	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179				
Khối thứ π(j) ở đầu vào của bộ đan xen theo nhóm	111	32	70	77	54	93	122	65	165	144	45	101	95	2	38	7	126	13	156	128	78	82	57
	117	60	42	131	177	148	11	97	23	10	20	114	51	160	166	179	175	75	79	50	74	59	40
	154	139	163	134	63	68	99	106	105	119	6	167	3	124	35	98	118	83	67	8	22	172	133
	130	15	31	73	102	103	21	142	176	143	146	9	107	27	109	0	81	141	153	121	161	25	19
	12	113	80	76	136	89	132	145	39	110	1	72	64	112	157	152	169	120	94	48	17	88	4
	28	162	168	147	129	24	58	61	115	91	34	123	135	173	164	84	71	55	37	66	36	159	52
	155	125	100	87	90	30	46	86	150	170	149	5	49	43	56	116	108	69	171	138	178	151	44
	62	14	29	33	92	174	127	158	18	41	85	47	26	104	53	137	96	16	140				

Dựa vào bảng 32, biểu thức 17 có thể được biểu diễn dưới dạng $Y_0 = X_{\pi(0)} = X_{111}$, $Y_1 = X_{\pi(1)} = X_{32}$, $Y_2 = X_{\pi(2)} = X_{70}$, …, $Y_{178} = X_{\pi(178)} = X_{16}$, và $Y_{(179)} = X_{\pi(179)} = X_{140}$. Do đó, bộ đan xen nhóm 122 có thể sắp xếp lại thứ tự của các nhóm bit theo đơn vị nhóm bit bằng cách chuyển nhóm bit thứ 111 thành nhóm bit thứ 0, nhóm bit thứ 32 thành nhóm bit thứ l, nhóm bit thứ 70 thành nhóm bit thứ 2, …, nhóm bit thứ 16 thành nhóm bit thứ 178, và nhóm bit thứ 140 thành nhóm bit thứ 179.

Ví dụ khác, nếu độ dài N_{ldpc} của từ mã LDPC bằng 64800, tỷ lệ mã bằng 12/15, và phương pháp điều biến là 1024-QAM, thì giá trị π(j) có thể được xác định trong bảng 33 dưới đây.

Bảng 33

	Thứ tự của các nhóm bit được đan xen khối π(j) (0 ≤ j < 180)																						
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Khối thứ j ở đầu ra của bộ đan xen theo nhóm	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68
	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91
	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114
	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137
	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160
	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179				
Khối thứ π(j) ở đầu vào của bộ đan xen theo nhóm	91	88	112	102	26	27	120	103	17	15	19	136	60	83	116	89	115	72	147	148	11	52	33
	64	98	29	126	164	167	5	106	121	73	86	37	62	143	93	174	146	14	1	53	100	55	50
	149	54	179	163	40	133	92	39	44	139	74	166	3	172	20	4	75	49	70	56	41	43	173
	175	67	2	48	125	25	109	178	123	160	151	32	21	47	108	7	77	129	113	155	169	22	122
	110	119	34	59	18	0	161	176	31	38	80	6	114	127	131	154	152	150	23	12	76	118	135
	142	42	10	156	153	78	69	138	35	128	96	165	63	177	171	68	111	87	61	137	105	101	107
	24	158	79	81	85	71	84	99	134	162	170	168	141	82	65	30	51	90	36	157	9	144	117
	58	130	45	28	13	140	66	159	8	95	46	57	94	97	124	132	104	16	145				

Dựa vào bảng 33, biểu thức 17 có thể được biểu diễn dưới dạng $Y_0 = X_{\pi(0)} = X_{91}$, $Y_1 = X_{\pi(1)} = X_{88}$, $Y_2 = X_{\pi(2)} = X_{112}$, …, $Y_{178} = X_{\pi(178)} = X_{16}$, và $Y_{179} = X_{\pi(179)} = X_{145}$. Do đó, bộ đan xen nhóm 122 có thể sắp xếp lại thứ tự của các nhóm bit theo đơn vị nhóm bit bằng cách chuyển nhóm bit thứ 91 thành nhóm bit thứ 0, nhóm bit thứ 88 thành nhóm bit thứ 1, nhóm bit thứ 112 thành nhóm bit thứ 2, …, nhóm bit thứ 16 thành nhóm bit thứ 178, và nhóm bit thứ 145 thành nhóm bit thứ 179.

Trong các ví dụ nêu trên, độ dài của từ mã LDPC bằng 64800 và tỷ lệ mã bằng 6/15, 8/15, 10/15 và 12/15. Tuy nhiên, đó chỉ là ví dụ minh hoạ và mẫu đan xen có thể được xác định theo cách khác khi độ dài của từ mã LDPC bằng 16200 hoặc tỷ lệ mã có các giá trị khác.

Như đã nêu trên, bộ đan xen nhóm 122 có thể sắp xếp lại thứ tự của các nhóm bit theo đơn vị nhóm bit dựa vào biểu thức 17 và các bảng từ bảng 29 đến bảng 33.

"Khối thứ j ở đầu ra của bộ đan xen theo nhóm" trong các bảng từ bảng 29 đến bảng 33 dùng để chỉ nhóm bit thứ j được xuất ra từ bộ đan xen nhóm 122 sau khi đan xen, và "khối thứ π(j) ở đầu vào của bộ đan xen theo nhóm" dùng để chỉ nhóm bit thứ π(j) được nhập vào bộ đan xen nhóm 122.

Ngoài ra, vì thứ tự của các nhóm bit tạo nên từ mã LDPC được sắp xếp lại bằng bộ đan xen nhóm 122 theo đơn vị nhóm bit, và sau đó các nhóm bit này được đan xen khối bằng bộ đan xen khối 124, như sẽ được mô tả dưới đây, cho nên "thứ tự của các nhóm bit được đan xen khối" được thể hiện trong các bảng từ bảng 29 đến bảng 33 liên quan đến giá trị π(j).

Giá trị π(j) được xác định trong các bảng từ bảng 29 đến bảng 33 có thể được sắp xếp theo tỷ lệ mã như được thể hiện trong bảng 34 dưới đây.

Bảng 34

	(CR 6/15)	(CR 8/15)	(CR 10/15)	(CR 10/15)	(CR 12/15)
Khối thứ j ở đầu ra của bộ đan xen theo nhóm	Khối thứ π(j) ở đầu vào của bộ đan xen theo nhóm	Khối thứ π(j) ở đầu vào của bộ đan xen theo nhóm	Khối thứ π(j) ở đầu vào của bộ đan xen theo nhóm	Khối thứ π(j) ở đầu vào của bộ đan xen theo nhóm	Khối thứ π(j) ở đầu vào của bộ đan xen theo nhóm
0	66	77	7	111	91
1	59	39	87	32	88
2	22	3	5	70	112
3	15	175	66	77	102
4	106	102	23	54	26
5	97	62	42	93	27
6	74	119	149	122	120
7	88	0	43	65	103
8	132	171	148	165	17
9	134	104	16	144	15
10	21	48	58	45	19
11	14	13	9	101	136
12	31	72	82	95	60
13	37	91	102	2	83
14	127	30	79	38	116
15	149	125	12	7	89
16	142	173	163	126	115
17	87	109	135	13	72
18	125	8	147	156	147
19	82	115	172	128	148
20	51	82	108	78	11
21	40	79	93	82	52
22	161	2	10	57	33
23	148	68	25	117	64
24	76	112	35	60	98
25	143	28	41	42	29
26	166	168	173	131	126
27	93	167	123	177	164

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

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

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

163	28	46	45	29	45
164	124	59	26	33	28
165	172	113	56	92	13
166	159	124	162	174	140
167	73	176	137	127	66
168	102	132	165	158	159
169	116	7	125	18	8
170	71	73	104	41	95
171	1	56	92	85	46
172	177	14	28	47	57
173	34	44	119	26	94
174	121	34	110	104	97
175	139	31	32	53	124
176	128	153	31	137	132
177	112	151	74	96	104
178	104	142	150	16	16
179	123	25	121	140	145

"Khối thứ j ở đầu ra của bộ đan xen theo nhóm" trong bảng 34 dùng để chỉ nhóm bit thứ j được xuất ra từ bộ đan xen nhóm 122 sau khi đan xen, và "khối thứ π(j) ở đầu vào của bộ đan xen theo nhóm" dùng để chỉ nhóm bit thứ π(j) được nhập vào bộ đan xen nhóm 122. Dựa vào bảng 34, có thể nhận thấy rằng bảng 34 thể hiện sự sắp xếp các số liệu được thể hiện trong các bảng từ bảng 29 đến bảng 33 theo tỷ lệ mã.

Bộ đan xen nhóm 122 có thể đan xen từ mã LDPC theo đơn vị nhóm bit dựa vào biểu thức 18 sau đây:

$$Y_{\pi(j)} = X_j \quad \text{với} \quad (0 \le j < N_{group}) \tag{18}$$

trong đó X_j là nhóm bit thứ j trước khi đan xen nhóm, Y_j là nhóm bit thứ j sau khi đan xen nhóm. Ngoài ra, giá trị π(j) là thông số chỉ báo thứ tự đan xen và được xác định dựa vào ít nhất một thông số trong số độ dài của từ mã LDPC, tỷ lệ mã và phương pháp điều biến.

Do đó, X_j là nhóm bit thứ j trước khi đan xen nhóm, và biểu thức 18 có nghĩa là nhóm bit thứ j trước khi đan xen nhóm được đan xen thành nhóm bit thứ π(j).

Theo phương án làm ví dụ khác để thực hiện sáng chế, ví dụ về giá trị π(j) có thể được xác định trong các bảng từ bảng 35 đến bảng 39 dưới đây.

Trong trường hợp này, giá trị π(j) được xác định dựa vào độ dài của từ mã LPDC và

tỷ lệ mã, và ma trận kiểm tra chẵn lẻ cũng được xác định dựa vào độ dài của từ mã LDPC và tỷ lệ mã. Do đó, khi bước mã hoá LDPC được thực hiện dựa trên một ma trận kiểm tra chẵn lẻ cụ thể theo độ dài của từ mã LDPC và tỷ lệ mã, thì từ mã LDPC có thể được đan xen theo đơn vị nhóm bit dựa vào giá trị π(j) đáp ứng độ dài của từ mã LPDC và tỷ lệ mã tương ứng.

Ví dụ, khi bộ mã hoá 110 thực hiện bước mã hoá LDPC ở tỷ lệ mã bằng 6/15 để tạo ra từ mã LDPC có độ dài bằng 64800, thì bộ đan xen nhóm 122 có thể thực hiện bước đan xen bằng cách sử dụng giá trị π(j) được xác định theo độ dài của từ mã LDPC bằng 64800 và tỷ lệ mã bằng 6/15 trong các bảng từ bảng 35 đến bảng 39 dưới đây, ví dụ sử dụng giá trị π(j) được xác định trong bảng 35.

Ví dụ, nếu độ dài N_{ldpc} của từ mã LDPC bằng 64800, tỷ lệ mã bằng 6/15, và phương pháp điều biến là 1024-QAM, thì giá trị π(j) có thể được xác định trong bảng 35 dưới đây.

Bảng 35

	Thứ tự của các nhóm bit được đan xen khối π(j) (0 ≤ j < 180)																						
Khối thứ j ở đầu vào của bộ đan xen theo nhóm	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68
	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91
	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114
	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137
	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160
	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179				
Khối thứ π(j) ở đầu ra của bộ đan xen theo nhóm	140	171	61	65	82	46	77	36	130	33	107	106	70	43	11	3	115	62	72	52	66	10	2
	160	50	102	152	103	163	132	42	12	45	60	173	133	142	143	32	141	21	92	31	71	112	53
	63	100	143	93	83	20	151	111	40	30	51	150	91	1	123	131	41	90	81	110	0	101	121
	161	80	170	119	167	6	64	24	113	75	58	158	35	19	146	68	117	95	17	7	148	96	108
	144	27	47	29	55	5	105	159	126	84	168	37	178	44	4	85	134	129	79	145	177	124	99
	138	169	104	78	56	69	174	157	179	164	18	162	14	176	137	74	34	8	39	9	154	122	87
	54	175	57	127	16	25	76	120	147	98	23	15	135	86	73	109	59	156	116	97	155	166	118
	22	125	128	49	67	26	94	48	38	89	139	165	114	28	136	149	172	153	88				

Dựa vào bảng 35, biểu thức 18 có thể được biểu diễn dưới dạng $X_0 = Y_{\pi(0)} = Y_{140}$, $X_1 = Y_{\pi(1)} = Y_{171}$, $X_2 = Y_{\pi(2)} = Y_{61}$, …, $X_{178} = Y_{\pi(178)} = Y_{153}$, và $X_{179} = Y_{\pi(179)} = Y_{88}$. Do đó, bộ đan xen nhóm 122 có thể sắp xếp lại thứ tự của các nhóm bit theo đơn vị nhóm bit

bằng cách chuyển nhóm bit thứ 0 thành nhóm bit thứ 140, nhóm bit thứ 1 thành nhóm bit thứ 171, nhóm bit thứ 2 thành nhóm bit thứ 61, ..., nhóm bit thứ 178 thành nhóm bit thứ 153, và nhóm bit thứ 179 thành nhóm bit thứ 88.

Ví dụ khác, nếu độ dài N_{ldpc} của từ mã LDPC bằng 64800, tỷ lệ mã bằng 8/15, và phương pháp điều biến là 1024-QAM, thì giá trị $\pi(j)$ có thể được xác định trong bảng 36 dưới đây.

Bảng 36

	Thứ tự của các nhóm bit được đan xen khối $\pi(j)$ $(0 \le j < 180)$																						
Khối thứ j ở đầu vào của bộ đan xen theo nhóm	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68
	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91
	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114
	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137
	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160
	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179				
Khối thứ $\pi(j)$ ở đầu ra của bộ đan xen theo nhóm	7	142	22	2	123	99	70	169	18	133	132	117	59	11	172	53	143	162	51	62	64	75	125
	65	55	179	35	155	25	54	14	175	135	114	174	105	101	103	61	1	131	41	141	63	173	45
	163	121	10	81	120	30	42	160	32	150	171	40	152	164	83	140	5	92	111	60	93	112	23
	50	161	80	12	170	73	31	151	0	72	21	82	110	20	153	100	33	122	102	130	71	90	13
	113	91	43	115	87	129	95	158	49	94	4	145	9	74	28	47	68	17	44	98	24	165	56
	19	149	57	36	6	46	39	34	136	166	15	89	109	37	147	126	144	168	118	138	29	134	124
	84	156	139	108	178	88	38	52	148	67	127	66	48	177	107	176	119	86	79	85	137	76	106
	116	78	157	97	159	154	27	26	58	69	8	146	16	104	3	167	77	128	98				

Dựa vào bảng 36, biểu thức 18 có thể được biểu diễn dưới dạng $X_0 = Y_{\pi(0)} = Y_7$, $X_1 = Y_{\pi(1)} = Y_{142}$, $X_2 = Y_{\pi(2)} = Y_{22}$, ..., $X_{178} = Y_{\pi(178)} = Y_{128}$, và $X_{179} = Y_{\pi(179)} = Y_{98}$. Do đó, bộ đan xen nhóm 122 có thể sắp xếp lại thứ tự của các nhóm bit theo đơn vị nhóm bit bằng cách chuyển nhóm bit thứ 0 thành nhóm bit thứ 7, nhóm bit thứ 1 thành nhóm bit thứ 142, nhóm bit thứ 2 thành nhóm bit thứ 22, ..., nhóm bit thứ 178 thành nhóm bit thứ 128, và nhóm bit thứ 179 thành nhóm bit thứ 98.

Ví dụ khác, nếu độ dài N_{ldpc} của từ mã LDPC bằng 64800, tỷ lệ mã bằng 10/15, và phương pháp điều biến là 1024-QAM, thì giá trị $\pi(j)$ có thể được xác định trong bảng 37 dưới đây.

Bảng 37

	Thứ tự của các nhóm bit được đan xen khối π(j) (0 ≤ j < 180)																						
Khối thứ j ở đầu vào của bộ đan xen theo nhóm	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68
	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91
	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114
	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137
	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160
	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179				
Khối thứ π(j) ở đầu ra của bộ đan xen theo nhóm	83	40	45	29	111	2	98	0	120	11	22	115	15	129	50	91	9	128	147	99	114	55	103
	4	84	23	164	134	172	90	112	176	175	44	105	24	113	135	74	33	64	25	5	7	81	163
	160	72	124	145	71	123	101	53	60	133	165	80	10	30	150	65	95	94	100	110	3	125	154
	76	85	51	34	104	177	52	132	151	43	14	82	31	12	93	146	143	153	1	152	161	131	62
	171	21	41	162	144	35	54	92	121	130	13	102	170	122	61	142	20	42	174	141	73	140	155
	70	32	75	63	173	79	179	89	27	118	169	137	57	126	157	47	148	46	96	127	17	38	167
	78	86	107	149	59	108	109	67	58	18	8	6	178	117	139	68	106	39	69	77	119	36	116
	88	166	16	48	168	159	28	136	49	56	156	19	26	138	158	87	97	37	66				

Dựa vào bảng 37, biểu thức 18 có thể được biểu diễn dưới dạng $X_0 = Y_{\pi(0)} = Y_{83}$, $X_1 = Y_{\pi(1)} = Y_{40}$, $X_2 = Y_{\pi(2)} = Y_{45}$, …, $X_{178} = Y_{\pi(178)} = Y_{37}$, và $X_{179} = Y_{\pi(179)} = Y_{66}$. Do đó, bộ đan xen nhóm 122 có thể sắp xếp lại thứ tự của các nhóm bit theo đơn vị nhóm bit bằng cách chuyển nhóm bit thứ 0 thành nhóm bit thứ 83, nhóm bit thứ 1 thành nhóm bit thứ 40, nhóm bit thứ 2 thành nhóm bit thứ 45, …, nhóm bit thứ 178 thành nhóm bit thứ 37, và nhóm bit thứ 179 thành nhóm bit thứ 66.

Ví dụ khác, nếu độ dài N_{ldpc} của từ mã LDPC bằng 64800, tỷ lệ mã bằng 10/15, và phương pháp điều biến là 1024-QAM, thì giá trị π(j) có thể được xác định trong bảng 38 dưới đây.

Bảng 38

Khối thứ j ở đầu vào của bộ đan xen theo nhóm	Thứ tự của các nhóm bit được đan xen khối π(j) (0 ≤ j < 180)																						
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68
	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91
	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114
	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137
	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160
	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179				
Khối thứ π(j) ở đầu ra của bộ đan xen theo nhóm	84	102	13	58	114	149	56	15	65	80	32	29	92	17	162	70	178	112	169	91	33	75	66
	31	120	90	173	82	115	163	143	71	1	164	125	60	135	133	14	100	45	170	25	151	160	10
	144	172	111	150	42	35	137	175	4	132	152	22	121	44	24	122	161	50	104	7	134	64	51
	155	2	131	103	72	43	40	95	3	20	41	94	85	21	63	130	171	145	141	113	97	142	124
	165	5	110	12	177	30	61	52	140	11	73	74	174	54	53	81	154	83	101	0	105	93	34
	123	153	23	62	55	109	88	6	126	59	139	16	167	19	119	69	26	98	68	49	127	96	176
	157	47	179	86	76	78	9	99	79	118	28	148	146	159	107	87	46	138	18	106	168	136	36
	89	116	48	129	8	37	57	117	108	147	156	67	128	166	39	77	71	158	38				

Dựa vào bảng 38, biểu thức 18 có thể được biểu diễn dưới dạng $X_0 = Y_{\pi(0)} = Y_{84}$, $X_1 = Y_{\pi(1)} = Y_{102}$, $X_2 = Y_{\pi(2)} = Y_{13}$, …, $X_{178} = Y_{\pi(178)} = Y_{158}$, và $X_{179} = Y_{\pi(179)} = Y_{38}$. Do đó, bộ đan xen nhóm 122 có thể sắp xếp lại thứ tự của các nhóm bit theo đơn vị nhóm bit bằng cách chuyển nhóm bit thứ 0 thành nhóm bit thứ 84, nhóm bit thứ 1 thành nhóm bit thứ 102, nhóm bit thứ 2 thành nhóm bit thứ 13, …, nhóm bit thứ 178 thành nhóm bit thứ 158, và nhóm bit thứ 179 thành nhóm bit thứ 38.

Ví dụ khác, nếu độ dài N_{ldpc} của từ mã LDPC bằng 64800, tỷ lệ mã bằng 12/15, và phương pháp điều biến là 1024-QAM, thì giá trị π(j) có thể được xác định trong bảng 39 dưới đây.

Bảng 39

Khối thứ j ở đầu vào của bộ đan xen theo nhóm	Thứ tự của các nhóm bit được đan xen khối π(j) (0 ≤ j < 180)																						
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68
	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91
	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114
	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137
	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160
	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179				
Khối thứ π(j) ở đầu ra của bộ đan xen theo nhóm	97	41	71	58	61	29	103	84	169	158	117	20	111	165	40	9	178	8	96	10	60	81	90
	110	138	74	4	5	164	25	153	100	80	22	94	123	156	34	101	53	50	66	116	67	54	163
	171	82	72	63	45	154	21	42	47	44	65	172	161	95	12	133	35	127	23	152	167	70	130
	121	64	143	17	32	56	62	112	85	120	140	102	141	151	13	144	142	33	132	1	15	155	0
	52	37	173	170	125	174	24	145	43	136	3	7	177	135	30	137	83	75	92	131	2	87	104
	16	14	160	113	93	6	31	91	77	175	73	26	105	124	86	162	106	176	51	146	114	11	134
	122	55	166	150	115	36	159	179	39	18	19	46	109	79	108	119	107	88	118	157	139	168	78
	98	147	49	27	126	57	28	149	89	148	129	59	68	38	69	99	128	76	48				

Dựa vào bảng 39, biểu thức 18 có thể được biểu diễn dưới dạng $X_0 = Y_{\pi(0)} = Y_{97}$, $X_1 = Y_{\pi(1)} = Y_{41}$, $X_2 = Y_{\pi(2)} = Y_{71}$, …, $X_{178} = Y_{\pi(178)} = Y_{76}$, và $X_{179} = Y_{\pi(179)} = Y_{48}$. Do đó, bộ đan xen nhóm 122 có thể sắp xếp lại thứ tự của các nhóm bit theo đơn vị nhóm bit bằng cách chuyển nhóm bit thứ 0 thành nhóm bit thứ 97, nhóm bit thứ 1 thành nhóm bit thứ 41, nhóm bit thứ 2 thành nhóm bit thứ 71, …, nhóm bit thứ 178 thành nhóm bit thứ 76, và nhóm bit thứ 179 thành nhóm bit thứ 48.

Trong các ví dụ nêu trên, độ dài của từ mã LDPC bằng 64800 và tỷ lệ mã bằng 6/15, 8/15, 10/15 và 12/15. Tuy nhiên, đó chỉ là ví dụ minh hoạ và mẫu đan xen có thể được xác định theo cách khác khi độ dài của từ mã LDPC bằng 16200 hoặc tỷ lệ mã có các giá trị khác.

Như đã nêu trên, bộ đan xen nhóm 122 có thể sắp xếp lại thứ tự của các nhóm bit theo đơn vị nhóm bit dựa vào biểu thức 18 và các bảng từ bảng 35 đến bảng 39.

"Khối thứ j ở đầu vào của bộ đan xen theo nhóm" trong các bảng từ bảng 35 đến bảng 39 dùng để chỉ nhóm bit thứ j được nhập vào bộ đan xen nhóm 122 trước khi đan xen, và "khối thứ π(j) ở đầu ra của bộ đan xen theo nhóm" dùng để chỉ nhóm bit thứ π(j) được xuất ra từ bộ đan xen nhóm 122 sau khi đan xen.

Ngoài ra, vì thứ tự của các nhóm bit tạo nên từ mã LDPC được sắp xếp lại bằng bộ đan xen nhóm 122 theo đơn vị nhóm bit, và sau đó các nhóm bit này được đan xen khối bằng bộ đan xen khối 124, như sẽ được mô tả dưới đây, cho nên "thứ tự của các nhóm bit được đan xen khối" được thể hiện trong các bảng từ bảng 35 đến bảng 39 liên quan đến giá trị π(j).

Giá trị π(j) được xác định trong các bảng từ bảng 35 đến bảng 39 có thể được sắp xếp theo tỷ lệ mã như được thể hiện trong bảng 40 dưới đây.

Bảng 40

	(CR 6/15)	(CR 8/15)	(CR 10/15)	(CR 10/15)	(CR 12/15)
Khối thứ j ở đầu vào của bộ đan xen theo nhóm	Khối thứ π(j) ở đầu ra của bộ đan xen theo nhóm	Khối thứ π(j) ở đầu ra của bộ đan xen theo nhóm	Khối thứ π(j) ở đầu ra của bộ đan xen theo nhóm	Khối thứ π(j) ở đầu ra của bộ đan xen theo nhóm	Khối thứ π(j) ở đầu ra của bộ đan xen theo nhóm
0	140	7	83	84	97
1	171	142	40	102	41
2	61	22	45	13	71
3	65	2	29	58	58
4	82	123	111	114	61
5	46	99	2	149	29
6	77	70	98	56	103
7	36	169	0	15	84
8	130	18	120	65	169
9	33	133	11	80	158
10	107	132	22	32	117
11	106	117	115	29	20
12	70	59	15	92	111
13	43	11	129	17	165
14	11	172	50	162	40
15	3	53	91	70	9
16	115	143	9	178	178
17	62	162	128	112	8
18	72	51	147	169	96
19	52	62	99	91	10
20	66	64	114	33	60
21	10	75	55	75	81
22	2	125	103	66	90
23	160	65	4	31	110
24	50	55	84	120	138
25	102	179	23	90	74
26	152	35	164	173	4
27	103	155	134	82	5

28	163	25	172	115	164
29	132	54	90	163	25
30	42	14	112	143	153
31	12	175	176	71	100
32	45	135	175	1	80
33	60	114	44	164	22
34	173	174	105	125	94
35	133	105	24	60	123
36	142	101	113	135	156
37	13	103	135	133	34
38	32	61	74	14	101
39	141	1	33	100	53
40	21	131	64	45	50
41	92	41	25	170	66
42	31	141	5	25	116
43	71	63	7	151	67
44	112	173	81	160	54
45	53	45	163	10	163
46	63	163	160	144	171
47	100	121	72	172	82
48	143	10	124	111	72
49	93	81	145	150	63
50	83	120	71	42	45
51	20	30	123	35	154
52	151	42	101	137	21
53	111	160	53	175	42
54	40	32	60	4	47
55	30	150	133	132	44
56	51	171	165	152	65
57	150	40	80	22	172
58	91	152	10	121	161
59	1	164	30	44	95
60	123	83	150	24	12
61	131	140	65	122	133
62	41	5	95	161	35
63	90	92	94	50	127
64	81	111	100	104	23
65	110	60	110	7	152
66	0	93	3	134	167
67	101	112	125	64	70
68	121	23	154	51	130
69	161	50	76	155	121
70	80	161	85	2	64
71	170	80	51	131	143
72	119	12	34	103	17

73	167	170	104	72	32
74	6	73	177	43	56
75	64	31	52	40	62
76	24	151	132	95	112
77	113	0	151	3	85
78	75	72	43	20	120
79	58	21	14	41	140
80	158	82	82	94	102
81	35	110	31	85	141
82	19	20	12	21	151
83	146	153	93	63	13
84	68	100	146	130	144
85	117	33	143	171	142
86	95	122	153	145	33
87	17	102	1	141	132
88	7	130	152	113	1
89	148	71	161	97	15
90	96	90	131	142	155
91	108	13	62	124	0
92	144	113	171	165	52
93	27	91	21	5	37
94	47	43	41	110	173
95	29	115	162	12	170
96	55	87	144	177	125
97	5	129	35	30	174
98	105	95	54	61	24
99	159	158	92	52	145
100	126	49	121	140	43
101	84	94	130	11	136
102	168	4	13	73	3
103	37	145	102	74	7
104	178	9	170	174	177
105	44	74	122	54	135
106	4	28	61	53	30
107	85	47	142	81	137
108	134	68	20	154	83
109	129	17	42	83	75
110	79	44	174	101	92
111	145	98	141	0	131
112	177	24	73	105	2
113	124	165	140	93	87
114	99	56	155	34	104
115	138	19	70	123	16
116	169	149	32	153	14
117	104	57	75	23	160

118	78	36	63	62	113
119	56	6	173	55	93
120	69	46	79	109	6
121	174	39	179	88	31
122	157	34	89	6	91
123	179	136	27	126	77
124	164	166	118	59	175
125	18	15	169	139	73
126	162	89	137	16	26
127	14	109	57	167	105
128	176	37	126	19	124
129	137	147	157	119	86
130	74	126	47	69	162
131	34	144	148	26	106
132	8	168	46	98	176
133	39	118	96	68	51
134	9	138	127	49	146
135	154	29	17	127	114
136	122	134	38	96	11
137	87	124	167	176	134
138	54	84	78	157	122
139	175	156	86	47	55
140	57	139	107	179	166
141	127	108	149	86	150
142	16	178	59	76	115
143	25	88	108	78	36
144	76	38	109	9	159
145	120	52	67	99	179
146	147	148	58	79	39
147	98	67	18	118	18
148	23	127	8	28	19
149	15	66	6	148	46
150	135	48	178	146	109
151	86	177	117	159	79
152	73	107	139	107	108
153	109	176	68	87	119
154	59	119	106	46	107
155	156	86	39	138	88
156	116	79	69	18	118
157	97	85	77	106	157
158	155	137	119	168	139
159	166	76	36	136	168
160	118	106	116	36	78
161	22	116	88	89	98
162	125	78	166	116	147

163	128	157	16	48	49
164	49	97	48	129	27
165	67	159	168	8	126
166	26	154	159	37	57
167	94	27	28	57	28
168	48	26	136	117	149
169	38	58	49	108	89
170	89	69	56	147	148
171	139	8	156	156	129
172	165	146	19	67	59
173	114	16	26	128	68
174	28	104	138	166	38
175	136	3	158	39	69
176	149	167	87	77	99
177	172	77	97	27	128
178	153	128	37	158	76
179	88	96	66	38	48

Bảng 34 thể hiện trường hợp bước đan xen nhóm được thực hiện dựa vào biểu thức 17 và giá trị π(j) được dùng làm chỉ số của nhóm bit đầu vào, còn bảng 40 thể hiện trường hợp bước đan xen nhóm được thực hiện dựa vào biểu thức 18 và giá trị π(j) được dùng làm chỉ số của nhóm bit đầu ra. Vì vậy, bảng 34 và bảng 40 có mối quan hệ ngược nhau.

Như đã nêu trên, bộ đan xen nhóm 122 có thể sắp xếp lại thứ tự của các nhóm bit theo đơn vị nhóm bit dựa vào biểu thức 18 và các bảng từ bảng 35 đến bảng 39.

Khi bước đan xen nhóm được thực hiện theo phương pháp nêu trên, thứ tự của các nhóm bit tạo nên từ mã LDPC khác với thứ tự của các nhóm bit tạo nên từ mã LDPC được đan xen nhóm dựa vào các bảng từ bảng 9 đến bảng 20.

Sở dĩ như vậy là do bộ đan xen khối hàng 125 được dùng thay cho bộ đan xen khối 124 theo phương án làm ví dụ này. Nghĩa là, vì phương pháp đan xen dùng cho bộ đan xen khối 124 và phương pháp đan xen dùng cho bộ đan xen khối hàng 125 là khác nhau, cho nên bộ đan xen nhóm 122 theo phương án làm ví dụ này có thể sắp xếp lại thứ tự của các nhóm bit tạo nên từ mã LDPC dựa vào các bảng từ bảng 29 đến bảng 40.

Cụ thể, bộ đan xen nhóm 122 có thể sắp xếp lại thứ tự của các nhóm bit theo đơn vị nhóm bit sao cho đơn vị sắp xếp, trong đó ít nhất một nhóm bit chứa các bit được ánh xạ lên cùng một ký hiệu điều biến sẽ được sắp xếp theo thứ tự lần lượt theo đơn vị nhóm bit,

được lặp lại.

Nghĩa là, bộ đan xen nhóm 122 có thể sắp xếp theo thứ tự lần lượt một trong số các nhóm bit thứ nhất chứa các bit được ánh xạ lên vị trí cụ thể thứ nhất của mỗi ký hiệu điều biến, một trong số các nhóm bit thứ hai chứa các bit được ánh xạ lên vị trí cụ thể thứ hai của mỗi ký hiệu điều biến, …, một trong số các nhóm bit thứ n chứa các bit được ánh xạ lên vị trí cụ thể thứ n của mỗi ký hiệu điều biến, và có thể sắp xếp các nhóm bit còn lại lặp lại theo phương pháp này.

Bộ đan xen khối hàng 125 đan xen các nhóm bit đã được sắp xếp lại thứ tự. Trong trường hợp này, bộ đan xen khối hàng 125 có thể đan xen nhiều nhóm bit đã được sắp xếp lại thứ tự theo đơn vị nhóm bit bằng cách sử dụng ít nhất một hàng gồm nhiều cột. Phương án này sẽ được mô tả chi tiết dưới đây dựa vào các hình vẽ từ Fig.15 đến Fig.17.

Fig.15 đến Fig.17 là các hình vẽ thể hiện cấu hình của bộ đan xen khối hàng và phương pháp đan xen theo các phương án làm ví dụ thực hiện sáng chế.

Trước tiên, nếu N_{group}/m là số nguyên, thì bộ đan xen khối hàng 125 có bộ đan xen 125-1 có m hàng, mỗi hàng có M cột như được thể hiện trên Fig.15, và bộ đan xen khối hàng 125 có thể đan xen bằng cách sử dụng N_{group}/m bộ đan xen 125-1 có cấu hình được thể hiện trên Fig.15.

Trong đó, N_{group} là tổng số nhóm bit tạo nên từ mã LDPC. Ngoài ra, M là số lượng bit có trong một nhóm bit và có thể bằng 360, ví dụ m có thể đúng bằng số lượng bit tạo nên ký hiệu điều biến hoặc có thể bằng 1/2 số lượng bit tạo nên ký hiệu điều biến. Ví dụ, khi áp dụng phương pháp điều biến chòm điểm không đồng đều QAM, thì hiệu suất của các bit tạo nên ký hiệu điều biến là khác nhau, và do đó, nhờ việc thiết lập giá trị m đúng bằng số lượng bit tạo nên ký hiệu điều biến, có thể ánh xạ một nhóm bit lên một bit duy nhất của mỗi ký hiệu điều biến.

Cụ thể, bộ đan xen khối hàng 125 có thể đan xen bằng cách ghi mỗi nhóm bit trong số các nhóm bit tạo nên từ mã LDPC vào từng hàng theo đơn vị nhóm bit theo hướng hàng, và đọc từng cột của các hàng đã ghi các nhóm bit theo đơn vị nhóm bit theo hướng cột.

Ví dụ, như được thể hiện trên Fig.15, bộ đan xen khối hàng 125 ghi m nhóm bit liên

tiếp trong số các nhóm bit ở trong mỗi hàng trong số m hàng của bộ đan xen 125-1 theo hướng hàng, và đọc từng cột của m hàng đã ghi các nhóm bit theo hướng cột. Trong trường hợp này, có thể sử dụng số lượng bộ đan xen 125-1 đúng bằng số lượng nhóm bit chia cho số lượng hàng, tức là N_{group}/m.

Như đã nêu trên, nếu số lượng nhóm bit tạo nên từ mã LDPC là bội số nguyên lần của số lượng hàng, thì bộ đan xen khối hàng 125 có thể đan xen bằng cách ghi số lượng nhóm bit đúng bằng số lượng hàng trong số các nhóm bit nêu trên theo thứ tự lần lượt.

Mặt khác, nếu số lượng nhóm bit tạo nên từ mã LDPC không phải là bội số nguyên lần của số lượng hàng, thì bộ đan xen khối hàng 125 đan xen bằng cách sử dụng N bộ đan xen (N là số nguyên lớn hơn hoặc bằng 2) có số lượng cột khác nhau.

Ví dụ, như được thể hiện trên Fig.16 và Fig.17, bộ đan xen khối hàng 125 có thể đan xen bằng cách sử dụng bộ đan xen thứ nhất 125-2 có m hàng, mỗi hàng có M cột, và bộ đan xen thứ hai 125-3 có m hàng, mỗi hàng có $a \times M/m$ cột. Trong đó, a bằng $N_{group} - \lfloor N_{group}/m \rfloor \times m$, và $\lfloor N_{group}/m \rfloor$ là số nguyên lớn nhất nhỏ hơn N_{group}/m.

Trong trường hợp này, có thể sử dụng bộ đan xen thứ nhất 125-2 với số lượng bằng $\lfloor N_{group}/m \rfloor$ và có thể sử dụng một bộ đan xen thứ hai 125-3.

Cụ thể, bộ đan xen khối hàng 125 có thể đan xen các nhóm bit tạo nên từ mã LDPC bằng cách ghi từng khối gồm $\lfloor N_{group}/m \rfloor \times m$ nhóm bit trong số các nhóm bit tạo nên từ mã LDPC vào mỗi hàng theo đơn vị nhóm bit theo hướng hàng, và đọc từng cột của các hàng đã ghi $\lfloor N_{group}/m \rfloor \times m$ nhóm bit theo đơn vị nhóm bit theo hướng cột.

Ví dụ, như được thể hiện trên Fig.16 và Fig.17, bộ đan xen khối hàng 125 có thể ghi m nhóm bit liên tiếp bằng với số lượng hàng trong số $\lfloor N_{group}/m \rfloor \times m$ nhóm bit vào mỗi hàng trong bộ đan xen thứ nhất 125-2 theo hướng hàng, và có thể đọc từng cột của các hàng trong bộ đan xen thứ nhất 125-2 đã ghi m nhóm bit theo hướng cột. Trong trường hợp này, có thể sử dụng bộ đan xen thứ nhất 125-2 có cấu hình được thể hiện trên Fig.16 và Fig.17 với số lượng bằng $\lfloor N_{group}/m \rfloor$.

Sau đó, bộ đan xen khối hàng 125 có thể phân chia các bit có trong các nhóm bit

còn lại ngoại trừ các nhóm bit đã ghi trong bộ đan xen thứ nhất 125-2, và có thể ghi các bit này vào từng hàng trong bộ đan xen thứ hai 125-3 theo hướng hàng. Trong trường hợp này, cùng một số lượng bit có thể được ghi vào từng hàng trong bộ đan xen thứ hai 125-3.

Ví dụ, như được thể hiện trên Fig.16, bộ đan xen khối hàng 125 có thể ghi, vào từng hàng trong số m hàng của bộ đan xen thứ hai 125-3, $a \times M/m$ bit trong số các bit có trong các nhóm bit còn lại, theo hướng hàng, và có thể đọc từng cột của m hàng trong bộ đan xen thứ hai 125-3 đã ghi các bit theo hướng cột. Trong trường hợp này, có thể sử dụng một bộ đan xen thứ hai 125-3 có cấu hình được thể hiện trên Fig.16.

Tuy nhiên, theo phương án làm ví dụ khác, như được thể hiện trên Fig.17, bộ đan xen khối hàng 125 có thể ghi các bit trong bộ đan xen thứ nhất 125-2 theo phương pháp giống với phương pháp được mô tả dựa vào Fig.16, nhưng có thể ghi các bit trong bộ đan xen thứ hai 125-3 theo phương pháp khác với phương pháp được mô tả dựa vào Fig.16.

Nghĩa là, bộ đan xen khối hàng 125 có thể ghi các bit trong bộ đan xen thứ hai 125-3 theo hướng cột.

Ví dụ, như được thể hiện trên Fig.17, bộ đan xen khối hàng 125 có thể ghi các bit có trong các nhóm bit còn lại ngoại trừ các nhóm bit đã ghi trong bộ đan xen thứ nhất 125-2 vào từng cột của m hàng, mỗi hàng có $a \times M/m$ cột trong bộ đan xen thứ hai 125-3 theo hướng cột, và có thể đọc từng cột của m hàng trong bộ đan xen thứ hai 125-3 đã ghi các bit theo hướng cột. Trong trường hợp này, có thể sử dụng một bộ đan xen thứ hai 125-3 có cấu hình được thể hiện trên Fig.17.

Theo phương pháp được thể hiện trên Fig.17, bộ đan xen khối hàng 125 có thể đan xen bằng cách đọc theo hướng cột sau khi ghi các bit trong bộ đan xen thứ hai theo hướng cột. Do đó, các bit có trong các nhóm bit được đan xen bằng bộ đan xen thứ hai được đọc theo đúng thứ tự mà chúng đã được ghi và được xuất ra cho bộ điều biến 130. Do đó, các bit có trong các nhóm bit thuộc về bộ đan xen thứ hai không được sắp xếp lại bằng bộ đan xen khối hàng 125 và có thể được ánh xạ lên các ký hiệu điều biến theo thứ tự lần lượt.

Như đã nêu trên, bộ đan xen khối hàng 125 có thể đan xen các nhóm bit bằng cách

áp dụng các phương pháp đã được mô tả trên đây dựa vào các hình vẽ từ Fig.15 đến Fig.17.

Theo phương pháp nêu trên, giá trị đầu ra của bộ đan xen khối hàng 125 có thể giống với giá trị đầu ra của bộ đan xen khối 124. Cụ thể, khi bộ đan xen khối hàng 125 đan xen theo phương pháp như được thể hiện trên Fig.15, thì bộ đan xen khối hàng 125 có thể xuất ra giá trị giống như giá trị đầu ra của bộ đan xen khối 124 đan xen theo phương pháp như được thể hiện trên Fig.8. Ngoài ra, khi bộ đan xen khối hàng 125 đan xen theo phương pháp như được thể hiện trên Fig.16, thì bộ đan xen khối hàng 125 có thể xuất ra giá trị giống như giá trị đầu ra của bộ đan xen khối 124 đan xen theo phương pháp như được thể hiện trên Fig.9. Ngoài ra, khi bộ đan xen khối hàng 125 đan xen theo phương pháp như được thể hiện trên Fig.17, thì bộ đan xen khối hàng 125 có thể xuất ra giá trị giống như giá trị đầu ra của bộ đan xen khối 124 đan xen theo phương pháp như được thể hiện trên Fig.10.

Cụ thể, khi bộ đan xen nhóm 122 được sử dụng dựa vào biểu thức 15 và bộ đan xen khối 124 được sử dụng, và các nhóm bit đầu ra của bộ đan xen nhóm 122 là Y_i với $(0 \le i < N_{group})$, và khi bộ đan xen nhóm 122 được sử dụng dựa vào biểu thức 17 và bộ đan xen khối hàng 125 được sử dụng, và các nhóm bit đầu ra của bộ đan xen nhóm 122 là Z_i với $(0 \le i < N_{group})$, thì mối quan hệ giữa các nhóm bit đầu ra Z_i và Y_i sau khi đan xen nhóm có thể được biểu diễn dưới dạng biểu thức 19 và biểu thức 20, và kết quả là, cùng một giá trị có thể được xuất ra từ bộ đan xen khối 124:

$$Z_{i+m\times j} = Y_{\alpha\times i+j} \quad \text{với} \quad (0 \le i < m, 0 \le j < \alpha) \tag{19}$$

$$Z_i = Y_i \quad \text{với} \quad (\alpha \times m \le i < N_{group}) \tag{20}$$

trong đó α bằng $\lfloor N_{group}/m \rfloor$ và là số lượng nhóm bit được ghi vào một cột của phần thứ nhất khi bộ đan xen khối 124 được sử dụng, và $\lfloor N_{group}/m \rfloor$ là số nguyên lớn nhất nhỏ hơn N_{group}/m. Trong đó, m có thể bằng số lượng bit tạo nên ký hiệu điều biến hoặc bằng một nửa số lượng bit tạo nên ký hiệu điều biến. Ngoài ra, m là số lượng cột của bộ đan xen khối 124 và m là số lượng hàng của bộ đan xen khối hàng 125.

Trường hợp bước đan xen nhóm được thực hiện bằng bộ đan xen nhóm 122 dựa vào

biểu thức 15 và sau đó bước đan xen khối được thực hiện bằng bộ đan xen khối 124, và trường hợp bước đan xen nhóm được thực hiện bằng bộ đan xen nhóm 122 dựa vào biểu thức 16 và sau đó bước đan xen khối được thực hiện bằng bộ đan xen khối 124 có mối quan hệ ngược nhau.

Ngoài ra, trường hợp bước đan xen nhóm được thực hiện bằng bộ đan xen nhóm 122 dựa vào biểu thức 17 và sau đó bước đan xen khối hàng được thực hiện bằng bộ đan xen khối hàng 125, và trường hợp bước đan xen nhóm được thực hiện bằng bộ đan xen nhóm 122 dựa vào biểu thức 18 và sau đó bước đan xen khối hàng được thực hiện bằng bộ đan xen khối hàng 125 có mối quan hệ ngược nhau.

Do đó, bộ điều biến 130 có thể ánh xạ các bit được xuất ra từ bộ đan xen khối hàng 125 lên ký hiệu điều biến theo phương pháp giống như phương pháp được sử dụng ở bộ đan xen khối 124.

Phương pháp đan xen bit được đề xuất theo các phương án làm ví dụ nêu trên được thực hiện bằng bộ đan xen bit chẵn lẻ 121, bộ đan xen nhóm 122, bộ đan xen xoay bit trong nhóm 123 và bộ đan xen khối 124 như được thể hiện trên Fig.4 (bộ đan xen xoay bit trong nhóm 123 có thể được loại bỏ tuỳ theo trường hợp ứng dụng). Tuy nhiên, đó chỉ là ví dụ minh hoạ và phương pháp đan xen bit không bị giới hạn ba môđun hoặc bốn môđun nêu trên.

Ví dụ, khi bộ đan xen khối được sử dụng và phương pháp đan xen nhóm được biểu diễn theo biểu thức 11 được áp dụng, đối với các nhóm bit X_j với $(0 \le j < N_{group})$ được xác định theo biểu thức 9 và biểu thức 10, thì các bit thuộc m nhóm bit, ví dụ $\{X_{\pi(i)}, X_{\pi(\alpha+i)}, \ldots, X_{\pi((m-1)\times\alpha+i)}\}$ với $(0 \le i < \alpha)$, có thể tạo nên một ký hiệu điều biến.

Trong đó, α là số lượng nhóm bit tạo nên phần thứ nhất của bộ đan xen khối, và $\alpha = \lfloor N_{group} / m \rfloor$. Ngoài ra, m là số lượng cột trong bộ đan xen khối và có thể bằng số lượng bit tạo nên ký hiệu điều biến hoặc bằng một nửa số lượng bit tạo nên ký hiệu điều biến.

Vì vậy, ví dụ, đối với các bit đã được đan xen bit chẵn lẻ u_i, $\{u_{\pi(i)+j}, u_{\pi(\alpha+i)+j}, \ldots, u_{\pi((m-1)\times\alpha+i)+j}\}$ với $(0 < i \le m, 0 < j \le M)$ có thể tạo nên một ký hiệu điều biến. Như đã nêu trên, có nhiều phương pháp khác nhau để tạo nên một ký hiệu điều biến.

Ngoài ra, phương pháp đan xen bit được đề xuất theo các phương án làm ví dụ nêu trên được thực hiện bằng bộ đan xen bit chẵn lẻ 121, bộ đan xen nhóm 122, bộ đan xen xoay bit trong nhóm 123 và bộ đan xen khối hàng 125 như được thể hiện trên Fig.18 (bộ đan xen xoay bit trong nhóm 123 có thể được loại bỏ tuỳ theo trường hợp ứng dụng). Tuy nhiên, đó chỉ là ví dụ minh hoạ và phương pháp đan xen bit không bị giới hạn ba môđun hoặc bốn môđun nêu trên.

Ví dụ, khi bộ đan xen khối hàng được sử dụng và phương pháp đan xen nhóm bit được biểu diễn theo biểu thức 17 được áp dụng, đối với các nhóm bit X_j với $(0 \leq j < N_{group})$ được xác định theo biểu thức 13 và biểu thức 14, thì các bit thuộc m nhóm bit, ví dụ $\{X_{\pi(m\times i)}, X_{\pi(m\times i+1)}, \ldots, X_{\pi(m\times i+(m-1))}\}$ với $(0 \leq i < \alpha)$, có thể tạo nên một ký hiệu điều biến.

Trong đó, α là số lượng nhóm bit tạo nên phần thứ nhất của bộ đan xen khối, và $\alpha = \lfloor N_{group} / m \rfloor$. Ngoài ra, m là số lượng cột trong bộ đan xen khối và có thể bằng số lượng bit tạo nên ký hiệu điều biến hoặc bằng một nửa số lượng bit tạo nên ký hiệu điều biến.

Vì vậy, ví dụ, đối với các bit đã được đan xen bit chẵn lẻ u_i, $\{u_{\pi(m\times i)+j}, u_{\pi(m\times i+1)+j}, \ldots, u_{\pi(m\times i+(m-1))+j}\}$ với $(0 < i \leq m, 0 < j \leq M)$ có thể tạo nên một ký hiệu điều biến. Như đã nêu trên, có nhiều phương pháp khác nhau để tạo nên một ký hiệu điều biến.

Thiết bị truyền tín hiệu 100 có thể truyền tín hiệu được ánh xạ lên chòm điểm đến thiết bị thu tín hiệu 2700. Ví dụ, thiết bị truyền tín hiệu 100 có thể ánh xạ tín hiệu được ánh xạ lên chòm điểm trên khung dồn kênh phân tần trực giao (OFDM) bằng cách áp dụng phương pháp OFDM, và có thể truyền tín hiệu này đến thiết bị thu tín hiệu 2700 qua kênh đã được phân định.

Fig.18 là sơ đồ khối thể hiện cấu hình của thiết bị thu tín hiệu theo phương án làm ví dụ thực hiện sáng chế. Dựa vào Fig.18, thiết bị thu tín hiệu 2700 bao gồm bộ giải điều biến 2710, bộ dồn kênh 2720, bộ giải đan xen 2730 và bộ giải mã 2740.

Bộ giải điều biến 2710 thu và giải điều biến tín hiệu được truyền từ thiết bị truyền tín hiệu 100. Cụ thể, bộ giải điều biến 2710 tạo ra giá trị tương ứng với từ mã LDPC bằng cách giải điều biến tín hiệu thu được, và cung cấp giá trị này cho bộ dồn kênh 2720.

Trong trường hợp này, bộ giải điều biến 2710 có thể áp dụng phương pháp giải điều biến tương ứng với phương pháp điều biến đã dùng ở thiết bị truyền tín hiệu 100. Để làm được như vậy, thiết bị truyền tín hiệu 100 có thể truyền thông tin về phương pháp điều biến đến thiết bị thu tín hiệu 2700, hoặc thiết bị truyền tín hiệu 100 có thể thực hiện bước điều biến bằng cách sử dụng phương pháp điều biến đã được xác định trước giữa thiết bị truyền tín hiệu 100 và thiết bị thu tín hiệu 2700.

Giá trị tương ứng với từ mã LDPC có thể được biểu diễn dưới dạng giá trị kênh đối với tín hiệu thu được. Có nhiều phương pháp để xác định giá trị kênh, ví dụ, phương pháp xác định giá trị tỷ số hợp lý dạng lôga (Log-Likelihood Ratio, LLR) có thể là một phương pháp để xác định giá trị kênh.

Giá trị LLR là giá trị lôga của tỷ số giữa xác suất mà một bit được truyền từ thiết bị truyền tín hiệu 100 có giá trị bằng 0 và xác suất mà bit đó có giá trị bằng 1. Ngoài ra, giá trị LLR có thể là giá trị bit được xác định bằng phương pháp quyết định cứng, hoặc có thể là một giá trị tiêu biểu được xác định tuỳ thuộc vào phần có xác suất mà bit truyền từ thiết bị truyền tín hiệu 100 có giá trị bằng 0 hay 1.

Bộ dồn kênh 2720 dồn kênh giá trị đầu ra của bộ giải điều biến 2710 và cung cấp giá trị này cho bộ giải đan xen 2730.

Cụ thể, bộ dồn kênh 2720 là bộ phận tương ứng với bộ phân kênh (không được thể hiện trên hình vẽ) có trong thiết bị truyền tín hiệu 100, và thực hiện thao tác tương ứng với bộ phân kênh (không được thể hiện trên hình vẽ). Tuy nhiên, khi bộ phân kênh (không được thể hiện trên hình vẽ) được loại bỏ ra khỏi thiết bị truyền tín hiệu 100, thì bộ dồn kênh 2720 cũng có thể được loại bỏ ra khỏi thiết bị thu tín hiệu 2700.

Nghĩa là, bộ dồn kênh 2720 thực hiện thao tác ngược với thao tác của bộ phân kênh (không được thể hiện trên hình vẽ), và thực hiện bước biến đổi ô thành bit cho giá trị đầu ra của bộ giải điều biến 2710 và xuất ra giá trị LLR theo đơn vị bit.

Trong trường hợp này, khi bộ phân kênh (không được thể hiện trên hình vẽ) không làm thay đổi thứ tự của các bit từ mã LDPC, thì bộ dồn kênh 2720 có thể xuất ra các giá trị LLR theo thứ tự lần lượt theo đơn vị bit mà không làm thay đổi thứ tự của các giá trị LLR tương ứng với các bit trong ô. Theo cách khác, bộ dồn kênh 2720 có thể sắp xếp lại

thứ tự của các giá trị LLR tương ứng với các bit trong ô để thực hiện thao tác ngược với thao tác phân kênh của bộ phân kênh (không được thể hiện trên hình vẽ) dựa vào bảng 27.

Thông tin về việc thao tác phân kênh có được thực hiện hay không có thể được cung cấp từ thiết bị truyền tín hiệu 100, hoặc có thể được xác định trước giữa thiết bị truyền tín hiệu 100 và thiết bị thu tín hiệu 2700.

Bộ giải đan xen 2730 giải đan xen giá trị đầu ra của bộ dồn kênh 2720 và cung cấp các giá trị này cho bộ giải mã 2740.

Cụ thể, bộ giải đan xen 2730 là bộ phận tương ứng với bộ đan xen 120 của thiết bị truyền tín hiệu 100 và thực hiện thao tác tương ứng với bộ đan xen 120. Nghĩa là, bộ giải đan xen 2730 giải đan xen giá trị LLR bằng cách thực hiện thao tác ngược với thao tác đan xen của bộ đan xen 120.

Trong trường hợp này, bộ giải đan xen 2730 có thể có các bộ phận như được thể hiện trên Fig.19 hoặc Fig.21.

Trước hết, như được thể hiện trên Fig.19, bộ giải đan xen 2730 có thể có bộ giải đan xen khối 2731, bộ giải đan xen xoay bit trong nhóm 2732, bộ giải đan xen nhóm 2733 và bộ giải đan xen bit chẵn lẻ 2734.

Bộ giải đan xen khối 2731 giải đan xen tín hiệu đầu ra của bộ dồn kênh 2720 và cung cấp giá trị này cho bộ giải đan xen xoay bit trong nhóm 2732.

Cụ thể, bộ giải đan xen khối 2731 là bộ phận tương ứng với bộ đan xen khối 124 trong thiết bị truyền tín hiệu 100 và thực hiện thao tác ngược với thao tác đan xen của bộ đan xen khối 124.

Nghĩa là, bộ giải đan xen khối 2731 có thể giải đan xen bằng cách sử dụng ít nhất một hàng có nhiều cột, tức là bằng cách ghi giá trị LLR được xuất ra từ bộ dồn kênh 2720 vào từng hàng theo hướng hàng và đọc từng cột của nhiều hàng đã ghi giá trị LLR theo hướng cột.

Trong trường hợp này, khi bộ đan xen khối 124 đan xen bằng cách phân chia cột ra thành hai phần, thì bộ giải đan xen khối 2731 có thể giải đan xen bằng cách phân chia hàng ra thành hai phần.

Ngoài ra, khi bộ đan xen khối 124 thực hiện chức năng ghi và đọc đối với nhóm bit không thuộc phần thứ nhất theo hướng hàng, thì bộ giải đan xen khối 2731 có thể giải đan xen bằng cách ghi và đọc giá trị tương ứng với nhóm bit không thuộc phần thứ nhất theo hướng hàng.

Bộ giải đan xen khối 2731 sẽ được mô tả dưới đây dựa vào Fig.20. Tuy nhiên, đó chỉ là ví dụ minh hoạ và bộ giải đan xen khối 2731 có thể được thực hiện theo các phương pháp khác.

Giá trị LLR đầu vào v_i với $(0 \le i < N_{ldpc})$ được ghi vào hàng r_i và cột c_i của bộ giải đan xen khối 2731. Trong đó, $c_i = (i \bmod N_c)$ và $r_i = \left\lfloor \frac{i}{N_c} \right\rfloor$.

Mặt khác, giá trị LLR đầu ra q_i với $(0 \le i < N_C \times N_{r1})$ được đọc ra từ cột c_i và hàng r_i của phần thứ nhất trong bộ giải đan xen khối 2731. Trong đó, $c_i = \left\lfloor \frac{i}{N_{r1}} \right\rfloor$, $r_i = (i \bmod N_{r1})$.

Ngoài ra, giá trị LLR đầu ra q_i với $(N_C \times N_{r1} \le i < N_{ldpc})$ được đọc ra từ cột c_i và hàng r_i của phần thứ hai. Trong đó, $c_i = \left\lfloor \frac{(i - N_c \times N_{r1})}{N_{r2}} \right\rfloor$, $r_i = N_{r1} + \{(i - N_c \times N_{r1}) \bmod N_{r2}\}$.

Bộ giải đan xen xoay bit trong nhóm 2732 giải đan xen giá trị đầu ra của bộ giải đan xen khối 2731 và cung cấp giá trị này cho bộ giải đan xen nhóm 2733.

Cụ thể, bộ giải đan xen xoay bit trong nhóm 2732 là bộ phận tương ứng với bộ đan xen xoay bit trong nhóm 123 trong thiết bị truyền tín hiệu 100, và có thể thực hiện thao tác ngược với thao tác đan xen của bộ đan xen xoay bit trong nhóm 123.

Nghĩa là, bộ giải đan xen xoay bit trong nhóm 2732 có thể sắp xếp lại các giá trị LLR của cùng một nhóm bằng cách thay đổi thứ tự của các giá trị LLR có trong cùng một nhóm đó. Nếu thao tác xoay bit trong nhóm không được thực hiện trong thiết bị truyền tín hiệu 100, thì bộ giải đan xen xoay bit trong nhóm 2732 có thể được loại bỏ.

Bộ giải đan xen nhóm 2733 (hoặc bộ giải đan xen theo đơn vị nhóm) giải đan xen giá trị đầu ra của bộ giải đan xen xoay bit trong nhóm 2732 và cung cấp giá trị này cho

bộ giải đan xen bit chẵn lẻ 2734.

Cụ thể, bộ giải đan xen nhóm 2733 là bộ phận tương ứng với bộ đan xen nhóm 122 trong thiết bị truyền tín hiệu 100 và có thể thực hiện thao tác ngược với thao tác đan xen của bộ đan xen nhóm 122.

Nghĩa là, bộ giải đan xen nhóm 2733 có thể sắp xếp lại thứ tự của các nhóm bit theo đơn vị nhóm bit. Trong trường hợp này, bộ giải đan xen nhóm 2733 có thể sắp xếp lại thứ tự của các nhóm bit theo đơn vị nhóm bit bằng cách áp dụng ngược lại phương pháp đan xen được thể hiện trong các bảng từ bảng 9 đến bảng 20 theo độ dài của từ mã LDPC, phương pháp điều biến và tỷ lệ mã.

Bộ giải đan xen bit chẵn lẻ 2734 thực hiện bước giải đan xen bit chẵn lẻ cho giá trị đầu ra của bộ giải đan xen nhóm 2733 và cung cấp giá trị này cho bộ giải mã 2740.

Cụ thể, bộ giải đan xen bit chẵn lẻ 2734 là bộ phận tương ứng với bộ đan xen bit chẵn lẻ 121 trong thiết bị truyền tín hiệu 100 và có thể thực hiện thao tác ngược với thao tác đan xen của bộ đan xen bit chẵn lẻ 121. Nghĩa là, bộ giải đan xen bit chẵn lẻ 2734 có thể giải đan xen cho các giá trị LLR tương ứng với các bit chẵn lẻ trong số các giá trị LLR được xuất ra từ bộ giải đan xen nhóm 2733. Trong trường hợp này, bộ giải đan xen bit chẵn lẻ 2734 có thể giải đan xen cho các giá trị LLR tương ứng với các bit chẵn lẻ theo phương pháp ngược với phương pháp đan xen bit chẵn lẻ dựa vào biểu thức 8.

Tuy nhiên, bộ giải đan xen bit chẵn lẻ 2734 có thể được loại bỏ tuỳ theo phương pháp giải mã và bộ giải mã 2740.

Bộ giải đan xen 2730 có thể bao gồm bộ giải đan xen khối hàng 2735, bộ giải đan xen xoay bit trong nhóm 2732, bộ giải đan xen nhóm 2733 và bộ giải đan xen bit chẵn lẻ 2734, như được thể hiện trên Fig.21. Trong trường hợp này, bộ giải đan xen xoay bit trong nhóm 2732 và bộ giải đan xen bit chẵn lẻ 2734 thực hiện các chức năng giống như được thể hiện trên Fig.19, và do đó, ở đây sẽ không mô tả chi tiết thêm nữa.

Bộ giải đan xen khối hàng 2735 giải đan xen giá trị đầu ra của bộ dồn kênh 2720 và cung cấp giá trị này cho bộ giải đan xen xoay bit trong nhóm 2732.

Cụ thể, bộ giải đan xen khối hàng 2735 là bộ phận tương ứng với bộ đan xen khối hàng 125 trong thiết bị truyền tín hiệu 100 và có thể thực hiện thao tác ngược với thao tác

đan xen của bộ đan xen khối hàng 125.

Nghĩa là, bộ giải đan xen khối hàng 2735 có thể giải đan xen bằng cách sử dụng ít nhất một cột có nhiều hàng, tức là bằng cách ghi các giá trị LLR được xuất ra từ bộ dồn kênh 2720 vào từng cột theo hướng cột và ghi từng hàng gồm các cột đã ghi các giá trị LLR theo hướng hàng.

Tuy nhiên, khi bộ đan xen khối hàng 125 thực hiện chức năng ghi và đọc đối với nhóm bit không thuộc phần thứ nhất theo hướng cột, thì bộ giải đan xen khối hàng 2735 có thể giải đan xen bằng cách ghi và đọc giá trị tương ứng với nhóm bit không thuộc phần thứ nhất theo hướng cột.

Bộ giải đan xen nhóm 2733 giải đan xen giá trị đầu ra của bộ giải đan xen xoay bit trong nhóm 2732 và cung cấp giá trị này cho bộ giải đan xen bit chẵn lẻ 2734.

Cụ thể, bộ giải đan xen nhóm 2733 là bộ phận tương ứng với bộ đan xen nhóm 122 trong thiết bị truyền tín hiệu 100 và có thể thực hiện thao tác ngược với thao tác đan xen của bộ đan xen nhóm 122.

Nghĩa là, bộ giải đan xen nhóm 2733 có thể sắp xếp lại thứ tự của các nhóm bit theo đơn vị nhóm bit. Trong trường hợp này, bộ giải đan xen nhóm 2733 có thể sắp xếp lại thứ tự của các nhóm bit theo đơn vị nhóm bit bằng cách áp dụng ngược lại phương pháp đan xen được thể hiện trong các bảng từ bảng 29 đến bảng 40 theo độ dài của từ mã LDPC, phương pháp điều biến và tỷ lệ mã.

Mặc dù bộ giải đan xen 2730 trên Fig.18 có ba (3) hoặc bốn (4) bộ phận như được thể hiện trên Fig.19 hoặc Fig.21, nhưng các chức năng của các bộ phận này có thể được thực hiện bằng một bộ phận. Ví dụ, nếu các bit mà trong đó mỗi bit thuộc mỗi nhóm bit X_a, X_b, X_c, X_d, X_e, X_f, X_g, X_h, X_i, X_j tạo nên một ký hiệu điều biến, thì bộ giải đan xen 2730 có thể giải đan xen cho các bit này vào các vị trí tương ứng với các nhóm bit của chúng dựa vào một ký hiệu điều biến thu được.

Ví dụ, nếu tỷ lệ mã bằng 6/15 và phương pháp điều biến là 1024-QAM, thì bộ giải đan xen nhóm 2733 có thể thực hiện bước giải đan xen dựa vào bảng 9.

Trong trường hợp này, các bit mà trong đó mỗi bit thuộc mỗi nhóm bit X_{66}, X_{59}, X_{22}, X_{15}, X_{106}, X_{97}, X_{74}, X_{88}, X_{132}, X_{134} có thể tạo nên một ký hiệu điều biến. Vì một bit

trong mỗi nhóm bit X_{66}, X_{59}, X_{22}, X_{15}, X_{106}, X_{97}, X_{74}, X_{88}, X_{132}, X_{134} tạo nên một ký hiệu điều biến, cho nên bộ giải đan xen 2730 có thể ánh xạ các bit lên các giá trị ban đầu được giải mã tương ứng với các nhóm bit X_{66}, X_{59}, X_{22}, X_{15}, X_{106}, X_{97}, X_{74}, X_{88}, X_{132}, X_{134} dựa vào một ký hiệu điều biến thu được.

Bộ giải mã 2740 có thể thực hiện bước giải mã LDPC bằng cách sử dụng giá trị đầu ra của bộ giải đan xen 2730. Để làm được điều này, bộ giải mã 2740 có thể có bộ giải mã LDPC (không được thể hiện trên hình vẽ) để thực hiện bước giải mã LDPC.

Cụ thể, bộ giải mã 2740 là bộ phận tương ứng với bộ mã hoá 110 trong thiết bị truyền tín hiệu 100 và có thể sửa lỗi bằng cách thực hiện bước giải mã LDPC bằng cách sử dụng giá trị LLR được xuất ra từ bộ giải đan xen 2730.

Ví dụ, bộ giải mã 2740 có thể thực hiện bước giải mã LDPC theo phương pháp giải mã lặp dựa vào thuật toán tổng-tích. Thuật toán tổng-tích là một ví dụ về thuật toán truyền thông báo, và thuật toán truyền thông báo là thuật toán trao đổi các thông báo (ví dụ giá trị LLR) theo cạnh nối trên đồ thị hai phía, tính thông báo xuất ra từ các thông báo nhập vào các nút thay đổi hoặc các nút kiểm tra, và cập nhật thông báo.

Bộ giải mã 2740 có thể sử dụng ma trận kiểm tra chẵn lẻ khi thực hiện bước giải mã LDPC. Trong trường hợp này, ma trận con từ thông tin trong ma trận kiểm tra chẵn lẻ được xác định trong các bảng từ bảng 4 đến bảng 20 theo tỷ lệ mã và độ dài của từ mã LDPC, và ma trận con chẵn lẻ có thể có cấu trúc hai đường chéo.

Ngoài ra, thông tin về ma trận kiểm tra chẵn lẻ và thông tin về tỷ lệ mã, v.v., được dùng khi giải mã LDPC có thể được lưu trữ trước trong thiết bị thu tín hiệu 2700 hoặc có thể được cung cấp từ thiết bị truyền tín hiệu 100.

Fig.22 là lưu đồ thể hiện phương pháp đan xen trong thiết bị truyền tín hiệu theo phương án làm ví dụ thực hiện sáng chế.

Trước tiên, từ mã LDPC được tạo ra bằng cách mã hoá LDPC dựa trên ma trận kiểm tra chẵn lẻ (S3010). Trong trường hợp này, khi mã hoá LDPC, ma trận kiểm tra chẵn lẻ trong đó có ma trận con từ thông tin được xác định trong các bảng từ bảng 4 đến bảng 8 và ma trận con chẵn lẻ có cấu trúc hai đường chéo (tức là ma trận kiểm tra chẵn lẻ được thể hiện trên Fig.2) có thể được sử dụng, hoặc ma trận kiểm tra chẵn lẻ thu được

sau khi hoán vị hàng và cột của ma trận kiểm tra chẵn lẻ được thể hiện trên Fig.2 dựa vào biểu thức 4 và biểu thức 5 (tức là ma trận kiểm tra chẵn lẻ được thể hiện trên Fig.3) có thể được sử dụng.

Sau đó, từ mã LDPC được đan xen (S3020).

Tiếp theo, từ mã LDPC đã đan xen được ánh xạ lên ký hiệu điều biến (S3030). Trong trường hợp này, các bit có trong một số nhóm bit định trước trong số các nhóm bit tạo nên từ mã LDPC có thể được ánh xạ lên một bit định trước của ký hiệu điều biến.

Trong trường hợp này, mỗi nhóm bit có thể có M bit, và M có thể là ước số chung của N_{ldpc} và K_{ldpc}, và có thể được xác định sao cho thoả mãn hệ thức $Q_{ldpc} = (N_{ldpc}–K_{ldpc})/M$. Trong đó, Q_{ldpc} là giá trị thông số khoảng cách dịch chuyển tuần hoàn liên quan đến các cột trong một nhóm cột của ma trận con từ thông tin trong ma trận kiểm tra chẵn lẻ, N_{ldpc} là độ dài của từ mã LDPC, và K_{ldpc} là độ dài của các bit từ thông tin tạo nên từ mã LDPC.

Bước S3020 có thể đan xen các bit chẵn lẻ của từ mã LDPC, phân chia từ mã LDPC đã đan xen bit chẵn lẻ ra thành nhiều nhóm bit và sắp xếp lại thứ tự của các nhóm bit theo đơn vị nhóm bit, và đan xen các nhóm bit đã được sắp xếp lại thứ tự.

Cụ thể, thứ tự của các nhóm bit có thể được sắp xếp lại theo đơn vị nhóm bit dựa vào biểu thức 15 nêu trên. Trong biểu thức 15, giá trị $\pi(j)$ được xác định dựa vào ít nhất một thông số trong số độ dài của từ mã LDPC, phương pháp điều biến và tỷ lệ mã.

Ví dụ, khi từ mã LDPC có độ dài bằng 64800, phương pháp điều biến là 1024-QAM, và tỷ lệ mã bằng 6/15, thì giá trị $\pi(j)$ có thể được xác định trong bảng 9 nêu trên.

Ví dụ khác, khi từ mã LDPC có độ dài bằng 64800, phương pháp điều biến là 1024-QAM, và tỷ lệ mã bằng 8/15, thì giá trị $\pi(j)$ có thể được xác định trong bảng 10 nêu trên.

Ví dụ khác, khi từ mã LDPC có độ dài bằng 64800, phương pháp điều biến là 1024-QAM, và tỷ lệ mã bằng 12/15, thì giá trị $\pi(j)$ có thể được xác định trong bảng 13 nêu trên.

Tuy nhiên, đó chỉ là ví dụ minh hoạ. Giá trị $\pi(j)$ có thể được xác định trong bảng 11

hoặc bảng 12 nêu trên.

Ngoài ra, biểu thức 16 có thể được sử dụng khi sắp xếp lại thứ tự của các nhóm bit theo đơn vị nhóm bit. Trong trường hợp này, giá trị $\pi(j)$ có thể được xác định trong các bảng từ bảng 15 đến bảng 20 nêu trên.

Các nhóm bit đã được sắp xếp lại thứ tự có thể được đan xen bằng cách ghi các nhóm bit vào từng cột trong số các cột theo đơn vị nhóm bit theo hướng cột, và đọc từng hàng của các cột đã ghi các nhóm bit theo đơn vị nhóm bit theo hướng hàng.

Trong trường hợp này, trong số các nhóm bit có ít nhất một số nhóm bit, các nhóm bit này có thể được ghi vào từng cột trong số các cột theo đơn vị nhóm bit, được ghi theo thứ tự lần lượt vào từng cột trong số các cột, và sau đó các nhóm bit còn lại được phân chia và ghi vào phần còn lại của từng cột trong số các cột sau khi ít nhất một số nhóm bit nêu trên đã được ghi theo đơn vị nhóm bit.

Ở bước S3020, bước đan xen có thể được thực hiện theo các phương pháp khác, ngoài phương pháp nêu trên.

Cụ thể, bước đan xen có thể được thực hiện bằng cách sử dụng biểu thức 17 và các bảng từ bảng 29 đến bảng 34 nêu trên, hoặc có thể được thực hiện bằng cách sử dụng biểu thức 18 và các bảng từ bảng 35 đến bảng 40 nêu trên.

Trong các trường hợp như vậy, thứ tự của các nhóm bit có thể được sắp xếp lại theo đơn vị nhóm bit sao cho một mẫu sắp xếp, mà theo mẫu đó ít nhất một nhóm bit chứa các bit được ánh xạ lên cùng một ký hiệu điều biến được sắp xếp theo thứ tự lần lượt theo đơn vị nhóm bit, được lặp lại.

Khi nhiều nhóm bit được đan xen, thì bước đan xen có thể được thực hiện bằng cách ghi, vào từng hàng, ít nhất một nhóm bit chứa các bit được ánh xạ lên cùng một ký hiệu điều biến trong số các nhóm bit đã được sắp xếp lại thứ tự, theo hướng hàng, và đọc từng cột có nhiều hàng đã ghi ít nhất một nhóm bit theo hướng cột.

Vật ghi bất khả biến đọc được bằng máy tính trong đó lưu trữ chương trình để lần lượt thực hiện các phương pháp đan xen theo các phương án làm ví dụ thực hiện sáng chế, có thể được tạo ra. Vật ghi bất khả biến đọc được bằng máy tính là phương tiện lưu trữ dữ liệu ở dạng bán cố định và có thể đọc được bằng máy tính, chứ không phải là phương

tiện lưu trữ dữ liệu trong thời gian ngắn như thanh ghi, bộ nhớ tác động nhanh, và bộ nhớ. Cụ thể, nhiều ứng dụng hoặc chương trình nêu trên có thể được lưu trữ trên vật ghi bất khả biến đọc được bằng máy tính như đĩa compac (Compact Disc, CD), đĩa đa năng kỹ thuật số (Digital Versatile Disc, DVD), đĩa cứng, đĩa Blu-ray, bộ nhớ theo giao thức bus nối tiếp đa năng (Universal Serial Bus, USB), thẻ nhớ và bộ nhớ chỉ đọc (Read-Only Memory, ROM), và các ứng dụng hoặc chương trình đó có thể được tạo ra.

Ít nhất một trong số các bộ phận, phần tử hoặc đơn vị được biểu thị ở dạng khối như được thể hiện trên các hình vẽ Fig.1, Fig.4, Fig.13, Fig.14, Fig.18, Fig.19 và Fig.21 có thể được thực hiện dưới dạng các cấu trúc phần cứng, phần mềm và/hoặc phần sụn để thực hiện các chức năng tương ứng nêu trên theo các phương án làm ví dụ thực hiện sáng chế. Ví dụ, ít nhất một trong số các bộ phận, phần tử hoặc đơn vị này có thể sử dụng cấu trúc mạch trực tiếp, như bộ nhớ, khối xử lý, mạch logic, bảng tra cứu, v.v., để có thể thực hiện các chức năng tương ứng theo sự điều khiển của một hoặc nhiều bộ vi xử lý hoặc các thiết bị điều khiển khác. Ngoài ra, ít nhất một trong số các bộ phận, phần tử hoặc đơn vị này có thể được thể hiện ở dạng cụ thể bằng môđun, chương trình hoặc đoạn mã, chứa một hoặc nhiều lệnh thi hành được để thực hiện các chức năng logic cụ thể. Ngoài ra, ít nhất một trong số các bộ phận, phần tử hoặc đơn vị này có thể còn có bộ xử lý như bộ xử lý trung tâm (Central Processing Unit, CPU) để thực hiện các chức năng tương ứng, bộ vi xử lý, hoặc các thiết bị tương tự khác. Hai hoặc nhiều hơn hai bộ phận, phần tử hoặc đơn vị nêu trên có thể được kết hợp lại thành một bộ phận, phần tử hoặc đơn vị để thực hiện tất cả các thao tác hoặc chức năng của hai hoặc nhiều hơn hai bộ phận, phần tử hoặc đơn vị được kết hợp. Hơn nữa, mặc dù trong các sơ đồ khối nêu trên không thể hiện bus, nhưng sự truyền thông giữa các bộ phận, phần tử hoặc đơn vị có thể được thực hiện thông qua bus. Các khía cạnh chức năng khác của các phương án làm ví dụ thực hiện sáng chế nêu trên có thể được thực hiện dưới dạng các thuật toán để thực hiện trong một hoặc nhiều bộ xử lý. Ngoài ra, các bộ phận, phần tử hoặc đơn vị được biểu thị ở dạng khối hoặc bước xử lý có thể áp dụng các kỹ thuật bất kỳ trong lĩnh vực liên quan để tạo cấu hình cho thiết bị điện tử, xử lý và/hoặc điều khiển tín hiệu, xử lý dữ liệu và các chức năng tương tự khác.

Mặc dù bus không thể hiện trong các sơ đồ khối thể hiện thiết bị truyền tín hiệu và

thiết bị thu tín hiệu, nhưng sự truyền thông giữa các bộ phận trong mỗi thiết bị có thể được thực hiện thông qua bus. Ngoài ra, mỗi thiết bị có thể còn có bộ xử lý như bộ xử lý trung tâm (CPU) hoặc bộ vi xử lý để thực hiện các thao tác khác nhau nêu trên.

Các phương án làm ví dụ và các ưu điểm nêu trên chỉ là ví dụ minh hoạ và không được coi là nhằm mục đích giới hạn phạm vi của sáng chế. Các phương án làm ví dụ này có thể được áp dụng dễ dàng cho các loại thiết bị khác. Ngoài ra, phần mô tả các phương án làm ví dụ thực hiện sáng chế chỉ được coi là ví dụ minh hoạ, và không được coi là nhằm mục đích giới hạn phạm vi của sáng chế, và người có hiểu biết trung bình về lĩnh vực kỹ thuật này sẽ dễ dàng tìm ra nhiều phương án thay thế, sửa đổi và cải biến.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Phương pháp đan xen trong thiết bị truyền tín hiệu bao gồm các bước:

mã hoá các bit đầu vào để tạo ra các bit chẵn lẻ dựa trên mã kiểm tra chẵn lẻ mật độ thấp (Low Density Parity Check, LDPC) có tỷ lệ mã bằng 6/15 và độ dài mã bằng 64800;

đan xen các bit chẵn lẻ;

phân chia từ mã gồm các bit đầu vào và các bit chẵn lẻ đã được đan xen ra thành nhiều nhóm bit;

đan xen các nhóm bit để tạo ra từ mã đã được đan xen; và

ánh xạ từ mã đã được đan xen lên các điểm trong chòm điểm theo phương pháp điều biến biên độ vuông góc có 1024 điểm (1024-Quadrature Amplitude Modulation, 1024-QAM),

trong đó các nhóm bit được đan xen dựa vào biểu thức như sau:

$$Y_j = X_{\pi(j)} \quad \text{với} \quad (0 \le j < N_{group}),$$

trong đó X_j là nhóm bit thứ j trong số các nhóm bit, Y_j là nhóm bit thứ j trong số các nhóm bit đã được đan xen, N_{group} là tổng số nhóm bit, và $\pi(j)$ là thứ tự hoán vị để đan xen, và

trong đó $\pi(j)$ được xác định trong bảng dưới đây:

Tỷ lệ mã bằng 6/15	Thứ tự hoán vị để đan xen π(j) (0 ≤ j < 180)																						
j	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68
	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91
	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114
	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137
	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160
	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179				
π(j)	66	21	51	55	54	24	33	12	70	63	47	65	145	8	0	57	23	71	59	14	40	42	62
	56	2	43	64	58	67	53	68	61	39	52	69	1	22	31	161	38	30	19	17	18	4	41
	25	44	136	29	36	26	126	177	15	37	148	9	13	45	46	152	50	49	27	77	60	35	48
	178	28	34	106	127	76	131	105	138	75	130	101	167	117	173	113	108	92	135	124	121	97	149
	143	81	32	96	3	78	107	86	98	16	162	150	111	158	172	139	74	142	166	7	5	119	20
	144	151	90	11	156	100	175	83	155	159	128	88	87	93	103	94	140	165	6	137	157	10	85
	141	129	146	122	73	112	132	125	174	169	168	79	84	118	179	147	91	160	163	115	89	80	102
	104	134	82	95	133	164	154	120	110	170	114	153	72	109	171	176	99	116	123				

2. Phương pháp đan xen theo điểm 1, trong đó mỗi nhóm bit có 360 bit.

3. Phương pháp đan xen theo điểm 1, trong đó π(j) được xác định dựa vào ít nhất một thông số trong số độ dài mã, phương pháp điều biến để ánh xạ, và tỷ lệ mã.

4. Phương pháp thu tín hiệu bao gồm các bước:

thu tín hiệu từ thiết bị truyền tín hiệu;

giải điều biến tín hiệu để tạo ra các giá trị theo phương pháp điều biến biên độ vuông góc có 1024 điểm (1024-QAM);

phân chia các giá trị ra thành nhiều nhóm;

giải đan xen các nhóm;

giải mã các giá trị của các nhóm đã được giải đan xen dựa trên mã kiểm tra chẵn lẻ mật độ thấp (LDPC) có tỷ lệ mã bằng 6/15 và độ dài mã bằng 64800,

trong đó các nhóm được giải đan xen dựa vào biểu thức như sau:

$$Y_{\pi(j)} = X_j \quad \text{với} \quad (0 \le j < N_{group}),$$

trong đó X_j là nhóm thứ j trong số các nhóm, Y_j là nhóm thứ j trong số các nhóm đã

được giải đan xen, N_{group} là tổng số nhóm, và π(j) là thứ tự hoán vị để giải đan xen, và trong đó π(j) được xác định trong bảng dưới đây:

Tỷ lệ mã bằng 6/15	Thứ tự hoán vị để giải đan xen π(j) (0 ≤ j < 180)																						
j	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68
	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91
	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114
	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137
	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160
	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179				
π(j)	66	21	51	55	54	24	33	12	70	63	47	65	145	8	0	57	23	71	59	14	40	42	62
	56	2	43	64	58	67	53	68	61	39	52	69	1	22	31	161	38	30	19	17	18	4	41
	25	44	136	29	36	26	126	177	15	37	148	9	13	45	46	152	50	49	27	77	60	35	48
	178	28	34	106	127	76	131	105	138	75	130	101	167	117	173	113	108	92	135	124	121	97	149
	143	81	32	96	3	78	107	86	98	16	162	150	111	158	172	139	74	142	166	7	5	119	20
	144	151	90	11	156	100	175	83	155	159	128	88	87	93	103	94	140	165	6	137	157	10	85
	141	129	146	122	73	112	132	125	174	169	168	79	84	118	179	147	91	160	163	115	89	80	102
	104	134	82	95	133	164	154	120	110	170	114	153	72	109	171	176	99	116	123				

5. Phương pháp thu tín hiệu theo điểm 4, trong đó mỗi nhóm bit có 360 bit.

6. Phương pháp thu tín hiệu theo điểm 4, trong đó π(j) được xác định dựa vào ít nhất một thông số trong số độ dài mã, phương pháp điều biến để ánh xạ, và tỷ lệ mã.

Fig. 1

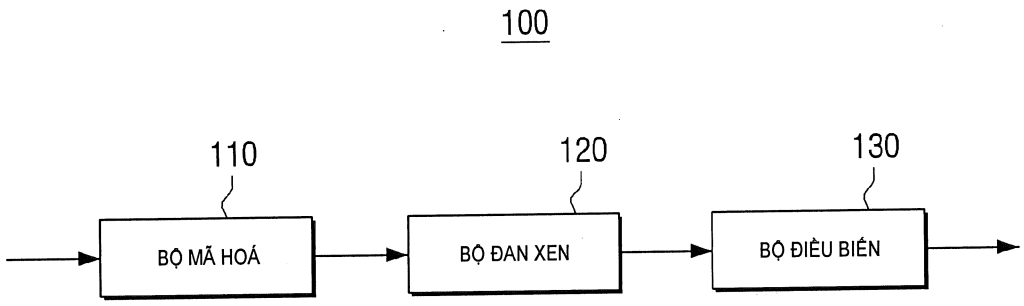

100
110
120
130
BỘ MÃ HOÁ
BỘ ĐAN XEN
BỘ ĐIỀU BIẾN

Fig. 2

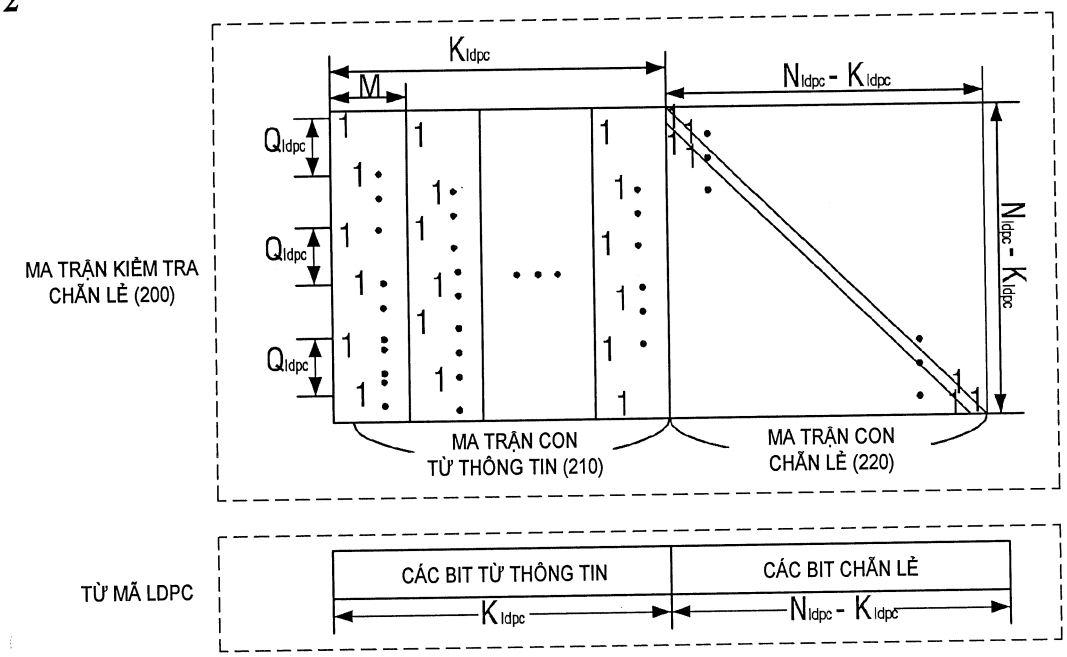

MA TRẬN KIỂM TRA CHẴN LẺ (200)
K_{ldpc}
M
$N_{ldpc} - K_{ldpc}$
Q_{ldpc}
Q_{ldpc}
Q_{ldpc}
$N_{ldpc} - K_{ldpc}$
MA TRẬN CON TỪ THÔNG TIN (210)
MA TRẬN CON CHẴN LẺ (220)
TỪ MÃ LDPC
CÁC BIT TỪ THÔNG TIN
CÁC BIT CHẴN LẺ
K_{ldpc}
$N_{ldpc} - K_{ldpc}$

Fig. 3

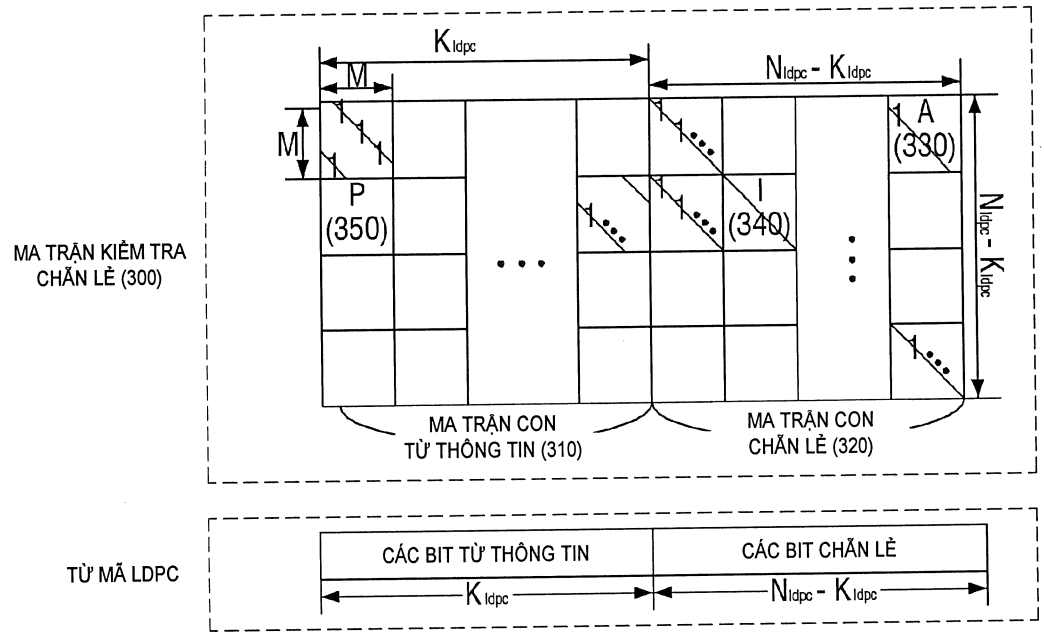


Fig. 4

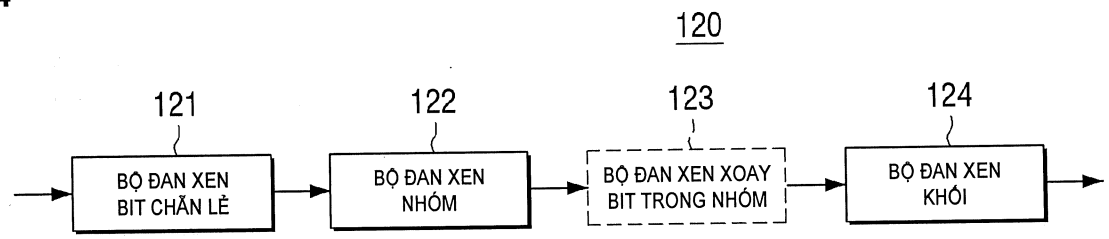


Fig. 5

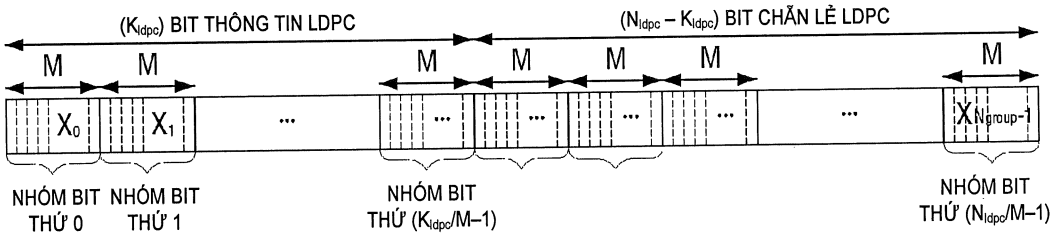


Fig. 6

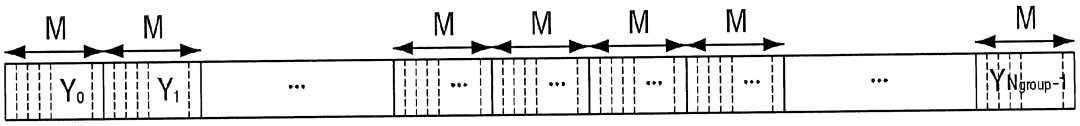

M
M
M
M
M
M
M
Y0
Y1
...
YNgroup-1

Fig. 7

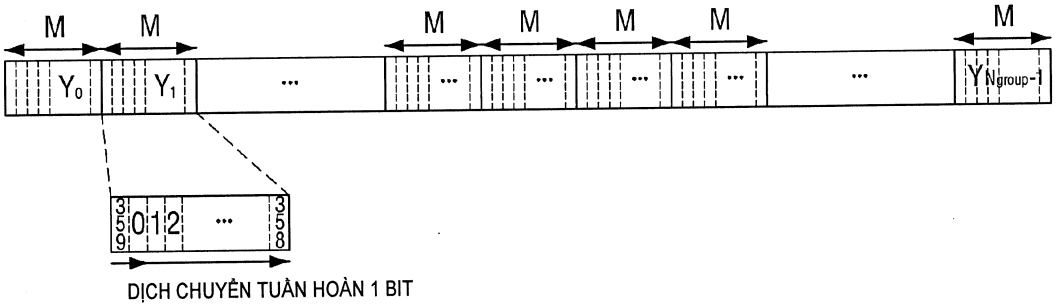
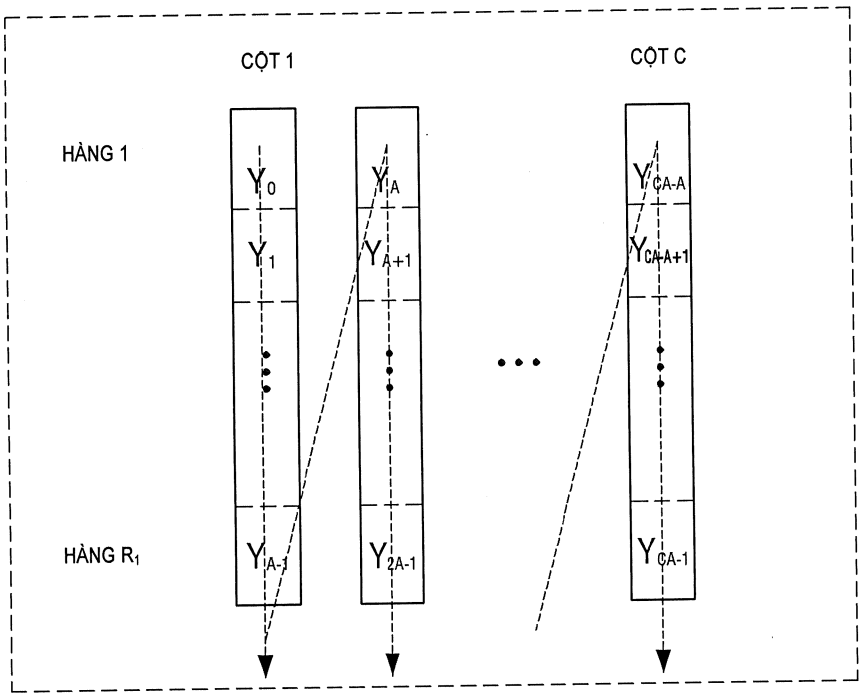

M
M
M
M
M
M
M
Y0
Y1
...
YNgroup-1
359
0
1
2
...
358
DỊCH CHUYỂN TUẦN HOÀN 1 BIT

Fig. 8


CỘT 1
CỘT C
HÀNG 1
HÀNG R1
Y0
Y1
YA-1
YA
YA+1
Y2A-1
YCA-A
YCA-A+1
YCA-1

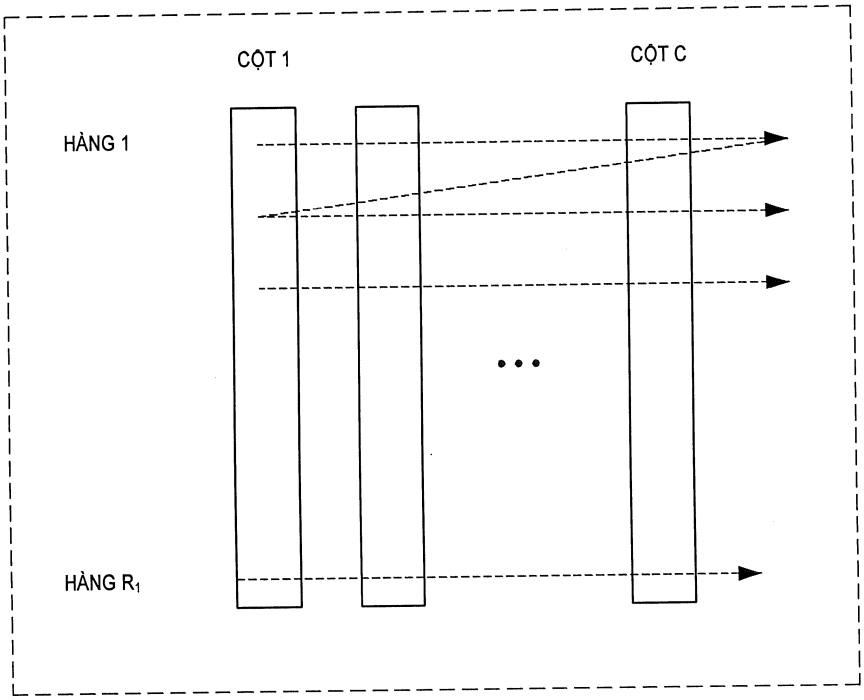

CỘT 1
CỘT C
HÀNG 1
HÀNG R1

Fig. 9

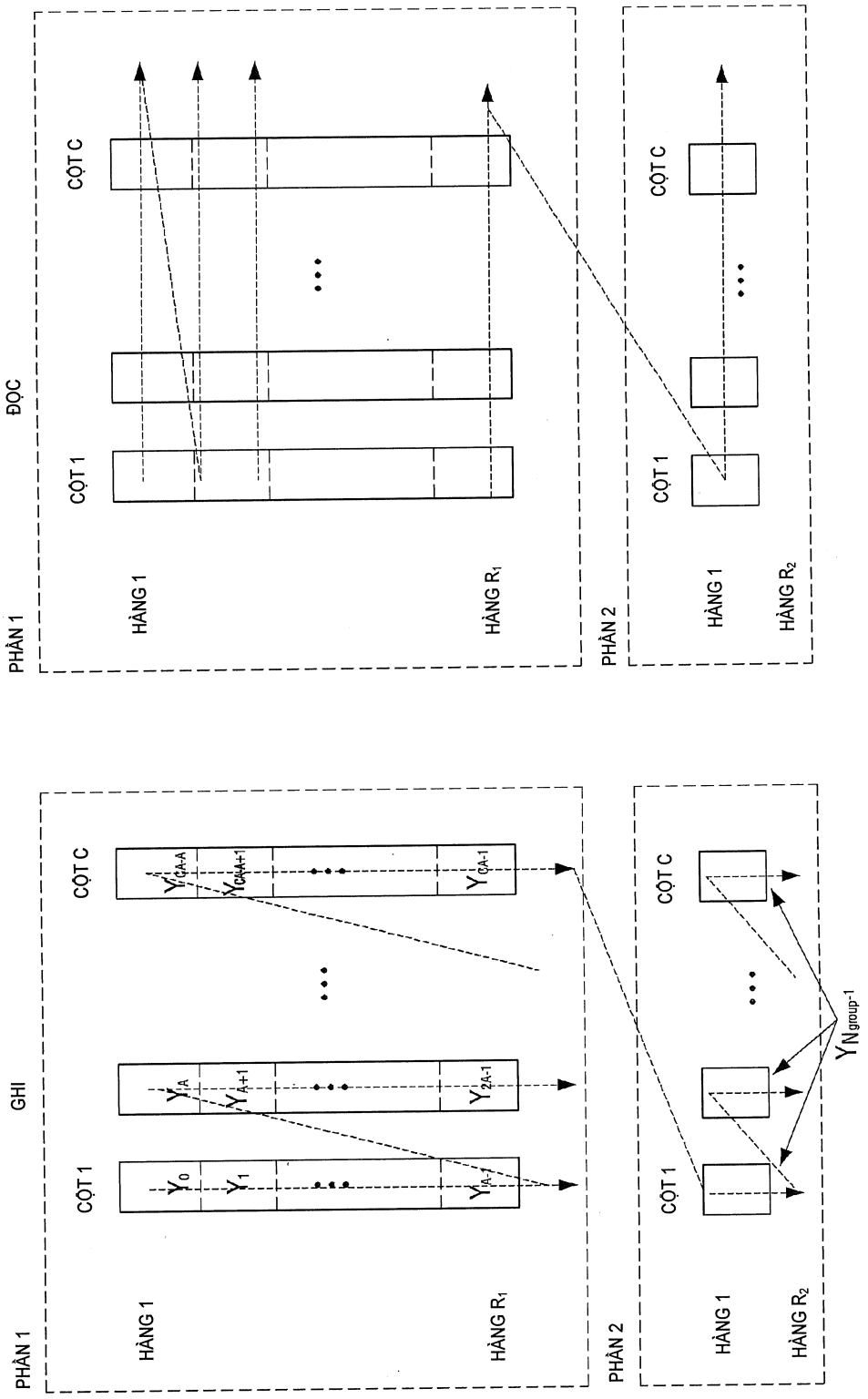

ĐỌC
PHẦN 1
CỘT C
CỘT 1
HÀNG 1
HÀNG R_1
PHẦN 2
CỘT C
CỘT 1
HÀNG 1
HÀNG R_2
GHI
PHẦN 1
CỘT C
CỘT 1
HÀNG 1
HÀNG R_1
PHẦN 2
CỘT C
CỘT 1
HÀNG 1
HÀNG R_2
$Y_{Ngroup-1}$

Fig. 10

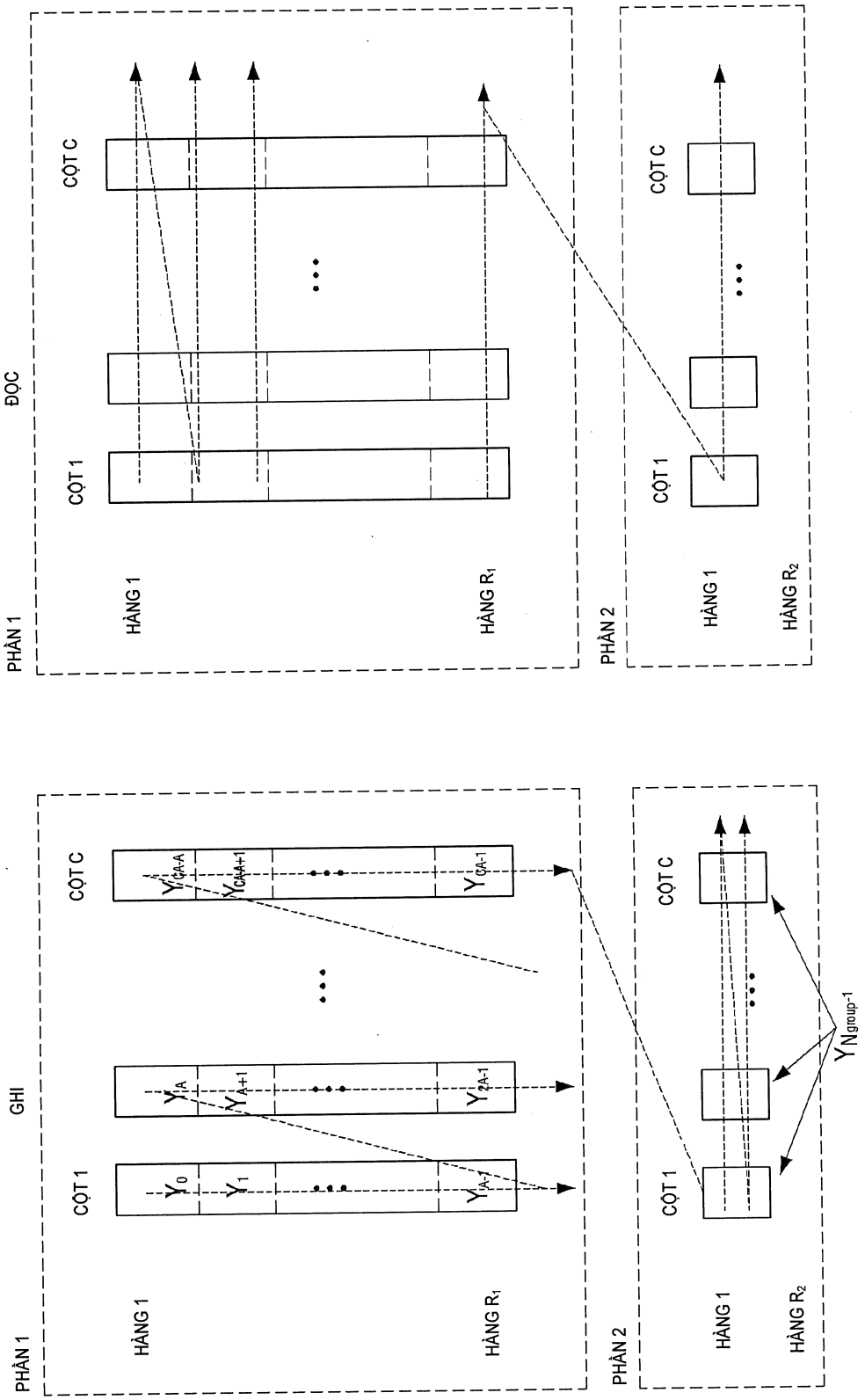

ĐỌC
PHẦN 1
CỘT C
CỘT 1
HÀNG 1
HÀNG R1
PHẦN 2
CỘT C
CỘT 1
HÀNG 1
HÀNG R2
GHI
PHẦN 1
CỘT C
CỘT 1
HÀNG 1
HÀNG R1
PHẦN 2
CỘT C
CỘT 1
HÀNG 1
HÀNG R2
Y0
Y1
YA-1
YA
YA+1
Y2A-1
YCA-A
YCA+1
YCA-1
YNgroup-1

Fig. 11

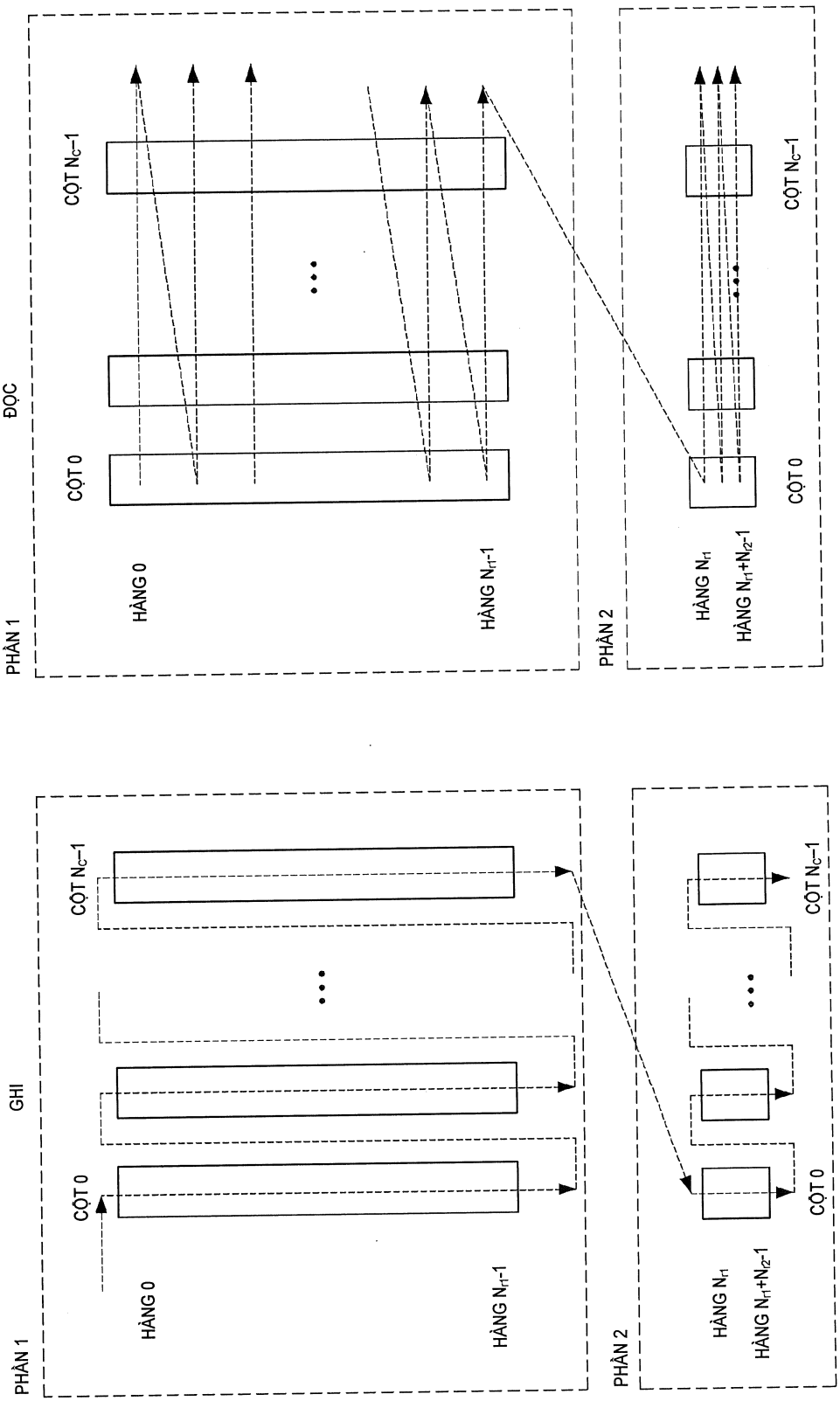
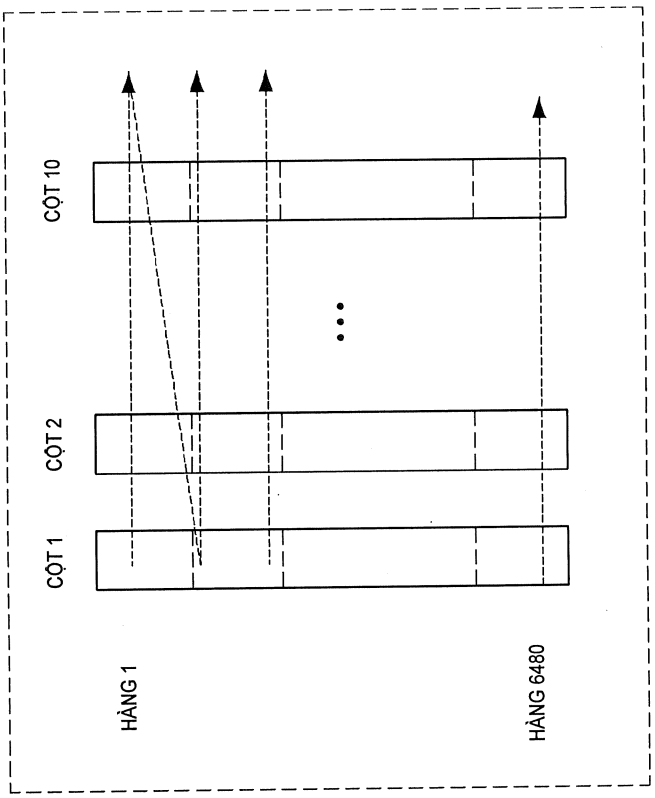

ĐỌC
PHẦN 1
CỘT 0
CỘT N_c–1
HÀNG 0
HÀNG N_{r1}-1
PHẦN 2
CỘT 0
CỘT N_c–1
HÀNG N_{r1}
HÀNG N_{r1}+N_{r2}-1
GHI
PHẦN 1
CỘT 0
CỘT N_c–1
HÀNG 0
HÀNG N_{r1}-1
PHẦN 2
CỘT 0
CỘT N_c–1
HÀNG N_{r1}
HÀNG N_{r1}+N_{r2}-1

Fig. 12


CỘT 10
CỘT 2
CỘT 1
HÀNG 1
HÀNG 6480

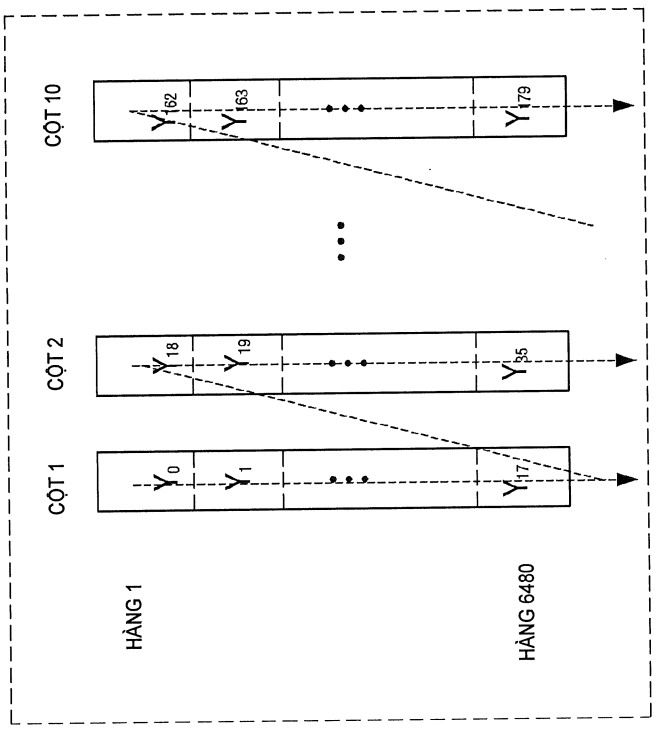

CỘT 10
CỘT 2
CỘT 1
HÀNG 1
HÀNG 6480

Fig. 13

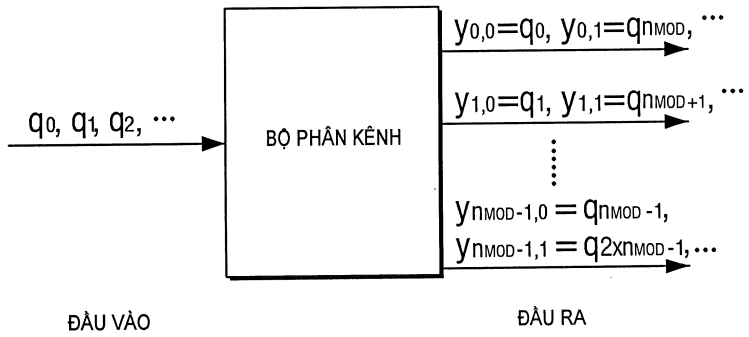


Fig. 14

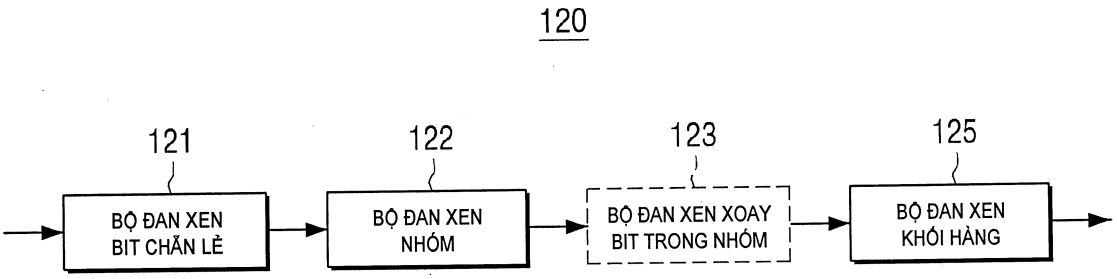


Fig. 15

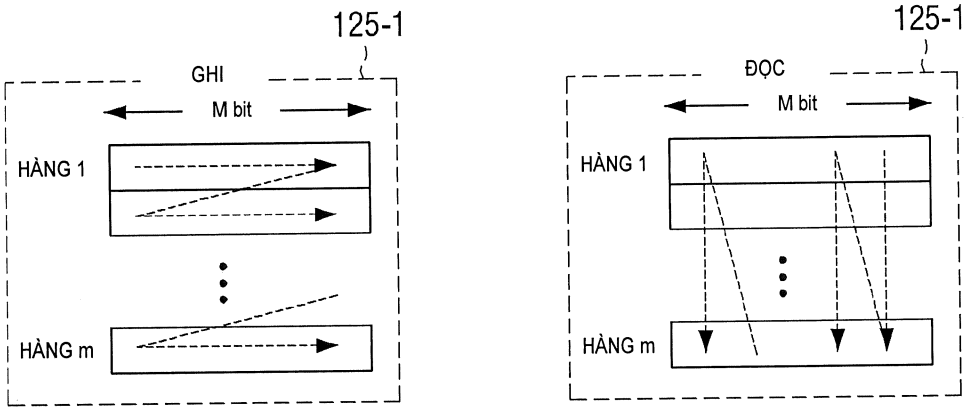


Fig. 16

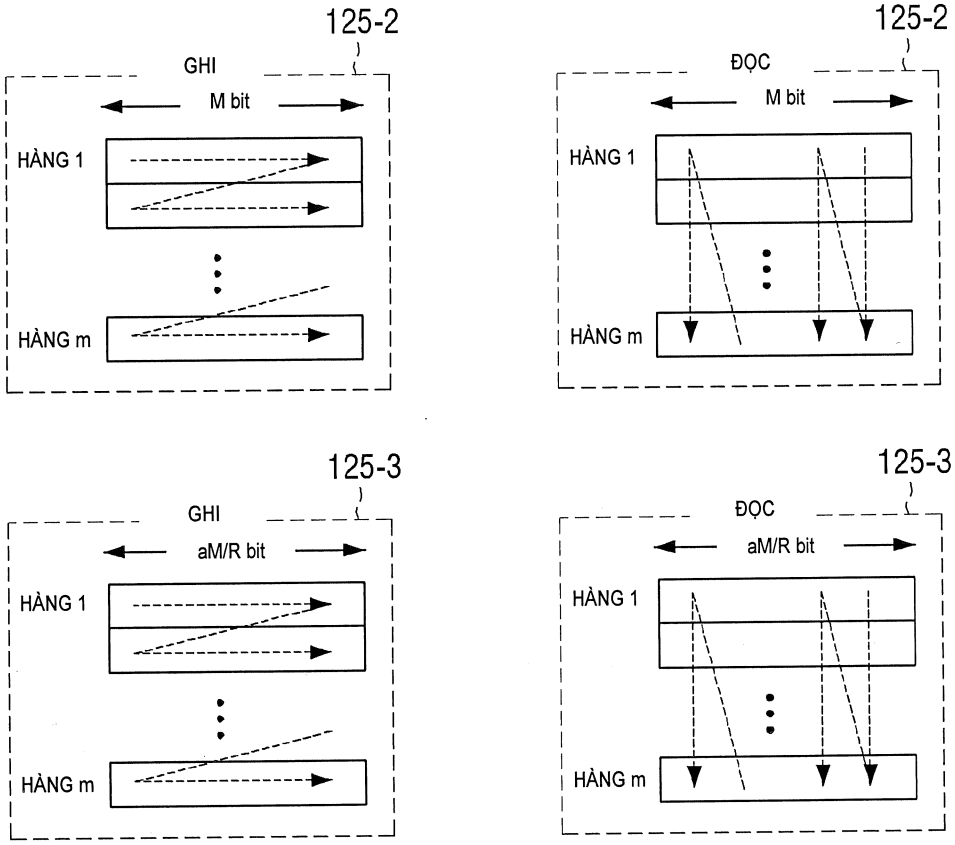

125-2
GHI
M bit
HÀNG 1
HÀNG m
125-2
ĐỌC
M bit
HÀNG 1
HÀNG m
125-3
GHI
aM/R bit
HÀNG 1
HÀNG m
125-3
ĐỌC
aM/R bit
HÀNG 1
HÀNG m

Fig. 17

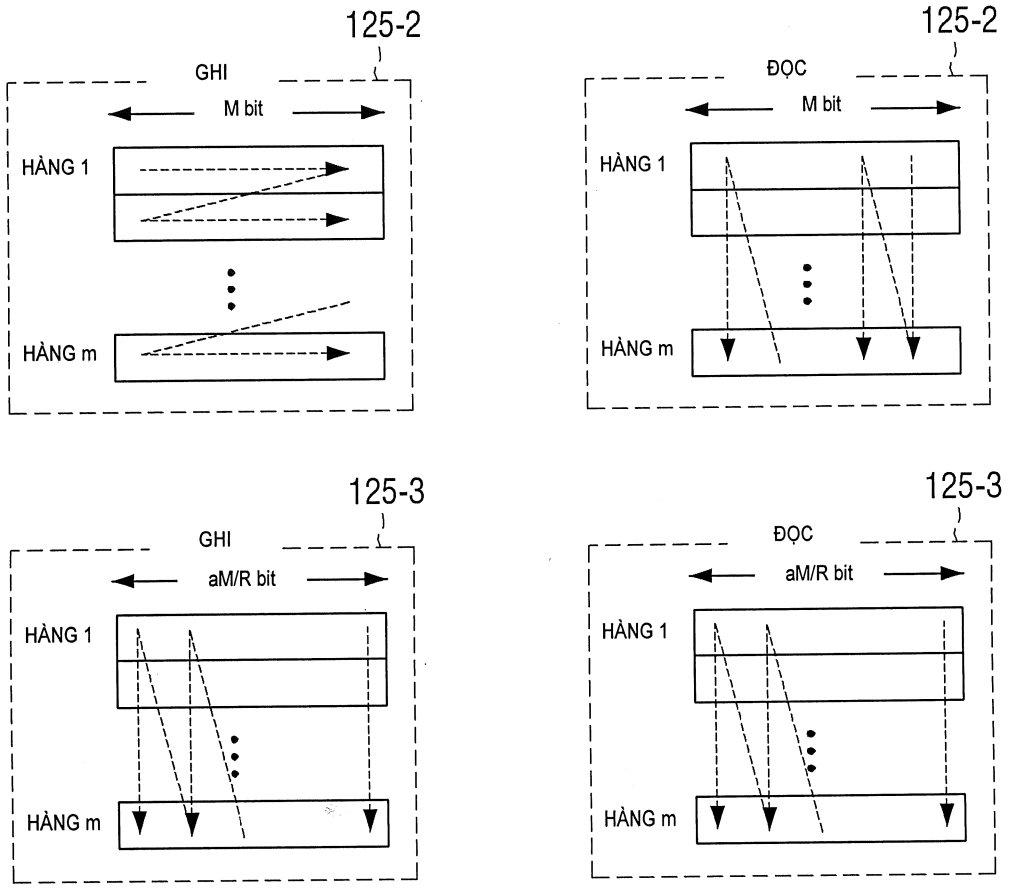


Fig. 18

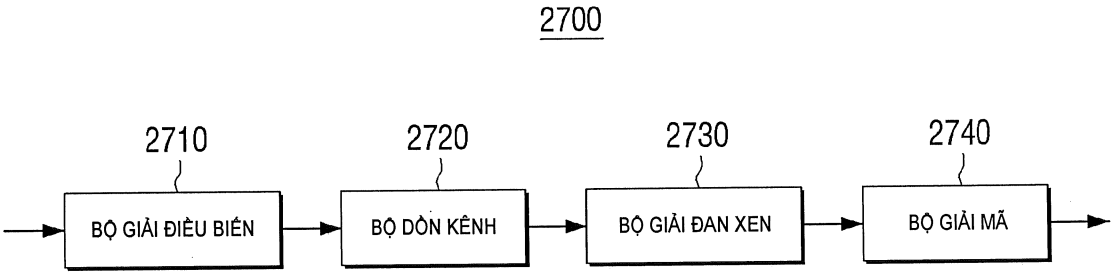


Fig. 19

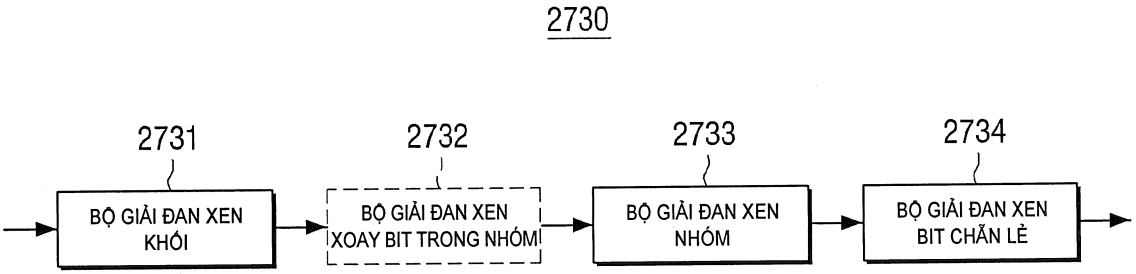


Fig. 20

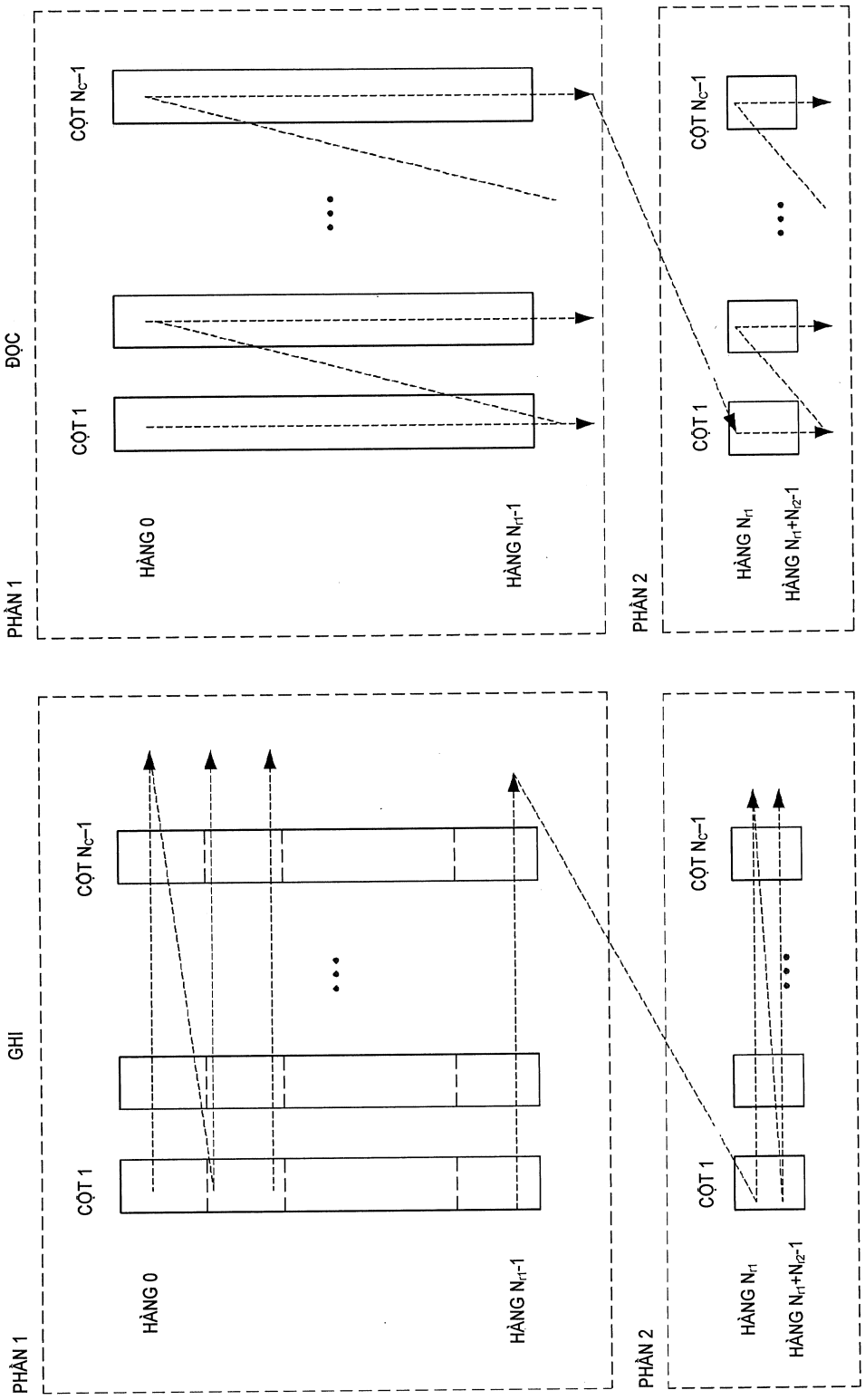

ĐỌC
PHẦN 1
CỘT N_C-1
CỘT 1
HÀNG 0
HÀNG N_{r1}-1
PHẦN 2
CỘT N_C-1
CỘT 1
HÀNG N_{r1}
HÀNG N_{r1}+N_{r2}-1
GHI
PHẦN 1
CỘT N_C-1
CỘT 1
HÀNG 0
HÀNG N_{r1}-1
PHẦN 2
CỘT N_C-1
CỘT 1
HÀNG N_{r1}
HÀNG N_{r1}+N_{r2}-1

Fig. 21

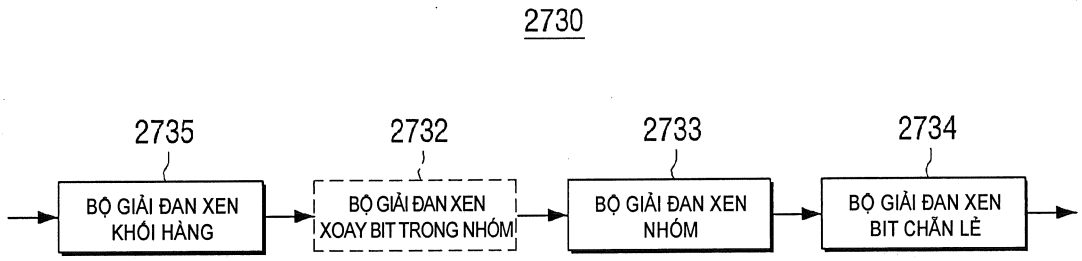
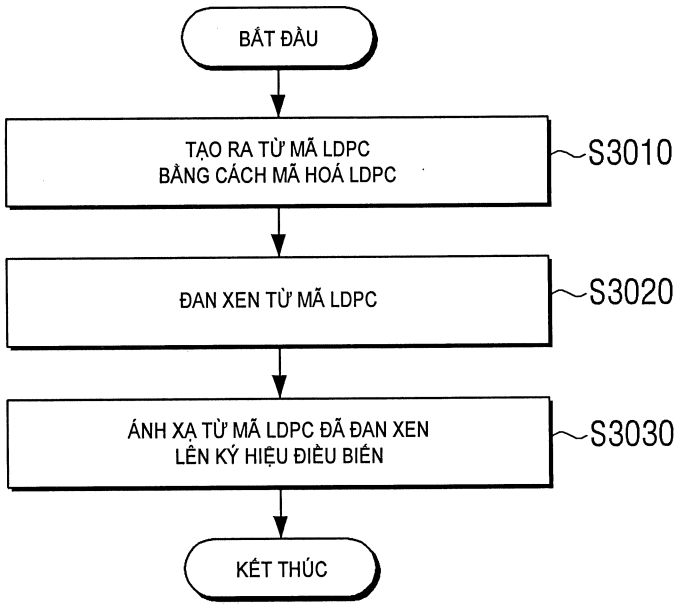

2730
2735
2732
2733
2734
BỘ GIẢI ĐAN XEN KHỐI HÀNG
BỘ GIẢI ĐAN XEN XOAY BIT TRONG NHÓM
BỘ GIẢI ĐAN XEN NHÓM
BỘ GIẢI ĐAN XEN BIT CHẴN LẺ

Fig. 22


BẮT ĐẦU
TẠO RA TỪ MÃ LDPC BẰNG CÁCH MÃ HOÁ LDPC
S3010
ĐAN XEN TỪ MÃ LDPC
S3020
ÁNH XẠ TỪ MÃ LDPC ĐÃ ĐAN XEN LÊN KÝ HIỆU ĐIỀU BIẾN
S3030
KẾT THÚC