



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

(19) Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN) (11) CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ



1-0039529

(51)⁷ H04L 27/34; H03M 13/11; H03M 13/27 (13) B

(21) 1-2016-03487

(22) 23/02/2015

(86) PCT/KR2015/001695 23/02/2015

(87) WO 2015/126194 A1 27/08/2015

(30) 61/941,708 19/02/2014 US; 10-2015-0024183 17/02/2015 KR

(45) 25/04/2024 433

(43) 25/11/2016 344A

(73) SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD. (KR)

129, Samsung-ro, Yeongtong-gu, Suwon-si, Gyeonggi-do, 16677, Republic of Korea

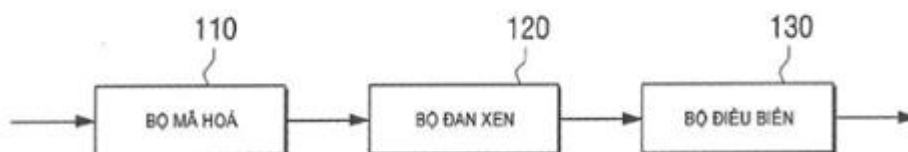
(72) MYUNG, Se-ho (KR); JEONG, Hong-sil (KR); KIM, Kyung-joong (KR).

(74) Công ty TNHH Sở hữu trí tuệ WINCO (WINCO CO., LTD.)

(54) THIẾT BỊ TRUYỀN TÍN HIỆU VÀ THIẾT BỊ THU TÍN HIỆU

(57) Sáng chế đề cập đến thiết bị truyền tín hiệu và thiết bị 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 ký hiệu điều biến, trong đó bộ điều biến còn được tạo cấu hình để ánh xạ một bit có trong một nhóm bit định trước trong số các nhóm bit tạo nên từ mã LDPC lên một bit định trước trong ký hiệu điều biến.

100



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 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 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 các phương án làm ví dụ, sáng chế tạo ra thiết bị truyền tín hiệu có thể ánh xạ một 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 ký hiệu điều biến, trong đó bộ điều biến còn được tạo cấu hình để ánh xạ một bit có trong một nhóm bit định trước trong số các nhóm bit tạo nên từ mã LDPC lên một bit định trước trong ký hiệu điều biến.

Mỗi nhóm bit trong số các nhóm bit nêu trên có thể có M bit. M có thể là ước số chung của N_{ldpc} và K_{ldpc} , và có thể được xác định sao cho thỏa mãn hệ thức $Q_{ldpc} = (N_{ldpc} - K_{ldpc})/M$. Trong trường hợp này, 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 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 như sau:

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

trong đó X_j là nhóm bit thứ j trước khi các nhóm bit được đan xen, Y_j là nhóm bit thứ j sau khi các nhóm bit được đan xen, N_{group} là tổng số nhóm bit, và $\pi(j)$ là thông số chỉ báo thứ tự đan xen.

Trong đó, 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 16-QAM, và tỷ lệ mã bằng 6/15, thì giá trị $\pi(j)$ có thể được xác định trong bảng 11.

Khi từ mã LDPC có độ dài bằng 64800, phương pháp điều biến là 16-QAM, và tỷ lệ mã bằng 10/15, thì giá trị $\pi(j)$ có thể được xác định trong bảng 14.

Khi từ mã LDPC có độ dài bằng 64800, phương pháp điều biến là 16-QAM, và tỷ lệ

mã bằng 12/15, thì giá trị $\pi(j)$ có thể được xác định trong bảng 15.

Khi từ mã LDPC có độ dài bằng 64800, phương pháp điều biến là 64-QAM, và tỷ lệ mã bằng 6/15, thì giá trị $\pi(j)$ có thể được xác định trong bảng 17.

Khi từ mã LDPC có độ dài bằng 64800, phương pháp điều biến là 64-QAM, và tỷ lệ mã bằng 8/15, thì giá trị $\pi(j)$ có thể được xác định trong bảng 18.

Khi từ mã LDPC có độ dài bằng 64800, phương pháp điều biến là 64-QAM, và tỷ lệ mã bằng 12/15, thì giá trị $\pi(j)$ có thể được xác định trong bảng 21.

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 số 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 vào phần còn lại sau khi đã ghi ít nhất một số nhóm bit nêu trên vào các cột 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 ký hiệu điều biến, trong đó bước ánh xạ là bước ánh xạ một bit có trong một nhóm bit định trước trong số các nhóm bit tạo nên từ mã LDPC lên một bit định trước trong ký hiệu điều biến.

Mỗi nhóm bit trong số các 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 $Q_{ldpc} = (N_{ldpc} - K_{ldpc})/M$. Trong trường hợp này, 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; 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 như sau:

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

trong đó X_j là nhóm bit thứ j trước khi các nhóm bit được đan xen, Y_j là nhóm bit thứ j sau khi các nhóm bit được đan xen, N_{group} là tổng số nhóm bit, và $\pi(j)$ là thông số chỉ báo thứ tự đan xen.

Trong đó, 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 16-QAM, và tỷ lệ mã bằng 6/15, thì giá trị $\pi(j)$ có thể được xác định trong bảng 11.

Khi từ mã LDPC có độ dài bằng 64800, phương pháp điều biến là 16-QAM, và tỷ lệ mã bằng 10/15, thì giá trị $\pi(j)$ có thể được xác định trong bảng 14.

Khi từ mã LDPC có độ dài bằng 64800, phương pháp điều biến là 16-QAM, và tỷ lệ mã bằng 12/15, thì giá trị $\pi(j)$ có thể được xác định trong bảng 15.

Khi từ mã LDPC có độ dài bằng 64800, phương pháp điều biến là 64-QAM, và tỷ lệ mã bằng 6/15, thì giá trị $\pi(j)$ có thể được xác định trong bảng 17.

Khi từ mã LDPC có độ dài bằng 64800, phương pháp điều biến là 64-QAM, và tỷ lệ mã bằng 8/15, thì giá trị $\pi(j)$ có thể được xác định trong bảng 18.

Khi từ mã LDPC có độ dài bằng 64800, phương pháp điều biến là 64-QAM, và tỷ lệ mã bằng 12/15, thì giá trị $\pi(j)$ có thể được xác định trong bảng 21.

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 số 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 vào phần còn lại sau khi đã

ghi ít nhất một số nhóm bit nêu trên vào các cột 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 đến Fig.4 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.5 là sơ đồ khối thể hiện cấu hình của bộ đan xen theo phương án làm ví dụ thực hiện sáng chế;

Fig.6 đến Fig.8 là các hình vẽ thể hiện phương pháp đan xen theo các phương án làm ví dụ thực hiện sáng chế;

Fig.9 đến Fig.14 là các hình vẽ thể hiện phương pháp đan xen của bộ đan xen khối theo các phương án làm ví dụ thực hiện sáng chế;

Fig.15 là hình vẽ thể hiện hoạt động của bộ phân kênh theo phương án làm ví dụ thực hiện sáng chế;

Fig.16 và Fig.17 là các hình vẽ thể hiện phương pháp thiết kế mẫu 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 là sơ đồ khối thể hiện cấu hình của bộ giải đan xen theo 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.21 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 chi tiết 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. Để làm được việc này, 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, 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 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 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.

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.

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 $N_{\text{parity}} = N_{\text{ldpc}} - K_{\text{ldpc}}$ 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 $(K_{\text{ldpc}}-1)$), 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} . 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 $Q_{\text{ldpc}} = (N_{\text{ldpc}} - K_{\text{ldpc}})/M$. 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 tùy 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 ($i = 0, 1, \dots, K_{ldpc}/M-1$) 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 $R_{i,0}^{(0)}, R_{i,0}^{(1)}, \dots, R_{i,0}^{(D_i-1)}$, 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 $k = 0, 1, 2, \dots, D_i-1$; $i = 0, 1, \dots, K_{ldpc}/M-1$; và $j = 1, 2, \dots, M-1$.

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 $k = 0, 1, 2, \dots, D_i - 1$; $i = 0, 1, \dots, K_{ldpc}/M - 1$; và $j = 1, 2, \dots, M - 1$. Vì $j = 1, 2, \dots, M - 1$, nên $(j \bmod M)$ 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 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

bảng 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 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

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 7 dưới đây:

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 họa 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 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 đó. Vì vậy, sáng chế này 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.

Theo phương án làm ví dụ thực hiện sáng chế, kể cả khi thứ tự sắp xếp của các dãy tương ứng với mỗi nhóm cột trong các bảng từ bảng 4 đến bảng 8 có thay đổi, thì đặc trưng tuần hoàn trên đồ thị của mã và đặc trưng đại số như sơ đồ phân bố bậc vẫn không thay đổi. Vì vậy, sáng chế này 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 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 $Q_{ldpc} = (N_{ldpc}-K_{ldpc})/M = (64800-25920)/360 = 108$, 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 hàng 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 $(N_{ldpc}-1)$), 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.

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

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

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, 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 $M \times M$ 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 $M \times M$. Nghĩa là, các ma trận con $M \times M$ 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 $M \times M$, 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 $M \times M$ 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 $M \times M$, tất cả các giá trị của hàng thứ 0 và cột thứ $(M-1)$ đều bằng “0”, còn với $0 \leq i \leq (M-2)$, thì hàng thứ $(i+1)$ của cột thứ i bằng “1” và các giá trị còn lại đều bằng “0”.

Thứ hai, với $0 \leq i \leq (N_{\text{ldpc}} - K_{\text{ldpc}})/M - 1$ trong ma trận con chẵn lẻ 320, khối hàng thứ i của khối cột thứ $(K_{\text{ldpc}}/M + i)$ được tạo ra dựa trên ma trận đơn vị $I_{M \times M}$ 340. Ngoài ra, với $0 \leq i \leq (N_{\text{ldpc}} - K_{\text{ldpc}})/M - 2$, khối hàng thứ $(i+1)$ của khối cột thứ $(K_{\text{ldpc}}/M + i)$ 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 $M \times M$ 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 $p_0 = p_1 = p_2 = \dots = p_{N_{ldpc}-K_{ldpc}-1} = 0$.

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:

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

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 ($m = 1, 2, \dots, 359$) 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:

$$(x + (m \bmod 360) \times Q_{\text{ldpc}}) \bmod (N_{\text{ldpc}} - K_{\text{ldpc}}) \quad (9)$$

Trong đó, 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 $m = 1, 2, \dots, 359$, nên $(m \bmod 360)$ trong biểu thức 9 có thể được coi là bằng m .

Kết quả là, các bit từ thông tin i_m ($m = 1, 2, \dots, 359$) 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. 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 .

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

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.

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

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.

Ví dụ khác, ma trận kiểm tra chẵn lẻ theo phương án làm ví dụ thực hiện sáng chế có thể có cấu trúc như được thể hiện trên Fig.4.

Dựa vào Fig.4, ma trận kiểm tra chẵn lẻ 400 có thể gồm có 5 ma trận A, B, C, Z và D. Cấu trúc của từng ma trận này sẽ được mô tả dưới đây để hiểu rõ về cấu trúc của ma trận kiểm tra chẵn lẻ 400.

Thứ nhất, M_1 , M_2 , Q_1 và Q_2 , là các giá trị thông số liên quan đến ma trận kiểm tra chẵn lẻ 400 như được thể hiện trên Fig.4, có thể được xác định như được thể hiện trong bảng 9 dưới đây dựa vào độ dài và tỷ lệ mã của từ mã LDPC.

Bảng 9

Tỷ lệ mã	Độ dài	Khoảng cách dịch chuyển			
		M_1	M_2	Q_1	Q_2
1/15	16200	2520	12600	7	35
	64800	1080	59400	3	165
2/15	16200	3240	10800	9	30
	64800	1800	54360	5	151
3/15	16200	1080	11880	3	33
	64800	1800	50040	5	139
4/15	16200	1080	10800	3	30
	64800	1800	45720	5	127
5/15	16200	720	10080	2	28
	64800	1440	41760	4	116
6/15	16200	1080	8640	3	24
	64800	1080	37800	3	105

Ma trận A gồm có K cột và g hàng, và ma trận C gồm có K+g cột và N-K-g hàng. Trong đó, K là độ dài của các bit từ thông tin, và N là độ dài của từ mã LDPC.

Chỉ số của các hàng có chứa giá trị 1 trong cột thứ 0 của nhóm cột thứ i trong ma trận A và ma trận C có thể được xác định dựa vào bảng 10 theo độ dài và tỷ lệ mã của từ mã LDPC. Trong trường hợp này, khoảng cách lặp lại của một mẫu cột trong mỗi ma trận trong số ma trận A và ma trận C, tức là số lượng cột thuộc cùng một nhóm cột, có thể là 360.

Ví dụ, nếu độ dài N của từ mã LDPC bằng 64800 và tỷ lệ mã bằng 6/15, thì chỉ số của các hàng có chứa giá trị 1 trong cột thứ 0 của nhóm cột thứ i trong ma trận A và ma trận C được xác định như được thể hiện trong bảng 10 dưới đây:

Bảng 10

i	Chỉ số của các hàng có chứa giá trị 1 trong cột thứ 0 của nhóm cột thứ i
0	71 276 856 6867 12964 17373 18159 26420 28460 28477
1	257 322 672 2533 5316 6578 9087 10231 13845 36497
2	233 765 904 1366 3875 13145 15409 18620 23910 30825
3	100 224 405 12776 13688 14787 16781 23886 29099 31419
4	23 496 891 2512 12589 14074 19392 20339 27658 26634
5	473 712 759 1283 4374 9898 12551 13814 24247 32728
6	511 567 815 11823 17106 17900 19338 22315 24596 26448
7	45 733 836 1923 3727 17468 25746 33806 35995 36657

8	17 487 675 2670 3922 5145 18009 23993 31073 36624
9	72 751 773 1937 17324 28512 30666 30934 31016 31849
10	257 343 594 14041 19141 24914 25864 28809 32055 34753
11	99 241 491 2650 9670 17433 17785 18988 22236 30742
12	198 299 655 6737 8804 10917 16092 19367 20455 37690
13	351 916 926 18151 21708 23216 30321 33578 34052 37949
14	54 332 373 2010 3382 5628 16801 34337 36451 37861
15	139 257 1068 11090 20289 29694 29732 32640 35133 36404
16	45 885 968 2115 4956 5422 5949 17570 26673 32387
17	137 270 619 5006 6099 7979 14429 16650 25443 32789
18	45 282 287 10258 18383 20258 27186 27494 28429 38266
19	445 486 1058 1868 9976 11294 20364 23695 30826 35330
20	134 900 931 12518 14544 17715 19623 21111 33868 34570
21	62 65 586 8020 20270 23831 31041 31965 32224 35189
22	174 290 784 6740 14673 17642 26286 27382 33447 34679
23	332 675 1033 1838 12004 15439 20765 31721 34225 38863
24	527 558 832 3867 6318 8317 10883 13466 18427 25377
25	431 780 1021 1112 2873 7675 13059 17793 20570 20771
26	339 536 1015 5725 6916 10846 14487 21156 28123 32614
27	456 830 1078 7511 11801 12362 12705 17401 28867 34032
28	222 538 989 5593 6022 8302 14008 23445 25127 29022
29	37 393 788 3025 7768 11367 12276 22761 28232 30394
30	234 257 1045 1307 2805 6337 26530 28142 34129 35997
31	35 46 978 9912 9978 12567 17843 24194 34887 35206
32	59 959 967 5027 10847 14657 18859 28075 28214 36325
33	275 477 823 11376 18073 28997 30521 31661 31941 32116
34	185 580 966 11733 12013 12760 13358 19372 32534 35504
35	760 891 1046 11150 20358 21638 29930 31014 33050 34840
36	360 389 1057 5316 5938 14186 16404 32445 34021 35722
37	306 344 679 5224 6674 10305 18753 25583 30585 36941
38	103 171 1016 8780 11741 12144 19470 120955 22495 27377
39	818 832 894 3883 14279 14497 22505 28129 28719 31246
40	215 411 760 5885 25612 28556 32213 32704 35901 36130
41	229 489 1067 2385 8587 20565 23431 28102 30147 32859
42	288 664 980 8138 8531 21676 23787 26708 28798 34490
43	89 552 847 6656 9889 23949 26226 27080 31236 35825
44	66 142 443 3339 3813 7977 14944 15464 19186 25983
45	605 876 931 26682 17669 25800 28220 33432 35738 37382
46	346 423 806 5669 7668 8789 9928 19724 24039 27893
47	48 460 1055 3512 7389 7549 20216 22180 28221 35437
48	187 636 824 1678 4508 13588 19683 21750 30311 33480
49	25 768 935 2856 8187 9052 21850 29941 33217 34293
50	349 624 716 2698 6395 6435 8974 10649 15932 17378
51	336 410 871 3582 9830 10385 13892 28027 19203 36659
52	176 849 1078 17302 19379 27964 28164 28720 32557 35495

53	234 890 1075 9431 9605 9700 10113 11332 12679 24268
54	516 638 733 8851 19871 22740 25791 30152 32659 35568
55	253 830 879 2036 16885 22952 23765 25389 34656 37293
56	94 954 998 2003 3389 6870 7321 29856 31373 34838
57	79 350 983 4853 6252 11932 12058 21631 24552 24876
58	246 647 778 4036 10391 10656 13194 32335 32360 34179
59	149 339 436 6971 8356 8715 11577 22376 28684 31249
60	36 149 220 6936 18408 19192 19288 23063 28411 35311
61	273 683 1042 6327 10011 18041 21704 29097 30791 31425
62	46 138 722 2701 10984 13002 19930 26625 28458 28965
63	12 1009 1040 1990 2930 5302 21215 22625 23011 29288
64	125 241 819 2245 3199 8415 21133 26788 27226 38838
65	45 476 1075 7393 15141 20414 31244 33336 35004 38391
66	432 578 667 1343 10456 11314 11507 23314 27720 34465
67	248 291 556 1971 3989 8992 18000 19998 23932 34652
68	68 694 837 2246 7472 7873 11078 12868 20937 35591
69	272 924 949 2030 4360 6203 9737 19705 19902 38039
70	21 314 979 2311 2632 4109 19527 21920 31413 34277
71	197 253 804 1249 4315 10021 14358 20559 27099 30525
72	9802 16164 17499 22378 22408 22704 26742 29908
73	9064 10904 12305 14057 16156 26000 32613 34536
74	5178 6319 10239 19343 25628 30577 31110 32291

Trong ví dụ nêu trên, độ dài của từ mã LDPC bằng 64800 và tỷ lệ mã bằng 6/15. Tuy nhiên, đó chỉ là ví dụ minh họa và chỉ số của các hàng có chứa giá trị 1 trong cột thứ 0 của nhóm cột thứ i trong ma trận A và ma trận C 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.

Vị trí của các hàng có chứa giá trị 1 trong ma trận A và ma trận C dựa vào bảng 10 để làm ví dụ sẽ được mô tả dưới đây.

Vì độ dài N của từ mã LDPC bằng 64800 và tỷ lệ mã bằng 6/15 trong bảng 10, nên $M_1 = 1080$, $M_2 = 37800$, $Q_1 = 3$ và $Q_2 = 105$ được xác định dựa vào bảng 9.

Trong đó, Q_1 là khoảng cách dịch chuyển tuần hoàn của các cột trong cùng một nhóm cột trong ma trận A, và Q_2 là khoảng cách dịch chuyển tuần hoàn của các cột trong cùng một nhóm cột trong ma trận C.

Ngoài ra, $Q_1 = M_1/L$, $Q_2 = M_2/L$, $M_1 = g$, và $M_2 = N-K-g$, và L là khoảng lặp lại của một mẫu cột trong ma trận A và ma trận C, và ví dụ, có thể bằng 360.

Chỉ số hàng có chứa giá trị 1 trong ma trận A và ma trận C có thể được xác định dựa

vào giá trị M_1 .

Ví dụ, vì $M_1 = 1080$ dựa vào bảng 10, nên vị trí của các hàng có chứa giá trị 1 trong cột thứ 0 của nhóm cột thứ i trong ma trận A có thể được xác định dựa vào các giá trị nhỏ hơn 1080 được chọn trong số các giá trị chỉ số trong bảng 10, và vị trí của các hàng có chứa giá trị 1 trong cột thứ 0 của nhóm cột thứ i trong ma trận C có thể được xác định dựa vào các giá trị lớn hơn hoặc bằng 1080 được chọn trong số các giá trị chỉ số trong bảng 10.

Cụ thể, trong bảng 10, dãy tương ứng với nhóm cột thứ 0 là “71, 276, 856, 6867, 12964, 17373, 18159, 26420, 28460, 28477”. Do đó, đối với cột thứ 0 của nhóm cột thứ 0 trong ma trận A, giá trị 1 có thể nằm ở hàng thứ 71, hàng thứ 276, và hàng thứ 856, còn đối với cột thứ 0 của nhóm cột thứ 0 trong ma trận C, giá trị 1 có thể nằm ở hàng thứ 6867, hàng thứ 12964, hàng thứ 17373, hàng thứ 18159, hàng thứ 26420, hàng thứ 28460, và hàng thứ 28477.

Khi xác định được vị trí của giá trị 1 trong cột thứ 0 của mỗi nhóm cột trong ma trận A, thì có thể xác định được vị trí của các hàng có chứa giá trị 1 trong một cột khác của mỗi nhóm cột bằng cách dịch chuyển tuần hoàn so với cột trước đó với khoảng cách Q_1 . Khi xác định được vị trí của giá trị 1 trong cột thứ 0 của mỗi nhóm cột trong ma trận C, thì có thể xác định được vị trí của các hàng có chứa giá trị 1 trong một cột khác của mỗi nhóm cột bằng cách dịch chuyển tuần hoàn so với cột trước đó với khoảng cách Q_2 .

Trong ví dụ nêu trên, đối với cột thứ 0 của nhóm cột thứ 0 trong ma trận A, giá trị 1 nằm ở hàng thứ 71, hàng thứ 276, và hàng thứ 856. Trong trường hợp này, vì $Q_1 = 3$, nên chỉ số của các hàng có chứa giá trị 1 trong cột thứ 1 của nhóm cột thứ 0 là 74 ($= 71+3$), 279 ($= 276+3$), và 859 ($= 856+3$), và chỉ số của các hàng có chứa giá trị 1 trong cột thứ 2 của nhóm cột thứ 0 là 77 ($= 74+3$), 282 ($= 279+3$), và 862 ($= 859+3$).

Đối với cột thứ 0 của nhóm cột thứ 0 trong ma trận C, giá trị 1 nằm ở hàng thứ 6867, hàng thứ 12964, hàng thứ 17373, hàng thứ 18159, hàng thứ 26420, hàng thứ 28460, và hàng thứ 28477. Trong trường hợp này, vì $Q_2 = 105$, nên chỉ số của các hàng có chứa giá trị 1 trong cột thứ 1 của nhóm cột thứ 0 là 6972 ($= 6867+105$), 13069 ($= 12964+105$), 17478 ($= 17373+105$), 18264 ($= 18159+105$), 26525 ($= 26420+105$), 28565 ($= 28460+105$), 28582 ($= 28477+105$), và chỉ số của các hàng có chứa giá trị 1

trong cột thứ 2 của nhóm cột thứ 0 là 7077 ($= 6972+105$), 13174 ($= 13069+105$), 17583 ($= 17478+105$), 18369 ($= 18264+105$), 26630 ($= 26525+105$), 28670 ($= 28565+105$), 28687 ($= 28582+105$).

Theo quy trình này, có thể xác định được vị trí của các hàng có chứa giá trị 1 trong tất cả các nhóm cột của ma trận A và ma trận C.

Ma trận B có thể có cấu trúc hai đường chéo, ma trận D có thể có cấu trúc đường chéo (tức là ma trận D là ma trận đơn vị), và ma trận Z có thể là ma trận không.

Do đó, ma trận kiểm tra chẵn lẻ 400 được thể hiện trên Fig.4 có thể được xác định dựa vào các ma trận A, B, C, D và Z có các cấu trúc nêu trên.

Quy trình thực hiện bước mã hoá LDPC dựa trên ma trận kiểm tra chẵn lẻ 400 được thể hiện trên Fig.4 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 400 được xác định như được thể hiện trong bảng 10 để làm ví dụ sẽ được mô tả dưới đây.

Ví dụ, khi khối từ thông tin $S = (s_0, s_1, K, s_{K-1})$ được mã hoá LDPC, thì có thể tạo ra từ mã LDPC $\Lambda = (\lambda_0, \lambda_1, K, \lambda_{N-1}) = (s_0, s_1, K, s_{K-1}, p_0, p_1, K, p_{M_1+M_2-1})$ có chứa bit chẵn lẻ $P = (p_0, p_1, K, p_{M_1+M_2-1})$.

M_1 và M_2 lần lượt biểu thị kích thước của ma trận B có cấu trúc hai đường chéo và kích thước của ma trận C có cấu trúc đường chéo, và $M_1 = g$, $M_2 = N-K-g$.

Quy trình tính bit chẵn lẻ như sau. Để cho dễ hiểu, trong phần mô tả sáng chế dưới đây sử dụng ma trận kiểm tra chẵn lẻ 400 như được thể hiện trong bảng 10 để làm ví dụ.

Bước 1) Thiết lập giá trị ban đầu cho λ và p với $\lambda_i = s_i$ ($i = 0, 1, \dots, K-1$), $p_j = 0$ ($j = 0, 1, \dots, M_1+M_2-1$).

Bước 2) Cộng bit từ thông tin thứ 0 λ_0 với bit chẵn lẻ có địa chỉ của bit chẵn lẻ được xác định ở hàng thứ nhất (tức là hàng $i = 0$) trong bảng 10. Phép cộng này có thể được biểu diễn bằng biểu thức 12 sau đây:

$$\begin{aligned}
p_{71} &= p_{71} \oplus \lambda_0 & p_{17373} &= p_{17373} \oplus \lambda_0 \\
p_{276} &= p_{276} \oplus \lambda_0 & p_{18159} &= p_{18159} \oplus \lambda_0 \\
p_{856} &= p_{856} \oplus \lambda_0 & p_{26420} &= p_{26420} \oplus \lambda_0 \\
p_{6867} &= p_{6867} \oplus \lambda_0 & p_{28460} &= p_{28460} \oplus \lambda_0 \\
p_{12964} &= p_{12964} \oplus \lambda_0 & p_{28477} &= p_{28477} \oplus \lambda_0
\end{aligned} \tag{12}$$

Bước 3) Đối với $L-1$ bit từ thông tin kế tiếp λ_m ($m = 1, 2, \dots, L-1$), cộng λ_m với bit chẵn lẻ có địa chỉ của bit chẵn lẻ được tính dựa vào biểu thức 13 sau đây:

$$\begin{aligned}
(\chi + m \times Q_1) \bmod M_1 & \quad (\text{nếu } \chi < M_1) \\
M_1 + \{(\chi - M_1 + m \times Q_2) \bmod M_2\} & \quad (\text{nếu } \chi \geq M_1)
\end{aligned} \tag{13}$$

Trong đó, χ là địa chỉ của vùng chứa bit chẵn lẻ tương ứng với bit từ thông tin thứ 0 λ_0 .

Ngoài ra, $Q_1 = M_1/L$ và $Q_2 = M_2/L$. Ngoài ra, vì độ dài N của từ mã LDPC bằng 64800 và tỷ lệ mã bằng 6/15 trong bảng 10, nên $M_1 = 1080$, $M_2 = 37800$, $Q_1 = 3$, $Q_2 = 105$, và $L = 360$ được xác định dựa vào bảng 9.

Do đó, phép toán như được thể hiện trong biểu thức 14 dưới đây có thể được thực hiện trên bit từ thông tin thứ 1 λ_1 :

$$\begin{aligned}
p_{74} &= p_{74} \oplus \lambda_1 & p_{17478} &= p_{17478} \oplus \lambda_1 \\
p_{279} &= p_{279} \oplus \lambda_1 & p_{18264} &= p_{18264} \oplus \lambda_1 \\
p_{859} &= p_{859} \oplus \lambda_1 & p_{26525} &= p_{26525} \oplus \lambda_1 \\
p_{6972} &= p_{6972} \oplus \lambda_1 & p_{28565} &= p_{28565} \oplus \lambda_1 \\
p_{13069} &= p_{13069} \oplus \lambda_1 & p_{28582} &= p_{28582} \oplus \lambda_1
\end{aligned} \tag{14}$$

Bước 4) Vì cùng một địa chỉ của bit chẵn lẻ như được xác định ở hàng thứ hai (tức là hàng $i = 1$) trong bảng 10 được chọn cho bit từ thông tin thứ L λ_L , nên theo quy trình tương tự như quy trình nêu trên, có thể tính được địa chỉ của bit chẵn lẻ đối với $L-1$ bit từ thông tin kế tiếp λ_m ($m = L+1, L+2, 2L-1$) dựa vào biểu thức 13. Trong trường hợp này, χ là địa chỉ của vùng chứa bit chẵn lẻ tương ứng với bit từ thông tin λ_L , và có thể tìm được ở hàng thứ hai trong bảng 10.

Bước 5) Thực hiện lặp lại các quy trình nêu trên với L bit từ thông tin mới của mỗi nhóm khi xem xét các hàng mới trong bảng 10 để làm địa chỉ của vùng chứa bit chẵn lẻ.

Bước 6) Sau khi đã thực hiện lặp lại các quy trình nêu trên với các bit từ mã từ λ_0 đến λ_{K-1} , lần lượt tính các giá trị liên quan đến biểu thức 15 dưới đây bắt đầu từ $i = 1$:

$$p_i = p_i \oplus p_{i-1} \quad \text{với } (i = 1, 2, \dots, M_1-1) \quad (15)$$

Bước 7) Tính các bit chẵn lẻ từ λ_K đến λ_{K+M_1-1} tương ứng với ma trận B có cấu trúc hai đường chéo dựa vào biểu thức 16 sau đây:

$$\lambda_{K+L \times t+s} = p_{Q_1 \times s+t} \quad \text{với } (0 \leq s < L, 0 \leq t < Q_1) \quad (16)$$

Bước 8) Tính địa chỉ của vùng chứa bit chẵn lẻ với L bit từ mã mới từ λ_K đến λ_{K+M_1-1} của mỗi nhóm dựa vào bảng 10 và biểu thức 13.

Bước 9) Sau khi đã tính các bit từ mã từ λ_K đến λ_{K+M_1-1} , tính các bit chẵn lẻ từ λ_{K+M_1} đến $\lambda_{K+M_1+M_2-1}$ tương ứng với ma trận C có cấu trúc đường chéo dựa vào biểu thức 17 sau đây:

$$\lambda_{K+M_1+L \times t+s} = p_{M_1+Q_2 \times s+t} \quad \text{với } (0 \leq s < L, 0 \leq t < Q_2) \quad (17)$$

Nhờ đó, 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, và ma trận kiểm tra chẵn lẻ này được tạo cấu hình như được thể hiện trên các hình vẽ từ Fig.2 đến Fig.4.

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 một 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.

Để làm được điều này, như được thể hiện trên Fig.5, 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 dựa vào biểu thức 18 sau đây:

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

$$u_{K_{ldpc}+M \cdot t+s} = c_{K_{ldpc}+Q_{ldpc} \cdot s+t} \quad \text{với } 0 \leq s < M, 0 \leq t < Q_{ldpc} \quad (18)$$

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 $c = (c_0, c_1, \dots, c_{N_{ldpc}-1})$, và xuất ra $U = (u_0, u_1, \dots, u_{N_{ldpc}-1})$.

Từ mã LDPC đã đan xen bit chẵn lẻ theo quy trình nêu trên có thể được tạo cấu hình sao cho 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 ($i = 0, 1, \dots, N_{ldpc}-1$), và cột thứ i của ma trận kiểm tra chẵn lẻ phải là vector “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, 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 và ma trận kiểm tra chẵn lẻ 400 trên Fig.4, 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 19 hoặc biểu thức 20 sau đây:

$$X_j = \left\{ u_k \mid j = \left\lfloor \frac{k}{360} \right\rfloor, 0 \leq k < N_{ldpc} \right\} \text{ với } 0 \leq j < N_{group} \quad (19)$$

$$X_j = \{ u_k \mid 360 \times j \leq k < 360 \times (j+1), 0 \leq k < N_{ldpc} \} \text{ với } 0 \leq j < N_{group} \quad (20)$$

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, 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 giống như được thể hiện trên Fig.6.

Dựa vào Fig.6, 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, các nhóm bit có thể có số bit tương ứng với các 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, nên K_{ldpc} bit từ thông tin được phân chia ra thành (K_{ldpc}/M) nhóm bit và $N_{\text{ldpc}} - K_{\text{ldpc}}$ bit chẵn lẻ được phân chia ra thành $(N_{\text{ldpc}} - K_{\text{ldpc}})/M$ 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 16200, thì số lượng nhóm bit N_{group} tạo nên từ mã LDPC bằng 45 ($= 16200/360$), còn 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 ($= 64800/360$).

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 họa 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.

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 được chọn trong số các nhóm bit ở cách nhau những 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 của 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 những 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 21 sau đây:

$$Y_j = X_{\pi(j)} \quad \text{với } (0 \leq j < N_{\text{group}}) \quad (21)$$

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, phương pháp điều biến và tỷ lệ mã. 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 21 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 11 đến bảng 22 dưới đây.

Trong trường hợp này, giá trị $\pi(j)$ được xác định dựa vào độ dài của từ mã LDPC 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 LDPC 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 bảng 11 dưới đây.

Ví dụ, nếu độ dài của từ mã LDPC bằng 64800, tỷ lệ mã bằng 6/15, và phương pháp điều biến (hoặc định dạng điều biến) là điều biến biên độ vuông góc 16 điểm (16-Quadrature Amplitude Modulation, 16-QAM), thì giá trị $\pi(j)$ có thể được xác định trong bảng 11 dưới đây. Cụ thể, bảng 11 có thể được áp dụng khi bước mã hoá LDPC được thực hiện dựa trên ma trận kiểm tra chẵn lẻ như được xác định trong bảng 4.

Bảng 11

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

Dựa vào bảng 11, biểu thức 21 có thể được biểu diễn dưới dạng $Y_0 = X_{\pi(0)} = X_{55}$, $Y_1 = X_{\pi(1)} = X_{146}$, $Y_2 = X_{\pi(2)} = X_{83}$, ..., $Y_{178} = X_{\pi(178)} = X_{132}$, và $Y_{179} = X_{\pi(179)} = X_{135}$. 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 55 thành nhóm bit thứ 0, nhóm bit thứ 146 thành nhóm bit thứ 1, nhóm bit thứ 83 thành nhóm bit thứ 2, ..., nhóm bit thứ 132 thành nhóm bit thứ 178, và nhóm bit thứ 135 thành nhóm bit thứ 179.

Ví dụ khác, nếu độ dài của từ mã LDPC bằng 64800, tỷ lệ mã bằng 8/15, và phương pháp điều biến là 16-QAM, thì giá trị $\pi(j)$ có thể được xác định trong bảng 12 dưới đây. Cụ thể, bảng 12 có thể được áp dụng khi bước mã hoá LDPC được thực hiện dựa trên ma trận kiểm tra chẵn lẻ được xác định trong bảng 5.

Bảng 12

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

Dựa vào bảng 12, biểu thức 21 có thể được biểu diễn dưới dạng $Y_0 = X_{\pi(0)} = X_{58}$, $Y_1 = X_{\pi(1)} = X_{55}$, $Y_2 = X_{\pi(2)} = X_{111}$, ..., $Y_{178} = X_{\pi(178)} = X_{171}$, và $Y_{179} = X_{\pi(179)} = X_{155}$. 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 58 thành nhóm bit thứ 0, nhóm bit thứ 55 thành nhóm bit thứ 1, nhóm bit thứ 111 thành nhóm bit thứ 2, ..., nhóm bit thứ 171 thành nhóm bit thứ 178, và nhóm bit thứ 155 thành nhóm bit thứ 179.

Ví dụ khác, nếu độ dài của từ mã LDPC bằng 64800, tỷ lệ mã bằng 10/15, và phương pháp điều biến là 16-QAM, thì giá trị $\pi(j)$ có thể được xác định trong bảng 13 dưới đây. Cụ thể, bảng 13 có thể được áp dụng khi bước mã hoá LDPC được thực hiện dựa trên ma trận kiểm tra chẵn lẻ được xác định trong bảng 6.

Bảng 13

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

Dựa vào bảng 13, biểu thức 21 có thể được biểu diễn dưới dạng $Y_0 = X_{\pi(0)} = X_{74}$, $Y_1 = X_{\pi(1)} = X_{53}$, $Y_2 = X_{\pi(2)} = X_{84}$, ..., $Y_{178} = X_{\pi(178)} = X_{159}$, và $Y_{179} = X_{\pi(179)} = X_{163}$. 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 74 thành nhóm bit thứ 0, nhóm bit thứ 53 thành nhóm bit thứ 1, nhóm bit thứ 84 thành nhóm bit thứ 2, ..., nhóm bit thứ 159 thành nhóm bit thứ 178, và nhóm bit thứ 163 thành nhóm bit thứ 179.

Ví dụ khác, nếu độ dài của từ mã LDPC bằng 64800, tỷ lệ mã bằng 10/15, và phương pháp điều biến là 16-QAM, thì giá trị $\pi(j)$ có thể được xác định trong bảng 14 dưới đây. Cụ thể, bảng 14 có thể được áp dụng khi bước mã hoá LDPC được thực hiện dựa trên ma trận kiểm tra chẵn lẻ được xác định trong bảng 7.

Bảng 14

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

Dựa vào bảng 14, biểu thức 21 có thể được biểu diễn dưới dạng $Y_0 = X_{\pi(0)} = X_{68}$, $Y_1 = X_{\pi(1)} = X_{71}$, $Y_2 = X_{\pi(2)} = X_{54}$, ..., $Y_{178} = X_{\pi(178)} = X_{135}$, và $Y_{(179)} = X_{\pi(179)} = X_{24}$. 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 68 thành nhóm bit thứ 0, nhóm bit thứ 71 thành nhóm bit thứ 1, nhóm bit thứ 54 thành nhóm bit thứ 2, ..., nhóm bit thứ 135 thành nhóm bit thứ 178, và nhóm bit thứ 24 thành nhóm bit thứ 179.

Ví dụ khác, nếu độ dài của từ mã LDPC bằng 64800, tỷ lệ mã bằng 12/15, và phương pháp điều biến là 16-QAM, thì giá trị $\pi(j)$ có thể được xác định trong bảng 15 dưới đây. Cụ thể, bảng 15 có thể được áp dụng khi bước mã hoá LDPC được thực hiện dựa trên ma trận kiểm tra chẵn lẻ được xác định trong bảng 8.

Bảng 15

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

Dựa vào bảng 15, biểu thức 21 có thể được biểu diễn dưới dạng $Y_0 = X_{\pi(0)} = X_{120}$, $Y_1 = X_{\pi(1)} = X_{32}$, $Y_2 = X_{\pi(2)} = X_{38}$, ..., $Y_{178} = X_{\pi(178)} = X_{101}$, và $Y_{179} = X_{\pi(179)} = X_{39}$. 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 120 thành nhóm bit thứ 0, nhóm bit thứ 32 thành nhóm bit thứ 1, nhóm bit thứ 38 thành nhóm bit thứ 2, ..., nhóm bit thứ 101 thành nhóm bit thứ 178, và nhóm bit thứ 39 thành nhóm bit thứ 179.

Ví dụ khác, nếu độ dài của từ mã LDPC bằng 64800, tỷ lệ mã bằng 6/15, và phương pháp điều biến là 16-QAM, thì giá trị $\pi(j)$ có thể được xác định trong bảng 16 dưới đây. Cụ thể, bảng 16 có thể được áp dụng khi bước mã hoá LDPC được thực hiện dựa trên ma trận kiểm tra chẵn lẻ được xác định trong bảng 10.

Bảng 16

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

Dựa vào bảng 16, biểu thức 21 có thể được biểu diễn dưới dạng $Y_0 = X_{\pi(0)} = X_{163}$, $Y_1 = X_{\pi(1)} = X_{160}$, $Y_2 = X_{\pi(2)} = X_{138}$, ..., $Y_{178} = X_{\pi(178)} = X_{148}$, và $Y_{179} = X_{\pi(179)} = X_{98}$. 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 163 thành nhóm bit thứ 0, nhóm bit thứ 160 thành nhóm bit thứ 1, nhóm bit thứ 138 thành nhóm bit thứ 2, ..., nhóm bit thứ 148 thành nhóm bit thứ 178, và nhóm bit thứ 98 thành nhóm bit thứ 179.

Ví dụ khác, nếu độ dài của từ mã LDPC bằng 64800, tỷ lệ mã bằng 6/15, và phương pháp điều biến là 64-QAM, thì giá trị $\pi(j)$ có thể được xác định trong bảng 17 dưới đây. Cụ thể, bảng 17 có thể được áp dụng khi bước mã hoá LDPC được thực hiện dựa trên ma trận kiểm tra chẵn lẻ được xác định trong bảng 4.

Bảng 17

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

Dựa vào bảng 17, biểu thức 21 có thể được biểu diễn dưới dạng $Y_0 = X_{\pi(0)} = X_{29}$, $Y_1 = X_{\pi(1)} = X_{17}$, $Y_2 = X_{\pi(2)} = X_{38}$, ..., $Y_{178} = X_{\pi(178)} = X_{117}$, và $Y_{179} = X_{\pi(179)} = X_{155}$. 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 29 thành nhóm bit thứ 0, nhóm bit thứ 17 thành nhóm bit thứ 1, nhóm bit thứ 38 thành nhóm bit thứ 2, ..., nhóm bit thứ 117 thành nhóm bit thứ 178, và nhóm bit thứ 155 thành nhóm bit thứ 179.

Ví dụ khác, nếu độ dài của từ mã LDPC bằng 64800, tỷ lệ mã bằng 8/15, và phương pháp điều biến là 64-QAM, thì giá trị $\pi(j)$ có thể được xác định trong bảng 18 dưới đây. Cụ thể, bảng 18 có thể được áp dụng khi bước mã hoá LDPC được thực hiện dựa trên ma trận kiểm tra chẵn lẻ được xác định trong bảng 5.

Bảng 18

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

Dựa vào bảng 18, biểu thức 21 có thể được biểu diễn dưới dạng $Y_0 = X_{\pi(0)} = X_{86}$, $Y_1 = X_{\pi(1)} = X_{71}$, $Y_2 = X_{\pi(2)} = X_{51}$, ..., $Y_{178} = X_{\pi(178)} = X_{174}$, và $Y_{179} = X_{\pi(179)} = X_{128}$. 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 86 thành nhóm bit thứ 0, nhóm bit thứ 71 thành nhóm bit thứ 1, nhóm bit thứ 51 thành nhóm bit thứ 2, ..., nhóm bit thứ 174 thành nhóm bit thứ 178, và nhóm bit thứ 128 thành nhóm bit thứ 179.

Ví dụ khác, nếu độ dài của từ mã LDPC bằng 64800, tỷ lệ mã bằng 10/15, và phương pháp điều biến là 64-QAM, thì giá trị $\pi(j)$ có thể được xác định trong bảng 19 dưới đây. Cụ thể, bảng 19 có thể được áp dụng khi bước mã hoá LDPC được thực hiện dựa trên ma trận kiểm tra chẵn lẻ được xác định trong bảng 6.

Bảng 19

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

Dựa vào bảng 19, biểu thức 21 có thể được biểu diễn dưới dạng $Y_0 = X_{\pi(0)} = X_{73}$, $Y_1 = X_{\pi(1)} = X_{36}$, $Y_2 = X_{\pi(2)} = X_{21}$, ..., $Y_{178} = X_{\pi(178)} = X_{149}$, và $Y_{179} = X_{\pi(179)} = X_{135}$. 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 73 thành nhóm bit thứ 0, nhóm bit thứ 36 thành nhóm bit thứ 1, nhóm bit thứ 21 thành nhóm bit thứ 2, ..., nhóm bit thứ 149 thành nhóm bit thứ 178, và nhóm bit thứ 135 thành nhóm bit thứ 179.

Ví dụ khác, nếu độ dài của từ mã LDPC bằng 64800, tỷ lệ mã bằng 10/15, và phương pháp điều biến là 64-QAM, thì giá trị $\pi(j)$ có thể được xác định trong bảng 20 dưới đây. Cụ thể, bảng 20 có thể được áp dụng khi bước mã hoá LDPC được thực hiện dựa trên ma trận kiểm tra chẵn lẻ được xác định trong bảng 7.

Bảng 20

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

Dựa vào bảng 20, biểu thức 21 có thể được biểu diễn dưới dạng $Y_0 = X_{\pi(0)} = X_{113}$, $Y_1 = X_{\pi(1)} = X_{115}$, $Y_2 = X_{\pi(2)} = X_{47}$, ..., $Y_{178} = X_{\pi(178)} = X_{130}$, và $Y_{179} = X_{\pi(179)} = X_{176}$. 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 113 thành nhóm bit thứ 0, nhóm bit thứ 115 thành nhóm bit thứ 1, nhóm bit thứ 47 thành nhóm bit thứ 2, ..., nhóm bit thứ 130 thành nhóm bit thứ 178, và nhóm bit thứ 176 thành nhóm bit thứ 179.

Ví dụ khác, nếu độ dài của từ mã LDPC bằng 64800, tỷ lệ mã bằng 12/15, và phương pháp điều biến là 64-QAM, thì giá trị $\pi(j)$ có thể được xác định trong bảng 21 dưới đây. Cụ thể, bảng 21 có thể được áp dụng khi bước mã hoá LDPC được thực hiện dựa trên ma trận kiểm tra chẵn lẻ được xác định trong bảng 8.

Bảng 21

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

Dựa vào bảng 21, biểu thức 21 có thể được biểu diễn dưới dạng $Y_0 = X_{\pi(0)} = X_{83}$, $Y_1 = X_{\pi(1)} = X_{93}$, $Y_2 = X_{\pi(2)} = X_{94}$, ..., $Y_{178} = X_{\pi(178)} = X_2$, và $Y_{179} = X_{\pi(179)} = X_{14}$. 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 83 thành nhóm bit thứ 0, nhóm bit thứ 93 thành nhóm bit thứ 1, nhóm bit thứ 94 thành nhóm bit thứ 2, ..., nhóm bit thứ 2 thành nhóm bit thứ 178, và nhóm bit thứ 14 thành nhóm bit thứ 179.

Ví dụ khác, nếu độ dài của từ mã LDPC bằng 64800, tỷ lệ mã bằng 6/15, và phương pháp điều biến là 64-QAM, thì giá trị $\pi(j)$ có thể được xác định trong bảng 22 dưới đây. Cụ thể, bảng 22 có thể được áp dụng khi bước mã hoá LDPC được thực hiện dựa trên ma trận kiểm tra chẵn lẻ được xác định trong bảng 10.

Bảng 22

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

Dựa vào bảng 22, biểu thức 21 có thể được biểu diễn dưới dạng $Y_0 = X_{\pi(0)} = X_{175}$, $Y_1 = X_{\pi(1)} = X_{177}$, $Y_2 = X_{\pi(2)} = X_{173}$, ..., $Y_{178} = X_{\pi(178)} = X_{31}$, và $Y_{179} = X_{\pi(179)} = X_{72}$. 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 175 thành nhóm bit thứ 0, nhóm bit thứ 177 thành nhóm bit thứ 1, nhóm bit thứ 173 thành nhóm bit thứ 2, ..., nhóm bit thứ 31 thành nhóm bit thứ 178, và nhóm bit thứ 72 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 họa 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 21 và các bảng từ bảng 11 đến bảng 22.

“Khối thứ j ở đầu ra của bộ đan xen theo nhóm” trong các bảng từ bảng 11 đến bảng 22 dùng để chỉ nhóm bit thứ j được xuất ra từ bộ đan xen nhóm 122 sau khi đan xen, và “khối thứ $\pi(j)$ ở đầu vào của bộ đan xen theo nhóm” dùng để chỉ nhóm bit thứ $\pi(j)$ 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, nên “thứ tự của các nhóm bit được đan xen khối” được thể hiện trong các bảng từ bảng 11 đến bảng 22 liên quan đến giá trị $\pi(j)$.

Từ mã LDPC được đan xen nhóm theo quy trình nêu trên được thể hiện trên Fig.7. Khi so sánh từ mã LDPC trên Fig.7 với từ mã LDPC trên Fig.6 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.6 và Fig.7, các nhóm của từ mã LDPC được sắp xếp theo thứ tự là nhóm bit X_0 , nhóm bit X_1 , ..., nhóm bit $X_{N_{\text{group}}-1}$ trước khi đan xen nhóm, và được sắp xếp theo thứ tự là nhóm bit Y_0 , nhóm bit Y_1 , ..., nhóm bit $Y_{N_{\text{group}}-1}$ 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 11 đến bảng 22.

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.8, 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.8 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 nêu trên có thể được loại bỏ tùy 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 họa. 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 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 ghi các bit này vào cùng một cột, còn đối với các nhóm bit không được đan xen theo đơn vị nhóm bit, có thể phân chia các bit trong 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 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 một nhóm bit.

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 cụ thể 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. Cụ thể, 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 11 đến bảng 22.

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) tùy 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 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 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 ($= N_{\text{group}}/C$) (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 ($= N_{\text{group}}/C$) 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.9, bộ đan xen khối 124 ghi các bit có trong nhóm bit Y_0 , nhóm bit $Y_1, \dots$, 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 $Y_{A+1}, \dots$, nhóm bit Y_{2A-1} vào cột thứ 2 từ hàng thứ 1 đến hàng thứ $R_1, \dots$, và ghi các bit có trong nhóm bit Y_{CA-A} , nhóm bit $Y_{CA-A+1}, \dots$, 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 2 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 cột tạo nên bộ đan xen khối 124, số lượng nhóm bit tạo nên từ mã LDPC, và số lượng bit tạo nên 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 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 có trong 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 có trong ít nhất một số nhóm bit có thể được ghi vào từng cột theo đơn vị nhóm bit. 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, 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 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 ngoại trừ ít nhất một số nhóm bit nêu trên trong số các nhóm bit được xác định 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 ngoại trừ các nhóm bit đã được ghi vào phần thứ nhất 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 của C , và $A \times C + 1 = N_{\text{group}}$ (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.10 và Fig.11, 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.10 và Fig.11, 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.

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, 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 ngoại trừ các nhóm bit đã được ghi vào phần thứ nhất của mỗi cột chia cho số lượng cột, sao cho cùng một số lượng bit được ghi vào phần thứ hai của mỗi cột, và ghi các bit đã phân chia vào phần thứ hai của mỗi cột theo hướng cột.

Trong ví dụ nêu trên, vì $A \times C + 1 = N_{\text{group}}$, 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 $Y_{N_{\text{group}}-1}$ 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 $Y_{N_{\text{group}}-1}$ ra thành C nhóm bit con như được thể hiện trên Fig.10, 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 ($Y_{N_{\text{group}}-1}$) 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 ($Y_{N_{\text{group}}-1}$) có M bit và do đó có thể lấy các bit có trong nhóm bit cuối ($Y_{N_{\text{group}}-1}$) này chia cho C và ghi các bit này vào từng cột. Tức là, lấy các bit có trong nhóm bit cuối ($Y_{N_{\text{group}}-1}$) 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 họa. 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.11, 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.10 và Fig.11, 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.9 đến Fig.11.

Cụ thể, trong trường hợp được thể hiện trên Fig.10, 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, 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.11. 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 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 và được ánh

xạ lên ký hiệu điều biến.

Trên Fig.10 và Fig.11, một nhóm bit cuối trong số các nhóm bit được ghi vào phần thứ hai. Tuy nhiên, đó chỉ là ví dụ minh họa. Số lượng nhóm bit được ghi vào phần thứ hai có thể thay đổi tùy theo tổng số nhóm bit của từ mã LDPC, số lượng cột và số lượng hàng, số lượng anten truyền, v.v..

Bộ đan xen khối 124 có thể có cấu hình như được thể hiện trong bảng 23 và bảng 24 dưới đây:

Bảng 23

	$N_{ldpc} = 64800$					
	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 24

	$N_{ldpc} = 16200$					
	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 23 và bảng 24, số lượng cột 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 16-QAM, thì bộ đan xen khối 124 có 4 cột tương ứng với bậc điều biến bằng 4 trong trường hợp điều biến 16-QAM, và mỗi cột có số lượng hàng bằng $R_1 + R_2 = 16200$ ($= 64800/4$). Ví dụ khác, nếu độ dài N_{ldpc} của từ mã LDPC bằng 64800 và phương pháp

điều biến là 64-QAM, thì bộ đan xen khối 124 có 6 cột tương ứng với bậc điều biến bằng 6 trong trường hợp điều biến 64-QAM, và mỗi cột có số lượng hàng bằng $R_1+R_2 = 10800$ ($= 64800/6$).

Trong khi đó, dựa vào bảng 23 và bảng 24, 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, thì các bit trong cùng một nhóm bit được ánh xạ lên một bit duy nhất của mỗi ký hiệu điều biến như được thể hiện trong bảng 23 và bảng 24.

Ví dụ, nếu $N_{ldpc} = 64800$ và phương pháp điều biến là 16-QAM, thì bộ đan xen khối 124 có thể có bốn (4) cột, mỗi cột có 16200 hàng. Trong trường hợp này, các bit có trong mỗi nhóm bit được ghi vào bốn (4) 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 bốn (4) bit tạo nên một ký hiệu điều biến trong phương pháp điều biến 16-QAM, 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.

Ví dụ khác, nếu $N_{ldpc} = 64800$ và phương pháp điều biến là 64-QAM, thì bộ đan xen khối 124 có thể có sáu (6) cột, mỗi cột có 10800 hàng. Trong trường hợp này, các bit có trong mỗi nhóm bit được ghi vào sáu (6) cột và các bit ghi trong cùng một hàng trong mỗi cột được xuất ra theo thứ tự lần lượt. Trong trường hợp này, vì sáu (6) bit tạo nên một ký hiệu điều biến trong phương pháp điều biến 64-QAM, 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 23 và bảng 24, 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 $\lfloor N_{\text{group}} / C \rfloor \times M$, và số lượng hàng thuộc phần thứ hai, R_2 , có thể bằng $N_{\text{ldpc}} / C - R_1$. Trong đó, $\lfloor N_{\text{group}} / C \rfloor$ 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 , 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 của số lượng cột, thì từ bảng 23 và bảng 24 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 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 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 28. 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 16-QAM, thì bộ đan xen khối 124 có thể có bốn (4) cột và mỗi cột có thể có $64800/4 (= 16200)$ hàng.

Trong trường hợp này, vì số lượng nhóm bit của từ mã LDPC chia cho số lượng cột là $180/4 (= 45)$, 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 45 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 $45 \times 360 (= 16200)$ 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 $180/8 = 22,5$, 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, 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 $22 \times 360 (= 7920)$ 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 $22 \times 8 (= 176)$ nhóm bit được ghi vào phần thứ nhất, 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.5 theo phương án làm ví dụ sẽ được mô tả chi tiết dưới đây dựa vào Fig.12.

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

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.12. 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 mỗi nhóm bit. Trong trường hợp này, ở phần thứ nhất, các bit tạo nên mỗi nhóm bit có thể được ghi vào cùng một cột, và ở phần thứ hai, các bit tạo nên mỗi nhóm bit có thể được ghi vào nhiều cột (tức là các bit tạo nên mỗi 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, các 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 25 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, nên nhiều nhóm bit có thể được ghi vào phần thứ nhất.

Bảng 25

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

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

Cụ thể, như được thể hiện trên Fig.12, bit đầu vào v_i ($0 \leq i < N_C \times N_{r1}$) 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 ($N_C \times N_{r1} \leq i < N_{ldpc}$) 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 ($0 \leq j < N_{ldpc}$) 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

$(q_0, q_1, q_2, \dots, q_{63357}, q_{63358}, q_{63359}, q_{63360}, q_{63361}, \dots, q_{64799}) = (v_0, v_{7920}, v_{15840}, \dots, v_{47519}, v_{55439}, v_{63359}, v_{63360}, v_{63540}, \dots, v_{64799})$. 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 16-QAM, thì bộ đan xen khối 124 có thể có 4 cột. Trong trường hợp này, nếu độ dài N_{ldpc} của từ mã LDPC bằng 16200, thì số lượng hàng bằng 16200 ($= 64800/4$). Ví dụ khác, nếu phương pháp điều biến là 64-QAM, thì bộ đan xen khối 124 có thể có 6 cột. Trong trường hợp này, nếu độ dài N_{ldpc} của từ mã LDPC bằng 64800, thì số lượng hàng bằng 10800 ($= 64800/6$).

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 16-QAM và độ dài N_{ldpc} của từ mã LDPC bằng 64800, thì bộ đan xen khối 124 có thể có bốn (4) cột, mỗi cột có 16200 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, nên số lượng nhóm bit ($= 180$) tạo nên từ mã

LDPC có thể là bội số nguyên lần của số lượng cột ($= 4$) khi phương pháp điều biến là 16-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.

Trong trường hợp này, như được thể hiện trên Fig.13, 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_{44} vào cột thứ nhất từ hàng thứ 1 đến hàng thứ 16200, ghi các bit có trong mỗi nhóm bit trong số nhóm bit Y_{45} , nhóm bit Y_{46} , ..., nhóm bit Y_{89} vào cột thứ hai từ hàng thứ 1 đến hàng thứ 16200, ghi các bit có trong mỗi nhóm bit trong số nhóm bit Y_{90} , nhóm bit Y_{91} , ..., nhóm bit Y_{134} vào cột thứ ba từ hàng thứ 1 đến hàng thứ 16200, và ghi các bit có trong mỗi nhóm bit trong số nhóm bit Y_{135} , nhóm bit Y_{136} , ..., nhóm bit Y_{179} vào cột thứ tư từ hàng thứ 1 đến hàng thứ 16200. Ngoài ra, bộ đan xen khối 124 có thể đọc theo thứ tự lần lượt các bit đã ghi trong mỗi hàng của các cột theo hướng hàng.

Ví dụ khác, nếu phương pháp điều biến là 64-QAM và độ dài N_{ldpc} của từ mã LDPC bằng 64800, thì bộ đan xen khối 124 có thể có sáu (6) cột, mỗi cột có 10800 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, nên số lượng nhóm bit ($= 180$) tạo nên từ mã LDPC có thể là bội số nguyên lần của số lượng cột ($= 4$) khi phương pháp điều biến là 64-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.

Trong trường hợp này, như được thể hiện trên Fig.14, 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_{29} vào cột thứ nhất từ hàng thứ 1 đến hàng thứ 10800, ghi các bit có trong mỗi nhóm bit trong số nhóm bit Y_{30} , nhóm bit Y_{31} , ..., nhóm bit Y_{59} vào cột thứ hai từ hàng thứ 1 đến hàng thứ 10800, ghi các bit có trong mỗi nhóm bit trong số nhóm bit Y_{60} , nhóm bit Y_{61} , ..., nhóm bit Y_{89} vào cột thứ ba từ hàng thứ 1 đến hàng thứ 10800, ghi các bit có trong mỗi nhóm bit trong số nhóm bit Y_{90} , nhóm bit Y_{91} , ..., nhóm bit Y_{119} vào cột thứ tư từ hàng thứ 1 đến hàng thứ 10800, ghi các bit có trong mỗi nhóm bit trong số nhóm bit Y_{120} , nhóm bit Y_{121} , ..., nhóm bit Y_{149} vào cột thứ năm từ hàng thứ 1 đến hàng thứ 10800, và ghi các bit có trong mỗi nhóm bit trong số nhóm bit Y_{150} , nhóm bit Y_{151} , ..., nhóm bit Y_{179} vào cột thứ sáu từ hàng thứ 1 đến hàng thứ 10800. Ngoài ra, bộ đan xen khối 124 có thể đọc theo

thứ tự lần lượt các bit đã ghi trong mỗi hàng của các 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 Fig.13 và Fig.14.

Bộ điều biến 130 ánh xạ từ mã LDPC đã đan xen lên 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 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 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 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 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.15, bộ phân kênh (không được thể hiện trên hình vẽ) thu từ mã LDPC $Q = (q_0, q_1, q_2, \dots)$ 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 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 $(y_{0,0}, y_{1,0}, \dots, y_{\eta_{\text{MOD}}-1,0}) = (q_0, q_1, \dots, q_{\eta_{\text{MOD}}-1})$, $(y_{0,1}, y_{1,1}, \dots, y_{\eta_{\text{MOD}}-1,1}) = (q_{\eta_{\text{MOD}}}, q_{\eta_{\text{MOD}}+1}, \dots, q_{2 \times \eta_{\text{MOD}}-1})$, ...

Trong đó, số lượng dòng con, $N_{\text{substreams}}$, 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).

Ví dụ, nếu phương pháp điều biến là 16-QAM, thì số lượng bit tạo nên ký hiệu điều biến, η_{MOD} , bằng 4 và do đó số lượng dòng con, $N_{\text{substreams}}$, bằng 4, và các ô có thể có cấu trúc dưới dạng $(y_{0,0}, y_{1,0}, y_{2,0}, y_{3,0}) = (q_0, q_2, q_1, q_3)$, $(y_{0,1}, y_{1,1}, y_{2,1}, y_{3,1}) = (q_4, q_6, q_5, q_7)$, $(y_{0,2}, y_{1,2}, y_{2,2}, y_{3,2}) = (q_8, q_9, q_{10}, q_{11})$, ...

Ví dụ khác, nếu phương pháp điều biến là 64-QAM, thì số lượng bit tạo nên ký hiệu điều biến, η_{MOD} , bằng 6 và do đó số lượng dòng con, $N_{\text{substreams}}$, bằng 6, và các ô có thể có cấu trúc dưới dạng $(y_{0,0}, y_{1,0}, y_{2,0}, y_{3,0}, y_{4,0}, y_{5,0}) = (q_0, q_1, q_2, q_3, q_4, q_5)$, $(y_{0,1}, y_{1,1}, y_{2,1}, y_{3,1}, y_{4,1}, y_{5,1}) = (q_6, q_7, q_8, q_9, q_{10}, q_{11})$, $(y_{0,2}, y_{1,2}, y_{2,2}, y_{3,2}, y_{4,2}, y_{5,2}) = (q_{12}, q_{13}, q_{14}, q_{15}, q_{16}, q_{17})$, ...

Bộ điều biến 130 có thể ánh xạ từ mã LDPC đã phân kênh lên các ký hiệu điều biến.

Cụ thể, bộ điều biến 130 có thể điều biến các bit (tức là các ô) được 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 dịch pha vuông góc (Quadrature Phase Shift Keying, QPSK), 16-QAM, 64-QAM, 256-QAM, 1024-QAM, 4096-QAM, v.v.. Ví dụ, nếu 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} (tức là bậc điều biến), 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, 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 tùy 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 n_{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).

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 $-\text{conj}(X)$ đối với góc phần tư thứ hai, là $\text{conj}(X)$ 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:

$$\text{Góc phần tư 1 (góc phần tư thứ nhất)} = X$$

$$\text{Góc phần tư 2 (góc phần tư thứ hai)} = -\text{conj}(X)$$

$$\text{Góc phần tư 3 (góc phần tư thứ ba)} = \text{conj}(X)$$

$$\text{Góc phần tư 4 (góc phần tư thứ tư)} = -X.$$

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 $z = \{z_0, z_1, \dots, z_{M-1}\}$. Trong trường hợp đó, khi các điểm trong chòm điểm xuất hiện ở góc phần tư thứ nhất

được xác định dưới dạng $\{x_0, x_1, x_2, \dots, x_{M/4-1}\}$, 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 $z_{2 \times M/4-1}$ = $-\text{conj}(\text{từ } x_0 \text{ đến } x_{M/4})$

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

từ $z_{3 \times M/4}$ đến $z_{4 \times M/4-1}$ = $-(\text{từ } x_0 \text{ đến } x_{M/4})$.

Do đó, bộ điều biến 130 có thể ánh xạ các bit $[y_0, \dots, y_{m-1}]$ 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 $L = \sum_{i=0}^{m-1} (y_i \times 2^{m-1})$. Ví dụ về chòm điểm được xác định theo phương pháp điều biến

chòm điểm không đồng đều được thể hiện trong các bảng từ bảng 26 đến bảng 30 dưới đây khi tỷ lệ mã bằng 5/15, 7/15, 9/15, 11/15, 13/15:

Bảng 26

Ô dữ liệu đầu vào y	Điểm trong chòm điểm z_s
(00)	$(1 + ji)/\sqrt{2}$
(01)	$(1 - ji)/\sqrt{2}$
(10)	$(-1 + ji)/\sqrt{2}$
(11)	$(-1 - ji)/\sqrt{2}$

Bảng 27

x/Cấu trúc	R6/15	R7/15	R8/15	R9/15	R10/15	R11/15	R12/15	R13/15
x_0	0,4530+0,2663i	1,2103+0,5026i	0,4819+0,2575i	0,4909+1,2007i	0,2173+0,4189i	0,9583+0,9547i	0,2999+0,2999i	0,9517+0,9511i
x_1	0,2663+0,4530i	0,5014+1,2103i	0,2575+0,4819i	1,2007+0,4909i	0,6578+0,2571i	0,9547+0,2909i	0,9540+0,2999i	0,9524+0,3061i
x_2	1,2092+0,5115i	0,4634+0,2624i	1,2068+0,4951i	0,2476+0,5065i	0,4326+1,1445i	0,2921+0,9583i	0,2999+0,9540i	0,3067+0,9524i
x_3	0,5115+1,2092i	0,2624+0,4627i	0,4951+1,2068i	0,5053+0,2476i	1,2088+0,5659i	0,2909+0,2927i	0,9540+0,9540i	0,3061+0,3067i

Bảng 28

x/Cấu trúc	R64_R6/15	R64_R7/15	R64_R8/15	R64_R9/15	R64_R10/15	R64_R11/15	R64_R12/15	R64_R13/15
x ₀	0,4387+1,6023i	0,3352+0,6028i	1,4827+0,2920i	0,3547+0,6149i	1,4388+0,2878i	0,3317+0,6970i	1,0854+0,5394i	0,4108+0,7473i
x ₁	1,6023+0,4387i	0,2077+0,6584i	1,2563+0,8411i	0,1581+0,6842i	1,2150+0,8824i	0,1386+0,8824i	0,7353+0,4623i	0,1343+0,5338i
x ₂	0,8753+1,0881i	0,1711+0,3028i	1,0211+0,2174i	0,1567+0,2749i	1,0386+0,2219i	0,1323+0,4437i	1,0474+0,1695i	0,1570+0,9240i
x ₃	1,0881+0,8753i	0,1556+0,8035i	0,8798+0,5702i	0,1336+0,2700i	0,8494+0,6145i	0,1015+0,1372i	0,7243+0,1504i	0,1230+0,1605i
x ₄	0,2202+0,9238i	0,6028+0,3345i	0,2920+1,4827i	0,6177+0,4030i	0,2931+1,4656i	0,5682+0,4500i	1,0693+0,9408i	0,6285+0,4617i
x ₅	0,2019+0,7818i	0,6577+0,2084i	0,8410+1,2563i	0,7262+0,1756i	0,8230+1,2278i	0,6739+0,1435i	0,7092+0,8073i	0,3648+0,3966i
x ₆	0,3049+0,8454i	0,3021+0,1711i	0,2174+1,0211i	0,3568+0,1756i	0,2069+1,0649i	0,3597+0,3401i	1,4261+0,2216i	0,6907+0,1541i
x ₇	0,2653+0,7540i	0,3028+0,1556i	0,5702+0,8798i	0,3771+0,1336i	0,5677+0,8971i	0,3660+0,1204i	0,6106+1,1783i	0,3994+0,1308i
x ₈	0,7818+0,2019i	0,5556+0,8922i	0,3040+0,1475i	0,5639+0,8864i	0,4119+0,1177i	0,6004+0,8922i	0,1392+0,4078i	0,7268+0,8208i
x ₉	0,9238+0,2202i	0,2352+1,0190i	0,3028+0,1691i	0,1980+1,0277i	0,3998+0,2516i	0,2120+1,2253i	0,4262+0,4205i	1,0463+0,9495i
x ₁₀	0,7540+0,2653i	0,8450+1,2619i	0,6855+0,1871i	0,8199+1,2515i	0,7442+0,1559i	0,9594+1,0714i	0,1407+0,1336i	0,1866+1,2733i
x ₁₁	0,8454+0,3049i	0,2922+1,4894i	0,6126+0,3563i	0,2854+1,4691i	0,5954+0,4328i	0,5829+1,3995i	0,4265+0,1388i	0,5507+1,1793i
x ₁₂	0,2675+0,2479i	0,8929+0,5549i	0,1475+0,3040i	0,8654+0,6058i	0,1166+0,1678i	0,8439+0,5675i	0,1388+0,7057i	0,9283+0,5140i
x ₁₃	0,2479+0,2675i	1,0197+0,2359i	0,1691+0,3028i	1,0382+0,2142i	0,1582+0,3325i	0,9769+0,1959i	0,4197+0,7206i	1,2648+0,5826i
x ₁₄	0,2890+0,2701i	1,2626+0,8457i	0,1871+0,6855i	1,2362+0,8416i	0,1355+0,7408i	1,2239+0,6760i	0,1682+1,0316i	0,9976+0,1718i
x ₁₅	0,2701+0,2890i	1,4894+0,2922i	0,3563+0,6126i	1,4663+0,2973i	0,3227+0,6200i	1,3653+0,2323i	0,2287+1,3914i	1,3412+0,1944i

Bảng 29

x/Cấu trúc	NUC_R6/15	NUC_R7/15	NUC_R8/15	NUC_R9/15	NUC_R10/15	NUC_R11/15	NUC_R12/15	NUC_R13/15
x ₀	0,4387+1,6023i	0,3352+0,6028i	1,4827+0,2920i	0,3547+0,6149i	1,4388+0,2878i	0,3317+0,6970i	1,0854+0,5394i	0,8624+1,1715i
x ₁	1,6023+0,4387i	0,2077+0,6584i	1,2563+0,8411i	0,1581+0,6842i	1,2150+0,8824i	0,1386+0,8824i	0,7353+0,4623i	1,1184+0,8462i
x ₂	0,8753+1,0881i	0,1711+0,3028i	1,0211+0,2174i	0,1567+0,2749i	1,0386+0,2219i	0,1323+0,4437i	1,0474+0,1695i	0,2113+1,3843i
x ₃	1,0881+0,8753i	0,1556+0,8035i	0,8798+0,5702i	0,1336+0,2700i	0,8494+0,6145i	0,1015+0,1372i	0,7243+0,1504i	0,7635+0,7707i
x ₄	0,2202+0,9238i	0,6028+0,3345i	0,2920+1,4827i	0,6177+0,4030i	0,2931+1,4656i	0,5682+0,4500i	1,0693+0,9408i	1,1796+0,1661i
x ₅	0,2019+0,7818i	0,6577+0,2084i	0,8410+1,2563i	0,7262+0,1756i	0,8230+1,2278i	0,6739+0,1435i	0,7092+0,8073i	1,0895+0,4882i
x ₆	0,3049+0,8454i	0,3021+0,1711i	0,2174+1,0211i	0,3568+0,1756i	0,2069+1,0649i	0,3597+0,3401i	1,4261+0,2216i	0,8101+0,1492i
x ₇	0,2653+0,7540i	0,3028+0,1556i	0,5702+0,8798i	0,3771+0,1336i	0,5677+0,8971i	0,3660+0,1204i	0,6106+1,1783i	0,7482+0,4477i
x ₈	0,7818+0,2019i	0,5556+0,8922i	0,3040+0,1475i	0,5639+0,8864i	0,4119+0,1177i	0,6004+0,8922i	0,1392+0,4078i	0,1524+0,9943i
x ₉	0,9238+0,2202i	0,2352+1,0190i	0,3028+0,1691i	0,1980+1,0277i	0,3998+0,2516i	0,2120+1,2253i	0,4262+0,4205i	0,1482+0,6877i
x ₁₀	0,7540+0,2653i	0,8450+1,2619i	0,6855+0,1871i	0,8199+1,2515i	0,7442+0,1559i	0,9594+1,0714i	0,1407+0,1336i	0,4692+1,0853i
x ₁₁	0,8454+0,3049i	0,2922+1,4894i	0,6126+0,3563i	0,2854+1,4691i	0,5954+0,4328i	0,5829+1,3995i	0,4265+0,1388i	0,4492+0,7353i
x ₁₂	0,2675+0,2479i	0,8929+0,5549i	0,1475+0,3040i	0,8654+0,6058i	0,1166+0,1678i	0,8439+0,5675i	0,1388+0,7057i	0,1578+0,1319i
x ₁₃	0,2479+0,2675i	1,0197+0,2359i	0,1691+0,3028i	1,0382+0,2142i	0,1582+0,3325i	0,9769+0,1959i	0,4197+0,7206i	0,1458+0,4025i
x ₁₄	0,2890+0,2701i	1,2626+0,8457i	0,1871+0,6855i	1,2362+0,8416i	0,1355+0,7408i	1,2239+0,6760i	0,1682+1,0316i	0,4763+0,1407i
x ₁₅	0,2701+0,2890i	1,4894+0,2922i	0,3563+0,6126i	1,4663+0,2973i	0,3227+0,6200i	1,3653+0,2323i	0,2287+1,3914i	0,4411+0,4267i

Bảng 30

x/Cấu trúc	R6/15	R7/15	R8/15	R9/15	R10/15	R11/15	R12/15	R13/15
x ₀	0,6800+1,6926i	1,2905+1,3099i	1,0804+1,3788i	1,3231+1,1506i	1,6097+0,1548i	0,3105+0,3382i	1,1014+1,1670i	0,3556+0,3497i
x ₁	0,3911+1,3645i	1,0504+0,9577i	1,0487+0,9862i	0,9851+1,2311i	1,5549+0,4605i	0,4342+0,3360i	0,8557+1,2421i	0,3579+0,4945i
x ₂	0,2191+1,7524i	1,5329+0,8935i	1,6464+0,7428i	1,1439+0,8974i	1,3226+0,1290i	0,3149+0,4829i	1,2957+0,8039i	0,5049+0,3571i
x ₃	0,2274+1,4208i	1,1577+0,8116i	1,3245+0,9414i	0,9343+0,9271i	1,2772+0,3829i	0,4400+0,4807i	1,0881+0,8956i	0,5056+0,5063i
x ₄	0,8678+1,2487i	1,7881+0,2509i	0,7198+1,2427i	1,5398+0,7962i	1,2753+1,0242i	0,1811+0,3375i	0,5795+1,2110i	0,2123+0,3497i
x ₅	0,7275+1,1667i	1,4275+0,1400i	0,8106+1,0040i	0,9092+0,5599i	1,4434+0,7540i	0,0633+0,3404i	0,6637+1,4215i	0,2116+0,4900i
x ₆	0,8747+1,0470i	1,4784+0,5201i	0,5595+1,0317i	1,2222+0,6574i	1,0491+0,8476i	0,1818+0,4851i	0,6930+1,0082i	0,0713+0,3489i
x ₇	0,7930+1,0406i	1,3408+0,4346i	0,6118+0,9722i	0,9579+0,6373i	1,1861+0,6253i	0,0633+0,4815i	0,8849+0,9647i	0,0690+0,4960i
x ₈	0,2098+0,9768i	0,7837+0,5867i	1,6768+0,2002i	0,7748+1,5867i	0,9326+0,0970i	0,3084+0,1971i	1,2063+0,5115i	0,3527+0,2086i
x ₉	0,2241+1,0454i	0,8250+0,6455i	0,9997+0,6844i	0,6876+1,2489i	0,8962+0,2804i	0,4356+0,1993i	1,0059+0,4952i	0,3497+0,0713i
x ₁₀	0,1858+0,9878i	0,8256+0,5601i	1,4212+0,4769i	0,5992+0,9208i	1,1044+0,1102i	0,3098+0,0676i	1,4171+0,5901i	0,4960+0,2123i
x ₁₁	0,1901+1,0659i	0,8777+0,6110i	1,1479+0,6312i	0,6796+0,9743i	1,0648+0,3267i	0,4342+0,0691i	1,0466+0,6935i	0,4974+0,0698i
x ₁₂	0,5547+0,8312i	1,0080+0,1843i	0,6079+0,6566i	0,5836+0,5879i	0,7325+0,6071i	0,1775+0,1985i	0,6639+0,6286i	0,2086+0,2079i
x ₁₃	0,5479+0,8651i	1,0759+0,1721i	0,7284+0,6957i	0,6915+0,5769i	0,8260+0,4559i	0,0640+0,1978i	0,8353+0,5851i	0,2094+0,0690i
x ₁₄	0,6073+0,8182i	1,0056+0,2758i	0,5724+0,7031i	0,5858+0,7058i	0,8744+0,7153i	0,1775+0,0676i	0,6879+0,8022i	0,0676+0,2079i
x ₁₅	0,5955+0,8420i	1,0662+0,2964i	0,6302+0,7259i	0,6868+0,6793i	0,9882+0,5300i	0,0647+0,0669i	0,8634+0,7622i	0,0698+0,0683i
x ₁₆	1,4070+0,1790i	0,8334+1,5554i	0,1457+1,4010i	1,6118+0,1497i	0,1646+1,6407i	0,7455+0,3411i	0,1213+1,4366i	0,3586+0,7959i
x ₁₇	1,7227+0,2900i	0,8165+1,1092i	0,1866+1,7346i	0,9511+0,1140i	0,4867+1,5743i	0,5811+0,3396i	0,1077+1,2098i	0,3571+0,6392i
x ₁₈	1,3246+0,2562i	0,6092+1,2729i	0,1174+1,1035i	1,2970+0,1234i	0,1363+1,3579i	0,7556+0,4669i	0,0651+0,9801i	0,5034+0,8271i
x ₁₉	1,3636+0,3654i	0,6728+1,1456i	0,1095+1,0132i	1,0266+0,1191i	0,4023+1,3026i	0,5862+0,4756i	0,2009+1,0115i	0,5063+0,6600i
x ₂₀	1,3708+1,2834i	0,3061+1,7469i	0,4357+1,3636i	1,5831+0,4496i	1,0542+1,2584i	0,9556+0,3280i	0,3764+1,4264i	0,2146+0,7862i
x ₂₁	1,6701+0,8403i	0,1327+1,4056i	0,5853+1,6820i	0,9328+0,3586i	0,7875+1,4450i	1,1767+0,3091i	0,3237+1,2130i	0,2109+0,6340i
x ₂₂	1,1614+0,7909i	0,3522+1,3414i	0,3439+1,0689i	1,2796+0,3894i	0,8687+1,0407i	0,9673+0,4720i	0,5205+0,9814i	0,0713+0,8093i
x ₂₃	1,2241+0,7367i	0,2273+1,3081i	0,3234+0,9962i	1,0188+0,3447i	0,6502+1,1951i	1,2051+0,5135i	0,3615+1,0163i	0,0698+0,6467i
x ₂₄	0,9769+0,1863i	0,5007+0,8098i	0,1092+0,6174i	0,5940+0,1059i	0,0982+0,9745i	0,7367+0,2015i	0,0715+0,6596i	0,2799+1,0862i
x ₂₅	0,9452+0,2057i	0,5528+0,8347i	0,1074+0,6307i	0,7215+0,1100i	0,2842+0,9344i	0,5811+0,2015i	0,2116+0,6597i	0,2806+1,2755i
x ₂₆	1,0100+0,2182i	0,4843+0,8486i	0,1109+0,6996i	0,5863+0,1138i	0,1142+1,1448i	0,7316+0,0669i	0,0729+0,8131i	0,4328+0,9904i
x ₂₇	0,9795+0,2417i	0,5304+0,8759i	0,1076+0,7345i	0,6909+0,1416i	0,3385+1,0973i	0,5782+0,0669i	0,2158+0,8246i	0,4551+1,1812i
x ₂₈	0,8241+0,4856i	0,1715+0,9147i	0,3291+0,6264i	0,5843+0,3604i	0,6062+0,7465i	0,9062+0,1971i	0,5036+0,6467i	0,2309+0,9414i
x ₂₉	0,8232+0,4837i	0,1540+0,9510i	0,3126+0,6373i	0,6970+0,3592i	0,4607+0,8538i	1,2829+0,1185i	0,3526+0,6572i	0,1077+1,3891i
x ₃₀	0,8799+0,5391i	0,1964+0,9438i	0,3392+0,6999i	0,5808+0,3250i	0,7263+0,8764i	0,9156+0,0735i	0,5185+0,8086i	0,0772+0,9852i
x ₃₁	0,8796+0,5356i	0,1788+0,9832i	0,3202+0,7282i	0,6678+0,3290i	0,5450+1,0067i	1,1011+0,0735i	0,3593+0,8245i	0,0802+1,1753i
x ₃₂	0,1376+0,3342i	0,3752+0,1667i	0,9652+0,1066i	0,1406+1,6182i	0,2655+0,0746i	0,3244+0,8044i	1,2545+0,1010i	0,8301+0,3727i
x ₃₃	0,1383+0,3292i	0,3734+0,1667i	0,9075+0,1666i	0,1272+1,2984i	0,2664+0,0759i	0,4589+0,8218i	1,0676+0,0956i	0,8256+0,5256i
x ₃₄	0,1363+0,3322i	0,3758+0,1661i	0,9724+0,1171i	0,1211+0,9644i	0,4571+0,0852i	0,3207+0,6415i	1,4782+0,1667i	0,6593+0,3668i
x ₃₅	0,1370+0,3273i	0,3746+0,1649i	0,9186+0,1752i	0,1220+1,0393i	0,4516+0,1062i	0,4509+0,6371i	0,8981+0,0882i	0,6623+0,5182i
x ₃₆	0,1655+0,3265i	0,4013+0,1230i	0,6342+0,1372i	0,1124+0,6101i	0,2559+0,1790i	0,1920+0,8196i	0,5518+0,0690i	1,0186+0,3645i
x ₃₇	0,1656+0,3227i	0,4001+0,1230i	0,6550+0,1495i	0,1177+0,6041i	0,2586+0,1772i	0,0633+0,8167i	0,6903+0,0552i	1,0001+0,5242i
x ₃₈	0,1634+0,3246i	0,4037+0,1230i	0,6290+0,1393i	0,1136+0,7455i	0,3592+0,2811i	0,1811+0,6371i	0,5742+0,1987i	1,1857+0,2725i
x ₃₉	0,1636+0,3208i	0,4019+0,1218i	0,6494+0,1504i	0,1185+0,7160i	0,3728+0,2654i	0,0640+0,6415i	0,7374+0,1564i	1,3928+0,3408i
x ₄₀	0,1779+0,6841i	0,6025+0,3934i	1,3127+0,1240i	0,4324+1,5679i	0,7706+0,0922i	0,3331+1,0669i	1,2378+0,3049i	0,8011+0,2227i
x ₄₁	0,1828+0,6845i	0,5946+0,3928i	0,9572+0,4344i	0,3984+1,2825i	0,7407+0,2260i	0,4655+1,0087i	1,0518+0,3032i	0,7981+0,0735i

X ₄₂	0,1745+0,6828i	0,6116+0,3879i	1,2403+0,2631i	0,3766+0,9534i	0,6180+0,0927i	0,3433+1,2865i	1,4584+0,3511i	0,6459+0,2198i
X ₄₃	0,1793+0,6829i	0,6019+0,3837i	1,0254+0,4130i	0,3668+1,0301i	0,6019+0,1658i	0,5004+1,5062i	0,9107+0,2603i	0,6430+0,0713i
X ₄₄	0,3547+0,6009i	0,7377+0,1618i	0,6096+0,4214i	0,3667+0,5995i	0,6007+0,4980i	0,1971+1,0051i	0,6321+0,4729i	0,9681+0,2205i
X ₄₅	0,3593+0,6011i	0,7298+0,1582i	0,6773+0,4284i	0,3328+0,5960i	0,6673+0,3928i	0,0735+1,0298i	0,7880+0,4392i	0,9615+0,0735i
X ₄₆	0,3576+0,5990i	0,7274+0,1782i	0,5995+0,4102i	0,3687+0,7194i	0,4786+0,3935i	0,1498+1,5018i	0,6045+0,3274i	1,3327+0,1039i
X ₄₇	0,3624+0,5994i	0,7165+0,1746i	0,6531+0,4101i	0,3373+0,6964i	0,5176+0,3391i	0,0865+1,2553i	0,7629+0,2965i	1,1359+0,0809i
X ₄₈	0,2697+0,1443i	0,1509+0,2425i	0,1250+0,1153i	0,1065+0,1146i	0,0757+0,1003i	0,7811+0,8080i	0,0596+0,0739i	0,8382+0,8709i
X ₄₉	0,2704+0,1433i	0,1503+0,2400i	0,1252+0,1158i	0,1145+0,1108i	0,0753+0,1004i	0,6167+0,8153i	0,1767+0,0731i	0,8145+0,6934i
X ₅₀	0,2644+0,1442i	0,1515+0,2437i	0,1245+0,1152i	0,1053+0,1274i	0,0777+0,4788i	0,7636+0,6255i	0,0612+0,2198i	0,6645+0,8486i
X ₅₁	0,2650+0,1432i	0,1503+0,2425i	0,1247+0,1156i	0,1134+0,1236i	0,0867+0,4754i	0,6000+0,6327i	0,1815+0,2192i	0,6600+0,6786i
X ₅₂	0,2763+0,1638i	0,1285+0,2388i	0,3768+0,1244i	0,1111+0,3821i	0,1023+0,2243i	0,9898+0,7680i	0,4218+0,0715i	1,1612+0,6949i
X ₅₃	0,2768+0,1626i	0,1279+0,2419i	0,3707+0,1237i	0,1186+0,3867i	0,1010+0,2242i	1,5855+0,1498i	0,2978+0,0725i	0,9785+0,6942i
X ₅₄	0,2715+0,1630i	0,1279+0,2431i	0,3779+0,1260i	0,1080+0,3431i	0,1950+0,3919i	0,9476+0,6175i	0,4337+0,2115i	1,3698+0,6259i
X ₅₅	0,2719+0,1618i	0,1279+0,2406i	0,3717+0,1252i	0,1177+0,3459i	0,1881+0,3969i	1,4625+0,4015i	0,3057+0,2167i	1,2183+0,4841i
X ₅₆	0,6488+0,1696i	0,3394+0,5764i	0,1161+0,3693i	0,3644+0,1080i	0,0930+0,8122i	0,8276+1,0225i	0,0667+0,5124i	0,7989+1,0498i
X ₅₇	0,6462+0,1706i	0,3364+0,5722i	0,1157+0,3645i	0,3262+0,1104i	0,2215+0,7840i	0,6313+1,0364i	0,2008+0,5095i	0,4395+1,4203i
X ₅₈	0,6456+0,1745i	0,3328+0,5758i	0,1176+0,3469i	0,3681+0,1173i	0,0937+0,6514i	0,8815+1,2865i	0,0625+0,3658i	0,6118+1,0246i
X ₅₉	0,6431+0,1753i	0,3303+0,5698i	0,1171+0,3424i	0,3289+0,1196i	0,1540+0,6366i	0,6342+1,2705i	0,1899+0,3642i	0,6303+1,2421i
X ₆₀	0,5854+0,3186i	0,1491+0,6316i	0,3530+0,3899i	0,3665+0,3758i	0,4810+0,6306i	1,0422+0,9593i	0,4818+0,4946i	1,0550+0,8924i
X ₆₁	0,5862+0,3167i	0,1461+0,6280i	0,3422+0,3808i	0,3310+0,3795i	0,3856+0,7037i	1,2749+0,8538i	0,3380+0,5050i	0,8612+1,2800i
X ₆₂	0,5864+0,3275i	0,1509+0,6280i	0,3614+0,3755i	0,3672+0,3353i	0,3527+0,5230i	1,1556+1,1847i	0,4571+0,3499i	1,2696+0,8969i
X ₆₃	0,5873+0,3254i	0,1473+0,6225i	0,3509+0,3656i	0,3336+0,3402i	0,3100+0,5559i	1,4771+0,6742i	0,3216+0,3599i	1,0342+1,1181i

Bảng 26 thể hiện phương pháp điều biến chòm điểm không đồng đều QPSK, bảng 27 thể hiện phương pháp điều biến chòm điểm không đồng đều 16-QAM, bảng 28 và bảng 29 thể hiện phương pháp điều biến chòm điểm không đồng đều 64-QAM, và bảng 30 thể hiện phương pháp điều biến chòm điểm không đồng đều 256-QAM.

Dựa vào các bảng này, một điểm trong chòm điểm nằm ở góc phần tư thứ nhất được xác định dựa vào các bảng từ bảng 26 đến bảng 30, và các điểm trong chòm điểm nằm ở ba góc phần tư còn lại có thể được xác định theo phương pháp nêu trên.

Tuy nhiên, đó chỉ là ví dụ minh họa và bộ điều biến 130 có thể ánh xạ các bit đầu ra được xuất ra từ bộ phân kênh (không được thể hiện trên hình vẽ) lên các điểm trong chòm điểm theo nhiều phương pháp khác nhau.

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 hoặc xác suất thu khác nhau) tùy 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 tùy 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 tùy 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, khi từ mã LDPC có các nhóm bit từ X_0 đến X_{179} được đan xen nhóm dựa vào biểu thức 21 và bảng 11, thì bộ đan xen nhóm 122 có thể xuất ra các nhóm bit theo thứ tự là $X_{55}, X_{146}, X_{83}, \dots, X_{132}, X_{135}$.

Trong trường hợp này, nếu phương pháp điều biến là 16-QAM, thì số lượng cột tạo nên bộ đan xen khối 124 bằng bốn (4) và mỗi cột có thể có 16200 hàng.

Do đó, trong số 180 nhóm bit tạo nên từ mã LDPC, 45 nhóm bit ($X_{55}, X_{146}, X_{83}, X_{52}, X_{62}, X_{176}, X_{160}, X_{68}, X_{53}, X_{56}, X_{81}, X_{97}, X_{79}, X_{113}, X_{163}, X_{61}, X_{58}, X_{69}, X_{133}, X_{108}, X_{66}, X_{71}, X_{86}, X_{144}, X_{57}, X_{67}, X_{116}, X_{59}, X_{70}, X_{156}, X_{172}, X_{65}, X_{149}, X_{155}, X_{82}, X_{138}, X_{136}, X_{141}, X_{111}, X_{96}, X_{170}, X_{90}, X_{140}, X_{64}, X_{159}$) có thể được nhập vào cột thứ nhất của bộ đan xen khối 124, 45 nhóm bit ($X_{15}, X_{14}, X_{37}, X_{54}, X_{44}, X_{63}, X_{43}, X_{18}, X_{47}, X_7, X_{25}, X_{34}, X_{29}, X_{30}, X_{26}, X_{39}, X_{16}, X_{41}, X_{45}, X_{36}, X_0, X_{23}, X_{32}, X_{28}, X_{27}, X_{38}, X_{48}, X_{33}, X_{22}, X_{49}, X_{51}, X_{60}, X_{46}, X_{21}, X_4, X_3, X_{20}, X_{13}, X_{50}, X_{35}, X_{24}, X_{40}, X_{17}, X_{42}, X_6$) có thể được nhập vào cột thứ hai của bộ đan xen khối 124, 45 nhóm bit ($X_{112}, X_{93}, X_{127}, X_{101}, X_{94}, X_{115}, X_{105}, X_{31}, X_{19}, X_{177}, X_{74}, X_{10}, X_{145}, X_{162}, X_{102}, X_{120}, X_{126}, X_{95}, X_{73}, X_{152}, X_{129}, X_{174}, X_{125}, X_{72}, X_{128}, X_{78}, X_{171}, X_8, X_{142}, X_{178}, X_{154}, X_{85}, X_{107}, X_{75}, X_{12}, X_9, X_{151}, X_{77}, X_{117}, X_{109}, X_{80}, X_{106}, X_{134}, X_{98}, X_1$) có thể được nhập vào cột thứ ba của bộ đan xen khối 124, và 45 nhóm bit ($X_{122}, X_{173}, X_{161}, X_{150}, X_{110}, X_{175}, X_{166}, X_{131}, X_{119}, X_{103}, X_{139}, X_{148}, X_{157}, X_{114}, X_{147}, X_{87}, X_{158}, X_{121}, X_{164}, X_{104}, X_{89}, X_{179}, X_{123}, X_{118}, X_{99}, X_{88}, X_{11}, X_{92}, X_{165}, X_{84}, X_{168}, X_{124}, X_{169}, X_2, X_{130}, X_{167}, X_{153}, X_{137}, X_{143}, X_{91}, X_{100}, X_5, X_{76}, X_{132}, X_{135}$) có thể được nhập vào cột thứ tư 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 các bit có thể được xuất ra theo thứ tự lần lượt mà không cần thay đổi thứ tự của các bit được nhập vào bộ phân kênh (không được thể hiện trên hình vẽ). Do đó, các bit có trong mỗi nhóm bit X_{55} , X_{15} , X_{112} và X_{122} có thể tạo nên ký hiệu điều biến.

Nếu phương pháp điều biến là 64-QAM, thì số lượng cột tạo nên bộ đan xen khối 124 bằng sáu (6) và mỗi cột có thể có 10800 hàng.

Do đó, trong số 180 nhóm bit tạo nên từ mã LDPC, 30 nhóm bit (X_{55} , X_{146} , X_{83} , X_{52} , X_{62} , X_{176} , X_{160} , X_{68} , X_{53} , X_{56} , X_{81} , X_{97} , X_{79} , X_{113} , X_{163} , X_{61} , X_{58} , X_{69} , X_{133} , X_{108} , X_{66} , X_{71} , X_{86} , X_{144} , X_{57} , X_{67} , X_{116} , X_{59} , X_{70} , X_{156}) có thể được nhập vào cột thứ nhất của bộ đan xen khối 124, 30 nhóm bit (X_{172} , X_{65} , X_{149} , X_{155} , X_{82} , X_{138} , X_{136} , X_{141} , X_{111} , X_{96} , X_{170} , X_{90} , X_{140} , X_{64} , X_{159} , X_{15} , X_{14} , X_{37} , X_{54} , X_{44} , X_{63} , X_{43} , X_{18} , X_{47} , X_7 , X_{25} , X_{34} , X_{29} , X_{30} , X_{26}) có thể được nhập vào cột thứ hai của bộ đan xen khối 124, 30 nhóm bit (X_{39} , X_{16} , X_{41} , X_{45} , X_{36} , X_0 , X_{23} , X_{32} , X_{28} , X_{27} , X_{38} , X_{48} , X_{33} , X_{22} , X_{49} , X_{51} , X_{60} , X_{46} , X_{21} , X_4 , X_3 , X_{20} , X_{13} , X_{50} , X_{35} , X_{24} , X_{40} , X_{17} , X_{42} , X_6) có thể được nhập vào cột thứ ba của bộ đan xen khối 124, 30 nhóm bit (X_{112} , X_{93} , X_{127} , X_{101} , X_{94} , X_{115} , X_{105} , X_{31} , X_{19} , X_{177} , X_{74} , X_{10} , X_{145} , X_{162} , X_{102} , X_{120} , X_{126} , X_{95} , X_{73} , X_{152} , X_{129} , X_{174} , X_{125} , X_{72} , X_{128} , X_{78} , X_{171} , X_8 , X_{142} , X_{178}) có thể được nhập vào cột thứ tư của bộ đan xen khối 124, 30 nhóm bit (X_{154} , X_{85} , X_{107} , X_{75} , X_{12} , X_9 , X_{151} , X_{77} , X_{117} , X_{109} , X_{80} , X_{106} , X_{134} , X_{98} , X_1 , X_{122} , X_{173} , X_{161} , X_{150} , X_{110} , X_{175} , X_{166} , X_{131} , X_{119} , X_{103} , X_{139} , X_{148} , X_{157} , X_{114} , X_{147}) có thể được nhập vào cột thứ năm của bộ đan xen khối 124, và 30 nhóm bit (X_{87} , X_{158} , X_{121} , X_{164} , X_{104} , X_{89} , X_{179} , X_{123} , X_{118} , X_{99} , X_{88} , X_{11} , X_{92} , X_{165} , X_{84} , X_{168} , X_{124} , X_{169} , X_2 , X_{130} , X_{167} , X_{153} , X_{137} , X_{143} , X_{91} , X_{100} , X_5 , X_{76} , X_{132} , X_{135}) có thể được nhập vào cột thứ sáu 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 các bit có thể được xuất ra theo thứ tự lần lượt mà không cần thay đổi thứ tự của các bit được nhập vào bộ phân kênh (không được thể hiện trên hình vẽ). Do đó, các bit có trong mỗi nhóm bit X_{55} , X_{172} , X_{39} , X_{112} , X_{154} và X_{87} có thể tạo nên 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, 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 có thể 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 xác định giá trị $\pi(j)$, là thông số dùng để đan xen nhóm sẽ được mô tả dưới đây, theo các phương án làm ví dụ thực hiện sáng chế.

Theo phương án làm ví dụ thực hiện sáng chế, nếu độ dài của từ mã LDPC bằng 64800, thì kích thước của nhóm bit được xác định là bằng 360 và do đó từ mã này có 180 nhóm bit. Ngoài ra, có thể có 180! mẫu đan xen khả dĩ (trong đó, giai thừa của số nguyên A là $A! = A \times (A-1) \times \dots \times 2 \times 1$).

Trong trường hợp này, vì mức độ tin cậy giữa các bit tạo nên ký hiệu điều biến có thể là như nhau theo bậc điều biến, cho nên có nhiều mẫu đan xen có thể được coi là kết quả của cùng một thao tác đan xen dựa vào việc xem xét hiệu suất theo lý thuyết. Ví dụ, khi bit có nghĩa lớn nhất (Most Significant Bit, MSB) của trục-X (hay trục phần thực) và bit MSB của trục-Y (hay trục phần ảo) của một ký hiệu điều biến nhất định có độ tin cậy theo lý thuyết là như nhau, thì hiệu suất theo lý thuyết có thể là như nhau bất kể các bit cụ thể được đan xen theo cách nào để ánh xạ lên hai bit MSB này.

Tuy nhiên, dự báo lý thuyết như vậy có thể là sai khi môi trường kênh thực tế được thiết lập. Ví dụ, đối với phương pháp điều biến QPSK, hai bit của một ký hiệu trong một

phần của kênh đối xứng như kênh có tạp nhiễu trắng cộng dạng Gauss (Additive White Gaussian Noise, AWGN) theo lý thuyết có độ tin cậy như nhau. Vì vậy, hiệu suất theo lý thuyết phải là không khác nhau khi sử dụng một phương pháp đan xen bất kỳ. Tuy nhiên, trong môi trường kênh thực tế, hiệu suất có thể là khác nhau tùy theo phương pháp đan xen. Đối với kênh Rayleigh đã biết, đó không phải là kênh thực tế, hiệu suất điều biến QPSK phụ thuộc rất nhiều vào phương pháp đan xen và do đó hiệu suất có thể được dự báo phần nào khi chỉ dựa vào độ tin cậy giữa các bit của một ký hiệu theo phương pháp điều biến. Tuy nhiên, cần phải có một giới hạn cho việc dự báo hiệu suất này.

Ngoài ra, vì hiệu suất mã khi đan xen có thể thay đổi rất lớn theo kênh để đánh giá hiệu suất, cho nên luôn luôn phải xem xét các kênh để chọn mẫu đan xen. Ví dụ, một mẫu đan xen tốt cho kênh AWGN có thể lại không tốt cho kênh Rayleigh. Nếu môi trường kênh mà một hệ thống nhất định được sử dụng trong đó gần giống với kênh Rayleigh, thì có thể chọn mẫu đan xen tốt cho kênh Rayleigh hơn là mẫu đan xen tốt cho kênh AWGN.

Như vậy, cần phải xem xét không chỉ một môi trường kênh cụ thể mà cả những môi trường kênh khác nhau cho một hệ thống để chọn được mẫu đan xen tốt. Ngoài ra, vì có giới hạn cho việc dự báo hiệu suất thực tế khi chỉ dựa vào dự báo hiệu suất theo lý thuyết, cho nên cần phải đánh giá hiệu suất bằng cách trực tiếp tiến hành các thử nghiệm tính toán và sau đó mới xác định mẫu đan xen cuối cùng.

Tuy nhiên, vì có quá nhiều mẫu đan xen khả dĩ có thể được áp dụng (ví dụ 180!), cho nên giảm bớt số lượng mẫu đan xen dùng để dự báo và thử nghiệm hiệu suất là yếu tố quan trọng khi thiết kế bộ đan xen có hiệu suất cao.

Vì vậy, theo phương án làm ví dụ thực hiện sáng chế, bộ đan xen được thiết kế thông qua các bước như sau:

- 1) Xác định các kênh $C_1, C_2, \dots, C_k$ cần xem xét cho một hệ thống.
- 2) Tạo ra một mẫu đan xen nào đó.
- 3) Dự báo giá trị hiệu suất theo lý thuyết bằng cách áp dụng mẫu đan xen đã tạo ra ở bước 2) cho mỗi kênh được xác định ở bước 1). Có nhiều phương pháp khác nhau để dự báo giá trị hiệu suất theo lý thuyết, tuy nhiên phương pháp xác định ngưỡng tạp nhiễu đã

biết như phương pháp phân tích triển khai mật độ được sử dụng theo phương án làm ví dụ thực hiện sáng chế. Ngưỡng tạp nhiễu được đề cập trong sáng chế là giá trị có thể được biểu diễn bằng tỷ số tín hiệu trên tạp nhiễu (Signal-to-Noise Ratio, SNR) tối thiểu cần thiết để có thể truyền tín hiệu không có lỗi với giả thiết là đặc trưng không tuần hoàn được đáp ứng khi độ dài của mã là vô hạn và mã được biểu diễn bằng đồ thị Tanner. Phương pháp phân tích triển khai mật độ có thể được thực hiện theo nhiều cách khác nhau, tuy nhiên phương pháp này không phải là đối tượng của sáng chế và do đó sẽ không cần mô tả chi tiết.

4) Khi ngưỡng tạp nhiễu cho các kênh được ký hiệu là $TH_1[i]$, $TH_2[i]$, ..., $TH_k[i]$ với mẫu đan xen thứ i được tạo ra, thì giá trị ngưỡng quyết định cuối cùng có thể được xác định như sau:

$$TH[i] = W_1 \times TH_1[i] + W_2 \times TH_2[i] + \dots + W_k \times TH_k[i],$$

$$\text{với } W_1 + W_2 + \dots + W_k = 1, \text{ và } W_1, W_2, \dots, W_k > 0.$$

Trong đó, $W_1, W_2, \dots, W_k$ được điều chỉnh theo mức độ quan trọng của các kênh. Nghĩa là, $W_1, W_2, \dots, W_k$ được điều chỉnh bằng giá trị cao cho kênh quan trọng, và $W_1, W_2, \dots, W_k$ được điều chỉnh bằng giá trị thấp cho kênh kém quan trọng (ví dụ, nếu giá trị trọng số của kênh AWGN và kênh Rayleigh lần lượt là W_1 và W_2 , thì W_1 có thể được đặt bằng 0,25 và W_2 có thể được đặt bằng 0,75 khi một trong số các kênh này được xác định là quan trọng hơn).

5) Chọn B mẫu đan xen được sắp xếp theo thứ tự tăng dần của các giá trị $TH[i]$ trong số các mẫu đan xen đã thử nghiệm và kiểm tra trực tiếp bằng cách tiến hành các thử nghiệm tính toán hiệu suất. Mức FER để thử nghiệm được xác định là bằng 10^{-3} (ví dụ $B = 100$).

6) Chọn D mẫu đan xen tốt nhất trong số B mẫu đan xen được thử nghiệm ở bước 5) (ví dụ $D = 5$).

Thông thường, mẫu đan xen có độ lợi SNR lớn trong khoảng giá trị $FER = 10^{-3}$ có thể được chọn làm mẫu đan xen có hiệu suất tốt ở bước 5). Tuy nhiên, theo phương án làm ví dụ thực hiện sáng chế, như được thể hiện trên Fig.16, hiệu suất FER cần thiết cho hệ thống dựa vào kết quả thử nghiệm tính toán thực tế trong khoảng giá trị $FER = 10^{-3}$ có

thể được dự báo bằng cách ngoại suy, và sau đó mẫu đan xen có hiệu suất cao hơn so với hiệu suất FER dự kiến cần thiết cho hệ thống có thể được xác định là mẫu đan xen tốt. Theo phương án làm ví dụ thực hiện sáng chế, có thể áp dụng phương pháp ngoại suy dựa vào hàm tuyến tính. Tuy nhiên, có thể áp dụng nhiều phương pháp ngoại suy khác nhau. Fig.16 thể hiện ví dụ về phương pháp ngoại suy hiệu suất dự báo theo kết quả thử nghiệm tính toán.

7) Thử nghiệm D mẫu đan xen đã chọn ở bước 6) bằng cách tiến hành thử nghiệm tính toán hiệu suất cho mỗi kênh. Trong đó, mức FER để thử nghiệm được chọn làm mức FER cần thiết cho hệ thống (ví dụ $FER = 10^{-6}$).

8) Nếu hiện tượng sần lỗi không xuất hiện sau khi thử nghiệm tính toán, thì mẫu đan xen có độ lợi SNR lớn nhất được xác định là mẫu đan xen cuối cùng.

Fig.17 là hình vẽ ở dạng sơ đồ thể hiện quy trình xác định B mẫu đan xen ở các bước 2), 3), 4) và 5) trong phương pháp nêu trên để xác định mẫu đan xen cho kênh AWGN và kênh Rayleigh.

Dựa vào Fig.17, các biến cần thiết i, j , v.v., được thiết lập giá trị ban đầu ở bước S1701, và ngưỡng tap nhiễu cho kênh AWGN $TH_1[i]$ và ngưỡng tap nhiễu cho kênh Rayleigh $TH_2[i]$ được tính ở bước S1702. Sau đó, ngưỡng tap nhiễu quyết định cuối cùng $TH[i]$ được xác định bước 4) được tính ở bước S1703, và được so sánh với ngưỡng tap nhiễu quyết định cuối cùng đã tính lần trước $TH[i-1]$ ở bước S1704. Nếu ngưỡng tap nhiễu quyết định cuối cùng $TH[i]$ nhỏ hơn ngưỡng tap nhiễu quyết định cuối cùng đã tính lần trước $TH[i-1]$, thì giá trị $TH_S[i]$ được thay thế bằng giá trị $TH[i]$ và được lưu trữ ở bước S1706. Tiếp theo, các giá trị i, j được gia tăng thêm 1 ở bước S1707 và quy trình này được lặp lại cho tới khi giá trị i lớn hơn giá trị A định trước ở bước S1708. Trong trường hợp này, A là tổng số mẫu đan xen được thử nghiệm ở các bước 2), 3), 4) và 5) và A thường được xác định lớn hơn hoặc bằng 10000. Khi hoàn thành tất cả các bước nêu trên, thì các mẫu đan xen tương ứng với $TH_S[0], TH_S[1], \dots, TH_S[B-1]$ sẽ được lưu trữ theo thứ tự giảm dần của các giá trị ngưỡng tap nhiễu cuối cùng ở bước S1709.

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 1200 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 dòn 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 1200 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 1200 bao gồm bộ giải điều biến 1210, bộ dồn kênh 1220, bộ giải đan xen 1230 và bộ giải mã 1240.

Bộ giải điều biến 1210 thu và giải điều biến tín hiệu được truyền từ thiết bị truyền tín hiệu 100. Cụ thể, bộ giải điều biến 1210 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 1220. Trong trường hợp này, bộ giải điều biến 1210 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 1200, 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 1200.

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 tùy 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 1220 dồn kênh giá trị đầu ra của bộ giải điều biến 1210 và cung cấp giá trị này cho bộ giải đan xen 1230.

Cụ thể, bộ dồn kênh 1220 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). Nghĩa là, bộ dồn kênh 1220 thực

hiện thao tác ngược với thao tác của bộ phân kênh (không được thể hiện trên hình vẽ), và biến đổi giá trị đầu ra của bộ giải điều biến 1210 thành bit tương ứng với ô và xuất ra giá trị LLR theo đơn vị bit. 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 1220 cũng có thể được loại bỏ ra khỏi thiết bị thu tín hiệu 1200.

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 1200.

Bộ giải đan xen 1230 giải đan xen giá trị đầu ra của bộ dồn kênh 1220 và cung cấp các giá trị này cho bộ giải mã 1240.

Cụ thể, bộ giải đan xen 1230 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 1230 giải đan xen giá trị LLR bằng cách thực hiện thao tác ngược với thao tác đan xen của bộ đan xen 120.

Để làm được như vậy, bộ giải đan xen 1230 có thể có bộ giải đan xen khối 1231, bộ giải đan xen xoay bit trong nhóm 1232, bộ giải đan xen nhóm 1233 và bộ giải đan xen bit chẵn lẻ 1234 như được thể hiện trên Fig.18.

Bộ giải đan xen khối 1231 giải đan xen tín hiệu đầu ra của bộ dồn kênh 1220 và cung cấp giá trị này cho bộ giải đan xen xoay bit trong nhóm 1232.

Cụ thể, bộ giải đan xen khối 1231 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 1231 giải đan xen bằng cách ghi giá trị LLR được xuất ra từ bộ dồn kênh 1220 vào từng hàng theo hướng hàng và đọc từng cột của nhiều hàng đã ghi giá trị LLR theo hướng cột bằng cách sử dụng ít nhất một hàng có nhiều 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 1231 có thể giải đan xen bằng cách phân chia hàng ra thành hai phần.

Ngoài ra, khi bộ đan xen khối 124 thực hiện thao tác ghi và đọc đối với nhóm

không thuộc phần thứ nhất theo hướng hàng, thì bộ giải đan xen khối 1231 có thể giải đan xen bằng cách ghi và đọc các giá trị tương ứng với nhóm không thuộc phần thứ nhất theo hướng hàng.

Bộ giải đan xen khối 1231 sẽ được mô tả dưới đây dựa vào Fig.20. Tuy nhiên, đó chỉ là ví dụ minh họa, và bộ giải đan xen khối 1231 có thể được thực hiện theo các phương pháp khác.

Giá trị LLR đầu vào v_i với $(0 \leq i < N_{ldpc})$ được ghi vào hàng r_i và cột c_i của bộ giải đan xen khối 1231. Trong đó, $c_i = (i \bmod N_c)$, $r_i = \left\lfloor \frac{i}{N_c} \right\rfloor$.

Mặt khác, giá trị LLR đầu ra q_i với $(0 \leq i < N_c \times N_{r1})$ được đọc ra từ hàng c_i và cột r_i của phần thứ nhất trong bộ giải đan xen khối 1231. 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 $(N_c \times N_{r1} \leq i < N_{ldpc})$ được đọc ra từ hàng c_i và cột r_i của phần thứ hai. Trong đó, $c_i = \left\lfloor \frac{(1 - N_c \times N_{r1})}{N_{r2}} \right\rfloor$, $r_i = N_{r1} + \{(i - N_c \times N_{r1}) \bmod N_{r2}\}$.

Bộ giải đan xen xoay bit trong nhóm 1232 giải đan xen giá trị đầu ra của bộ giải đan xen khối 1231 và cung cấp giá trị này cho bộ giải đan xen nhóm 1233.

Cụ thể, bộ giải đan xen xoay bit trong nhóm 1232 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 1232 có thể sắp xếp lại các giá trị LLR của cùng một nhóm bit bằng cách thay đổi thứ tự của các giá trị LLR có trong cùng một nhóm bit. 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 1232 có thể được loại bỏ.

Bộ giải đan xen nhóm 1233 (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 1232 và cung cấp giá trị này cho bộ giải đan xen bit chẵn lẻ 1234.

Cụ thể, bộ giải đan xen nhóm 1233 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 1233 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 1233 có thể sắp xếp lại thứ tự của các nhóm bit theo đơn vị nhóm bit bằng cách áp dụng phương pháp đan xen được thể hiện trong các bảng từ bảng 11 đến bảng 22 để đảo ngược lại tùy theo độ dài của từ mã LDPC, phương pháp điều biến và tỷ lệ mã.

Bộ giải đan xen bit chẵn lẻ 1234 thực hiện bước giải đan xen bit chẵn lẻ cho giá trị đầu ra của bộ giải đan xen nhóm 1233 và cung cấp giá trị này cho bộ giải mã 1240.

Cụ thể, bộ giải đan xen bit chẵn lẻ 1234 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 1234 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 1233. Trong trường hợp này, bộ giải đan xen bit chẵn lẻ 1234 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 18.

Tuy nhiên, bộ giải đan xen bit chẵn lẻ 1234 có thể được loại bỏ tùy theo phương pháp giải mã và bộ giải mã 1240.

Mặc dù bộ giải đan xen 1230 trên Fig.18 có ba (3) hoặc bốn (4) bộ phận như được thể hiện trên Fig.19, 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 tạo nên một ký hiệu điều biến, thì bộ giải đan xen 1230 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 16-QAM, thì bộ giải đan xen nhóm 1233 có thể thực hiện bước giải đan xen dựa vào bảng 11.

Trong trường hợp này, các bit mà trong đó mỗi bit thuộc mỗi nhóm bit X_{55} , X_{15} , X_{112} , X_{122} có thể tạo nên một ký hiệu điều biến. Vì một bit trong mỗi nhóm bit X_{55} , X_{15} ,

X_{112} , X_{122} tạo nên một ký hiệu điều biến, nên bộ giải đan xen 1230 có thể ánh xạ các bit lên các giá trị ban đầu được giải mã tương ứng với các nhóm bit X_{55} , X_{15} , X_{112} , X_{122} dựa vào ký hiệu điều biến thu được.

Bộ giải mã 1240 có thể thực hiện bước giải mã LDPC bằng cách sử dụng giá trị đầu ra của bộ giải đan xen 1230. Để làm được điều này, bộ giải mã 1240 có thể có bộ giải mã LDPC riêng biệt (không được thể hiện trên hình vẽ) để thực hiện bước giải mã LDPC.

Cụ thể, bộ giải mã 1240 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 1230.

Ví dụ, bộ giải mã 1240 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 1240 có thể sử dụng ma trận kiểm tra chẵn lẻ khi thực hiện bước giải mã LDPC. Trong trường hợp này, ma trận kiểm tra chẵn lẻ được dùng để giải mã có thể có cấu trúc giống như ma trận kiểm tra chẵn lẻ được dùng để mã hoá của bộ mã hoá 110, và ma trận này đã được mô tả trên đây dựa vào các hình vẽ từ Fig.2 đến Fig.4.

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 1200 hoặc có thể được cung cấp từ thiết bị truyền tín hiệu 100.

Fig.21 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 (S1410), và từ mã LDPC được đan xen (S1420).

Sau đó, từ mã LDPC đã đan xen được ánh xạ lên ký hiệu điều biến (S1430). Trong trường hợp này, một bit có trong một 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.

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 S1420 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.

Thứ tự của các nhóm bit có thể được sắp xếp lại theo đơn vị nhóm bit dựa vào biểu thức 21 nêu trên.

Như đã nêu trên, giá trị $\pi(j)$ trong biểu thức 21 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.

Ví dụ, khi từ mã LDPC có độ dài bằng 64800, phương pháp điều biến là 16-QAM, và tỷ lệ mã bằng 6/15, thì giá trị $\pi(j)$ có thể được xác định trong bảng 11.

Ngoài ra, khi từ mã LDPC có độ dài bằng 64800, phương pháp điều biến là 16-QAM, và tỷ lệ mã bằng 10/15, thì giá trị $\pi(j)$ có thể được xác định trong bảng 14.

Ngoài ra, khi từ mã LDPC có độ dài bằng 64800, phương pháp điều biến là 16-QAM, và tỷ lệ mã bằng 12/15, thì giá trị $\pi(j)$ có thể được xác định trong bảng 15.

Ngoài ra, khi từ mã LDPC có độ dài bằng 64800, phương pháp điều biến là 64-QAM, và tỷ lệ mã bằng 6/15, thì giá trị $\pi(j)$ có thể được xác định trong bảng 17.

Ngoài ra, khi từ mã LDPC có độ dài bằng 64800, phương pháp điều biến là 64-QAM, và tỷ lệ mã bằng 8/15, thì giá trị $\pi(j)$ có thể được xác định trong bảng 18.

Ngoài ra, khi từ mã LDPC có độ dài bằng 64800, phương pháp điều biến là 64-QAM, và tỷ lệ mã bằng 12/15, thì giá trị $\pi(j)$ có thể được xác định trong bảng 21.

Bước đan xen cho các nhóm bit có thể bao gồm các bước: 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.

Ngoài ra, bước đan xen cho các nhóm bit có thể bao gồm các bước: ghi theo thứ tự lần lượt, vào các cột, ít nhất một số nhóm bit có thể ghi được vào các cột theo đơn vị

nhóm bit được chọn trong số các nhóm bit, và sau đó phân chia và ghi các nhóm bit còn lại vào phần còn lại sau khi đã ghi ít nhất một số nhóm bit nêu trên vào các cột theo đơn vị nhóm bit.

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.5, Fig.15, Fig.18 và Fig.19 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. 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.

Các phương án làm ví dụ và các ưu điểm nêu trên chỉ là ví dụ minh họa và không được coi là nhằm 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 chỉ được coi là ví dụ minh họa, và không được coi là nhằm 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. Thiết bị truyền tín hiệu bao gồm:

bộ mã hoá được tạo cấu hình để mã hoá các bit đầu vào để tạo ra các bit chẵn lẻ dựa vào 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;

bộ đan xen được tạo cấu hình để đan xen các bit chẵn lẻ, phân chia từ mã ra thành nhiều nhóm bit, và đan xen các nhóm bit này để tạo ra từ mã đã được đan xen, trong đó từ mã có các bit đầu vào và các bit chẵn lẻ đan xen; và

bộ ánh xạ được tạo cấu hình để ánh xạ các bit của từ mã đã được đan xen lên các điểm trong chòm điểm đối với sơ đồ điều biến biên độ vuông góc 16 điểm (Quadrature Amplitude Modulation, QAM),

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

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

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 các nhóm bit, và

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

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

2. Thiết bị truyền tín hiệu theo điểm 1, trong đó mỗi nhóm bit trong số các nhóm bit có 360 bit.

3. Thiết bị thu tín hiệu bao gồm:

bộ thu tín hiệu được tạo cấu hình để thu tín hiệu từ thiết bị truyền tín hiệu;

bộ giải điều biến được tạo cấu hình để giải điều biến tín hiệu để tạo ra các giá trị theo sơ đồ điều biến biên độ vuông góc 16 điểm (QAM);

bộ giải đan xen được tạo cấu hình để phân chia các giá trị ra thành nhiều nhóm và giải đan xen các nhóm này để tạo ra các giá trị đã được giải đan xen; và

bộ giải mã được tạo cấu hình để giải mã các giá trị đã được giải đan xen dựa vào mã kiểm tra chẵn lẻ mật độ thấp (LDPC) có tỷ lệ mã bằng 6/15 và độ dài mã bằng 64800 bit,

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

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

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

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

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

4. Thiết bị thu tín hiệu theo điểm 3, trong đó mỗi nhóm trong số các nhóm có 360 giá trị.

Fig. 1

100

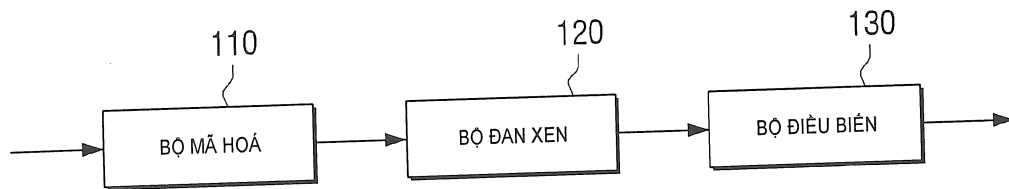


Fig. 2

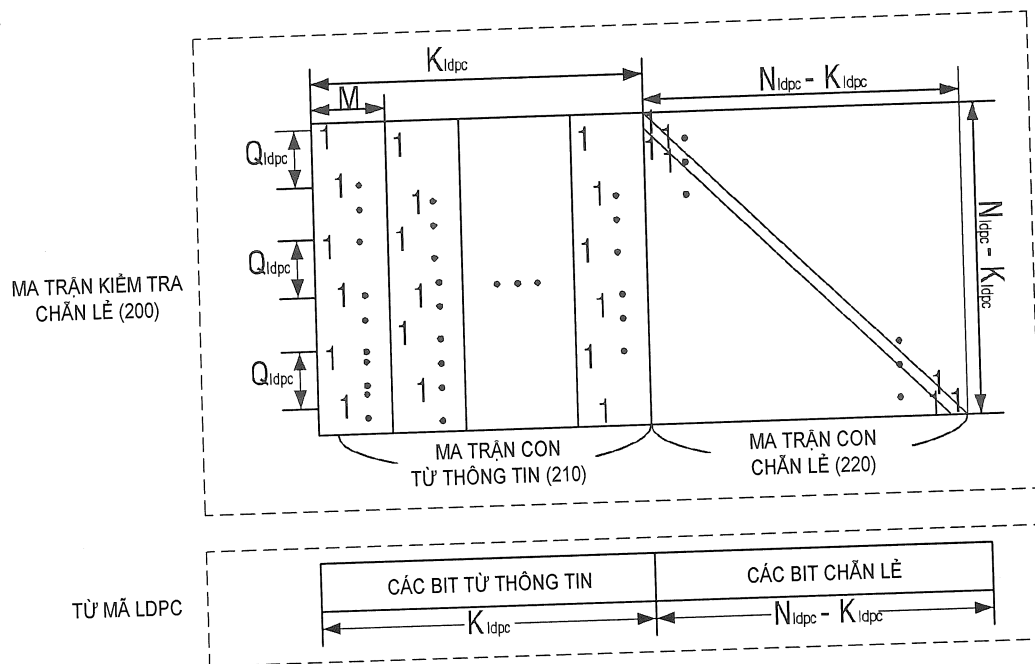


Fig. 3

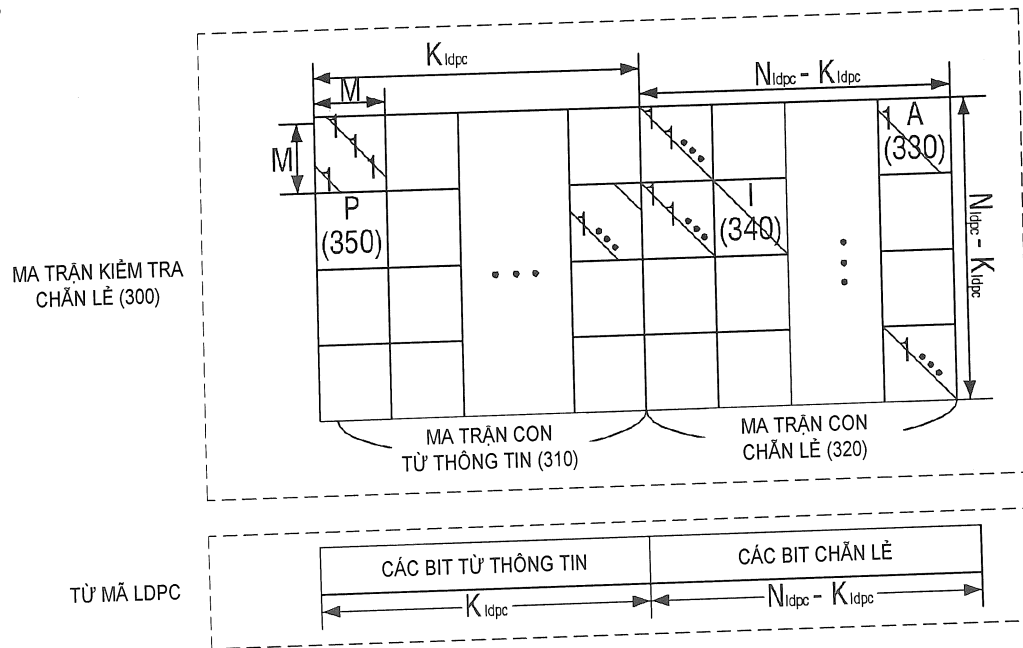


Fig. 4

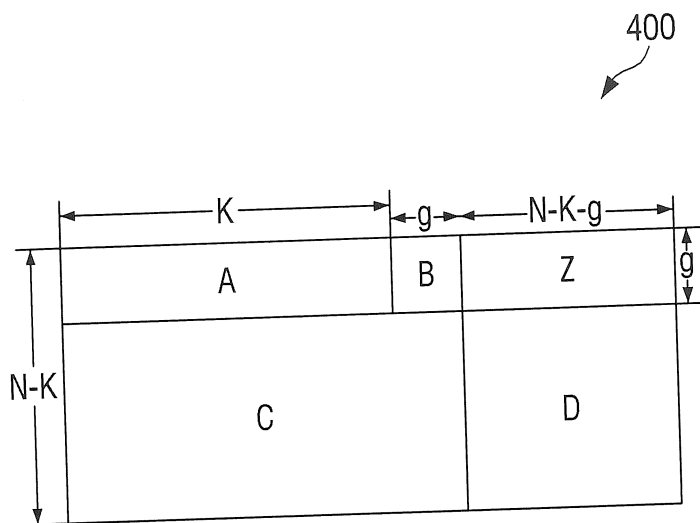


Fig. 5

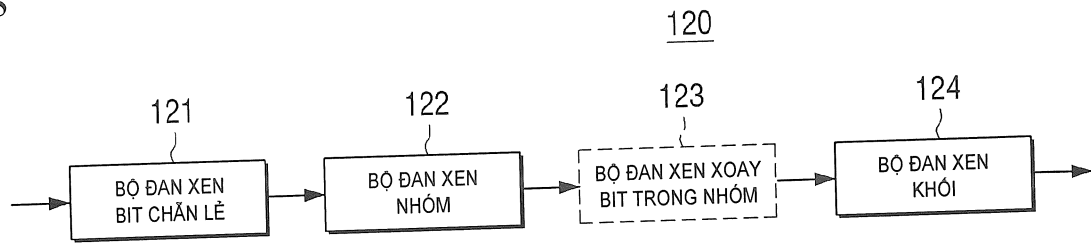


Fig. 6

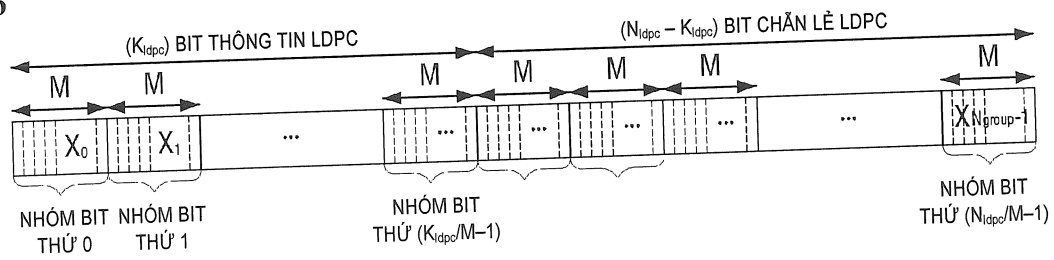


Fig. 7

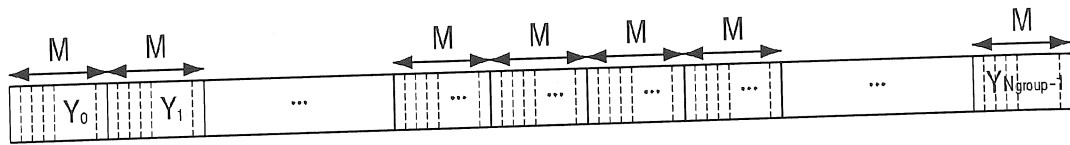


Fig. 8

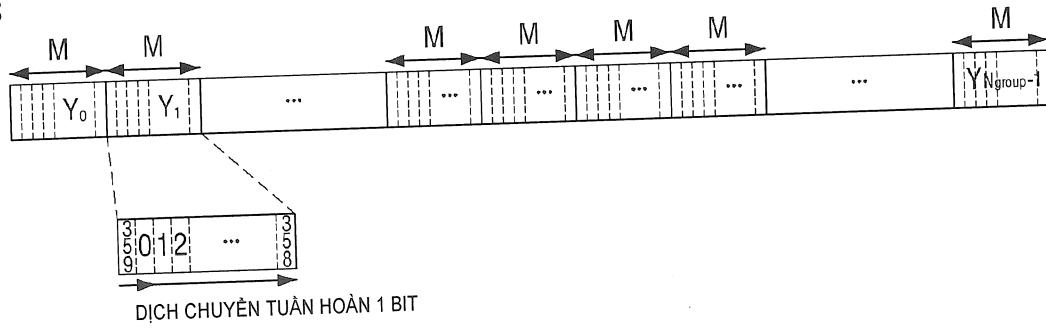


Fig. 9

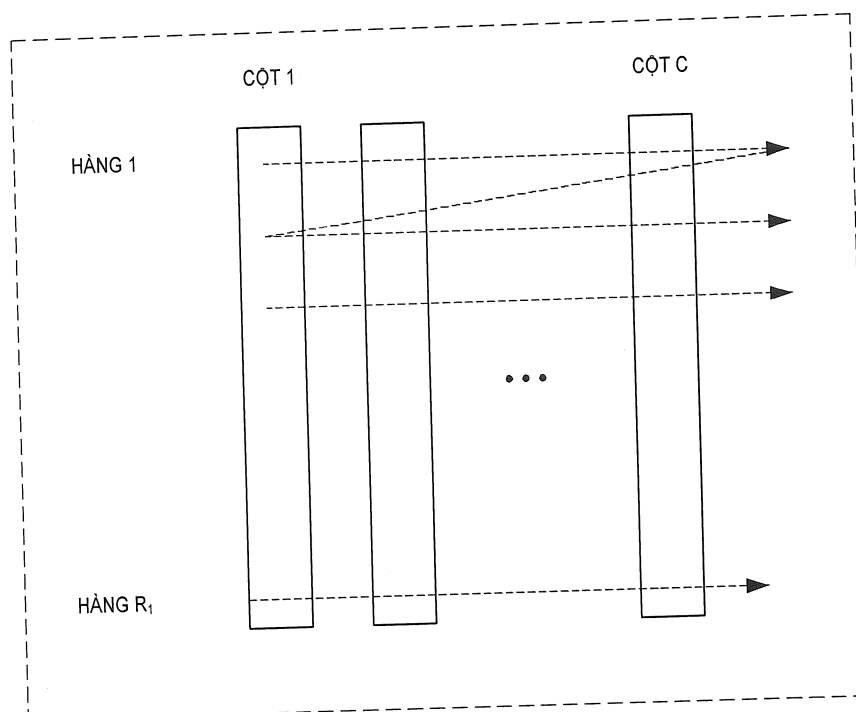
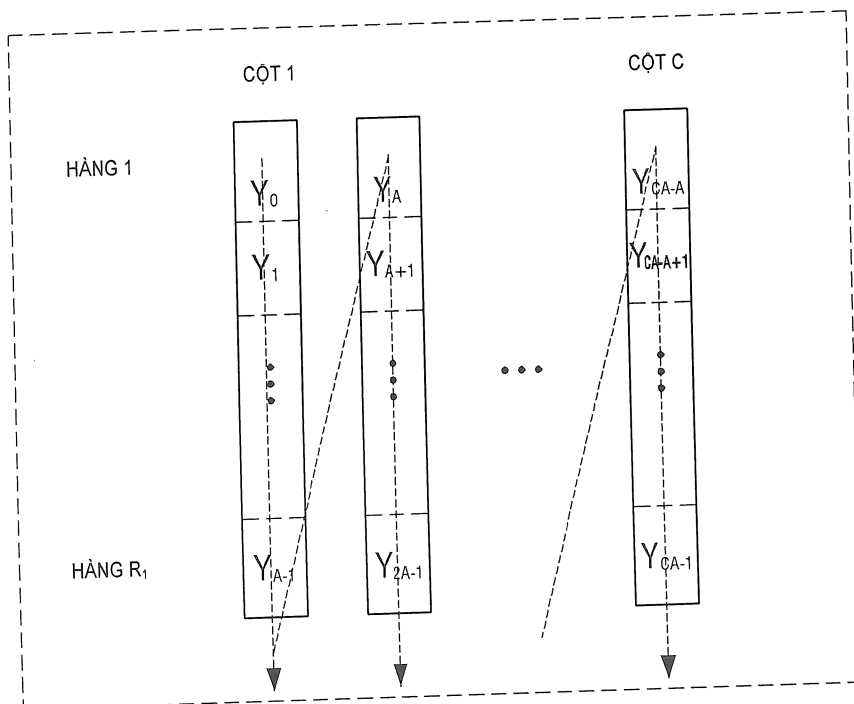


Fig. 10

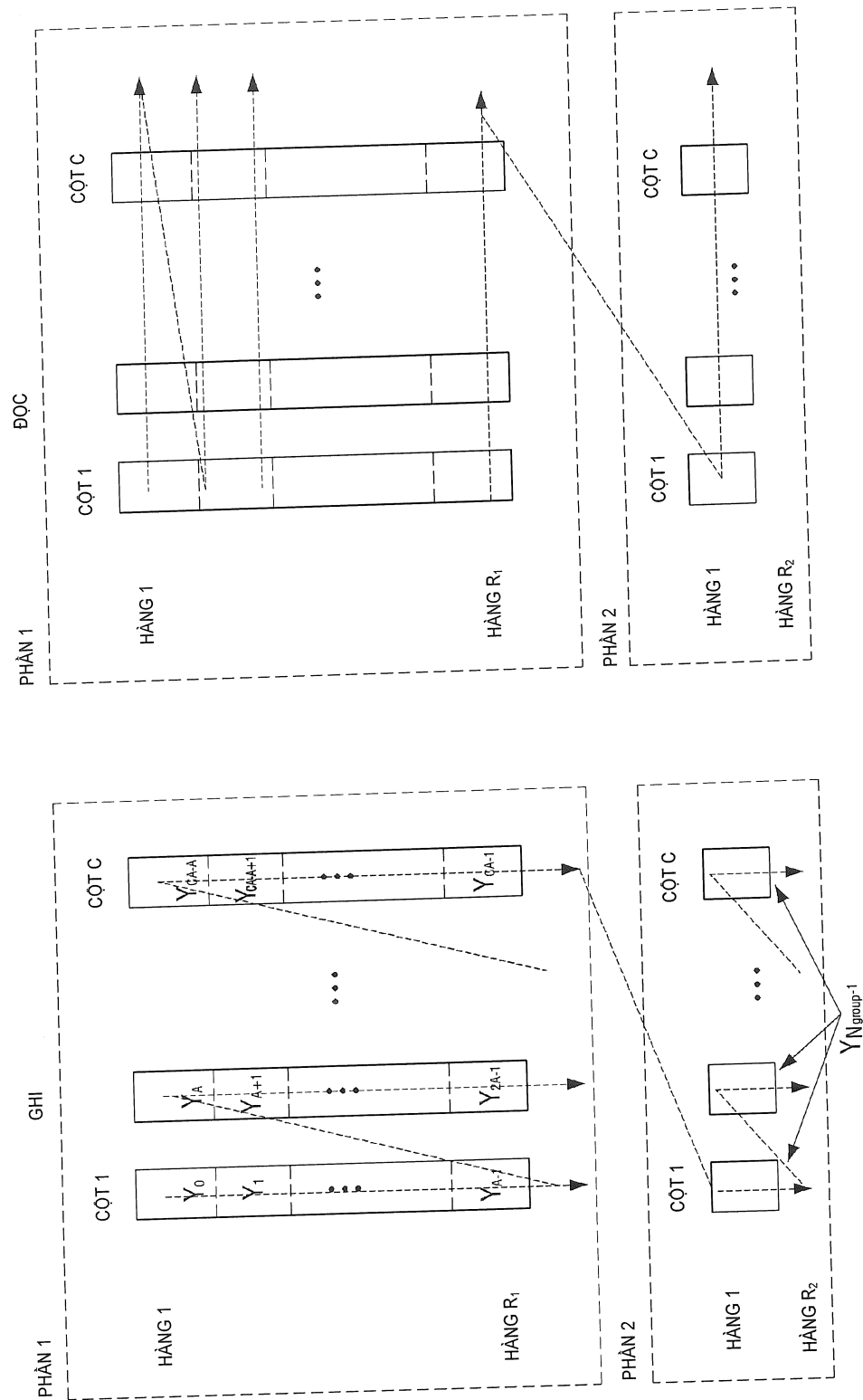


Fig. 11

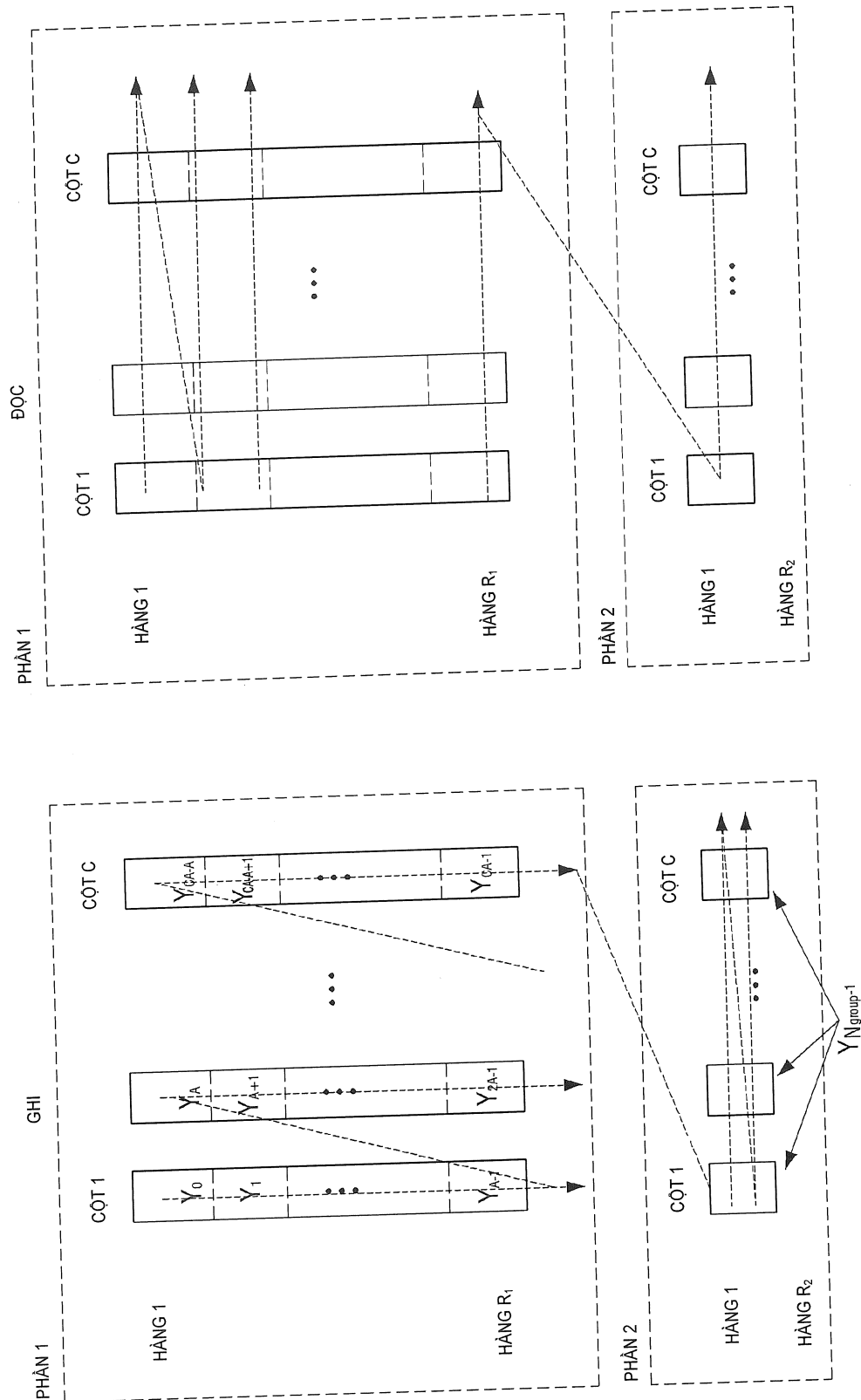


Fig. 12

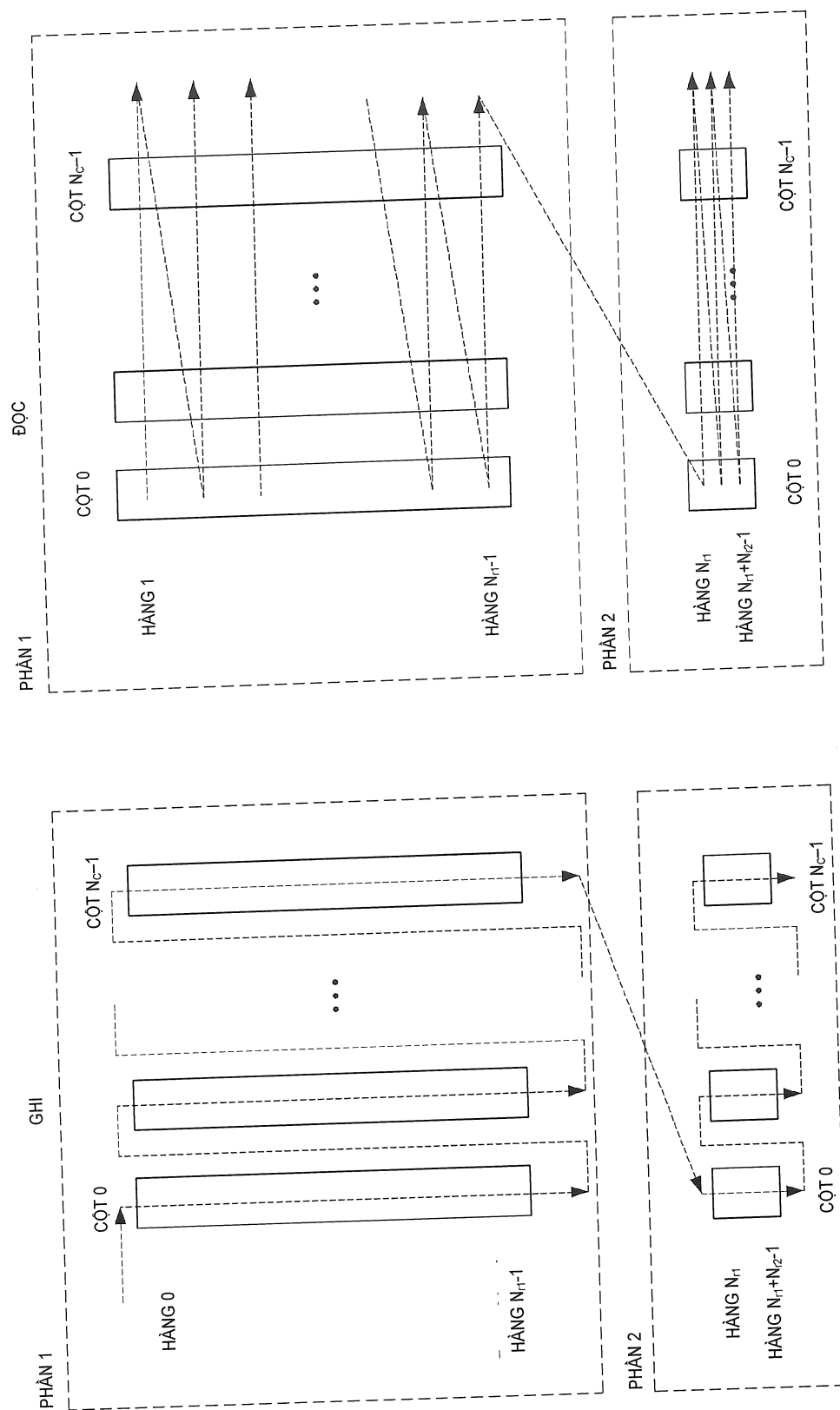


Fig. 13

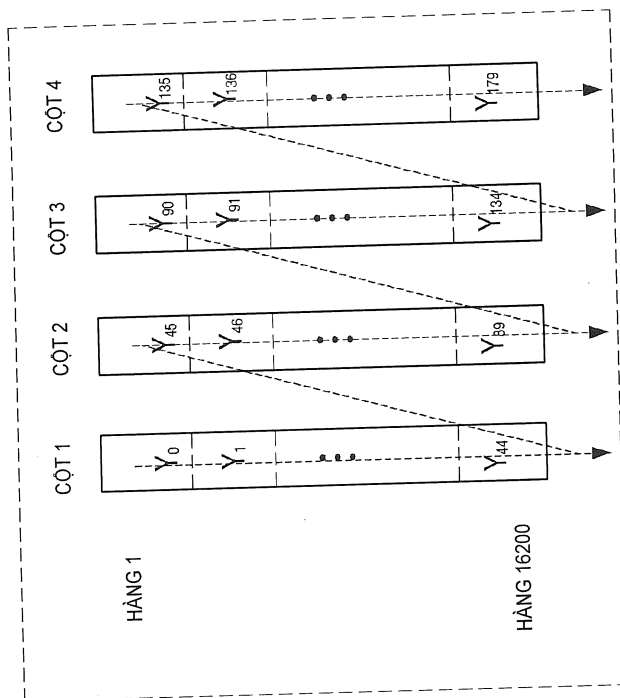
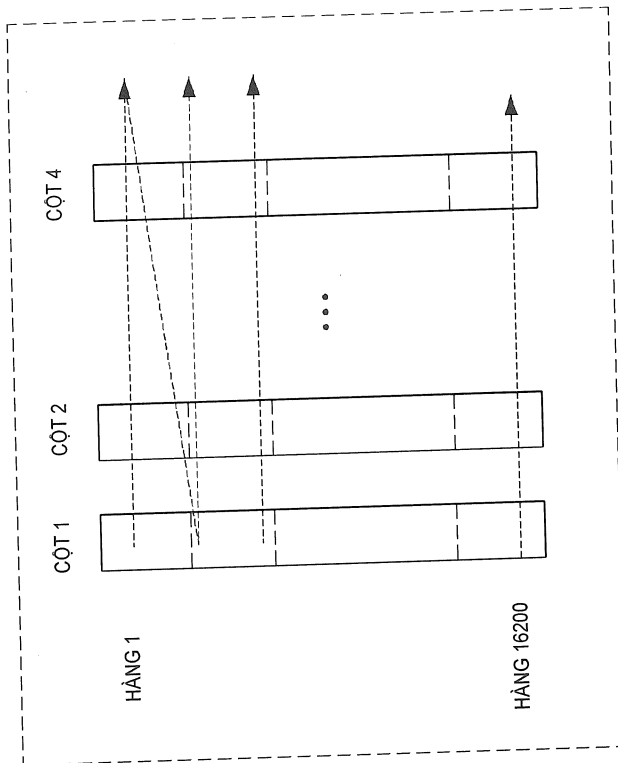


Fig. 14

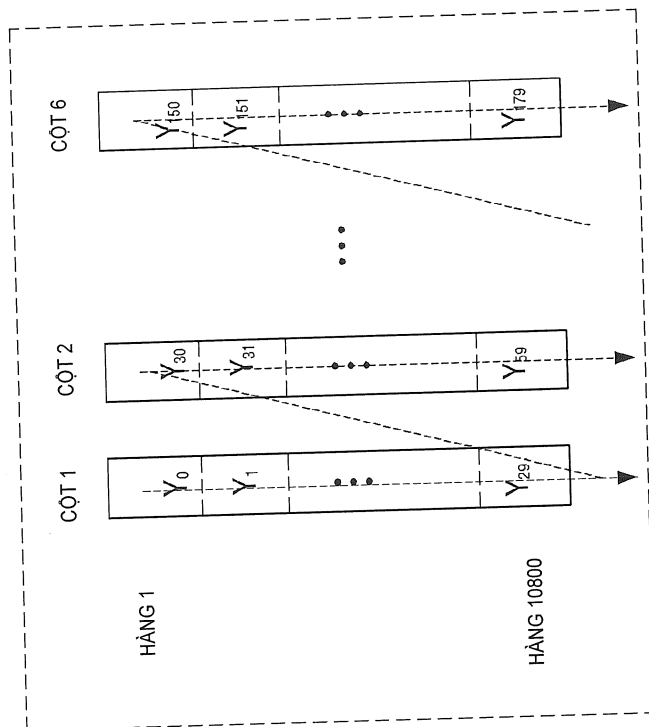
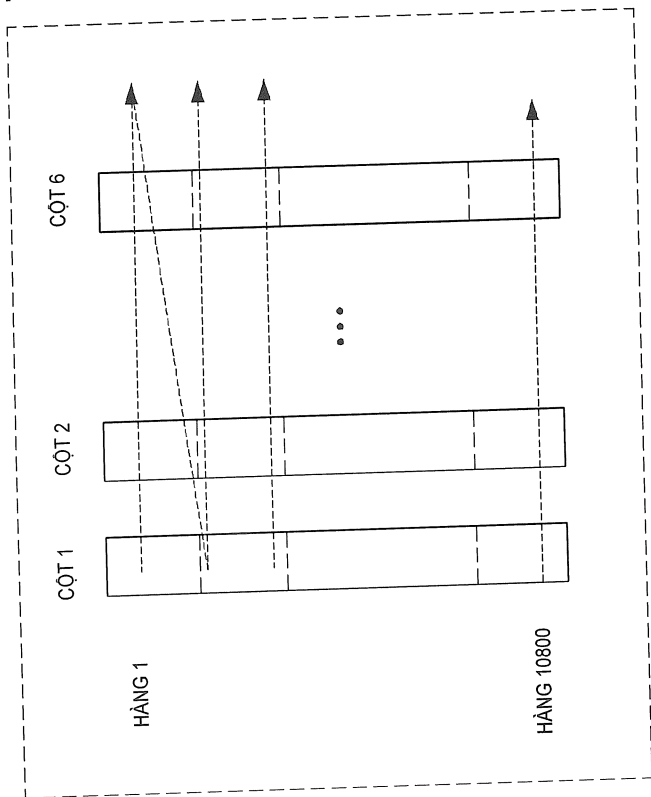


Fig. 15

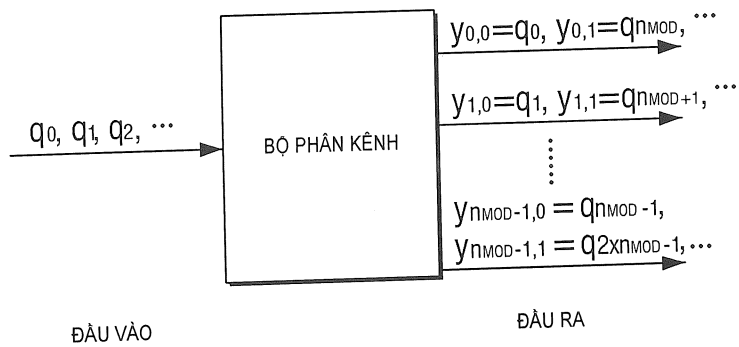


Fig. 16

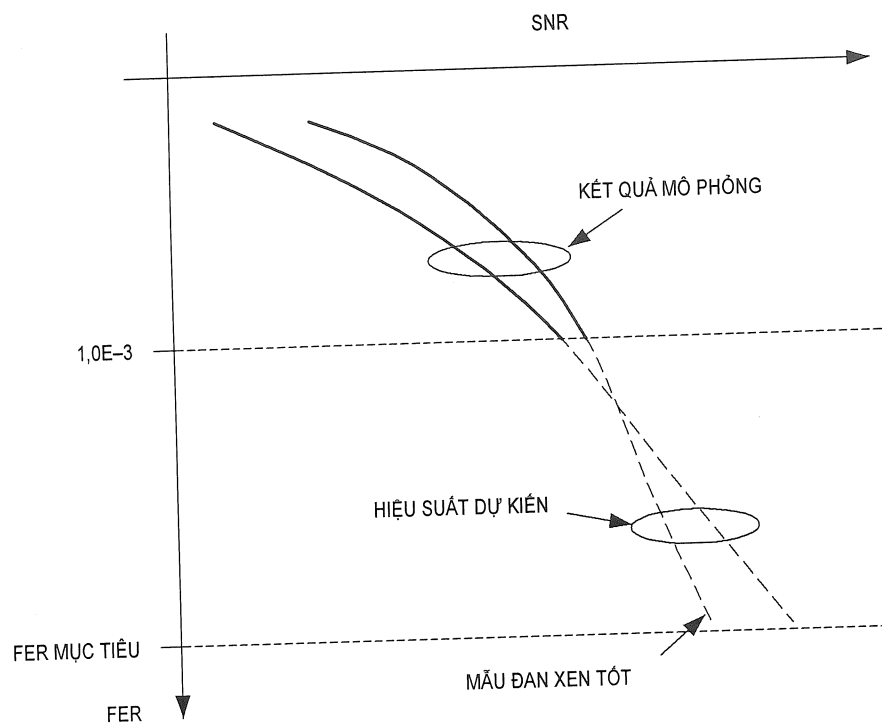


Fig. 17

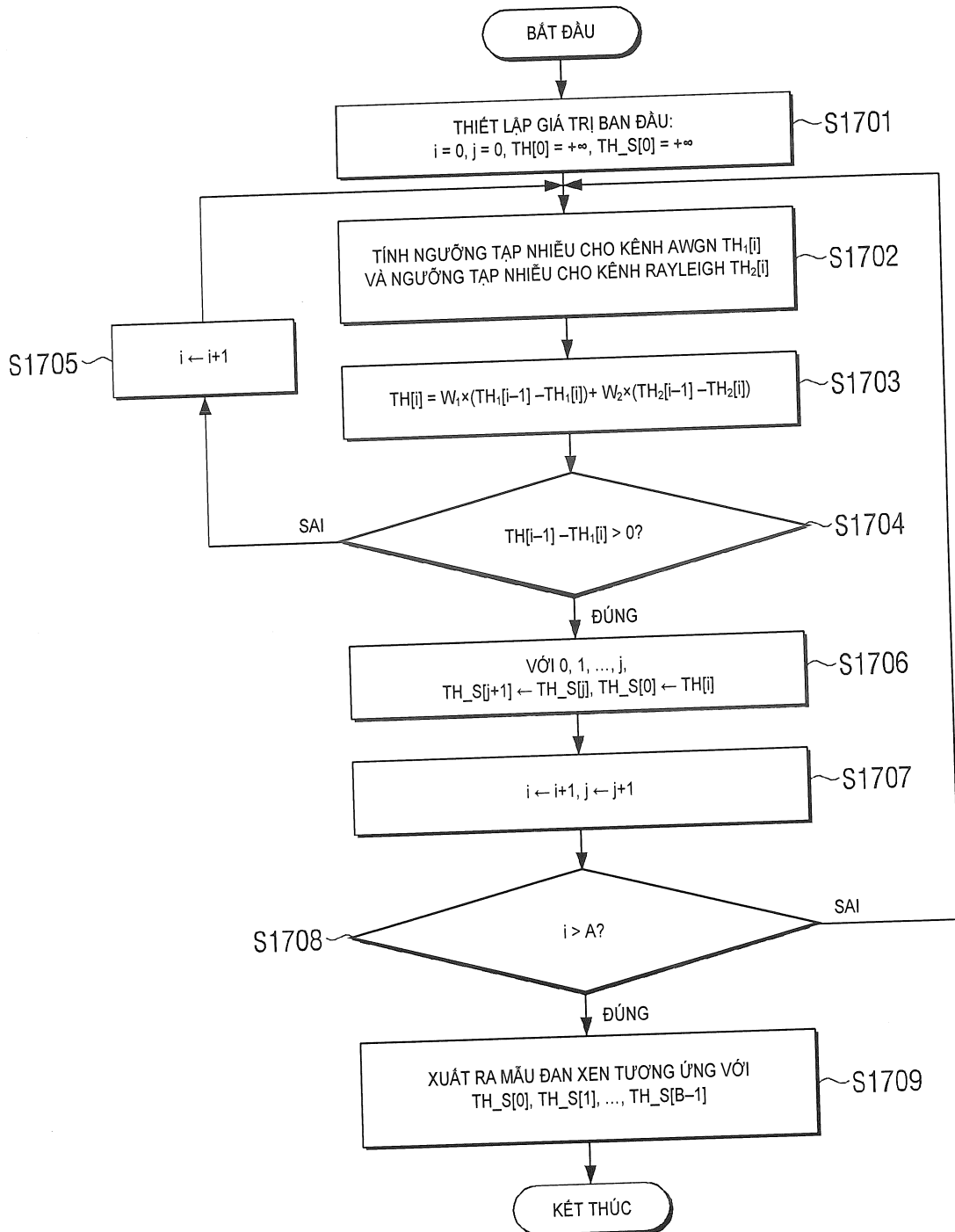


Fig. 18

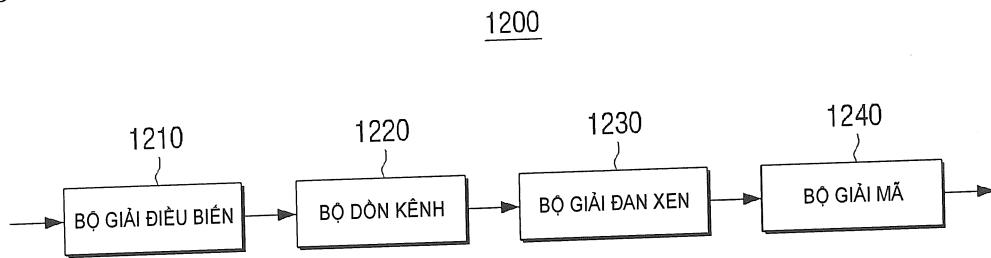


Fig. 19

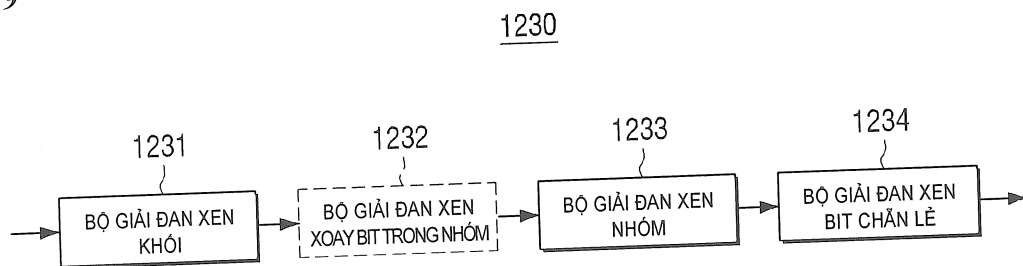


Fig. 20

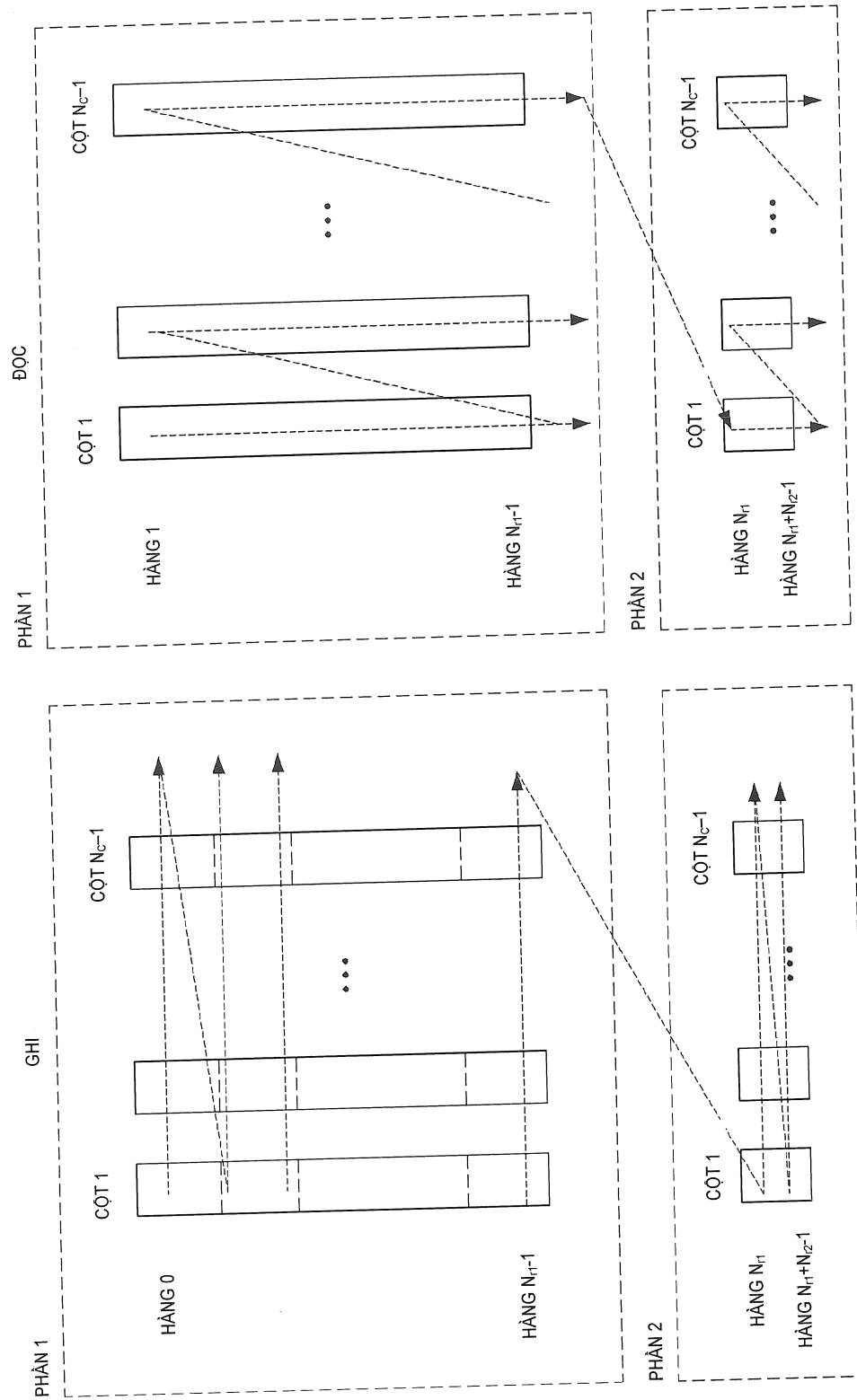


Fig. 21

